

Vibration analysis of angle-ply laminates composite plate under thermomechanical effect

Dr. Adnan Naji Jameel professor College of Engineering- University of Baghdad Email:adnanaji2004@vahoo.com

Rasha Mohammed Hussien Assistant lecturer College of Engineering- University Technology Email:mechanicalflower99@yahoo.com

أ.د.عدنان ناجى جميل

استاذ

كلية الهندسة (جامعة بغداد

ABSRACT

 \mathbf{T} he paper presents mainly the dynamic response of an angle ply composite laminated plates subjected to thermo-mechanical loading. The response are analyzed by analytically using Newmark direct integration method with Navier solution, numerically by ANSYS. The experimental investigation is to fabricate the laminates and to find mechanical and thermal properties of glass-polyester such as longitudinal, transverse young modulus, shear modulus, longitudinal and transverse thermal expansion. Present of temperature could increase dynamic response of plate also depending on lamination angle, type of mechanical load and the value of temperature.

Keywords: composite laminated plate, dynamic response, thermo-mechanical loading

تحليل الاهتزاز للصفائح المركبة تحت تأثير احمال ميكانيكية حرارية م.م. رشا محمد حسين مدرس مساعد

قسم هندسة الميكانيكية \ جامعة بغداد

ا**لخلاصة** هذه الدراسة ركزت بشكل رئيسي على الاستجابة الديناميكية للصفائح المركبة ذات زاوية معينة معرضة الى تاثير درجة الحرارة. ويتم تحليل الاستجابة الديناميكية عن طريق التحليل النظري باستخدام طريقة نيومارك مع حل نافيير، التحليل العددي باستخدام برنامج ANSYS. في الجانب العملي تم تصنيع الصفائح المركبة المصنوعة من الالياف الزجاجية والبوليستر لايجادٌ الخواصُ الحرآرية والميكانيكيَّة مثل معاملٌ يونك الطُّولي والَّعرضي و معامل القص والتمدد الحراري الطولي والعرضي وكان الاستنتاج الرئيسي ان وجود درجة الحرارة يمكنَّ ان يزيَّد الاَّستَجابة الديناميكيةَ اعتمادا على زَاوَيةً التصفيحُ ونوع ودرجة الحمل الحمل الحمات الحرارة الميكانيكي الميكانيكي الحر ار ة. ونوع

الكلمات الرئيسية: صفائح مركبة, الاستجابة الديناميكية,الحمل حرارى الميكانيكية.



Number 11

1. INTRODUCTION

During the last decades, needs for *composite materials* consist of two or more types of materials mixed together homogenously have appeared to produce desirable properties, the constituents are combined at a macroscopic level, one constituent is called the reinforcing phase called fiber and the one in which is embedded is called the matrix. Reddy J.N.]

The analysis of structural vibration is necessary in order to calculate the natural frequencies of a structure, and the response to the expected excitation. In this way it can be determined whether a particular structure will fulfil its intended function and, in addition, the results of the dynamic loadings acting on a structure can be predicted, such as the dynamic stresses, fatigue life and noise levels. Ref. [Beards C.E]

Many researches had studied free vibration analysis and vibration of plate under mechanical or thermal or thermo-mechanical loading.

Chorng-Fuh Liu and Chih-Hsing Huang,1996 performed a vibration analysis of laminated composite plates subjected to temperature change. The first order shear deformation theory of a plate is employed. The resulting finite element formulation leads to general nonlinear and coupled simulation equations and calculate the frequencies of vibration of a symmetric cross-ply plate. Hui-Shen Shen, et.al, 2003, studied the dynamic response of laminated plates subjected to thermo-mechanical loading and resting on a two-parameter elastic foundation. The formulation is based on higher order shear deformable plate theory and includes the thermal effect. Effects of foundation stiffness, thickness ratio, and temperature change on the dynamic response are discussed. Kullasup P. et al., 2010, analysed free vibration of symmetrically laminated composite plates with various boundary conditions by Kantorovich method. The beam function is used as an initial trial function in the repeated calculation, which is employed to calculate the natural frequency. Suresh K. J. et al., 2011, developed an analytical procedure is to evaluate the free vibration characteristics of laminated composite plates based on higher order shear deformation with zig-zag function. Slope discontinuities improved by Zig-zag function at the interfaces of laminated composite plates. The solutions are obtained using Navier's method. Junaid Kameran Ahmed et al., 2013, presented a static and dynamic analysis of Graphite /Epoxy composite plates. In this work the behavior of laminated composite plates under transverse loading using an eight-node diso-parametric quadratic element based on First Order Shear Deformation Theory was studied,. Pushpendra k. kushwaha1 and jyoti vimal, 2014, the natural frequencies and mode shapes are compared for different boundary condition. Comparisons are made with the result for thin and thick composite laminated plate. Numerical results have been computed for the effect of number of layers, thickness ratio of plate, different boundary conditions, different aspect ratio, and different angle of fiber orientation of laminated composite plate.

The point of originality of the present work is how to derive the analytical solution of dynamic response for composite laminated plates by classical laminated plate theory for the first time under thermo-mechanical loading, by applied different type of loading on the symmetric and anti- symmetric angle ply composite laminated plates using Newmark direct integration method with Navier solution. Thermal and mechanical properties for composite plate made from (glasspolyester) with fiber volume fraction (0.3) are determined experimentally.

Also Finite element coded by ANSYS14.0 used to find natural frequency of composite laminate plate.



Journal of Engineering

2. ANALYTICAL SOLUTION (CLASSICAL LAMINATE PLATE THEORY) **2.1** Displacement

Classical lamination theory (CLPT) based on the Kirchhoff hypothesis based on assuming the straight line perpendicular to the mid surface before deformation remains straight after deformation which means neglecting shear strains and transverse normal strain and stress in the analysis of laminated composite plates. Ref.[Reddy J.N.]

$$u(x, y, t) = u_o(x, y, t) - z \frac{\partial w_0}{\partial x}$$
(1. a)

$$v(x, y, t) = v_0(x, y, t) - z \frac{\partial w_0}{\partial y}$$
(1. b)

$$w(x, y, t) = w_o(x, y)$$
 (1. c)

Where $\frac{\partial w_0}{\partial x}$, $\frac{\partial w_0}{\partial y}$ denote the rotations about y and x axis respectively.

 u_o, v_o and w_o denote the displacement components along (x, y, z) directions respectively of a point on the mid-plane (i.e...z=0).

~ 2

2.2 Stress and Strain

The total strains can be written as follows

$$\begin{cases} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \gamma_{xy} \end{cases} = \begin{cases} \varepsilon_{xx}^{(0)} \\ \varepsilon_{yy}^{(0)} \\ \gamma_{xy}^{(0)} \end{cases} + z * \begin{cases} \varepsilon_{xx}^{(1)} \\ \varepsilon_{yy}^{(1)} \\ \gamma_{xy}^{(1)} \end{cases} = \begin{cases} \frac{\partial u_0}{\partial x} - \alpha_{xx} \Delta T \\ \frac{\partial v_0}{\partial y} - \alpha_{yy} \Delta T \\ \frac{\partial u_0}{\partial y} + \frac{\partial v_0}{\partial x} - \alpha_{xy} \Delta T \end{cases} + z \begin{cases} -\frac{\partial^2 w_0}{\partial x^2} \\ -\frac{\partial^2 w_0}{\partial y^2} \\ -2 * \frac{\partial^2 w_0}{\partial x \partial y} \end{cases}$$
(2.a)

Where $(\varepsilon_{xx}^{(0)}, \varepsilon_{yy}^{(0)}, \gamma_{xy}^{(0)})$ are the membrane strains and $(\varepsilon_{xx}^{(1)}, \varepsilon_{yy}^{(1)}, \gamma_{xy}^{(1)})$ are the flexural (bending) strains, known as the curvatures α_{xx} , α_{yy} and α_{xy} are thermal expansion coefficients defined

$$\alpha_{xx} = \alpha_{11}(\cos\theta)^2 + \alpha_{22}(\sin\theta)^2$$
(2.b)



Number 11 Volume 21 November - 2015 Journal of Engineering

$$\alpha_{yy} = \alpha_{11} (\sin \theta)^2 + \alpha_{22} (\cos \theta)^2$$
(2.c)

$$2\alpha_{xy} = 2(\alpha_{11} - \alpha_{22})\sin\theta\cos\theta$$
(2.d)

 α_{11} and α_{22} Are longitudinal and transverse thermal expansions respectively. And θ is the lamination angle.

The change in temperature defined

 $\Delta T = applied \ temperature - \ reference \ temperature \tag{2.e}$

Where reference temperature $T_{ref} = 25C^{\circ}$ [Reddy J.N.]. The transformed stress-strain relations of an orthotropic lamina in a plane state of stress are; for \bar{Q}_{ij} see [Reddy J.N.]

$$\begin{cases} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{cases}_{k} = \begin{bmatrix} \bar{Q}_{11} & \bar{Q}_{12} & \bar{Q}_{16} \\ \bar{Q}_{12} & \bar{Q}_{22} & \bar{Q}_{26} \\ \bar{Q}_{16} & \bar{Q}_{26} & \bar{Q}_{66} \end{bmatrix}_{k} \begin{cases} \varepsilon_{xx} - \alpha_{xx}\Delta T \\ \varepsilon_{yy} - \alpha_{yy}\Delta T \\ \gamma_{xy} - 2\alpha_{xy}\Delta T \end{cases}$$
(3)

The resultant of inplane force *Nxx*, *Nyy* and *Nxy* and moments *Mxx*, *Myy* and *Mxy* acting on a laminate can be obtained from integration of the stress in each layer or lamina through the laminate thickness. Knowing the stressed in terms of the displacements, the inplane force resultants *Nxx*, *Nyy*, *Nxy*, *Mxx*, *Myy* and *Mxy* can be obtained.

The inplane force resultants are defined as

$$\begin{cases} N_{xx} \\ N_{yy} \\ N_{xy} \end{cases} = \sum_{k=1}^{N} \int_{z_k}^{z_{k+1}} \begin{cases} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{cases}_k dz$$
(4.a)

Where σ_x , σ_y and σ_{xy} are normal and shear stress.



Journal of Engineering

$$\begin{cases} N_{xx} \\ N_{yy} \\ N_{xy} \end{cases} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{16} \\ A_{12} & A_{22} & A_{26} \\ A_{16} & A_{26} & A_{66} \end{bmatrix} \begin{cases} \varepsilon_{xy}^{0} \\ \varepsilon_{xy}^{0} \\ \gamma_{xy}^{0} \end{cases} + \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{16} \\ B_{12} & B_{22} & B_{26} \\ B_{16} & B_{26} & B_{66} \end{bmatrix} \begin{cases} \varepsilon_{xx}^{1} \\ \varepsilon_{yy}^{1} \\ \gamma_{xy}^{1} \end{cases} - \begin{cases} N_{xx}^{t} \\ N_{yy}^{t} \\ N_{xy}^{t} \end{cases}$$
(4.b)

$$\begin{pmatrix} M_{xx} \\ M_{yy} \\ M_{xy} \end{pmatrix} = \sum_{k=1}^{N} \int_{z_k}^{z_{k+1}} \begin{pmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{pmatrix}_k^z z dz$$
(5.a)

$$\begin{cases} M_{xx} \\ M_{yy} \\ M_{xy} \end{cases} = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{16} \\ B_{12} & B_{22} & B_{26} \\ B_{16} & B_{26} & B_{66} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{xy}^{0} \\ \varepsilon_{xy}^{0} \\ \gamma_{xy}^{0} \end{pmatrix} + \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{16} \\ D_{12} & D_{22} & D_{26} \\ D_{16} & D_{26} & D_{66} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{1x}^{1} \\ \varepsilon_{1yy}^{1} \\ \gamma_{xy}^{1} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} M_{xx}^{t} \\ M_{yy}^{t} \\ M_{xy}^{t} \end{pmatrix}$$
(5.b)

Here, A_{ij} are the extensional stiffness, B_{ij} the coupling stiffness, and D_{ij} the bending stiffness.

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^{N} (\bar{Q}_{ij})_k (z_{k+1} - z_k)$$
(6.a)

$$B_{ij} = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{N} (\bar{Q}_{ij})_k (z_{k+1}^2 - z_k^2)$$
(6.b)

$$D_{ij} = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^{N} (\bar{Q}_{ij})_k (z^3_{k+1} - z^3_k)$$
(6.c)

And Where $\{N^t\}$ and $\{M^t\}$ are thermal stress and bending results, respectively

$$\begin{cases} N_{xx}^{t}, M_{xx}^{t} \\ N_{yy}^{t}, M_{yy}^{t} \\ N_{xy}^{t}, M_{xy}^{t} \end{cases} = \sum_{k=1}^{N} \int_{-h/2}^{h/2} \begin{bmatrix} \bar{Q}_{11} & \bar{Q}_{12} & \bar{Q}_{16} \\ \bar{Q}_{12} & \bar{Q}_{22} & \bar{Q}_{26} \\ \bar{Q}_{16} & \bar{Q}_{26} & \bar{Q}_{66} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_{xx} \\ \alpha_{yy} \\ 2\alpha_{xy} \end{pmatrix} (1, z) \Delta T dz$$

$$(6.d)$$

2.3 Equation of Motion

The equations of motion are obtained by setting the coefficient of δu_0 , δv_0 , δw_0 to zero separately



Journal of Engineering

$$\frac{\partial N_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial N_{xy}}{\partial y} = I_0 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - I_1 \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial t^2}$$
(7.a)

$$\frac{\partial N_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial N_{yy}}{\partial y} = I_0 \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} - I_1 \frac{\partial^3 w}{\partial y \partial t^2}$$
(7.b)

$$\frac{\partial^2 M_{xx}}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_{yy}}{\partial y^2} + \hat{N}_{xx} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \hat{N}_{yy} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \hat{N}_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} = I_0 \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + I_1 \left(\frac{\partial^3 u}{\partial x \partial t^2} + \frac{\partial^3 v}{\partial y \partial t^2} \right) - I_2 \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial t^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^2 \partial t^2} \right) - q(x, y, t)$$
(7.c)

Where

$$(I_0, I_1, I_2) = \sum_{k=1}^N \int_{z_{k-1}}^{z_k} \rho^{(k)}(1, z, z^2) dz$$
(8)

 $\rho^{(k)}$ being the material density of kth layer and q(x,y,t) is a dynamic force subjected on a system. \widehat{N}_{xx} , \widehat{N}_{yy} and \widehat{N}_{xy} equal to zero because there were no buckling.

These equations of motion (7 a-c) can be expressed in terms of displacements (δu_0 , δv_0 , δw_0) by substituting the forces results from Eqs. (4, 5,8) into Eq. (7.a) to(7.c) and get partial differential equations,

$$\begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{12} & c_{22} & c_{23} \\ c_{13} & c_{23} & c_{33} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} u_0 \\ v_0 \\ w_0 \end{pmatrix} + \begin{bmatrix} m_{11} & 0 & 0 \\ 0 & m_{22} & 0 \\ 0 & 0 & m_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{u}_0 \\ \ddot{v}_0 \\ \ddot{w}_0 \end{pmatrix} = \begin{cases} 0 \\ 0 \\ q \end{pmatrix} + \begin{cases} f_1^t \\ f_2^t \\ f_3^t \end{cases}$$
(9.a)

$$c_{11} = A_{11}d_x^2 + 2A_{16}d_xd_y + A_{66}d_y^2$$
(9.b)

$$c_{12} = A_{16}d_x^2 + (A_{12} + A_{66})d_xd_y + A_{26}d_y^2$$
(9.c)

$$c_{13} = -\left[B_{11}d_x^3 + 3B_{16}d_x^2d_y + (B_{12} + 2B_{66})d_xd_y^2 + B_{26}d_y^3\right]$$
(9.d)



Journal of Engineering

$$c_{22} = A_{66}d_x^2 + 2A_{26}d_xd_y + A_{22}d_y^2$$
(9.e)

$$c_{23} = -\left[B_{16}d_x^3 + (B_{12} + 2B_{66})d_x^2d_y + 3B_{26}d_xd_y^2 + B_{22}d_y^3\right]$$
(9.f)

$$c_{33} = -D_{11}d_x^4 - 4D_{16}d_x^3d_y - 2(D_{12} + 2D_{66})d_x^2d_y^2 - 4D_{26}d_x - D_{22}d_y^4 - (A_{11}\alpha_{xx} + A_{12}\alpha_{yy} + 2A_{16}\alpha_{xy})\Delta T d_x^2 - (A_{16}\alpha_{xx} + A_{26}\alpha_{yy} + 4A_{66}\alpha_{xy})\Delta T d_x d_y - (A_{12}\alpha_{xx} + A_{22}\alpha_{yy} + 2A_{26}\alpha_{xy})\Delta T d_y^2$$

$$(9.g)$$

$$f_1^t = \frac{\partial N_{xx}^t}{\partial x} + \frac{\partial N_{xy}^t}{\partial y}$$
(9.h)

$$f_2^t = \frac{\partial N_{xy}^t}{\partial x} + \frac{\partial N_{yy}^t}{\partial y}$$
(9.i)

$$f_3^t = -\left(\frac{\partial^2 M_{xx}^t}{\partial x^2} + 2\frac{\partial^2 M_{xy}^t}{\partial y \partial x} + \frac{\partial^2 M_{yy}^t}{\partial y^2}\right)$$
(9.j)

And the coefficients m_{ij} is defined by

$$m_{11} = -I_0 d_t^2 , m_{13} = I_1 d_x d_t^2, m_{22} = -I_0 d_t^2; m_{23} = I_1 d_y d_t^2 , m_{33} = I_0 d_t^2 - I_2 d_t^2 (d_x^2 + d_y^2)$$
(9.k)

To solve equation (9-a) used Navier solution with state space approach.

For <u>angle-ply</u> rectangular laminates with edges y=0 and y=b simply supported and the other two edges x=0 and x=a simply supported. Assume the following representation of the displacement [**Reddy .J.N.**]

$$u_0(x, y, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} U_{mn}(t) \sin\alpha x \cos\beta y$$
(10.a)

$$v_0(x, y, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} V_{mn}(t) \cos\alpha x \sin\beta y$$
(10.b)

$$w_0(x, y, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} W_{mn}(t) \sin \alpha x \sin \beta y$$
(10.c)

Where: $\alpha = \frac{m\pi}{a}$; $\beta = \frac{n\pi}{a}$ m = No. of the mode in x-direction (m=1,2,3)n = No. of the mode in y-direction (n=1,2,3)

 U_{mn} , V_{mn} , W_{mn} are coefficients to be determined; and

$$\Delta T(x, y, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} T_{mn}(t) \sin \alpha x \sin \beta y$$
(11.a)



Journal of Engineering

$$T_{mn}(t) = \frac{4}{ab} \int_0^a \int_0^b \Delta T(x, y, t) \sin \alpha x \sin \beta y \, dx \, dy \text{By}$$
(11.b)

substituting Eqs. (10 and 11) in partial differential Eq. (9.a) and the result

$$\begin{pmatrix} \hat{c}_{11} & \hat{c}_{12} & \hat{c}_{13} \\ \hat{c}_{12} & \hat{c}_{22} & \hat{c}_{23} \\ \hat{c}_{13} & \hat{c}_{23} & \hat{c}_{33} \\ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_{mn} \\ w_{mn} \\ \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \hat{m}_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \hat{m}_{22} & 0 \\ 0 & 0 & \hat{m}_{33} \\ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{u}_{mn} \\ \dot{w}_{mn} \\ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ Q_{mn} \\ \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \alpha N_{mn}^{1} \\ \beta N_{mn}^{2} \\ -2\alpha\beta M_{mn}^{6} \end{pmatrix}$$
(12.a)

Where
$$\hat{c}_{11} = (A_{11}\alpha^{2} + A_{66}\beta^{2})$$
(12.b)
$$\hat{c}_{12} = (A_{12} + A_{66})\alpha\beta$$
(12.c)
$$\hat{c}_{13} = -(3B_{16}\alpha^{2} + B_{26}\beta^{2})\beta$$
(12.d)
$$\hat{c}_{22} = (A_{66}\alpha^{2} + A_{22}\beta^{2})$$
(12.e)
$$\hat{c}_{33} = D_{11}\alpha^{4} + 2(D_{12} + 2D_{66})\alpha^{2}\beta^{2} + D_{22}\beta^{4}$$
(12.g)
$$\hat{m}_{11} = \hat{m}_{22} = I_{0}$$
(12.h)

$$\widehat{m}_{33} = \left(I_0 + I_2 (\alpha^2 + \beta^2) \right) \tag{12.i}$$

The dynamic load subjected on the system,

$$q(x, y, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} Q_{mn}(x, y, t) \sin \alpha x \sin \beta y$$
(13.a)

$$Q_{mn}(x, y, t) = \frac{4}{ab} \int_{0}^{b} \int_{0}^{a} q(x, y) .\sin \frac{m\pi x}{a} .\sin \frac{n\pi y}{b} .dx.dy.f(t)$$
(13.b)

$$Q_{mn}(x, y, t) = \overline{q}(x, y) \cdot f(t)$$
(13.c)

Many types of q(x, y) loading can be considered as [Muhannad L. S. Al-Waily,2004]:

1. Uniformly distributed load q_0 at area of plate (a*b). By substituting the load into Eq. (13.b), gives:



Journal of Engineering

$$\bar{q}(x,y) = \frac{16}{mn\pi^2} q_0$$
(14.a)
2. Point load P_o at x=a₁ and y=b₁. By substituting the load into Eq.(13.b), gives:

$$\bar{q}(x,y) = \frac{4}{ab} P_0 sin \frac{m\pi a_1}{a} sin \frac{n\pi b_1}{b}$$
(14.b)

3. Sinusoidal distributed loading, $q(x, y) = q_0 \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b}$. By substituting the load into Eq. (13.b), gives: $\bar{q}(x, y) = q_0$

4. Uniformly distributed load q_0 at central area (A*B). By substituting the load into Eq. (13.b), gives:

$$\bar{q}(x,y) = \frac{16}{nm\pi^2} q_0 \sin\frac{m\pi A}{2a} \sin\frac{n\pi B}{2b}$$

(14.d)

And many types of f(t) can be considered as [Khdeir A. A. & Reddy J. N,1988] 1. Sine pulse loading

$$f(t) = \begin{cases} \sin \frac{\pi t}{t_1} & 0 \le t \le t_1 \\ 0 & t > t_1 \end{cases}$$
(15.a)

2. Step pulse loading

$$f(t) = \left\{ \begin{array}{cc} 1 & 0 \le t \le t_1 \\ 0 & t > t_1 \end{array} \right\}$$
(15.b)

3. Ramp pulse loading

$$f(t) = \begin{cases} t/t_1 & 0 \le t \le t_1 \\ 0 & t > t_1 \end{cases}$$
(15.c)

2.4 Solution of Dynamic Equilibrium Equations

The equations of equilibrium governing the linear dynamic response of a system can be written as the following formula

 $MA\ddot{U} + KSU = R$ (16) Where: $KS = \begin{bmatrix} \hat{c}_{11} & \hat{c}_{12} & \hat{c}_{13} \\ \hat{c}_{12} & \hat{c}_{22} & \hat{c}_{23} \\ \hat{c}_{13} & \hat{c}_{23} & \hat{c}_{33} \end{bmatrix} \qquad MA = \begin{bmatrix} \hat{m}_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \hat{m}_{22} & 0 \\ 0 & 0 & \hat{m}_{33} \end{bmatrix} \qquad \ddot{U} = \begin{cases} \ddot{u}_{mn} \\ \ddot{v}_{mn} \\ \ddot{w}_{mn} \end{cases}$ $U = \begin{cases} u_{mn} \\ v_{mn} \\ w_{mn} \end{cases} \qquad R = \begin{cases} 0 \\ 0 \\ q \end{cases} + \begin{cases} f_1^t \\ f_2^t \\ f_3^t \end{cases}$ MA and KS: one the mass and stiffness matrices

MA and KS: are the mass and stiffness matrices. R: is the vector of externally applied loads.

U and \ddot{U} : are the displacement and acceleration vectors



Journal of Engineering

In the Newmark direct integration method, the first time derivative $\{\dot{U}\}$ and the solution $\{U\}$ are approximated at (n+1) time step (i.e. at time $t = t_{n+1} = (n+1)\Delta t$ by the following expression [Rao V. Dukkipati,2010].

$$\left\{ \dot{U} \right\}_{n+1} = \left\{ \dot{U} \right\}_n + \left[\left(1 - \overline{\alpha} \right) \left\{ \ddot{U} \right\}_n + \overline{\alpha} \left\{ \ddot{U} \right\}_{n+1} \right] \Delta t$$
(17)

$$\left\{U\right\}_{n+1} = \left\{U\right\}_n + \left\{\dot{U}\right\}_n \Delta t + \left\lfloor \left(\frac{1}{2} - \overline{\beta}\right) \left\{\ddot{U}\right\}_n + \overline{\beta} \left\{\ddot{U}\right\}_{n+1} \right\rfloor (\Delta t)^2$$
(18)

Where:

 $\overline{\alpha}$ And $\overline{\beta}$: are parameters that control the accuracy and stability of the scheme, and the subscript n indicates that the solution evaluated at n^{th} time step (i.e. at time, $t = t_n$). The choice $\overline{\alpha} = 0.5$ and $\overline{\beta} = 0.25$ is known to give an unconditionally stable Scheme (average acceleration method), [Rao V. Dukkipati,2010].

3. NUMERICAL ANALYSIS

3.1 Element Selection and Modeling

An element called shell281 as shown in **Fig.1** is selected which is suitable for analyzing thin to moderately thick shell structures. The element has eight nodes with six degrees of freedom at each node: translations in the x, y, and z axes, and rotations about the x, y, and z axes. It may be used for layered applications for modeling composite shells. It is include the effects of transverse shear deformation. The accuracy in modeling composite shells is governed by the first order shear deformation theory. The shell section allows for layered shell definition, options are available for specifying the thickness, material, orientation through the thickness of the layers. But to insert the temperature effect in calculations must be to adding degree of freedom (T). Then, the degrees of freedom change from (6 to7) in each node.

3.2 Verification Case Studies

In the present study, Series of preselected cases are modeled to verify the accuracy of the method of analysis. The case study discussed here for dynamic response without temperature change is a comparison of the present work with the numerical solution of [Reddy .J.N, 1982] for a laminated plate Fig. 2,

Close comparison between the two sets of results is evident, for a/h=5(maximum central non dimension deflection of present work for CLPT with Newmark direct integration method is= 23.5(error 2.174%), for present F.E.M ANSYS maximum central non dimension deflection is=23.65(error 2.8%). while for above reference = 23.

For thermo-mechanical transient response of simply supported laminated plates, the curves of central deflection as a function of time for a (0/90/0) symmetric cross-ply laminated plate subjected to suddenly applied dynamic loading are plotted and compared in **Fig. 3**, with [**Hui-Shen Shen ,2003**]. Close comparison between the two sets of results is evident, (maximum central deflection of present work for CLPT with Newmark direct integration method = 2.35 cm



(error2.08%), and for present F.E.M. ANSYS program is= 2.2375cm (error6.77%), while for above reference = 2.4 cm. **Fig.3**.

4. EXPERIMENTAL WORK

In the present work, three- purposes were investigated. First, to outline the general steps to design and fabricate the rectangular test models from fiber (E-glass) and polyester resin to form laminate composite materials. Second, the manufactured models are then used to evaluate the mechanical properties (E_1 , E_2 , G_{12}) with temperature change of unidirectional composite material. Third, evaluate coefficient of thermal expansion (CTE) of the composite plate.

4.1 Thermo-Mechanical Analyzer

Thermo-mechanical Analysis (TMA) determines dimensional changes of solids and liquids materials as a function of temperature and/or time under a defined mechanical force.

Irrespective of the selected type of deformation (expansion, compression, penetration, tension or bending), every change of length in the sample is communicated to a highly sensitive inductive displacement transducer (LVDT) via a push rod and transformed into a digital signal. The push rod and corresponding sample holders of fused silica or aluminum oxide can be quickly and easily interchanged to optimize the system to the respective application. **Figs.4 and 5.**

The dimension of sample is (5*20*4) mm. the thermal properties which obtain from this test shown in **Table 1**.

5. RESULTS AND DISCUSSION

The present study focused mainly on the dynamic response behavior of composite laminated plates subjected to mechanical and thermo-mechanical loads of finite duration uniform (step, sine and ramp) and sinusoidal (step, sine and ramp) on the top surface of the plate for three cases of temperature (without temperature effect, T=50°C and T=100°C). The step loading $q(x, y, t) = \bar{q}(x, y)$, ramp loading $q(x, y, t) = \bar{q}(x, y)t/t1$ and sinusoid loading $q(x, y, t) = \bar{q}(x, y)sin\pi t/t1$. For uniform distributed load $\bar{q}(x, y) = \frac{16}{nm\pi^2}$ and for sinusoidal distributed $\bar{q}(x, y) = q_o$. The amplitude of force is $q_o = 100N/mm^2$ and the time of load applied on plate is $t_1 = 0.05$ sec. The dynamic response of central deflection of composite plate discussed for different parameters such as load condition, lamination angle , temperature change , symmetric or anti symmetric angle ply for simply supported composite plate analytically by CLPT with Newmark direct integration method and numerical result by ANSYS.

(5-1) Effect of Load Condition

Figs. 6 to **9** represent the variation of central transverse deflection with time (dynamic response) for four layer anti-symmetric and symmetric cross-ply and angle ply simply supported laminated plates under sinusoidal $(P(x, y) = qo sin(\pi x/a)sin(\pi y/b))$ and uniform(P(x, y) = qo) variation loading, (step q(x, y, t) = P(x, y), ramp loading q(x, y, t) = P(x, y) t/t1 and sinusoid loading $q(x, y, t)=P(x, y) sin\pi t/t_1$) for $qo=100N/m^2$, $t_1=0.05$ sec) without any temperature change solved analytically by CLPT with Newmark direct integration method and (F.E.M) by ANSYS program. The deflection due to step loading higher in magnitude than the other loads with percentage reach to 91.96%, 97.4% from sine and ramp load, respectively, because the step load subjected suddenly with constant value with the time.



Very good verification between CLPT with Newmark and FEM by ANSYS maximum error is12.9%. Maximum response for step load always occurs in the time of applying load (i.e. in the time less than t_1 after that the response became in negative sign and positive sign alternatively. for ramp load, the response increasing linearly with time until it reached to t_1 at this point the maximum response occurs, then the response became in negative sign and positive sign alternatively. For sine load the response behavior have the sine shape and the maximum response at $t_1/2$.

(5-2) Effect of Temperature Change with Varies Load Condition

Figs. 10 to 13 show the numerical result by ANSYS for dynamic response of central deflection of symmetric and anti-symmetric angle ply simply supported composite plate step uniform and step sinusoidal load and different condition of temperature effect i.e. (T=25°C, T=50°C, T=100°C). The deflection increases with percentage reaches to (58.47%) when temperature became 50°C and when the temperature reach to 100°C the response increases with higher percentage reaches to (200%) with respect to response without change in temperature for laminated plates for step uniform dynamic load.

The reason behind that is there where two loads (mechanical and thermal) each load causes the deflections (thermal and mechanical deflections) summation is the deflection of plate under thermo-mechanical loading. When the temperature increases the deflection increased with high percentage. The uniform load is higher than sinusoidal load for all load condition.

(5-3) Effect of Lamination Angle

Fig. 14 shows the effect of angle (θ) on central deflection for four layer symmetric angle-ply laminated plates, simply supported, subjected to sine uniform loading with applied temperature equal to 50°C, solved analytically by Newmark and numerical by ANSYS .From the results, the central deflection of laminated plate decreases with increasing the angle (θ) from 10 to 40 with percentage reach to 24.8%. Then increase the central deflection when θ increase from 40 to70 with percentage reaches to 9.2%. The maximum deflection with time for each case is when lamination angle is 10.

6. CONCLUSION

This study considers the vibration analysis of symmetric and anti-symmetric angle-ply composite laminate plate. From the present study, the following conclusions can be made:

1-The Young and shear modulus decrease when temperature increases with high percentages reach to96.3% when temperature changes from (20 °C to 100°C) for longitudinal young modulus, for transverse young modulus is96.53% and for shear modulus is 91.1%. The longitudinal and transverse coefficient of thermal expansion also decrease when temperature increase with percentage 80% and73.7% respectively for the same temperature.

2- The response due to step loading higher in magnitude than the other loads with percentage reach to 91.96%, 97.4% from sine and ramp load, respectively.



3- The response increase with maximum percentage reaches to (58.47%) when temperature became 50°C and when the temperature reach to 100°C the response increase with higher percentage reaches to (200%) with respect to response without change in temperature

4- It was seen that the different fiber orientation angles affected on dynamic response. The central deflection of laminated plate decreases with increasing the angle (θ) from 10 to 40 with percentage reach to 24.8%. Then increase the central deflection when θ increase from 40 to70 with percentage reaches to 9.2%. Thus, the maximum deflection with time is when lamination angle is 10 for four layer symmetric angle-ply laminated plates, simply supported, subjected to sine uniform loading with applied temperature equal to 50°C.

REFERENCES

- Beards C.E, 1996, *Structural Vibration: Analysis and Damping* 3ed, New York.
- Chorng-Fuh Liu and Chih-Hsing Huang, 1996, Free Vibration of Composite Laminated Plates Subjected to Temperature Changes, Computers & Structures, Vol. 60, pp. 95-10.
- Hussein A. Ammar 'Dr. Hassan H. Mahdi & Nessren H. Ahmed, 2011, Numerical and Experimental Investigation of Mechanical and Thermal Buckling Loads of Composite Laminated Plates Eng. & Tech. Journal, Vol. 29, No.9.
- Hui-Shen Shen, J. J. Zheng and X. L. Huang, 2003,"Dynamic Response of Shear Deformable Laminated Plates Under Thermomechanical Loading and Resting on Elastic Foundations", Composite Structures, Vol. 60, pp. 57-66.
- Junaid Kameran Ahmed, V.C. Agarwal, P.Pal, Vikas Srivastav, 2013, Static and Dynamic Analysis of Composite Laminated Plate, International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075.
- Khdeir A. A. & Reddy J. N, 1988, Dynamic Response of Antisymmetric Angle-Ply Laminated Plates Subjected to Arbitrary Loading, J. Sound and Vibration, Vol.126, No.3, p.p. 437-445.
- Kullasup Phongsrisuk, Prasong Ingsuwan, Wetchayan Rangsri and Wiwat Klongpanich, 2010, Free vibration analysis of symmetrically laminated composite rectangular plates using extended Kantorovich method, Maejo International Journal of Science and Technology ISSN 1905-7873, 4(03), 512-532.
- Muhannad L. S. Al-Waily, 2004, Analysis of Stiffened and Unstiffened Composite Plates Subjected Time Dependent Loading, M.sc, Thesis, Kufa University. College of Engineering.



Number 11 Volume 21 November - 2015 Journal of Engineering

- Pushpendra k. kushwaha1 and jyoti vimal, 2014, Study of Vibration Analysis of Laminated Composite Plates Using FEM, International Journal of Advanced Mechanical Engineering. ISSN 2250-3234.
- Rao V. Dukkipati, 2010, Matlab an Introduction with Applications, New age international publishers. ISBN(13):978-81-224-2920-6.
- Reddy J. N. 1982, On the Solution to Forced Motions of Rectangular Composite Plates"; J. Applied Mechanics, Vol. 49, p.p. 403-408, June.
- Reddy J.N., 2004, Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells: Theory and Analysis, 2ed; CRC Press.
- Suresh Kumar J., Dharma Raju T. and Viaya Kumar Reddy K. 2011, Vibration Analysis of Composite Laminated Plates Using Higher Order Shear Deformation Theory with Zig-Zag Function", Indian journal of science and technology vol.4 ,no.8,ISSN:0974-6846.
- "Theory, Analysis, and Element Manuals" ANSYS 13 Program.



NOMENCLATURE

Symbol	Description	Unit
a, b	Dimension of plate in x and y coordinate	m
A _{ij} , B _{ij} ,D _{ij}	Extensional stiffness, the coupling stiffness, and the bending stiffness	-
E ₁ , E ₂ , E ₃	Elastic modulus of composite material	GPa
G_{12}, G_{23}, G_{13}	Shear modulus of composite material	GPa
h	Thickness	m
I_0, I_1, I_2	Mass moment of inertia	kg.m ²
[MA]	Mass matrix	kg
M_{xx} , M_{yy} , M_{xy}	Moment resultant per unit length	N.m/m
N	Total number of plate layers	-
Nxx, Nyy , Nxy	The resultant of in-plane force per unit length	N/m
$N_{xx}^t, N_{yy}^t, N_{xy}^t$	The resultant of in-plane force per unit length with thermal effect	N/m
Ñxx, Ñyy , Ñxy	Applied edge force	N/m
q(x,y,t)	Dynamic force subjected on a system	N/m ²
$ar{Q}^{(k)}_{ij}$	Transformed lamina stiffness	N/m
R	R Vector of externally applied loads	
t	Time	
Δt	Time Interval	min or s
t ₁	The end time of load	
Т	Temperature C ⁰	
ΔΤ	Temperature increment	



Journal of Engineering

T _{ref}	Reference temperature	C^0
U,Ü,Ü	Displacement, velocity and acceleration vectors	m, m/s, m/ s ²
u_o , v_o , w_o	Displacement components along (x,y,z) directions respectively	m
U_{mn} , V_{mn} , W_{mn}	Amplitude of (u_o, v_o, w_o) respectively	-
x , y , z	Cartesian coordinate system	m
Z	Distance from neutral axis	m
θ	Fiber orientation angle	Degree
α_1, α_2	Coefficient of thermal expansion of composite material	$(1/C^{-1})$ or $(1/K^{-1})$
ρ	Density	(kg/m3)
$\epsilon_{xx}, \epsilon_{yy}, \epsilon_{xy}$	Strain components	m/m
σ_{xx} , σ_{yy} , σ_{xy}	Stress components	GPa



Figure 1. Shell281 geometry [ANSYS 13 Program].



Figure 2. Comparison of the present solution with the numerical solution of [Reddy .J.N, 1982] of two-layer cross-ply (0/90) square plate under suddenly applied sinusoidal loading (a/h=5).



Figure 3. Comparison of present study with [Hui-Shen Shen et al 2003] for laminated square plate under thermal loading condition at ($\Delta T = 200 \text{ C}^0$).



Figure 4. Operating principle of TMA.

Journal of Engineering



Figure 5. TMA PT1000 device.

Table1. E	Experimental	value of	mechanical	and therma	l properties	of fiber	-polyester	composite
	plate t	for fiber v	volume frac	tion= 0.3 ch	nanged with	temper	ature.	

T C°	E ₁ Mpa	E ₂ Mpa	G ₁₂ =G ₁₃ = G ₂₃ Mpa	α ₁ E-6/K	α ₂ E-6/K
20	24627.0	5588.04	1551.77	14.57	47.81
30	23343.30	4123.11	1618.65	9.03	31.7
40	21775.40	1550.22	2505.75	7.20	29.36
50	15219.80	1515.37	623.423	4.79	25.79
60	6475.41	566.8	114.2336	3.20	21.38
70	2990.82	458.59	113.535	3.18	15.60
80	2555.71	289.27	130.48	3.22	15.59
90	1471.90	210.49	158.83	3.08	15.19
100	903.90	193.84	138.48	2.91	12.58
110	741.31	191.75	131.74	2.75	11.57
120	674.40	187.53	125.23	2.57	10.47
130	644.70	186.51	122.56	2.48	9.34
140	629.01	185.19	117.59	2.45	7.67
150	612.02	182.66	107.81	2.44	5.28
160	597.61	181.88	100.28	2.44	4.19
170	592.41	173.50	95.414	2.44	3.90
180	592.22	164.55	95.04	2.45	3.88
190	591.02	163.91	85.71	2.46	3.66
200	590.57	153.3	83.64	2.47	3



Number 11

Volume 21 November - 2015

Journal of Engineering



Figure 6. Central deflection of four layers symmetric angle-ply (45/-45/...) laminated plates for variant sinusoidal dynamic load without temperature change.



Figure 7. Central deflection of four layers symmetric angle-ply (45/-45/...) laminated plates for variant uniform dynamic load without temperature change.



8.00E-06

6.00E-06

4.00E-06

2.00E-06

leflection W(m)

tep ANSYS

step CLPT with Newmark

ramp ANSYS ramp CLPT with Newmark

sine ANSYS



Figure 8. Central deflection of four layers anti-symmetric angle-ply (45/-45/...) laminated plates for variant sinusoidal dynamic load without temperature change.



Figure 9. Central deflection of four layers anti-symmetric angle-ply (45/-45/...) laminated plates for variant uniform dynamic load without temperature change.



Figure 10. Central deflection of four layers symmetric angle-ply (45/-45/...) laminated plates for step uniform dynamic load with temperature change.



Figure 11. Central deflection of four layers symmetric angle-ply (45/-45/...) laminated plates for step sinusoidal dynamic load with temperature change.



Figure 12. Central deflection of four layers anti- symmetric angle-ply (45/-45/...) laminated plates for step uniform dynamic load with temperature change.



Figure 13. Central deflection of four layers anti- symmetric angle –ply (45/-45/...) laminated plates for step sinusoidal dynamic load with temperature change.





Figure 14. Effect of lamination angle on central deflection of four layers $(\theta/-\theta/-\theta/\theta)$ laminated plates for sine uniform dynamic load with temperature equal to 50°C.



Effects of Welding Parameters on Temperature Distribution and Tensile Strength of AA6061-T6 Welded by Friction Stir Welding

Dr. Majid Hameed Majeed Assistant Professor Middle Technical University E-mail:drmajidhm@yahoo.com

ABSTRACT

The present research aims to study the effect of friction stir welding (FSW) parameters on temperature distribution and tensile strength of aluminum 6061-T6. Rotational and traverse speeds used were (500,1000,1400 rpm) and (14,40,112 mm/min) respectively. Results of mechanical tests showed that using 500rpm and 14mm/min speed give the best strength. A three-dimensional fully coupled thermal-stress finite element model via ANSYS software has been developed. The Rate dependent Johnson-Cook relation was utilized for elasto-plastic work deformations. Heat-transfer is formulated using a moving heat source, and later used the transient temperature outputs from the thermal analysis to determine equivalent stresses in the welded plates via a 3-D thermo- mechanical simulation. Motion due to rotation and translation of the tool induces asymmetry in the material flow and heating across the tool pin. The rotation speed results in stirring and mingling of material around the tool and the movable tool moves the stirred material from the front to the back of the tool and finishes welding process. Higher rotation speed rates create higher temperature because of higher friction heating and result in more powerful stirring and mingling of material. A good agreement is evident between experimental and Ansys results.

Key words: friction stir welding, aluminum 6061-t6, ansys, heat transfer, thermo-mechanical coupling , moving heating source, temperature distributions.

> د. ماجد حميد مجيد استاذ مساعد الجامعة التقنية الوسطى

الخلاصة

يهدف هذا البحث إلى دراسة العوامل المؤثرة على لحام الاحتكاك الدوراني (FSW) على توزيع درجة الحرارة وقوة الشد لمعدن الألومنيوم T6-606. حيث تم اختيار ثلاث سرع دورانية (500،1000،1400 دورة في الدقيقة) و وثلاث حركات خطية (التغذية) (14،40،112 ملم / دقيقة) على التوالي. وأظهرت نتائج الاختبارات الميكانيكية ان استخدام سرعة دورانية 500 دورة/الدقية وسرعة خطية 14،مام/ دقيقة تعطي أفضل قوة مقاومة للمعدن. وقد تم بناء أنموذج بلابعاد الثلاثة لتحليل الاجهادات الحرارية المزدوجة باستخدام برنامج ANSYS . حيث تم استخدام علاقة جونسون كوك لاخذ بنظر الاعتبار التشوهات المرنة-اللدنة . تم بناء انموذج لانتقال الحرارة باستخدام الملوب مصدر حراري متنقل، حيث تم استخدام درجات الحرارة الناتجة كدالة للزمن واستخدامها لاحقا لحساب الاجهادات المكافئة في الالواح الملحومة من خلال انموذج بلابعاد وراري ميكانيكي. حيث تم الخذ بنظر الاعتبار دوران وحركة الاداة التي تؤدي الى جريان المعدن وتوليد الموزة بلابعاد المرادة. حراري ميكانيكانيكي عنه المرادة بنظر الاعتبار دوران وحركة الاداة التي تؤدي الى جريان المعدن وتوليد المادورة على



حيث تم دراسة النتائج بسرعة دوران في التحريك والمزج بين المواد حول الاداة و وحركة الاداة من الأمام إلى الخلف وانتهاء عملية اللحام. ارتفاع معدلات سرعة الدوران يؤدي الى مزج افضل بسبب تولد درجات حرارة عالية بسبب ارتفاع حرارة الاحتكاك لقد تم الحصول على تطابق جيد بالنتائج بين العملي والانسزز. الكلمات الرئيسية : اللحام الاحتكاك الدوراني ، سبيكة المينيوم T6-6061 , انسزز ، انتقال الحرارة، الازدواجية بين الميكانيك- الحرارة ، مصدر حراري متنقل، توزيع درجات الحرارة.

1. INTRODUCTION

The basic theory of FSW is outstanding simple. A non-consumable rotation tool with a specially shaped pin and shoulder is entered between two edges of sheets or plates, with abutting configuration, to be joined and travelled along the line of joint. The tool has two primary functions: (a) heating the work-piece, and (b) moving the material to produce the joint. The shoulder makes firm contact with the top surface of the work-piece. Heat generated by friction at the shoulder and to a lesser extent at the pin surface, softens the material being welded. Severe plastic deformation and flow of this plasticized metal occurs as the tool is translated along the welding direction. There have been widespread benefits resulting from the application of FSW in for example, aerospace, ship-building, automotive, and railway industries, Esther, et al.,2006, Nadan, et al., 2008 and Mishra and Ma, 2005. Tool traveling and rotation speeds, among other welding parameters, are most important variables that may affect the joint properties. In view of the literature survey and to the researcher knowledge, none has settle on an optimal value for these parameters as far as it concerned with FSW of A6061, but scattered values have been found. In Soundararajan et al., 2005, work tool travel and rotation speeds were (132, 330mm/min) and (344, 500 rpm). In Somasekharan and Murr, 2006, work tool travel and rotation speeds were (90 mm/min) and (800 rpm) while in Reddy et al., 2006, work these parameters were (15 mm/min) and (800 rpm). The criterion used to define these parameters is that the values of tool traveling and rotation speeds which gives maximum tensile strength. Yousif, 2006, shown that specimen which contains FSW defects does not offer high tensile strength and elongation. In this work, two parameters are very acting in FSW: rotation speed rate (Spindle speed, rpm) and traverse speed rate (Feed rate, mm/min) along the line of joint are studied.

2. EXPERIMENTAL PART

2.1 Tool Geometry

Tool geometry designed and manufactured in this study is shown in **Fig.1**, which is a screw shoulder and cylindrical pin. The tool geometry plays a complicated role in material flow and in circuit controls the traverse rate at which FSW can be managed. FSW tool consists of a shoulder and a pin. The tool has two primary functions: (a) localized heating, and (b) material flow. In the initial stage of tool mixing, the heating produces at first from the friction between tool and workpiece. Some additional heating produces from deformity of material. The tool is soused until the shoulder touches the work-piece. The friction between the shoulder and work-piece results in the biggest former of heating. The shoulder also serves confinement for the heated measure of material. The second purpose of the tool is to 'stir' and 'move' the material. The tool's welding is manufactured from M2 tool steel and have a radius of shoulder ($R_s=12.5mm$) and pin radius ($R_p=3mm$).

2.2 Milling Machine

The vertical milling machine used in this research is shown in **Fig.2**, which is available in mechanical laboratory- Institute of Technology -Baghdad. The parameters used in this research is explained in **Table 1**. A special fixture was designed and manufactured to clamp the aluminum plates when welded to decrease the joint deformation. The butt joint configuration is



obtained by securing the welding samples into a carbon steel backing plate, the backing plate was fastened into the fixture and has been adjusted to have a level surface.

2.3 Chemical Test

Chemical test had been carried out in the Laboratories of the Institute of Technology – Baghdad. For aluminum plate before welding, results of the chemical tests are given in **Table 2**, it shows that the alloy is AA6061-T6.

2.4 Friction Stir Welding

Due to the lack of specialized stir welding machine, a vertical milling machine was used, the milling machine was operated with variable travelling and rotation speeds. The machine has been equipped by the researcher with tool, backing plate and fixture to be appropriate for FSW. Fixture and backing plate was machined from steel available tool steel alloy (AISI type S-5).

2.5 Tensile Test

In order to investigate mechanical properties of the work piece before and after welding process, a series of tensile tests had been performed to determine the yield strength, modulus of elasticity and elongation. **Fig.3** shows the specimen.

2.6 Temperature Measurement

Transient temperatures were recorder at three locations during FSW process using three gauges type thermocouples. The layout of the locations of the thermocouples are shown in **Fig.4**. One row of the thermocouples is placed in first, middle and end of the aluminum plates along the welding direction. The thermocouples in the row are placed at certain depth in plate, the first thermocouple is 1.5mm and the middle is 3mm and the third is 4.5mm from the top surface respectively. The location of thermocouples were at 13.5mm from the weld's centerline. These locations (three) were corresponding to the tool pin's edge. Drilling the holes from the bottom side of the plate, then beaded the thermocouples at the tip and the measuring points, with glue having highly thermal conductivity. The transient temperature from the thermocouples were recorded.

3. THEORETICAL PART

One of the key elements in the friction stir welding process is the generation of heat in the interface surface between the tool and the work-piece, this made the force to generate the FSW process successful. The temperature distribution varies with time and space, hence a three dimensional transient isotropic with moving heat source model was used to simulate FSW thermal process. The general heat transfer equation is:

$$\rho C_{p(T)} \frac{\partial T}{\partial t} = K_{(T)} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \dot{Q}$$
(1)

The boundary conditions in the FSW was the energy loss by heat convection ,**Nandan**, et al., 2006. as in the following equation:

$$Q_{conv.} = h(T - T_{\infty}) \tag{2}$$

And convection coefficient for the work-piece / backing plate (Q_{back}) is calculated as in the following equation ,**Soundararajan et al.**, 2005 and Nandan et al., 2007.



$$Q_{back} = h_b (T - T_\infty) \tag{3}$$

And another boundary condition was the radiation heat loss by the following equation:

$$Q_{rad} = eF\sigma_{SB}(T^4 - T_{\infty}^4) \tag{4}$$

Heat generation during friction stir welding arises from two main sources, the first one is the deformation of the material around the tool, and the second is the friction at the surface of the tool, **Sarmad, 2010**. Frictional heat for the shaft rotating at rubbing angular speed of $(1 - \delta)\omega$ is : $dQ_s = (1 - \delta) \omega dM$ where the torque $dM = \mu pr dA = 2\pi\mu pr^2 dr$

hence
$$dQ_s = 2\pi\mu(1-\delta)\omega p r^2 dr$$
 (5)

where δ is between 0.6 and 0.85 ,**Nandan et al., 2007 and Hani et al., 2013**. Hence, the total frictional heat of shoulder will be;

$$Q_s = \int_0^R dQ_s = \frac{2}{3}\pi (1-\delta) \ \omega \ \mu \ p \ R_s^3$$
(6)

Similar concept, heat generated by lateral surface of the pin is:

$$Q_p = 2\pi (1 - \delta)\omega \,\mu \, p \, L_p \, R_p^2 \tag{7}$$

The total heat generation is :

$$Q_T = 2\pi (1-\delta)\omega \,\mu \,p \,\left(\frac{R_s^3}{3} + L_p \,R_p^2\right) \tag{8}$$

The empirical equation for calculating the heat input to the work-piece is given by **Chao and Qi**, **1998**.

$$q_{(r)} = \frac{3 \, Q \, r}{2 \, \pi \, (r_s^3 - r_p^3)} \quad \text{for } r_p \le r \le r_s \tag{9}$$

The total heat input to the work-piece:

$$Q = \frac{\pi \,\omega \,\mu \,F \,(R_s^2 + R_s R_p + R_p^2)}{45(R_s + R_p)} \tag{10}$$

The frictional heating in the thin layer near the interface was treated as a surface heat generation term q . , Feng et al., 2007.

$$q = \frac{2 \eta \mu F \omega}{60(R_s^2 + R_p^2)} r \qquad \text{for } r_p < r < r_s$$
(11)

A wide range of published values for friction coefficient (μ) is within (0.3-0.85) ,**Dixon et al.**, **2007**. Convection and radiative heat losses to the ambient occurs across all free surface of the work-piece and conduction losses occur from the work-piece bottom surface to the backing



plate. The proposed model account only for frictional heat generated at shoulder and pin surface instead of modeling heat generated by plastic deformation.

4. ANSYS SIMULATION OF THE FSW

To simulate the friction stir welding (FSW) process. Several characteristics of FSW are presented, including tool-workpiece surface interaction, heat generation due to friction, and plastic deformation. A nonlinear direct coupled-field analysis is performed, as thermal and mechanical behaviors are mutually dependent and coupled together during the FSW process. A cylindrical rotating tool plunges into a rigidly clamped workpiece and moves along the joint to be welded. As the tool moved along the joint, the generation of heat through friction between the tool shoulder and the workpiece. Additional heat is generated by plastic deformation of the workpiece material. The generated heat results in thermal softening of the workpiece material. The model consists of a coupled-field solid element with structural and thermal degrees of freedom. The temperature rises at the contact interface due to frictional contact between the tool and workpiece. The simulation welds two 6061-T6 aluminum plates (workpiece) with a cylindrical shape tool, as shown in Fig.5. Two rectangular shaped plates are used as the workpiece. The plate size is (330x184x6.5 mm). The tool shoulder diameter is (25 mm). Both the workpiece (Aluminum plates) and the tool are modeled using coupled-field element SOLID226 with the structural-thermal option (KEYOPT(1) =11). Surface-to-surface contact pair TARGE170 and CONTA174 is used. To simulate a perfect thermal contact between the plates, a high thermal contact conductance (TCC) of $2x10^6$ W/m² °C is specified. The tool plunges into the work piece, rotates, and moves along the weld line. Because the frictional contact between the tool and workpiece is primarily responsible for heat generation, a standard surface to-surface contact pair is defined between the tool and workpiece ,Ansys, help,2014. The CONTA174 element is used to model the contact surface on the top surface of the workpiece, and the TARGE170 element is used for the tool. A low TCC value (10 W/m² °C) is specified for this contact pair because most of the heat generated transfers to the workpiece. The coefficient of friction (0.4 to 0.2) is defined (TB,FRIC with TBTEMP and TBDATA). A multipoint constraint (MPC) algorithm with contact surface behavior defined as bonded always is used to constrain the contact nodes to the rigid body motion defined by the pilot node. Thermal properties of the AA6061-T6 plates, Prasanna, et al., 2010 and Zhu and Chao, 2004. such as thermal conductivity, specific heat, and density and Mechanical properties of the plates such as Young's modulus and the coefficient of thermal expansion are temperature-dependent shown in Table 3. To simulate the material of the workpieces in the analysis, using a temperature and strain rate dependence law of material was used using the elastic-plastic Johnson-Cook material model, Johnson and Cook, 1983. which is given by:

$$\sigma_{y} = \left[A + B(\bar{\varepsilon}^{pl})^{n}\right] \left[1 + Cln \frac{\dot{\varepsilon}^{pl}}{\dot{\varepsilon}_{o}}\right] \left[1 - \left(\frac{T - T_{ref}}{T_{melt} - T_{ref}}\right)^{m}\right]$$
(12)

where σ_y is the yield stress, $\bar{\epsilon}^{pl}$ is the effective plastic strain, $\dot{\epsilon}^{pl}$ is the effective plastic strain rate, ϵ_0 is the normalizing strain rate (typically, 1.0 /s). *A*, *B*, *C*, *n*, *T_{melb}* and *m* are material constants, which are listed in **Table 4**. *T_{ref}* is the temperature of ambient, that is 22 °C in this case. The model of material was plasticity's model with the law of hardening and dependent rate. **Fig.6** shows stress strain curves for Johnson-Cook hardening at various temperatures.

Thermal and mechanical boundary conditions imposed on the FSW model. The workpiece is fixed by clamping each plate, **Zhu and Chao**, 2004. The clamped portions of the plates are constrained in all directions. The loading represented by rotating tool moves along the weld line.



The tool plunges into the workpiece at a very shallow depth, then rotates to generate heat. The depth and rotating speeds are the critical parameters for the weld temperatures. Three cases are studies in this paper according to the changing the parameters as in **Table 1**. Spindle speed and the feed rate. A nonlinear transient analysis is performed using structural-thermal options of SOLID226 and CONTA174.

5- RESULTS AND DISCUSSION

5.1 Stress-Strain Diagrams

Fig.7 shows the three welding aluminum plates by FSW with different spindle speed and feed rate mention **in Table 1**. From each resulted plate, two tensile specimens are cut, one at the start of the plate and the other at the end of the plate as shown in **Fig.8**. The result's stress – strain diagrams shown in **Fig.9**.

5.2 Temperature Distribution

Tool design influences heat generation, plastic flow, the power required and the uniformity of the welded joint. The shoulder generates most of the heat, while both the shoulder and the tool pin affect the material flow. Motion due to rotation and translation of the tool induces asymmetry in the material flow and heating across the tool pin. The rotation speed results in stirring and mingling of material around the tool and the movable tool moves the stirred material from the front to the back of the tool and finishes welding process. Higher rotation speed rates create higher temperature because of higher friction heating and result in more powerful stirring and mingling of material. However, it should be noted that friction between the tool surface and work-piece is going to govern the heating. The calculated frictional heat generation and plastic heat generation show that the friction between the tool shoulder and workpiece is responsible for generating most of the heat. Heat-transfer is formulated using a moving heat source, and later used the transient temperature outputs from the thermal analysis to determine equivalent stresses in the welded plates via a 3-D thermo-mechanical simulation. **Table 5** shows the results of FSW in using the three parameters study were (500,1000,1400 rpm) and (14,40,112 mm/min) respectively and tensile strength for each case also the elongation in each case.

Results of mechanical tests showed that using 500rpm and 14mm/min speed give the best strength, hence **Fig.10** shows the temperature distribution in case of (500rpm and feed 14mm/min) and **Fig.11** shows the stress distribution in this case. **Figs. 12 and 13** show plastic heat rate against time and frictional heat rate against time respectively. **Fig.14** shows resulting temperature profile as taken from experiment and ANSYS, for the purpose of comparison, it can be observed that the peak temperature resulting from transient thermal analysis is more than experimental results since the lake of accuracy in modeling of heat transfer. In actual case heat transfer through the fixture will increase the cooling process of the workpiece.

6. CONCLUSIONS

The results of temperature distribution and stresses are significantly changed with changing the rotational and traverse speeds used (500,1000,1400 rpm) and (14,40,112 mm/min) respectively. These parameters affect the temperature values and distribution. Results of mechanical tests showed that using 500rpm and 14mm/min speed give the best strength. A three dimensional heat transfer model was successfully developed to predict the temperature at different parameter. It can be observed that heat generated from the friction is approximately 90% transferred to the workpiece. A good agreement is evident between the experimental and Ansys results.



REFERENCES

- ASTM, 2005, Standard Test Methods for Tension of Metallic Materials [Metric] ASTM standard, Volume 03.01, Section 03.
- Adibi-Sedeh, A., Madhavan, V., and Bahr, B., 2003, *Extension of Oxley's Analysis of Machining to Use Different Material Models*, Transactions of the ASME, PP. 656-666.
- > Aluminum Association, MATTER project, 2001.
- Ansys V.15 help, 2014, Ansys Elements Reference.
- Chao, Y., and Qi, X., 1998, Thermal and Thermo-Mechanical Modeling of Friction Stir Welding of Aluminum Alloy 6061-T6, Journal of Materials Processing & Manufacturing Science, vol. 7, PP. 215-233.
- Dixon, John, Burkes, Douglas and Medreder, Pavel, 2007, Thermal Modeling of a Friction Bonding Process, Proceeding Of COMSOL conference, Boston.
- Esther T. Akinlabi and Stephen A. Akinlabi, 2006, Friction Stir Welding Process: A green Technology. International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering. Vol. 6, PP. 1489-1491.
- Feng, Z., Wang, X.L. David, S.A. and Sklad, P.S., 2007, Modeling of Residual Stresses and Property Distributions in Friction Stir Welds of Aluminum 6061-T6, Science and Technology of welding and joining, 12 (4), PP. 348-356.
- Hani Aziz Ameen, Ahmed Hadi Abood and Nabeel Shallal Thamer, 2013, Theoretical and Experimental Investigation of Friction Stir Welding for Copper Alloy, Al-Qadisiya J. for Eng. Sci., Vol.6, No.3, PP. 332-351.
- Johnson, G., and Cook, W., 1983, A Constitutive Model and Data for Metals Subjected to Large Strains, High Strain Rates and High Temperatures, Proceeding of the 7th Int. Symp. On Ballistics, The Hague, the Netherlands, PP. 1-7.
- Mishra R. S. and Z. Y. Ma., 2005, Friction Stir Welding And Process. Material Science and Engineering. Vol. 50, PP. 1-78.
- Mokhtar Awang, 2007, Simulation of Friction Stir Spot Welding (FSSW) Process: Study of Friction Phenomena, Ph.D. thesis, Virginia University.
- Nadan R., T. DebRoy and H. D. Bhadashia, 2008, Resent Advanced ni Friction Stir Welding -Process, Weldment Structure and Properties. Material Science. Vol.53, PP. 980-1023.
- Nandan, R., Prabu, B., De, A. and Debroy T., 2007, Improving Reliability oh Heat Transfer and Materials Flow Calculations During Friction Stir Welding of Dissimilar Aluminum Alloys, welding J., Vol. 86, PP. 313-322.

- Nandan, R., Roy G.G. and Debroy, T., 2006, Numerical Simulation of Three Dimensional Heat Transfer and Plastic Flow During Friction Stir Welding, Metallurgical and Materials Transactiona, A, Vol. 37 A, PP. 1247-1269.
- Nandan, R., Roy, G.G., Lienert, T.J. and Debroy, T., 2007, Three Dimensional Heat and Material Flow During Friction Stir Welding of Mild Steel, Acta Materialia, No.55, PP. 883-895.
- Prasanna, P., B. S. Rao, and G. K. Rao., 2010, Finite Element Modeling for Maximum Temperature in Friction Stir Welding and its Validation Journal of Advanced Manufacturing Technology. 51, PP. 925-933.
- Reddy, G. Madhusudhan, Mastanaiah, P., Murthy, C.V.S., Mohandas, T. and Viswanathan, N., 2006, *Microstructure, Residual Stress Distribution and Mechanical Properties of Friction- Stir AA6061 Aluminum Alloy Weldments* Proc. National seminar on non-destructive evaluation, Dec.7-9, Hydarabad.
- Sarmad Dhia Ridha, 2010, Theoretical and Experimental Study For Measurement of Residual Stresses Induced by Friction Stir Welding and Investigation of Stress Relieve by Vibration in Aluminum Alloy, Ph.D. thesis, Baghdad University.
- Somasekharan, A.C. and Murr, A.L.E., 2006, Characterization of Complex, Solid-State Flow and Mixing in the Friction-Stir Welding of Aluminum Alloy 6061-T6 To Magnesium Alloy AZ91D Using Color Metallography". J. Mater. Sci. No5370.
- PP. 5365-Sound dvarajan, Vijay, Zekovic, Srdja and Kovacevic, Radovan, 2005, *Thermo-Mechanical Model with Adaptive Boundary Conditions for Friction Stir Welding* of AL6061, International J. of Machine Tools and manufacture, Vol. 45, PP.1577-1587.
- Yousif, Mohanned Akab, 2006, Investigation of Mechanical and Microstructural Characteristic of Friction Stir Welded Joints, Ph.D. thesis, University of Baghdad.
- Zhu, X. K., and Y. J. Chao, 2004, Numerical Simulation of Transient Temperature and Residual Stresses in Friction Stir Welding of 304L Stainless Steel, Journal of Materials Processing Technology. 146.2, PP. 263-272.

NOMENCLATURE

- Cp_(T) temperature dependent of specific heat of work-piece, J/Kg°C
 - e emissivity of radiant surface (e=0.5)
- F radiation view factor (F=1)
- $K_{(T)}$ temp. dependent thermal conductivity coefficient of the work-piece, W/m°C
- \dot{Q} rate of heat generation, W
- Q_{conv.} energy loss by convection per unit area ,W
- Q_{back} energy loss of by convection per unit area, W
- Q_{rad} energy loss of by radiation by unit area, W
- Q_{rad} energy loss of by radiation by unit area, W
- Q_s heat generation by shoulder, W
- Q_p heat generation by pin, W



Т	temperature, °C, K
t	time, sec
h, h _b	convection heat transfer coefficient, W/m ² °C
T_∞ , T_{ref}	absolute ambient temperature, °C, K
Lp	pin length, mm
R _s	shoulder radius, mm
R _p	pin radius, mm
p	interfacial pressure, Pa
S	spindle speed, rpm
R	feed rate, mm/min
σ_y	yield stress, Pa
$\epsilon^{\rm pl}$	effective plastic strain
$\dot{\bar{arepsilon}}^{pl}$	effective plastic strain rate
εο	normalizing strain rate
ρ	density of work-piece, Kg/m ³
σ_{SB}	s-Boltzman constant ($\sigma_{SB} = 5.67 \times 10^{-8} W/m^2 K^4$)
0	

- δ slip factor that compensate for tool (material relative velocity)
- ω tool rotational speed, rpm
- η process efficiency







Figure 2. Milling machine.



Figure 3. Rectangular tension test specimen ,ASTM,2005.



Figure 4. Layout of the locations of the thermocouples.



Figure 5. 3-D Model of workpiece and tool with finer mesh.



Figure 6. Plot of stress strain curve for Johnson-Cook work hardening ,Mokhtar,2007.



- S=1000 rpm,R=40mm/min
- S=1400 rpm,R=112mm/min
- S=500 rpm,R=14mm/min

Figure7. Aluminum welding plate with different condition.





Figure 9. Stress-Strain diagrams for different parameters.



Figure 10. The temperature distribution in case of (500rpm and feed 14mm/min).




Figure 11. The stress distribution in case of (500rpm and feed 14mm/min).







Figure 13. Frictional heat rate against time for 500rpm and feed 14mm/min.



Figure 14. Temperature variation with time for 500rpm and feed 14mm/min.



Table 1. Parameters studied.									
Spindle speed (S) (rpm) 1000 500 1400									
Feed rate (R) (mm/min)	40	14	112						

Table 2. Chemical compositions.										
	Si Fe Cu Mn AL Mg Cr Ni Zn Ti									Ti
Standard	0.4-	0-0.7	0.15-	0-0.15	Bal.	0.8-	0.04-	0-0.15	0-0.15	0-
[Al,2001]	0.8		0.4			1.2	0.35			0.15
Present	0.621	0.529	0.299	0.0852	Bal.	1.03	0.198	0.0096	0.0594	0.018
Work										

Table 3. Temperature dependent material	properties for	Aluminum	alloy 6061-T6	,Chao and
	Oi.1998 .			

X -1-2200									
Temperature	°C	37.8	93.3	148.9	204.4	260	315.6	371.1	426.7
Thermal Cond.	W/m°C	162	177	184	192	201	207	217	223
Heat Capacity	J/Kg°C	945	978	1004	1028	1052	1078	1104	1133
Density	Kg/m ³	2685	2685	2667	2657	2657	2630	2630	2602
Young's Modulus	GPa	68.54	66.19	63.09	59.16	53.99	47.48	40.34	31.72
Yield strength	MPa	274.4	264.6	248.2	218.6	159.7	66.2	34.5	17.9
Thermal Exp.	10 ⁻⁶ /°C	23.45	24.61	25.67	26.60	27.56	28.53	29.57	30.71

Table 4. Constants for Johnson- Cook material model ,Adibi et al., 2003.

Material	$T_{melt}(^{\circ}C)$	A (MPa)	B (MPa)	С	n	m
AA 6061-T6	582	293.4	121.26	0.002	0.23	1.34

No.	Material	Specimen No.	Temp. at 1.5mm depth °C	Temp. at 3mm depth °C	Temp. at 4.5mm depth °C	Spindle speed rpm	Feed rate mm/min	Tensile test number (1)	Tensile test number (2)	Thickness of plate mm	Elongation % (1)	Elongation % (2)
1	6061-T6	1	408	419	435	1000	40	113MPa (Start)	137MPa (End)	6.5	11	16
2	6061-T6	2	189	182	258	500	14	137MPa (Start)	149MPa (End)	6.5	23.5	29
3	6061-T6	3	282	228	315	1400	112	118MPa (Start)	134MPa (End)	6.5	15	23.5

Table 5. The results of FSW.



Heat Transfer Characteristics of a Fluid Flow in Multi Tube Heat Exchanger Fitted with Perforated Fins

Assist. Prof. Dr.Nabil Jamil Yasin Technical Collage of Baghdad Middle Technical University <u>Nabiljamil58@yahoo.com</u> Dr.Dhia Al-Deen Hussain Alwan Dhia716@yahoo.co.uk Ayad Dawood Suliman ayaddawood89@yahoo.com

ABSTRACT

 ${f T}$ he heat transfer and flow resistance characteristics for air flow cross over circular finned tube heat exchanger has been studied numerically and experimentally. The purpose of the study was to improve the heat transfer characteristics of an annular finned-tube heat exchanger for better performance. The study has concentrated on the effect of the number of perforations and perforations shapes on the heat transfer and pressure drop across a staggered finned tube heat exchanger. The Numerical part of present study has been performed using ANSYS Fluent 14.5 using SST Turbulent model, while the experimental study consist from a test rig with different models of heat exchangers and all required measurement devices were building up to cover the experimental work for the range of Reynolds number (7500-17500). The experimental results show that average Nusselt number of the six circular perforations fins model is about 11.08 % higher than that for solid fin model and with triangular perforations model is about 10.12 % higher than that for the solid fin. Triangular perforation finned heat exchanger model gives a best result than the other models due to excessive increment in the (Nu) in comparison with other models take in consideration pressure drop. The results were validated with previous work and the comparison between the experimental and numerical shows a good agreement with a maximum deviation $\pm 10\%$ between them.

Key words: Heat Transfer, Heat Exchanger, Perforated Fins.

خصائص انتقال الحرارة لمائع يجري خلال مبادل حراري متعدد الانابيب مجهز بزعانف مثقبة

د ضياء الدين حسين علوان الما الماد داؤد سليمان

أ.م.د. نبيل جميل ياسين الكلبه التقنيه الهندسيه /الحامعه التقنيه الو سطي

الخلاصة

تمت دراسة خصائص انتقال الحرارة ومقاومة الجريان للهواء المار عبر مبادل حراري مزعنف نظرياً وتجريبياً. الغرض من هذه الدراسة هو محاولة تحسين خصائص انتقال الحرارة لمنظومة انابيب حلقية الزعانف للحصول على اداء افضل. ركزت الدراسة على معرفة تأثير عدد الثقوب واشكالها على عملية انتقال الحرارة وانخفاض الضغط خلال مبادل حراري من النوع المتخالف الترتيب. في الدراسة النظرية تم انشاء الشبكة باستخدام برنامج ANSYS Fluent.14 مع موديل الجريان الاضطرابي SST بينما تضمن العملي ضمن ال بناء جهاز تجريبي يحتوي كافة نماذج المبادل الحراري المصنعة وجميع اجهزة القياس المطلوبة لغرض الدراسة النظرية تم انشاء الشبكة باستخدام برنامج ANSYS Fluent.14 مع موديل الجريان اجهزة القياس المطلوبة لغرض الدراسة التجريبية ضمن حدود عدد رينولد (7500-7500). اظهرت النتائج التجريبية ان عدد نسلت للز عانف الحاوية على ستة ثقوب دائرية اعلى بحدود "1.000 من الزعانف الغير مثقبة, في حين ان عدد نسلت كان اعلى بمقدار %10.10 للزعانف الحاوية على أربع ثقوب مثلثية عن الزعانف الغير مثقبة. كذلك اظهرت الدراسة ان نتائج الزعانف ذوات الثقوب المثلثة هي الافصل بالمقارنة مع باقى الماداذج نظراً للزيادة الملحوضة في حين ان عدد نسلت كان الزعانف ذوات الثوب المحلوبة في مد الدراسة التجريبية على أربع ثقوب مناز عانف الغير مثقبة في حين ان عدد نسلت كان



الاعتبار الزيادة في انخفاض الضغط. تمت مقارنة النتائج النظرية مع بحوث سابقة وكذلك اجريت مقارنة بين النتائج النظرية والتجريبية وقد اظهرت تقارباً مقبولاً بينهما بانحراف لا يتعدى ±10%. **الكلمات الرئيسية:** انتقال حرارة, مبادل حراري, ز عانف مثقبة.

1. INTRODUCTION

Saving material and energy are critical problems for optimization for all aspects of the economy. One of the important issues that should be defined during the design of a heat exchanger, is taking into account the cost of material, and the optimization of the heat efficiency, **Shah 1981**.

A circular finned tube has been widely utilized due to its low manufacturing cost. The fin industry has been engaged with continuous researches to reduce the fin size, weight and cost. The reduction in fin size and cost is achieved by the enhancement of heat transfer that carried out by the fins. This enhancement can be accomplished by different methods such as increasing the ratio of the heat transfer surface area of the fin to its volume, manufacturing fins from materials having high thermal conductivity, and increasing the heat transfer coefficient between the fin and its surroundings, Incropera 1996. Fins as a heat transfer enhancement devices must be designed to achieve maximum heat removal with minimum material expenditure, but taking into account the ease of manufacturing of the fin shape. Several studies have introduced some shape modifications by cutting some material from the fin to make cavities, holes, slots, grooves, or perforations through the fin body in order to increase the effective heat transfer surface area and/or the heat transfer coefficient, Kim, 2008. The fin industry has been engaged in continuous researches, which deals with perforation fin and other passive and active methods, to reduce the fin size, weight, and cost as well as more heat transfer rate Prasad, and Gupta,1998. Many investigations have studied various geometric shapes of the fins, such as plate fins, circular fins and helical fins, and the benefit of using perforation. Fayed et al. 2008, presented an experimental study on the effect of fin's perforation on the thermal performance of helically finned tubes. From the comparison, the overall heat transfer coefficient is found to be increase (12.3%) at air velocity of (4.5m/s) in case of perforated fin, this percentage continued in increasing until to attaining (36%) at (7.5 m/s). Karabacak and Yakar, 2011, investigated experimentally the effect of perforations placed on finned tube heat exchangers on convection heat transfer. It was found that Nusselt number increase by adding perforations. Banerjee et al. **2012,** studied numerically an annular finned-tube array with perforations to assessing the enhancement of heat transfer while minimizing an increase in pressure drop across the domain. It



was found that for the perforated case the heat flux, and heat transfer coefficient performance ratios of the fin increased by 5.96% and 7.07%, respectively.

Ismail, 2013, studied the effects of perforations on the thermal and fluid dynamic performance of a heat exchanger by using different types of perforated shapes having same surface area. A comparison of various geometric configurations showed that the thermal performance of perforated fin is better than that of solid fin.

Most of the studies concentrate on the flat plate fin. Very few articles studied the case of the annular perforated fins numerically and experimentally. The aim of the present work is to study the influence of using the annular perforated fin on the heat transfer process for the flow within a multi tube heat exchanger(numerically and experimentally). Moreover the effect of a number of variables such as number of perforations, diameter of perforation holes, and the effect of perforations shape will be determined numerically using one of the available CFD package and support by an experimental study.

2. CFD MODELING AND SIMULATION

Numerical calculations have been conducted by simulating three-dimensional air flow and heat transfer over solid and perforated finned-tube configurations. The CFD modeling, simulation and post processing have been carried out in an ANSYS 14.5, Workbench environment with an ANSYS system of fluid flow (Fluent).

2.1 The Geometry

A three dimensional finned tube heat exchanger has been simulated by using AutoCAD software and preparation for simulation by using ANSYS Design Modeler software. The numerical study has been performed by taking a section from the full case, because there is no enough computer memory and speed available to fulfill the full case. This section consist of three fins for each pipe. The study includes five cases of heat exchangers according to the types of fins as follows, solid fins, two perforated fins with circular perforation having different numbers of perforations, and finally two perforated fins having square and triangular perforation shapes with same cross section area (19.71 mm^2). **Fig.1** shows all above described cases, and the applied boundary conditions while **Table. 1** shows the description of the five models. The governing equations solved for the flow field are the continuity (mass conservation), Navier-Stokes equations of



motion (momentum conservation) and energy equations in three dimensions for the fluid for the turbulent flow domain (air).

2.2 Boundary Conditions

Solid and perforated fins cases have been simulated for inlet free stream air velocities of 3, 4, 5, 6, and 7 m/s for the range of Reynolds number(7500-17500) and a temperature of 300K and (0 Pa) relative pressure at outlet for validation of Nusselt number (Nu) and friction factor (*f*). No slip condition is applied to the outer tube and the fin walls. The inner tube wall was assumed to have a constant temperature of the condensing steam (373 K).The computational domain walls at the tube inlet and outlet are subjected to a symmetrical boundary conditions which is used to reduce computational effort in problem. Free stream air properties were specified as viscosity (μ) 1.798 10⁻⁵ kg/m-s Specific heat (Cp) 1006.43 J/kg-K, and thermal conductivity (k) 0.0242 W/m-K, **Banerjee et al, 2012.**

2.3 Mesh Generation

Tetrahedral elements have been used to mesh the flow domain because it is more flexible in representing complex geometry boundaries **FLUENT**, **2006**.

A mesh independency test has been carried out by varying the number of elements from 34,560 to 1.7 million. Six types of mesh density have been used to study mesh independence as shown in **Table 2**. Maximum skewness gained in this simulation is 0.75, which indicates that the mesh has suitable quality and would not compromise the solution stability. The meshing of the tunnel and the six circular model are shown in **Fig. 2**.

3. EXPERIMENTAL APPARATUS

The schematic diagram of the test rig is shown in **Fig. 3**. It shows the experimental rig which consists mainly of wind tunnel (duct) have a parallel test section in the middle manufactured from clear acrylic of (300mm x 300mm x 600mm), axial ventilation 3 phase motor (Power =2.2 kW), steam boiler, measurement devices, and steam separator.

The fins are manufactured from thin sheets of copper of thermal conductivity (376W/m. °C). Five dies needed to manufacture the models of heat exchanger. The heat exchangers used in present work have been prepared to be staggered heat exchangers and have equal longitudinal and transverse pitch of tube. The final shape of heat exchanger has been produced by welded the tubes to the U shape elbow. Each one of produced heat exchangers has 144 fins, and 111 cm



total length taken in consideration the equivalent length of elbow. **Fig. 4** shows the final shapes of all models and **Fig. 5** shows the dimensions of heat exchanger. Many thermocouples of type-(K) were used with a digital thermometer having an accuracy of ± 0.5 % of full scale division for the range of (0 - 999) ⁰C, to measure the temperatures by connecting the thermocouples to digital thermometer in parallel by leads through a selector switch. The thermocouples were distributed within the rig and the heat exchanger to measure the temperature of the air at entry and at exit of the test section, inlet and exit of the heat exchanger. Ten thermocouples were distributed along the fins to measure the temperature in different position on the fin surface. Before the experimental work started and in order to obtain accurate measurements a calibration for the thermocouples, compensating cable, selector switch, and the measuring device were done . Static ellipsoidal nosed pitot tube has been used to measure the static pressure in the tunnel while a portable manometer has been used to measure the average air velocity at entry and exit of the test section. As a different value of air velocity through the duct is required then an inverter used to control fan motor velocity.

3.1 Experimental Procedure

The experiments has been started by operating the steam generator, and waiting till generating steam at 1 bar and 100 °C (Saturated steam), then the valve of boiler will open to allow steam flowing continuously inside the heat exchanger until reaching steady state, which represents the starting time of experiments, finally switching (ON) the fan motor to blow air inside the duct through the test section. During each test run, the following data are recorded:

a- The average surface temperature of heat exchanger $(T_{s,av})$ read from the outputs of the (11) thermocouples distributed in it.

b- The inlet and outlet air bulk temperature through thermocouple at the entrance and exit section respectively.

c- The air surrounding temperature ,taken by reading room temperature thermocouple.

d- The new pressure drop (ΔP) between the inlet and outlet will be accurately measured.

e- Condensation rate of steam.



3.2 Data Analysis

The heat transfer mode in the present work is conduction and convection through the air. The magnitude of each mode depends on the temperature of the fin array base, the geometry and the flow rate. The energy balance is given as

$$\dot{Q}_{condensation} = Q_{convection} \tag{1}$$

The latent heat of condensation ($\dot{Q}_{condensation}$) is given by:

$$\dot{Q}_{cond.} = \dot{m}_{cond.} h_{fg} \tag{2}$$

The heat transfer by convection from finned tubes surface including outer surface of tubes is given by:

$$\dot{Q}_{convection} = h_{av} A_s \left[T_{s,av} - T_{\infty} \right] \tag{3}$$

where T_{∞} is taken as air inlet temperature

Hence the average convective heat transfer coefficienth_{av}, can be found out as follows:

$$h_{av} = \frac{\dot{Q}_{convection}}{A_s \left[T_{s,av} - T_{\infty} \right]} \tag{4}$$

The surface area of all models can be expressed by the following equations:

$$A_S = A_{S no fin} + A_{S fin} \tag{5}$$

$$A_{S no fin} = \pi \times d_r \times P_f \times N_f + A_{S term.}$$
(6)

$$A_{S term} = \pi \times d_r \times 0.006 \tag{7}$$

where 0.006 is the distance between first fin and wall of the duct.

The dimensionless groups, Nusselt number (Nu) and Reynolds number (Re) are calculated as follows:

$$Nu = \frac{h_{av} d_h}{K_{air}} \tag{8}$$

$$Re = \frac{\rho_{air} V_{max} d_h}{\mu_{air}} \tag{9}$$



Hydraulic diameter (d_h) can be expressed as:

$$\mathbf{d}_{\mathbf{h}} = (\mathbf{d}_{\mathbf{f}} - \mathbf{d}_{\mathbf{r}}) \tag{10}$$

The pressure drops over the test section in the model were measured. The pressure drop can be arranged in dimensionless form by using the following relation **Banerjee et al. 2012.**

$$f = \frac{\Delta P}{n\rho_{air}V_{max}^2}$$
(11)

 ΔP can be expressed as:

$$\Delta P = P_{in} - P_{out} \tag{12}$$

According to the continuity equation, the area of minimum cross section has maximum flow velocity. For finned-tube configurations, the area of minimum cross section is the thin space between the two fins. Hence, the maximum velocity can be calculated from the following equation **Banerjee et al. 2012.**

$$V_{max} = \frac{S_T V}{S_T - dr} \tag{13}$$

Limiting the pressure drop becomes one of the primary challenges in the design of finned-tubes. Perforations, which increase Nusselt number, also increase the pressure drop. Thus the efficiency of perforations is determined to find the optimum case having the least increase in ΔP with the maximum increase in heat transfer per unit area (q). The relative q- ΔP factor is a dimensionless quantity defined as the ratio between heat flux performance ratio and fin ΔP performance ratio **Banerjee et al. 2012.**

Fin q performance ratio =
$$\frac{q_{perfo.} - q_{solid}}{q_{solid}}$$
 (14)

$$Fin \Delta P \ performance \ ratio = \frac{\Delta P_{perfo.} - \Delta P_{solid}}{\Delta P_{solid}}$$
(15)

$$Relative \ q - \Delta P \ factor = \frac{Fin \ q \ performance \ ratio}{Fin \ \Delta P \ performance \ ratio}$$
(16)

The Ratio of Heat Dissipation Rate (RQF) is calculated by the relation below:

(17)

$$RQF = \frac{Q_{perforated fin}}{Q_{solid fin}}$$

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Theoretical part

4.1.1 Velocity Vectors, Pressure Drop and Temperature distribution Contours

Solid and perforated fins were compared in terms of a free stream velocity of 3m/s using velocity vectors and pressure drop contours. **Fig.6** shows projection of the 2-D velocity vectors for fluid flow through solid fins and other perforated models at inlet velocities of 3 m/s. As shown in this figures the free stream air flow approaches the finned-tube array and encounters stagnation at the first row. At this point (stagnation point), the flow velocity is reduced to zero, and the pressure, being inversely proportional to velocity, is the maximum in the domain. Pressure begins to decrease as the flow being enhanced. Maximum velocity is observed at the region between two fins. Thereafter, increasing of pressure and decreasing of velocity lead to creating a positive pressure gradient. This resulted in flow separation from the fin wall, creates wake areas. Fluid particles in this region loss the energy in overcoming the shear forces in the boundary layer.

In the cases of perforated fins, the two perforations in the upstream side will increase the velocity and reduce the pressure, while the other two perforations make a reduction in the wake areas by increasing the velocity too. Comparison of velocity contours shows that perforations alter the velocity gradients in the domain. Moreover **Fig.6** shows that the fluid flow velocities and mixing in perforation cases are more than that in solid case. The cases can be arranged from small to large as solid, four circular, square, triangle, and six circular perforations depending on velocity and mixing of fluid.

Fig.7 show the 2-D pressure contour through solid fins, and other perforated fin models at inlet velocity of 3 m/s. It is clearly shown that the perforated fins have a higher pressure drop than that for solid fins. This increase in pressure drop is due to higher velocities and mixing in perforation cases. The cases can be arranged from small to large as solid, four circular, square, triangle, and six circular perforations depending on pressure drop.

Solid and perforated fins are compared at a free stream velocity of 3m/s using temperature contours. Subsequent to the solid fins, perforations are introduced in the upstream and downstream regions with an attempt to improve the flow characteristics and increase the heat transfer efficiency. Due to the slower air flow, high temperatures persisted in wake areas. Thus, the upstream half of the region experienced higher heat removal than the downstream region. As



the size of recirculation region decreases in case of perforated fin, the high temperature zones in the downstream region decrease due to increase in the mixing and flow rate of air in the downstream areas as clearly shown in **Fig. 8**. Also the temperature contours of the solid and perforated fin shows more reduction in temperature of perforated fin wall.The cases can be arranged from large to small as solid, circular, square, triangle and six circular perforations depending on wall surface temperature and downstream air temperature.

4.1.2 Heat Transfer

Fig. 9 shows the variation of Nusselt number with Reynolds number for all models based on the numerical results. To determine the effect of the Perforations shapes on the amount of heat transfer, a comparison between the (2,3,4)models shows that, triangular perforations model yields the highest Nusselt number while the lowest Nusselt number is observed at the model of the solid fin at all Reynolds numbers in the considered range. This enhancement is due to the bigger width of perforation which faces the flow in case of triangular perforation which causes more destruction or reduction of the area of thermal boundary layer than the other perforation models, and so on for other models. Also it's due to the bigger perforation inner lining surface area which gives more surface area.

The effect of number of perforations on the heat transfer process is determined when comparing between (2 and 5) models in **Fig.9** which shows that the value of Nusselt number for the six circular perforations model (case 5) is higher than that for the model of four circular perforations (case 2) for the same perforation diameter. Increment in the number of perforation will increase the turbulent intensity due to more destruction and abruption in thermal boundary layer, and as a result of increasing of the heat transfer coefficient.

A general comparison among all models taken in the present study, shows that the values of Nusselt number for six circular perforation model is higher than that of the other models due to the reasons which mentioned previously.

4.1.3 Friction Factor (f):

Fig.10 shows that the value of friction factor for the perforated fin is higher than that for solid fin due to increase in pressure drop in case of perforated one because of excessive flow disturbances produced by perforations. It can be noted that the triangular perforations model gives the higher value of pressure drop than that gives by solid fin. The comparison among all



models is shows that the six circular perforations gives the highest value of pressure drop among all models.

Fig. 11 shows the effect of shape and number of perforations on the amount of transferred heat. This may be justified by the net effects of changing heat transfer coefficient and area due to perforations. A higher q- ΔP factor value combines the maximum increase in q values in comparison with the minimum increase in ΔP values. Thus, a relative q- ΔP factor value greater than unity indicates a better performing fin configuration **Banerjee et al. 2012**. As shown in **Table 3**, the best result for the relative q- ΔP factor has been found when the inlet velocities were 6 and 7 (m/s). It is found that the triangle perforation model gives the best result due to excessive increment in the Nusselt number in comparison with pressure drop.

4.2 Experimental Results:

4.2.1 Effect of the Perforations Shapes:

Fig.12 shows the variation of Nusselt number and Reynolds number for solid fin, four circular, square, and triangle perforation models. As shown, there is a good enhancement in heat transfer in the different shapes of different models of perforation. It is clearly shown that the Nusselt number of perforated fins is higher than that of solid case. The cases can be arranged from small to large as solid, circular, square, triangle models depending on the value of Nusselt number. The enhancement of the Nusselt number in each case was (6.52%) in the circular, (8.79%) in the square, and (10.12%) in the triangle model. This was explained previously, because of the bigger width of perforation which faces the flow. The bigger width in case of triangular perforation causes more destruction or reduction in the area of thermal boundary layer more than the other perforation models, and so on for other perforation.

4.2.2 Effect of Number of Perforations:

Fig.13 shows that the Nusselt number for the six circular perforations model is more than that of the model of four circular perforations for the same perforation diameter. The enhancement rate in the Nusselt number was (11.08%) for the six circular perforations model. Increment in the number of perforation will increase the turbulent intensity due to more destruction and abruption in thermal boundary layer, and as a result the heat transfer coefficient.

4.2.3. Friction Factor (*f*):

Values of pressure drops obtained from the experimental results give comparative results with those observed in the numerical results. **Fig.14** shows the effects of the perforations shapes



on the friction factor. It is clearly shown that the friction factor for the perforated fin is higher than that for solid fin. The greater friction factor refers to increase in pressure drop in case of perforation. In accordance with numerical results, the triangular perforation model causes the highest pressure drop and as a result highest friction factor. Also the effect of number of perforations on the friction factor is shown in **Fig.15** It is easily shown from the figure that the values of friction factor for six circular perforation model is more than the model of four circular perforations

4.2.3. Ratio of Heat Dissipation Rate (RQF):

Fig.16 shows the values of (RQF) calculated from the experimental results which shows a good agreement with that plotted from the numerical results shown in **Fig.11**. As mentioned previously that the shape and number of perforations have effect on the amount of transferred heat.

5. Correlations and Validation

The average Nusselt number for the staggered perforated finned tube heat exchanger were correlated as a function of Reynolds number and the ratio of perforation dimension to fin diameter by using LAB Fit program as followed:

 $Nu = 1.94Re^{0.4286} \left[\frac{d_{eq}}{d_f}\right]^{0.0043}$ With coefficient of correlation determination (R²) of 0.984.

Validation

Fig. 17 and **Fig. 18** shows a comparison between the results of the present numerical study (Nusselt number and friction factor) with the work of **Banerjee et al. 2012**, which gives a similar trend for each other with a observed gap between them which may attributed to the difference in geometrical configuration, dimensions and boundary conditions between the two studies. From **Fig. 19** a good agreement is observed for heat transfer enhancement with maximum deviation of $\pm 10\%$ between the present experimental and numerical results. Also, it is clearly shown from **Fig. 20** that there is a good agreement (with maximum deviation $\pm 13\%$) for the values of friction factor between present experimental and numerical results

6.CONCLUSION

1. The average Nusselt number increases as the number of perforations is increased by a rate depending on the perforation geometry.

2. The friction factor increases with perforation due to increase in the pressure drop.

3.Nusselt number of six circular perforation model is about 11.08 % higher than that for solid fin model and with triangular perforation model is about 10.12 % higher than that for the solid fin.
4.Pressure drop of six circular perforations is about 11.15 % higher than that for solid fin model and with triangular perforation model is about 9.79 % higher than that for the solid fin.
5.Triangular perforation heat exchanger model gives the best result from the view of perforation efficiency due to excessive increment in the Nusselt number in comparison with pressure drop.
6.The fin with perforation gives a higher reduction in surface temperature and air temperature in the downstream region than solid fins.

REFERENCES

- Banerjee R. K., Karve M., Ho Ha J., Hwan lee D., and Young I. Cho, 2012, Evaluation of Enhancement Heat Transfer Within A four Row Finned Tube Array of an Air Cooled Steam Condenser, Numerical Heat Transfer, Vol. 61, PP. 735-753.
- Fayed I. M., Hussain Y., Abdul Hadi H., and Ibrahim S. H., 2008, *Experimental study of fins perforation effect on thermal performance of helically finned tubes*, Iasj, Vol. 14, PP. 339 355.
- > FLUENT, 2006, "FLUENT 5 User's Guide "Fluent Inc. Lebanon New Hampshire.
- H.J.Kim, , A Numerical Analysis for the Cooling Module Related to Automobile Airconditioning System, Applied Thermal Engineering, Vol. 28 (2008), PP (1896-1905).
- Incropera F., and Dewitt D., 1996, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, (4th Edn), Wiley, New York
- Ismail M. F., 2013, Effects of Perforations on the Thermal and Fluid Dynamic Performance of a Heat Exchanger, IEEE, Vol. 7, PP. 1178 - 1185.
- Kakac S., 1981, Heat exchangers, thermal hydraulic fundamentals and design, hemisphere publishing, New York.
- Prasad B. V. S. S. S., and Gupta A. V. S. S. K. S., 1998, Note on the performance of an optimal straight rectangular fin with a semicircular cut at the tip, Heat transfer engineering, Vol. 14, No. 1, PP. 239-412.
- R. Karabacak, G. Yakar, 2011 Forced convection heat transfer and pressure drop for a horizontal cylinder with vertically attached imperforate and perforated circular fins, Energy Conversion and Management, Vol. 52, PP. 2785–2793.



NOMENCLATURE

 A_s = surface area m^2 A_{pc} = perforation inner lining surface area m^2 $A_{S termin.}$: total surface area between the fins and elbows of the three tubes (m^2) Cp= specific heat J/kg.K d_{eo} = perforation dimension m d_f = outer Fins diameter m d_i = internal Tube diameter m d_r = external Tube diameter m d_h = hydraulic diameter m f = friction factor h= convective heat transfer coefficient W/m^2 . °K h_{fg} = latent heat of evaporation *KJ/Kg* k = thermal conductivity W/m. °K \dot{m} = condensation rate Kg/s N_f = number of fins N_p = number of perforations $P_f = \text{fin pitch m}$ Q= heat transfer W W/m² q= heat flux S_T = transverse tube pitch t= fin thickness m **Greek Symbols** μ = Dynamic viscosity kg/m.s ρ = Variable density kg/m³ Subscript av: average cond.: condensation term.: terminal p: perforation r: root s: surface







Figure 2. Meshing of tunnel and the six circular model.





Figure 3. Schematic diagram and photo of the experimental rig.





Figure 4. Experimental models



Figures 5. Dimension of the heat exchanger (in mm)





Figure 6. (2-D) Velocity Vector projection for solid and six circular perforation model at 3 m/s inlet velocity



Figure 7. (2-D) static pressure drop projection for solid and six circular perforation model at 3 m/s inlet velocity





17000

Number 11

Figure 9. Variation of Nusselt number with Reynolds number for all models based on the numerical results

12000 Re



Figure 11. Values of RQF for all models based on the numerical results





Case 1 Case 2 Case 3 Case 4 Case 5 0.2 7000 9000 11000 13000 15000 17000 Re

Reynolds number for all models based on the numerical results



Figure 12. Effect of perforations shape on Nusselt number based on experimental results



Figure 14. Effect of perforations shape on friction factor based on experimental results

57

Figure 10. Variation of friction factor with

Volume 21 November - 2015 Journal of Engineering

85

7000





Figure 15. Effect of number of perforations on friction factor based on experimental results



Figure 17. Nusselt number vs. Reynolds number for present numerical results compared with R. K. Banerjee et al.2012



Figure 19. Average Nusselt number vs. Reynolds number for present experimental and numerical results.



Figure 16. Variation of RQF based on the experimental results



Figure18. Friction factor vs. Reynolds number for present numerical results compared with R. K. Baneriee et al.2012



Figure 20. Average friction factor vs. Reynolds number for present experimental and numerical results.

Number 11

Case 5

Table 1.Description of the five models.							
Cases	Description						
Case 1	Solid fin						
Case 2	Perforated fin having four circular perforations						
Case 3	Perforated fin having four square perforations						
Case 4	Perforated fin having four triangle perforations						

Volume 21 November - 2015

 Table 2. Mesh dependency results accuracy.

Perforated fin having six circular perforations

No	Number of elements	Tip temperature(K)	Duct pressure drop (Pa)
a	34560	370.621	61.215
b	103680	369.779	55.747
с	362880	369.173	49.544
d	1200180	368.387	45.651
e	1552460	367.212	44.899
f	1705112	367.105	44.719

Table 3. Relative q- ΔP factor.

	Relative q - ΔP factor									
Inlet velocities (m/s)	Four circular perforations model	Four square perforations model	Four triangular perforation model	Six circular perforations model						
3	0.601	0.609	0.697	0.691						
4	0.603	0.693	0.801	0.789						
5	0.825	0.827	0.892	0.894						
6	0.901	0.909	1.095	1.043						
7	0.982	1.089	1.213	1.152						



Natural and Mixed Convection in Square Vented Enclosure Filled with Metal Foam

Lect. Dr. Luma Fadhil Ali Department of Mechanical Engineering College of Engineering Baghdad University E-mail: luma.fadhil@yahoo.com ABSTRACT

Detady natural and mixed convection flow in a square vented enclosure filled with water-saturated aluminum metal foam is numerically investigated. The left vertical wall is kept at constant temperature and the remaining walls are thermally insulated. Forced convection is imposed by providing an inlet at cavity bottom surface, and a vent at the top surface. Natural convection takes place due to the temperature difference inside the enclosure. Darcy-Brinkman-Forchheimer model for fluid flow and the two-equation of the local thermal non-equilibrium model for heat flow was adopted to describe the flow characteristics within the porous cavity. Numerical results are obtained for a wide range of width of the inlet as a fraction of the height of the enclosure (D/H = 0.1 - 0.6), the porosity of aluminum foams ($\varepsilon = 0.91$, 0.97), Grashof numbers ($Gr = 10^4 - 3 \times 10^6$), and Reynolds number (Re = 1 - 20). Effects of pertinent physical parameters are performed in terms of the flow and temperature fields, as well as the average Nusselt number variations. The results show that the average Nusselt number increases with D/H and Re and decreases with the porosity increasing. The fluid temperature distribution has a little difference from the solid matrix temperature distribution.

Key words: mixed convection, square vented enclosure, thermal non-equilibrium, numerical study, metal foams, porous media.

م.د. لمى فاضل على قسم هندسة الميكانيك كلية الهندسة / جامعة بغداد

الخلاصة:

يقدم البحث الحالي دراسة نظرية لأنتقال الحرارة بالحمل الطبيعي و المختلط المستقر في حيز مربع ذو فتحات مملوء بر غوة معدنية من الالمنيوم مشبعة بالماء. لقد تم تثبيت درجة حرارة الجدار العمودي الإيسر مع ابقاء الجدران المتبقية معزولة حراريا. ان الحمل القسري يتكون عن طريق فتحة الدخول الموجودة على السطح السفلي و فتحة التهوية المقابلة لها في السطح الاعلى. الحمل العراري الحراري الحراري المائيري يتكون عن طريق فتحة الدخول الموجودة على السطح السفلي و فتحة التهوية المقابلة لها في السطح الاعلى. الحمل الحراري الحراري الحراري الحرارة داخل الحين. تم التحراري الحراري المائع و معادلة دارسي-برنكمان-فورشهايمر لجريان المائع و معادلتي عدم التوازن الحراري المحلي لتدفق الحرارة داخل الحين. تم استخدام معادلة دارسي-برنكمان-فورشهايمر لجريان المائع و معادلتي عدم التوازن الحراري المحلي لتدفق الحرارة لوصف خصائص الجريان داخل الحيز المسامي. ان النتائج العددية تم الحصول عليها لمدى واسع من المتغيرات و هي نسبة عرض فتحة الدخول للحيز الى ارتفاع الحين المائع الحصول عليها لمدى واسع من المتغيرات و هي نسبة عرض فتحة الدخول للحيز الى ارتفاع الحرارة لوصف خصائص الحريان داخل الحيز (D/H = 0.1 - 0.6) ورقم كراشوف (D/H = 0.1 - 0.6) ورقم رينولذ (D/H = 0.1 - 0.6) ورقم كراشوف (D/H = 0.1 - 0.6) و رقم رينولذ (D/H = 0.1 - 0.6) و رقم رينوليز الحراري المائع العددية تم المسامية لرغوة اللامنيوم (D/H = 0.1 - 0.6) و رقم كراشوف (D/H = 0.1 - 0.6) و رقم رينوليز (D/H = 0.1 - 0.6) ورقم رينوليز الحراري المائي المائي المائيز الخواص الفيزيائية الوثيقة الصلة تم دراستها بدلالة مجالي الجريان و درجات الحرارة بالاضافة المتغير معدل قيم نسلت. ان تأثير الخواص الفيزيائية الوثيقة الصلة تم دراستها بدلالة مجالي الجريان و درجات الحرارة بالاضافة المائيس معدل رقم نسلت يزداد بزيادة D/H = 0.7 و عام و نوز براح الحرارة بالاضافة المنغير معدل قيم نسلت. ان تأثير الخواص الفيزيائية الوثيقة الصلة تم دراستها بدلالة مجالي الجريان و درجات الحرارة بالاضافة المنغير معدل رقم نسلت. حرارة و عاور و الفررت الخرار و الح و و عاور و الفرر م مائم و معدل رقم نسلت. درامة معدل رقم نسلت يزداد بزيادة D/H = 0.7 الفررة الفرر الفرر الفرق بين توزيع درجة حرارة الحرارة الخرا و عالي بلغرا.

الكلمات الرئيسية: الحمل المختلط, حيز مربع ذو فتحات, عدم التوازن الحراري, در اسة عددية, رغوة معدنية, وسط مسامي.



1. INTRODUCTION

The study of fluid flow and heat transfer induced by the combined effects of natural and forced convection, referred as mixed convection, in porous media is substantially increased in recent years due to its wide practical applications encountered in engineering and natural science. Some of these applications involve use of metal foams for enhanced cooling in electronic equipment, foam filled heat exchangers, open-cell metal foams, and solar energy collectors.

The pure conduction, natural convection, forced convection, and mixed convection of a lid driven square enclosure which is filled with water-saturated aluminum foams, and provided with a bottom heated wall and a top moving wall was investigated numerically by Jeng, and Tzeng, 2008. Their work uses the Brinkman-Forchheimer model for the momentum equation and the two-equation model for the energy equation. The variable parameters included the porosity of the aluminum foams, the Grashof number, and the Reynolds number. They found that the fluid temperature distribution differs little from the solid temperature distribution which means that one-equation model for energy may be employed to save computational time. Additionally, the higher porosity promotes much more enhancement of convective heat transfer while the lower porosity is important for higher total heat transfer due to the higher effective thermal conductivity value. Kurtbas, and Celik, 2009 carried out an experimental study for the case of assisting mixed convection in a rectangular horizontal channel top and bottom heated surface and filled with aluminum foam of different pore densities. Different values of uniform heat flux, Reynolds number, Richardson number, and cross-sectional aspect ratio were tested and new empirical correlations had been constructed to link the Nusselt number. Later, Venugopal, et al., 2010 developed a simple inexpensive metallic porous material and investigated experimentally the mixed convection heat transfer in a vertical duct with this metallic porous structure. It was showed that the developed porous medium has similar thermo-hydrodynamic performance to those seen in metal foams. The experimental study of hydraulic performance and heat transfer in flow assisted mixed convection in channel containing aluminum metal foams of high porosity was conducted by Kamath, et al., 2011. They utilized a wide range of Richardson and Reynolds numbers to cover the forced convection dominant and mixed convection regimes and developed useful heat transfer correlations.

Mixed convection flow in a lid-driven enclosure filled with a fluid-saturated porous medium was studied by many authors. Khanafer, and Chamkha, 1999 investigated numerically the unsteady, laminar, mixed convection flow inside a square enclosure filled with a fluid-saturated uniform porous medium. The two vertical walls of the enclosure are insulated while the horizontal walls are maintained at constant temperatures with the top surface is moving from left to right at a constant speed. Furthermore, the enclosure filled with a fluid-saturated porous medium with top moving liddriven wall and various types of boundary conditions was scrutinized numerically by number of authors like Kumari, and Nath, 2011, Basak, et al., 2012, Oztop, et al., 2012, and Sivasankaran, and Pan, 2012. The problem of mixed convection flow and heat transfer in a lid-driven cavity with heat generating porous medium was investigated numerically by Muthtamilselvan, et al., 2010. The top and bottom walls are moving in opposite directions at different temperatures, while the side vertical walls are adiabatic. Moreover, laminar, two-dimensional, steady, mixed convection in a parallel two-sided lid-driven square cavity filled with a fluid-saturated porous medium was analyzed numerically by Vishnuvardhanarao, and Das, 2008. Then, a few number of articles considered the mixed convection flow and heat transfer in a two-sided lid-driven enclosures filled with fluidsaturated porous medium, such as Kumar, et al., 2009, Vishnuvardhanarao, and Das, 2009, and Vishnuvardhanarao, and Das, 2010.



The mixed convection can be resulted also from vented openings or exit ports. For this type of mixed convection Mahmud, and Pop, 2006 studied numerically the steady mixed convection flow inside a square vented enclosure filled with a fluid-saturated porous medium. The vertical wall of the cavity is kept at constant temperature and the remaining walls are perfectly insulated. They assumed that the fluid and the porous medium are in local thermal equilibrium and the viscous drag and inertia terms of the momentum equations are negligible therefore they utilized the Darcy flow model in the momentum equation. The governing parameters performed in their work are the Rayleigh number, Peclet number, and the width of the inlet as a fraction of the height of the enclosure. Ghazanfarian, and Abbassi, 2007 performed the steady laminar mixed convection inside a square cavity filled with a fluid-saturated porous medium and different positions of the outlet port. The same boundary conditions and flow model of Mahmud, and Pop, 2006 was used and the governing equations had been solved by numerical finite difference method. While, **Barna**, et al., 2008 constituted numerically the same vented enclosure and flow model in the momentum equation but with all enclosure walls being isothermal surfaces. Afterwards, Rathish Kumar, and Krishna Murthy, 2010 proposed numerically the mathematical model for steady mixed convection process in a non-Darcian fluid saturated vertical enclosure under multiple Injection/Suction effects.

To the best knowledge of the author, no attention has been paid to the problem of natural and mixed convection in vented enclosure filled with fluid-saturated metal foam. The present study focuses on a problem of steady natural and mixed convection inside a square vented cavity filled with water-saturated aluminum metal foam, with the left vertical sidewall being at constant temperature and the remaining enclosure walls being perfectly adiabatic. The Brinkman-Forchheimer-extended Darcy model in steady two dimensional and non-local thermal equilibrium are employed.

The main objective of the present work is to investigate the influence of the flow governing parameters including Reynolds and Grashof numbers, and the width of the inlet and outlet as a fraction of the height of the enclosure for two types of aluminum metal foam on the flow characteristics. Numerical results are obtained for streamlines, isotherms for fluid and solid matrix, and the heat transfer rate at the heated wall in terms of local Nusselt number and average Nusselt number are presented graphically.

2. MATHEMATICAL FORMULATION

Consider a steady two-dimensional vented enclosure filled with a fluid saturated metal foam with the left vertical sidewall at constant temperature T_w whereas the other walls are well-insulated. The physical model of the problem is shown in **Fig. 1** which is a square enclosure of length *H* with a slot at the bottom edge of the vertical surface and a vent at the top edge for outflow. The slot and vent of width *D* are responsible of the forced convection arising while the buoyancy effects are induced because of the temperature difference of the left vertical sidewall and the stream temperature T_0 which has a constant velocity V_0 at the enclosure inlet. It is assumed that the porous medium is homogeneous, hydrodynamically and thermally isotropic and saturated with a fluid that is in thermal non-equilibrium with the solid matrix. The thermo-physical properties of the fluid and porous media are constant except for density dependency of the buoyancy term in the momentum equation, which is satisfied by the Boussinesq approximation. Under these assumptions, the conservation equations for mass, momentum and energy for the two-dimensional laminar thermal non-equilibrium model are, **Nield, and Bejan, 2006**:



$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{1}{\varepsilon^2} \left(\rho_f u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho_f v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu_f}{\varepsilon} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - \frac{\mu_f}{\kappa} u - \frac{c_F \rho_f}{\kappa^{1/2}} \sqrt{u^2 + v^2} u \tag{2}$$

$$\frac{1}{\varepsilon^2} \left(\rho_f u \frac{\partial v}{\partial x} + \rho_f v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu_f}{\varepsilon} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - \frac{\mu_f}{\kappa} v - \frac{C_F \rho_f}{\kappa^{1/2}} \sqrt{u^2 + v^2} v + \rho_f \beta g \left(T_f - T_0 \right)$$
(3)

$$\left(\rho C_p\right)_f \left[u\frac{\partial T_f}{\partial x} + v\frac{\partial T_f}{\partial y}\right] = \left\{\frac{\partial}{\partial x}\left[\left(k_f^* + k_d\right)\frac{\partial T_f}{\partial x}\right] + \frac{\partial}{\partial y}\left[\left(k_f^* + k_d\right)\frac{\partial T_f}{\partial y}\right]\right\} + h_v\left(T_s - T_f\right) \tag{4}$$

$$k_s^* \left[\frac{\partial^2 T_s}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_s}{\partial y^2} \right] + h_v \left(T_f - T_s \right) = 0$$
⁽⁵⁾

where k_f^* and k_s^* are given by **Calmidi**, and Mahajan, 2000:

$$k_f^* = \varepsilon k_f \tag{6}$$

$$k_s^* = 0.195(1-\varepsilon)^{0.763}k_s \tag{7}$$

The hydrodynamic and thermal boundary conditions are specified as:

Left isothermal wall: u = v = 0, $T_f = T_s = T_w$ on x = 0, $0 \le y \le H$ (8a)

Inlet:
$$u = 0, v = V_0, T_f = T_s = T_0$$
 on $y = 0, 0 \le x \le D$ (8b)

Bottom adiabatic wall:
$$u = v = 0$$
, $\frac{\partial T_f}{\partial y} = \frac{\partial T_s}{\partial y} = 0$ on $y = 0$, $D \le x \le H$ (8c)

Right adiabatic wall:
$$u = v = 0$$
, $\frac{\partial T_f}{\partial y} = \frac{\partial T_s}{\partial y} = 0$ on $x = H$, $0 \le y \le H$ (8d)

Outlet:
$$u = 0, \frac{\partial T_f}{\partial y} = \frac{\partial T_s}{\partial y} = 0$$
 on $y = H, 0 \le x \le D$ (8e)

Upper adiabatic wall: u = v = 0, $\frac{\partial T_f}{\partial y} = \frac{\partial T_s}{\partial y} = 0$ on $y = H, D \le x \le H$ (8f)

The following dimensionless parameters are utilized in the present study:

$$X = \frac{x}{H}, \quad Y = \frac{y}{H}, \quad U = \frac{u}{v_0} = \frac{\partial \psi}{\partial Y}, \quad V = \frac{v}{v_0} = -\frac{\partial \psi}{\partial X}, \quad P = \frac{p}{\rho_f V_0^2}, \quad Re = \frac{\rho_f V_0 H}{\mu_f}, \quad Da = \frac{K}{H^2}, \quad \theta_f = \frac{T_f - T_0}{T_w - T_0}, \quad Pr = \frac{\mu_f C_f}{k_f}, \quad Nu_{fs} = \frac{h_v H^2}{k_f}, \quad \omega = -\frac{\partial U}{\partial Y} + \frac{\partial V}{\partial X}$$
(9)



Substitute these dimensionless variables into Eqs. (1)-(5) and (8), the corresponding dimensionless governing equations and boundary conditions are written as:

$$-\omega = \frac{\partial^2 \psi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial Y^2} \tag{10}$$

$$U\frac{\partial\omega}{\partial X} + V\frac{\partial\omega}{\partial Y} = -\frac{\varepsilon^2\omega}{ReDa} + \frac{\varepsilon}{Re} \left(\frac{\partial^2\omega}{\partial X^2} + \frac{\partial^2\omega}{\partial Y^2} \right) - \frac{\varepsilon^2 C_F}{Da^{1/2}} \omega \sqrt{U^2 + V^2} - \frac{\varepsilon^2 C_F}{Da^{1/2}} \left(V\frac{\partial}{\partial X} \left(\sqrt{U^2 + V^2} \right) - U\frac{\partial}{\partial Y} \left(\sqrt{U^2 + V^2} \right) \right) + \frac{\varepsilon^2 G_F}{Re^2} \frac{\partial\theta_f}{\partial X}$$
(11)

$$U\frac{\partial\theta_f}{\partial X} + V\frac{\partial\theta_f}{\partial Y} = \frac{1}{RePr} \left\{ \frac{\partial}{\partial X} \left[\left(\frac{k_f^* + k_d}{k_f} \right) \frac{\partial\theta_f}{\partial X} \right] + \frac{\partial}{\partial Y} \left[\left(\frac{k_f^* + k_d}{k_f} \right) \frac{\partial\theta_f}{\partial Y} \right] \right\} + \frac{Nu_{fs}}{RePr} \left(\theta_s - \theta_f \right)$$
(12)

$$\frac{k_s^*}{k_f} \left[\frac{\partial^2 \theta_s}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \theta_s}{\partial Y^2} \right] + N u_{fs} \left(\theta_f - \theta_s \right) = 0 \tag{13}$$

where k_d is the thermal dispersion and was obtained by the empirical equation modified by **Calmidi, and Mahajan, 2000**:

$$\frac{k_d}{k_f} = 0.06 \, Re \, \Pr \sqrt{Da} \, \sqrt{U^2 + V^2} \tag{14}$$

 h_{v} is the volumetric heat transfer of aluminum foam was also calculated by the empirical equation reported by **Calmidi, and Mahajan, 2000**:

$$\frac{h_{\nu}d^2}{k_f} = C_T \left(\frac{\rho_f \sqrt{U^2 + V^2}d}{\mu_f \varepsilon}\right)^{0.5} Pr^{0.37}$$
(15)

The dimensionless boundary conditions are casted as:

Left isothermal wall: U = V = 0, $\psi = 0$, $\omega = -\frac{\partial^2 \psi}{\partial X^2}$, $\theta_f = \theta_s = 1$ on X = 0, $0 \le Y \le 1$ (16a)

Inlet:
$$U = 0, V = 1, \psi = -X, \omega = -\frac{\partial^2 \psi}{\partial Y^2}, \theta_f = \theta_s = 0$$
 on $Y = 0, 0 \le X \le D/H$ (16b)

Bottom adiabatic wall: U = V = 0, $\psi = -\frac{D}{H}$, $\omega = -\frac{\partial^2 \psi}{\partial Y^2}$, $\frac{\partial \theta_f}{\partial Y} = \frac{\partial \theta_s}{\partial Y} = 0$ on Y = 0, $D/H \le X \le 1$ (16c)

Right adiabatic wall: $U = V = 0, \psi = -\frac{D}{H}, \omega = -\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2}, \frac{\partial \theta_f}{\partial x} = \frac{\partial \theta_s}{\partial x} = 0$ on $X = 1, 0 \le Y \le 1$ (16d)

Outlet:
$$U = 0, \frac{\partial \psi}{\partial Y} = 0, \frac{\partial \theta_f}{\partial Y} = \frac{\partial \theta_s}{\partial Y} = 0$$
 on $Y = 1, 0 \le X \le D/H$ (16e)



Top adiabatic wall: $U = V = 0, \psi = -\frac{D}{H}, \omega = -\frac{\partial^2 \psi}{\partial Y^2}, \frac{\partial \theta_f}{\partial Y} = \frac{\partial \theta_s}{\partial Y} = 0 \text{ on } Y = 1, D/H \le X \le 1$ (16f)

Equations (10) to (13) are solved numerically with the applied boundary conditions to simulate the mixed convection in the vented enclosure. The local Nusselt number (Nu) and average Nusselt number (\overline{Nu}) at the left vertical heated wall are formulated as:

$$Nu = -\frac{k_f^*}{k_f} \frac{\partial \theta_f}{\partial X}\Big|_{X=0} - \frac{k_s^*}{k_f} \frac{\partial \theta_s}{\partial X}\Big|_{X=0}$$
(17)

$$\overline{Nu} = \int_0^1 \left(-\frac{k_f^*}{k_f} \frac{\partial \theta_f}{\partial X} \Big|_{X=0} - \frac{k_s^*}{k_f} \frac{\partial \theta_s}{\partial X} \Big|_{X=0} \right) dY$$
(18)

In the present study, the aluminum foam is chosen as the porous medium saturated with water. The numerical data properties of the fluid and solid phase used in the present work are given in **Table 1**.

3. NUMERICAL TECHNIQUE AND CODE VALIDATION

The governing equations for dimensionless vorticity, stream-function, and solid and fluid energy equations together with the boundary conditions were solved numerically using the method of finite difference. The spatial derivatives of the governing equations are approximated by the central difference scheme, **Patanker**, **1980**. The finite difference scheme reduces the continuum problem to a discrete problem prescribed by a system of algebraic equations written as tri-diagonal matrix and this matrix was solved by a line-by-line procedure of tri-diagonal matrix algorithm (TDMA), **Patanker**, **1980**. For convergence criteria, the relative variations of the vorticity, stream-function, and solid-phase and fluid-phase temperatures was less than 10^{-5} between successive iterations. Finally, algorithms based on the Simpson,s rule is employed to perform the numerical integration of the average Nusselt number.

An in-house numerical computer code was developed for the solution of the problem considered. The computer program was built in MATLAB R2010a software and consists of a main program and a TDMA solver subroutine and a subroutine for working out the numerical integration by Simpson's rule. Additionally, the program lasts from eight to twenty three hours depending on the Reynolds number value. The flow chart of the built computer program is illustrated in **Fig. 2**.

A uniform grid in X and Y directions is used in the calculation domain and all numerical results were checked for the grid independence analysis to evaluate a more convenient grid size by monitoring the average Nusselt number on the heated wall. This was achieved by obtaining solutions with an increasing number of grid nodes in X and Y directions, until a point is reached were the solution is unchanged with a further increase in the number of nodes. Grid convergence was studied for the case of Re = 10, $Gr = 10^6$, and $\varepsilon = 0.97$ with grid sizes from 60×60 to 140×140 . The percentage error accomplished from the grid independence test between the grid 100×100 , 120×120 , and 140×140 and the asymptotic value were 2.88%, 2.3%, and 1.91%, respectively. Moreover, the size of the grid size was refined until the average Nusselt number did not change by more than 1.42%. However, the grid 120×120 was chosen for further numerical results because it is a good compromise between computational time and accuracy requirements.

To validate the accuracy of the developed computer code for the present simulation, the results of the present numerical code were tested and compared with the work of, **Jeng, and Tzeng, 2008** in a



mixed convection of a lid driven square enclosure filled with two types of water-saturated aluminum foams for Reynolds number of 20 and different values of Grashof number varies from 10^4 to 3×10^6 . The comparison of the average Nusselt number on the bottom heated wall shows excellent agreement between the present and the previous results as illustrated in **Table 2**. These effects provide credence to the accuracies of the present code and numerical method.

4. RESULTS AND DISCUSSION

The governing equations are solved for a wide range of Reynolds number, Grashof number, and the width of the inlet as a fraction of the height of the enclosure (D/H). Two aluminum foams with various porosities were utilized in the numerical simulations of the present work and the working fluid was chosen as water as listed in **Table 1**. For each type of aluminum foam, the Reynolds number is varied from 1 to 20, the Grashof number is varied from 10^4 to 3×10^6 , and the width of the inlet as a fraction of the height of the enclosure (D/H) variations is from 0.1 to 0.6. Additionally, the value of Darcy number was taken as $Da = 7.5 \times 10^{-5}$ for the 0.97-porosity sample and $Da = 5 \times 10^{-5}$ for the 0.91-porosity aluminum foam sample.

The streamlines corresponding to five different D/H values and three values of Grashof numbers for the case of Re = 1 are shown in **Fig. 3**. In this case, natural convection is the dominant heat transfer mode. By increasing the Grashof number, the buoyancy forces are strengthened, and consequently, the vorticity component near the inlet of the vented cavity is strengthened especially when $Gr = 10^6$ for $\varepsilon = 0.91$ and $\varepsilon = 0.97$. Therefore, in the case of $\varepsilon = 0.97$ and $Gr = 10^6$, the buoyancy force is much greater than the shear force and it dominates the flow field resulting in a stronger vortex as illustrated in **Fig. 3c**. Moreover, the streamlines of $\varepsilon = 0.91$ and $Gr = 10^4$ with different D/Hposses no vortex generation because of the low Grashof number which induces a negligible buoyancy force in the present porous enclosure as shown in **Fig. 3a**. Finally, the rotating vortex strength is decreased with the increasing of inlet width to enclosure height fraction.

The mechanism of heat transfer inside the vented cavity consist of the combination effect of forced and natural convection. Therefore, when the Reynolds number is increased to a higher value of Re = 20 relative to the Grashof number values considered in the present study, the primary mode of heat transfer is the forced convection. As a result, the weak natural convection regime weakens the strength of vorticity in the present cavity and this causes the flow field to be regular, without any rotating vortexes as depicted in **Fig. 4**. It also can be noticed that, the streamlines are the same for different Grashof number values at certain width of the inlet as a fraction of the height of the enclosure (D/H) value. Besides, the value of the streamline is decreased with the increasing of D/Hvalue for specific value of Gr. This observation is noticed also from **Fig. 3** for the case of Re = 1.

Contours of fluid temperature for various ε and Gr values and Re = 1 and Re = 20 are presented in **Fig. 5** and **Fig. 6** respectively. From **Fig. 5a** and **Fig. 5b**, it can be observed that the increase in Grashof number for certain porosity value of $\varepsilon = 0.91$ has very little effect on the fluid isothermal lines compared with the increase of ε from 0.91 to 0.97 at $Gr = 10^6$. This is because the Grashof number promotes a stronger effect of buoyancy force with higher porosity than its increase influence at certain porosity value. As a result, the regions of higher temperature are constricted with the increasing of porosity. Also, it is regarded from **Fig. 5** that the increase in the inlet width to enclosure height fraction (D/H) increases the amount of natural convection which results in a wider regions of lower fluid temperature values. This is owing to the D/H increase that leads to higher amount of cold fluid enters the cavity compared with hot left vertical side temperature of the



enclosure which means higher natural convection quantity. As the Reynold number is increased to 20, the same behavior of the ε , Gr, and D/H variation is clearly shown in **Fig. 6** but with expanded lower temperature regions compared with the case of Re = 1. This is because of the stronger forced convection effect which tends to increase with the porosity and D/H increase and permits higher convection currents of lower inlet temperature to the enclosure compared with the hot wall temperature of the enclosure. **Fig. 6a** and **Fig. 6b** depicts the negligible effect of Grashof number for certain ε and D/H compared with the simultaneous monitoring of **Fig. 6b** and **Fig. 6c** of different porosity and certain Grashof number value of 10^6 . It is also clearly depicted that the fluid isothermal lines become nearly parallel to the hot wall left vertical side with the increasing of the D/H values especially when the porosity is 0.97, the Grashof number is 10^6 , the inlet width to enclosure height fraction is 0.5 and 0.6 as illustrated in **Fig. 6c**.

The isothermal lines of solid matrix is displayed for various porosity and Grashof number values and Reynolds number of 1 and 20 are displayed in **Fig. 7** and **Fig. 8** respectively. By comparing the isothermal lines depicted in **Fig. 5** and **Fig. 7** for Re = 1 and **Fig. 6** and **Fig. 8** for Re = 20, it is indicated that the fluid temperature distribution has a little difference from the solid matrix temperature distribution. Therefore, the thermal equilibrium energy equation model may be utilized for computational time saving with good accuracy.

The local Nusselt number distribution at the left vertical heated wall for different values of D/H, Reynolds number, and certain value of Grashof number value of 10^4 is demonstrated in **Fig. 9a** and **Fig. 9b** for $\varepsilon = 0.91$ and $\varepsilon = 0.97$ respectively. It is clear from these two figures that the Nusselt number decreases with increasing Y and Nu is high in magnitude at the lower left region of the enclosure. This is because of the higher values of temperature gradient around this region. Besides, the variation of the inlet width as a fraction of enclosure height and Reynolds number for the two types of aluminum metal foam have no considerable effect on the local Nusselt number values.

The average Nusselt number relation with the width of the inlet as a fraction of the enclosure height (D/H) at the left heated vertical sidewall for different Reynold and Grashof number values and the two porosities of aluminum foam is displayed in **Fig. 10**. The Nusselt number increases with the increasing of D/H and Re. That is, the temperature gradient of the fluid and solid matrix increases with D/H and Re. In such a situation the larger inlet will allow more forced flow which causes the fluid and solid matrix isotherms more concentrated to the left wall and tends to increase the temperature gradient and hence the average Nusselt number. Additionally, the increase of Reynolds number from 1 to 20 provides a much greater shear force effect than the buoyancy force effect and causes the fluid and solid matrix temperature gradient to increase as indicated previously in their temperature contours. This is also the reason behind the little influence of Grashof number increasing for certain ε value. Furthermore, the heat convection due to fluid flow is better in the higher-porosity aluminum foam. Accordingly, a lower average Nusselt number value is resulted because of the smaller value of the effective thermal conductivity and the decreasing of the temperature gradient of the fluid and solid matrix of the water saturated aluminum metal foam with the increasing of porosity, see **Fig. 10a** and **Fig. 10b**.

5. CONCLUSION

A numerical investigation of natural and mixed convection in a square vented enclosure filled with water saturated aluminum metal foam and heated at constant temperature on the left vertical side and the other walls are thermally insulated is demonstrated in the present paper. The variable



parameters included the Grashof number, the Reynolds number, the aluminum foam porosity, and the inlet width as a fraction of the enclosure height. The following conclusions are made from this scrutinization:

- The increasing of the Grashof number causes the vorticity component to strengthen near the cavity inlet and has no effect on the streamlines.
- The increasing of inlet width to enclosure height fraction and the Reynolds number tends to weaken the vorticity strength.
- The value of the streamline is decreased with the increasing of inlet width to enclosure height fraction value for specific value of Grashof number.
- The Grashof number increase for certain porosity value has very little effect on the fluid isothermal lines compared with the increase of porosity at specific Grashof number value which constrict higher temperature regions.
- Increasing the inlet width to enclosure height fraction results in a wider regions of lower fluid temperature values and these regions are more expanded with Reynolds number increasing.
- The fluid temperature distribution has a little difference from the solid matrix temperature distribution.
- The average Nusselt number increases with the increasing of inlet width to enclosure height fraction and Reynolds number and the porosity decreasing
- Grashof number variation has very little influence on the average Nusselt number values.

REFERENCES

- Barna, S. F., Bhuiyan, A. A., Banna, M. H., and Sadrul Islam, A. K. M., 2008, Effect of Inlet to Cavity Width Ratio on Mixed Convection in a Microstructure Filled Vented Cavity, Proceedings of the 4th BSME-ASME Int. Conf. on Thermal Engineering, Dhaka, Bangladesh, 27-29.
- Basak, T., Roy, S., and Chamkha, A. I., 2012, A Peclet Number Based Analysis of Mixed Convection for Lid-Driven Porous Square Cavities with Various Heating of Bottom Wall, Int. Comm. Heat and Mass Transfer, Vol. 39, PP. 657-664.
- Calmidi, V. V., and Mahajan, R. L., 2000, Forced Convection in High Porosity Metal Foams, ASME J. Heat Transfer, Vol. 122, PP. 557-565.
- Ghazanfarian, J., and Abbassi, A., 2007, Mixed convection in a Square Cavity Filled with a Porous Medium and Different Exit Port Position, J. Porous Media, Vol. 10, No. 7, PP. 701-718.
- Jeng, T., and Tzeng, S., 2008, Heat Transfer in a Lid-Driven Enclosure Filled with Water-Saturated Aluminum Foams, Numerical Heat Transfer, Part A, vol. 54, No. 2, PP. 178-196.
- Kamath, P. M., Balaaji, C., and Venkateshan, S. P., 2011, Experimental Investigation of Flow Assisted Mixed Convection in High Porosity Foams in Vertical Channels, Int. J. Heat and Mass Transfer, Vol. 54, PP. 5231-5241.



- Khanafer, K. M., and Chamkha, A. J., 1999, Mixed Convection Flow in a Lid-Driven Enclosure Filled with a Fluid-Saturated Porous Medium, Int. J. Heat and Mass Transfer, Vol. 42, PP. 2465-2481.
- Kurtbas, I., and Celik, N., 2009, Experimental Investigation of Forced and Mixed Convection Heat Transfer in a Foam-Filled Horizontal Rectangular Channel, Int. J. Heat and Mass Transfer, Vol. 52, PP. 1313-1325.
- Kumar, D. S., Dass, A. K., and Dewan, A., 2009, Analysis of Non-Darcy Models for Mixed Convection in a Porous Cavity Using a Multigrid Approach, Numerical Heat Transfer, Part A, Vol. 56, PP. 685-708.
- Kumari, M., and Nath, G., 2011, Steady Mixed Convection Flow in a Lid-Driven Square Enclosure Filled with a Non-Darcy Fluid-Saturated Porous Medium with internal Heat Generation, J. Porous Media, Vol. 14, No. 10, PP. 893-905.
- Mahmud, S., and Pop, I., 2006, Mixed Convection in a Square Vented Enclosure Filled with a Porous Medium, Int. J. Heat and Mass Transfer, Vol. 49, PP. 2190-2206.
- Muthtamilselvan, M., Das, M. K., and Kandaswamy, P., 2010, Convection in Lid-Driven Heat-Generating Porous Cavity with Alternative Thermal Boundary Conditions, Transp. Porous Med., Vol. 82, PP. 337-346.
- Nield, D. A., and Bejan, A., 2006, Convection in Porous Media, 3rd Edition, Science Business Media, Inc. Springer, Berlin.
- Oztop, H. F., Varol, A., Pop, I., and Al-Saleem, K., 2012, Mixed Convection in Partially Cooled Lid-Driven Cavity Filled with a Non-Darcy Porous Medium, Progress in Computational Fluid Dynamics, Vol. 12, No. 1, PP. 46-55.
- Patanker, S. V., 1980, Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Hemisphere Publishing Corporation, United States of America.
- Rathish Kumar, B. V., and Krishna Murthy, S. V. S. S. N. V. G., 2010, Mixed Convection in a Non-Darcian Fluid Saturated Square Porous Enclosure Under Multiple Suction Effect, Int. J. Heat and Mass Transfer, Vol. 53, PP. 5764-5773.
- Sivasankaran, S., and Pan, K. L., 2012, Numerical Simulation on Mixed Convection in a Porous Lid-Driven Cavity with Nonuniform Heating on Both Side Walls, Numerical Heat Transfer, Part A, Vol. 61, PP. 101-121.
- Venugopal, G., Balaji, C., and Venkateshan, S. P., 2010, *Experimental Study of Mixed Convection Heat Transfer in a Vertical Duct Filled with Metallic Porous Structures*, Int. J. of Thermal Sciences, Vol. 49, PP. 340-348.



- Vishnuvardhanarao, E., and Das, M. K., 2008, Laminar Mixed Convection in a Parallel Two-Sided Lid-Driven Differentially Heated Square Cavity Filled with a Fluid-Saturated Porous Medium, Numerical Heat Transfer, Part A, Vol. 53, PP. 88-110.
- Vishnuvardhanarao, E., and Das, M. K., 2009, Mixed Convection in a Buoyancy-Assisted Two-Sided Lid-Driven Cavity Filled with a Porous Medium, Numerical Heat Transfer, Part A, Vol. 19, PP. 329-351.
- Vishnuvardhanarao, E., and Das, M. K., 2010, Buoyancy Opposed Mixed Convection in a Two-Sided Lid-Driven Differentially Heated Square Cavity Filled with a Porous Medium, J. Porous Media, Vol. 13, PP. 1059-1072.

NOMENCLATURE

 C_F inertial coefficient of the porous medium. $C_{p_{f}}$ fluid specific heat at constant pressure, J/kg. °C. D width of the inlet and the vent, m. g gravitational acceleration, m/s^2 . h_v volumetric heat transfer coefficient, W/m^3 . °C H cavity height, m. k_d thermal dispersion thermal conductivity, W/m. °C. k_f fluid thermal conductivity, W/m. °C. k_f^* effective fluid thermal conductivity, W/m. °C. $k_{\rm s}$ solid matrix thermal conductivity, W/m. °C. k_s^* effective solid matrix thermal conductivity, W/m. °C. K permeability of the porous medium, m^2 . p effective pressure, Pa. T_f fluid temperature, °C. T_0 temperature of the through flow at the inlet, °C. T_w temperature of the isothermal vertical surface, °C. $T_{\rm s}$ solid matrix temperature, °C. u velocity component along x –axis, m/s. v velocity component along y -axis, m/s. V_0 absolute value of the velocity of the forced flow at the inlet, m/s. x, y Cartesian coordinates, m. β coefficient of thermal expansion, 1/K. ε porosity. μ_f fluid dynamic viscosity, kg/m.s.

 ρ_f fluid density, kg/m^3 .

 ψ stream function.

 ω vorticity.



Table 1. Properties of aluminum foams , Jeng, and Tzeng, 2008 and Calmidi, and Mahajan,2000, and saturated water.

	ε	PPI	d(m)	<i>C</i> _{<i>F</i>}	$K(\times 10^7 m^2)$	$k_{s}^{*}\left(W/m.K ight)$	$k_f^*(W/m.K)$	C _T
Alfooma	0.97	5	0.0005	0.097	2.7	2.928	0.595	0.108
AI-IOaIIIS	0.91	5	0.00055	0.085	1.8	6.77	0.558	0.332
Saturated	$\rho_f(kg/m^3)$ ($C_f(J/k_s)$	g.K)	$k_f(W/m.K)$		$\mu_f(Ns/m^2)$	
water	99	97	417	9	0.6	13	855×10^{-5}	-6

Table 2. Comparison of the average Nusselt number computed in the present work with the datareported by, **Jeng, and Tzeng, 2008** when Re = 10.

Porosity	Gr	Jeng, and Tzeng, 2008	Present study
a = 0.01	10^{4}	11.954	11.8673
$\varepsilon = 0.91$	3×10^{6}	24	24.9801
a = 0.07	10^{4}	5.747	5.702
$\varepsilon = 0.97$	10 ⁶	12.5	12.4649



Figure 1. Physical model and the coordinate system of the cavity.



Figure 2. Flow Chart for the Computer Program.


Figure 3. Streamlines for various ε , Gr, and D/H and Re = 1.



Figure 4. Streamlines for various ε , *Gr*, and *D*/*H* and *Re* = 20.



Figure 5. Isothermal lines of the fluid for various ε , Gr, and D/H and Re = 1.



Figure 6. Isothermal lines of the fluid for various ε , Gr, and D/H and Re = 20.



Figure 7. Isothermal lines of the solid matrix for various ε , Gr, and D/H and Re = 1.



Figure 8. Isothermal lines of the solid matrix for various ε , Gr, and D/H and Re = 20.



Figure 10. Average Nu as a function of D/H for various Re and Gr.



Volume 21 November - 2015

Bit Performance in Directional Oil Wells

Ayad Abd Alhaleem Assistant professor College of Engineering - Baghdad University E-mail: ayadah62@ yahoo.com Safaa Husain Sahi Chief Reservoir Engineer Ministry of Oil E-mail: safaasahi@ yahoo.com

Amel Habeeb Assi

Teacher assistant College of Engineering - Baghdad University **E-mail:** zahraa_z91@yahoo.com

ABSTRACT

This work aims to analyze and study the bit performance in directional oil wells which leads to get experience about the drilled area by monitoring bit performance and analyzing its work. This study is concerned with Rumaila Oil Field by studying directional hole of one oil well with different angles of inclination. Drilling program was used in order to compare with used parameters (WOB, RPM and FR).in those holes. The effect of the drilling hydraulic system on the bit performance was studied as well as the hydraulic calculation can be done by using Excel program. This study suggests method which is used to predict the value of penetration rate by studying different formation type to choose the best drilling parameters to drill each formation. Finally, the main aim of this research is to have the benefit from the past well drilling data to drill new wells without needing new drilling program for each well, also knowing the problems of each formation to avoid them as soon as possible through drilling the new wells, which will improve the bit performance.

Key words: bit performance, directional well, drilling parameters, formation.

ادائية الحافرة في الإبار النفطية الموجهة

د.صفاء حسين ساهي خبير وزارة النفط أ.م.د. أياد عبدالحليم عبدالرزاق استاذ مساعد كليه الهندسه جمامعه بغداد

امل حبيب عاصي مدرس مساعد كليه الهندسه ــجامعه بغداد

الخلاصة

هذا العمل يهدف الى تحليل ودراسة ادائية الحافرة في الأبار الموجهة وبالتالي اكتساب خبرة عملية عن المنطقة المحفورة وذلك من خلال مراقبة ادائية الحافرة وتحليل عملها ومراقبة الاخفاقات التي ترافق عمل الحافرة وسبب تلك الاخفاقات والعمل على تحسين ادائيه الحافرة .



تم دراسة المنطقة المحفورة (حقل الرميلة) من خلال دراسة بئر موجه واحد. وذلك من خلال مقارنة البرنامج الموضوع لحفر البئر (خطة الحفر)مع ماتم استخدامه من عوامل حفر (الوزن المسلط على الحافره عدد دورات عمود الحفر, معدل الجريان) وكيف سيؤثر ذلك على ادائية الحافرة تم دراسة تأثير منظومة الحفر الهايدروليكية على ادائية الحافرة وهل تم اتباع برنامج الهايدروليك المعد ام لا وذلك من خلال

م تربعت تغير مصوف مصر مهيتروني على على المي مصر ومن م مبع برحمي مهيتروني معن مو في من عرب برمجة برنامج" اكسل" تم اقتراح طريقة للتنبؤ بأفضل معدل اختراق عبر دراسة تكوينات مختلفه لبئر موجه وذلك لأختيار احسن مجموعة عوامل حفر ملائمة لحفر ذلك التكوين (الهارثة-السعدي-المشرف) يمكن القول بأن الاستنتاج الرئيسي من هذه الاراسة هو الاستفادة من بيانات حفر الأبار السابقة لحفر الأبار الجديدة وكذلك معرفه المشاكل الخاصة بكل طبقة لتجنبها قدر الامكان عند حفر الابار الجديدة وبذلك نضمن ادائية افضل للحافرة

الكلمات الرئيسة : ادائية الحافرة بئر موجه عوامل حفر تكوين .

1. INTRODUCTION

Bit is very important tools in drilling operation. Bits have to be suitable with type of formations, rock construction, and in a way that will consistently obtain the best results. During drilling directional wells the directional contractor should be asked to provide an assessment of the required Bottom Hole Assembly (BHA) changes, motor requirements and any limitations on the bit operating parameters which may affected on the selection of the bits and its performance in one way or another. Formation characteristics should be studied in details to assess the type of cutting structure required to successfully drill the formation. Choosing the right bits is easier when drilling additional wells in the field because the crew knows what formations expect and which bit drills them best **Bela**, **2012**.

The type of formation, weight, rotary speed of the bit and the hydraulics effect on the bit performance .What the crew gets out of the bit depends on attention to such factors and using good operating procedures. Getting best performance from a bit depends on properly adjusting the weight on the bit and rotary speed and hydraulics. To get the most footage and fastest penetration rate, the crew must select the right bit for the work. The crew has several ways of getting information to make this decision. Dull bit records from bit records from nearby wells show wear to the bits used for drilling them **B.Dow**, **2012.** Rumaila Oil Field which is the field under study is one of the largest oil fields in the south of Iraq. It consists from north and south domes. Most beds of this field have a large thickness such as; UmmEr-Radhuma, Tayarat, Sadi, Nahr Umr, and Zubair formations.

2. BIT TYPES:

A bit usually is classified according to its design as either fixed cutter bit or rolling cutter bit. The fixed cutter bits consist of fixed cutter blades which are integral with the body of bit and rotate as a unit with the drilling string. Roller cutter bit has two or more cones containing the cutting elements, which rotate about the axis of the cone like the bit is rotated at the bottom of the hole.

2.1 Bit Drilling Mechanic:

2.1.1 PDC bit:

Principle of work: to shear the formation with blades by (WOB) and Torque. Suited to the formation: soft to hard formation.

2.1.2 Cone bit:

Principle of work: drill by crushing and /or gouging the rock, rock requires high energy (WOB) to fracture the rock with compressive loading.

Suited to the formation: soft to hard formation.



2.2 Directional Effects of Choosing the Bit Type:

2.2.1 Roller cutter bits (insert bits):

Insert bits sometimes causes right hand walk when the rotary drilling assemblies are used.

Soft drill bits with grater cone offset is created a greater degree of right hand walk than hard drill bits with few or zero offset. Right hand walk generated is due to the gouging and scraping actions produced by using soft tri cone bit **Allen**, **1977**. Tri cones bit have been preferred for kicking off a directional well from vertical.

2.2.2 Fixed cutter bits (PDC bits):

There are a little walk has been produced with most PDC bits with using rotary drilling assemblies. PDC bits are used with angle drop assemblies produce a lower rate of drop than when using a rock bit PDC bits which have a flatter profile were found to work better for dropping angles using rotary assemblies, **Aswad**, **1996**.

2.3 BHA Design for Directional Drilling that Effected on Bit Performance:

The BHA refers to the Drill collar (DC), Stabilizers (STB) and other accessories which are used in the drill string. All the wells whether vertical or deviated required careful design of BHA in order to control the direction of the well to achieve the target objectives, **Eisa**, **2011** STB and DC are the main tools used to control hole inclination.

3. BIT HYDRAULIC CALCULATIONS:

In general bit hydraulics is calculated in order to improve rate of penetration. There are many factors that affect rate of penetration:

- Bit type
- Bit features
- Formation type and strength
- Bit hydraulics

The main objective of hydraulics calculation is to obtain a good balance in controlling down hole pressures, flow rate, hole cleaning, pump pressure, ECD(equivalent circulation density), and pressure drop across the bit, **Glowka**, **1983**.

3.1 Hydraulic Variables:

- Flow rate (Q).
- Mud weight (Mw).
- Total flow area (TFA).
- Pressure drop (P_d).
- Jet Impact Force (JIF).
- Hydraulic Horsepower per square inch (HSI).

3.2 Hydraulic Horse Power (HHP):

The recommended values of Hydraulic Horse Power (HHP) range for most rock bits are 2.5 to5.0 Horsepower per Square Inch (HSI) of bit area. Low HHP at the bit can result in low ROP and poor bit performance. The Bit hydraulic horsepower should be not exceeding the total system hydraulic horsepower, **Tuna**, **2010**.

Hydraulic horsepower per square inch of bit area is called (HSI). There is term used in drilling hydraulics to get a better feeling for the magnitude of the hydraulic horsepower.



This term is called the H.S.I (hydraulic horsepower per square inch of bit face area) and is basically obtained by dividing the hydraulic horsepower by the bit size area. Eq. (1) and Eq. (2) can be used to calculate HHP_{Bit} and HSI respectively.

 $HHP_{Bit} = Q^* P_{Bit} / 1714$ (1) $HSI = 1.27^* HHP_{Bit} / (D_{Bit})^2$ (2) Where:

 D_{Bit} : Bit diameter (inch), Q: Flow Rate (gpm) , P_{Bit} : Bit Pressure Drop (psi) H.S.I = HHP available at the bit/ bit face area.

3.3 Jet Impact Force :

The force exerted by the exiting fluid below the bit, it has been gotten by using Eq. (3): $(IF)=V_n *Q * \rho / 1932$ (3) Where: IF= Hydraulic Impact Force (lb.) V_n =nozzle velocity (ft. /sec) Q=Flow rate (gpm) ρ =mud density (lb. /gal)

3.4 Nozzle Velocity:

Nozzle velocities of 250 to 450 ft. /sec are recommended for most bits. Nozzle velocities in excess of 450ft/sec may erode the cutting structure of the bit, **Eckel**, **1949**.

• It is closely related to the cleaning action taking place at the bit.

•It can lead to hole erosion at high velocities in fragile formation.

In IADC Drilling Manual, the (Vn) is calculated by using Eq. (4):

$$V_{Bit Nozzles}(ft / Sec) = \frac{0.32086 Q}{TFA}$$
(4)

Where:

TFA: Total Flow Area (inch square)

3.5 Pressure Drop at Bit:

The pressure losses through the nozzles of a drill bit may be calculated from Eq. (5).

 $\Delta p_{bit} = (\rho) * (Q) / 10858 * (TFA)^2$ Where:
(5)

 $\Delta P_{bit:}$ Bit Pressure Drop *Total flow area* (*TFA*) = $(D_{bit}/64)^2 * 3.14286$

4. IADC BIT DULLGRADING SYSTEM:

Although there are small differences between the fixed cutter and roller cone systems, the same eight categories has been used for both.

(6)



The first four points is related to cutting structure only. The first two points have been used to grade cutting structure wear: firstly the wear of the Inner teeth (or inserts, or cutters, or cutting elements) then the outer teeth (or inserts, or cutters, or cutting elements).

The major dull is indicated by a two-letter code, followed by its location. For roller cone bits, the condition of the seals or bearings is noted. Whether the bit is in gauge, or if not, by how much it is under gauge is shown in the next category, **Robison**, **1988**.

The other dull characteristics are described, using the two letter code system, as shown in

Table 1.

5. Hydraulic EFFECT ON THE BIT PERFORMANCE:

Excel program was prepared by using Eq.(1) through Eq.(6) which is used to get the value of bit pressure drop, nozzle velocity, impact force and hydraulic horsepower for the selected wells, and as follows:

The input data are: (bit size, mud weight, flow rate, nozzles size and total flow area) should be entered, in order to get these output data which they are: (bit pressure drop, jet velocity, impact force, hydraulic horse power, and Hydraulic horsepower per square inch).

Hydraulic program will be compared with the used hydraulic parameters in this well.

5.1 Well RU-417: The general information of well RU-41 which was drilled to Mishrif reservoir is shown in **Table 2**.

The Excel sheet program as in the **Table 3** has been used to find the planned bit hydraulics parameters and as follows: FR=3000 lpm (from bit manufacture).

-bit pressure drop = 670 psi -jet impact force= 496kg -H.S.I. =2.63

From daily mud logger report (DMLR), the used hydraulic parameters as follow:

```
1- FR=2750 lpm, MW=1.13sp.gr.
-bit pressure drop = 590 psi
-jet impact force= 437kg
-H.S.I. =2.2
```

- 2- FR=2815 lpm, MW=1.13sp.gr. -bit pressure drop = 603 psi -jet impact force= 441kg -H.S.I. =2.3
- 3- FR=2620 lpm, MW=1.13sp.gr. -bit pressure drop = 630 psi -jet impact force= 442kg -H.S.I. =2.4

From the above calculations, the crew has used hydraulic parameters nearly to the planned parameters which led to good bottom hole cleaning and good bit dullness: (Bit Dull Grading: 1-1-No-A-X-I-No-BHA).



It is important to mention that the crew was used different values of flow rate due to drill more than one formations type which gave three sets of hydraulic parameters as shown above.

5.2. Case Study:

It should be known what happen to the bit that has drilled those depths, which will be the first step to assess the bit performance. Since the bit that drilled those depths don't enter to the well and get out from it without any damaging, bit dull grading is the key that from it, it can be noticed easily what happen to the bit after POOH (Pull Out of Hole).For this well, one hole section will be chosen for study and the choosing hole section should contain both vertical and directional sections.

5.2.1 Well RU-417:

The 12.25 " hole section will be drilled down by using the following drilling parameters, see **Fig.1**

-WOB of 10 -40 klbs.

- Flow rate of 2500-3000 lpm.

-Rotation of 70 – 120 RPM.

5.2.2 Section objective:

The objective of the first BHA is to drill cement after well was cemented due to severe losses in Dammam formation and keep the trajectory vertical. The second BHA is to kick off the well toward 50 deg. azimuth to reach 12 deg. inclinations in order to set the 9 5/8 casing; **Table 4** contains drilling data of well RU-417.

5.2.3 The first BHA from 426m to 1673m:

A 9 5/8" GT motor combined with the MSi616 Smith bit were used to drill this section. Cement was tagged at 470 m and start drilling with low parameters (WOB, RPM, and FR) to avoid any risk of sidetracking the well. Formation was tagged at 662m, continued drilling using minimum motor flow rate to reduce losses risk in Umm Er Radhuma formation 4 m. sliding were needed to correct the well trajectory and bring it to vertical. KOP point reached and decided to POOH to change the bent housing from 1.15deg to 1.5 deg. And after bit POOH, the **bit dull grade** is as bellow :

Bit Dull Grade: 2-3-BT-A-X-I-No-BHA. Where:

BT: it means bit broken teeth.

5.2.4 The second BHA from 1673m to 1795m:

12.25" Smith Bit (MDi616) dressed with 6* 14/32" nozzles-962XP Motor"-Telescope 81/4"-NMDC-Stabilizer 12"-1x8"DC- JAR-8"- 1x8"DC 24- X/O- 12x5" HWDP -5" DP to Surface. The BHA was tested successfully and RIH. Tagged bottom and circulate two bottoms up and start drilling in Umm Er Radhuma formation.



KOP was performed in Hartha formation with an average ROP of 5 m/hr. Formation was sticky and argillaceous, inter-bedded with limestone and shale. The 3 deg dogleg achieved with 60 % sliding.

They faced some BHA hanging once when reached 5 deg. inclinations. Tool face was unstable in Hartha formation and more stable once entered Sadi formation. Sliding was performed on single basis to be able to take a survey every 10 m as per client requirement to obtain smoother doglegs. After ending drill this section the bit dull grading is: 1-1-No-A-X-I-No-BHA.

6. FACTORS EFFECTING ON THE VALUE OF PENETRATION RATE:

Rate of penetration is a function of large numbers of controllable and uncontrollable variables. The alterable variables which they are :WOB,RPM, Hydraulics, drilling fluid type and properties and bit type and size. The unalterable variables are ; rock properties, formation or pore pressure , bottom hole temperature, round trip time, depth , weather, rig conditions and flexibility, location, hole problems, and crew efficiency, **Lisa B. Brown and Harold J. Flanagan,2010.**

6.1 The Studied Formations and Well:

This section shows how it can be predicting the values of ROP by using data of one directional oil wells. This will done by using field data to determine the relationship between several parameters like bit type, WOP, RPM, FR, MW and ROP, in the other words, drawing the relationship between drilling parameters which they have been reprehensive as a" group "on X-axis and ROP which is resulted from the selected group on Y-axis.

It is similar to the bit formation test which is used to get the value of recommended drilling group that has gave good value of ROP with taking the formation type and bit manufacturing into the consideration. The present value of recommended group can be used in the drilling the next wells.

The Rumaila Oil Field consists of many heterogeneous formation types. Each rock type will give a special color, the reason behind that is to know the effect of formation type on the drilling parameters, as shown in **Table 5**.

6.2 Well RU-417: The directional section in this well passed the following formations:

1-Hartha formation: The top of Hartha is limestone, then dolomite and finally, fracture limestone. From **Table 6 and Fig.2**, the recommended group is group 1. In this formation there is build section which is between (0-11) deg.to create angle of inclination.

2-Sadi formation: This formation consists of limestone and low percentage of vuggy limestone. From **Table 7 and Fig.3**, the recommended group is group 5. In this formation there is a build section to create an angle of inclination between (12-50) deg. Therefore; there is increasing in value of WOB and decreasing in value of FR.

3-Mishrif formation: This formation consists of limestone (homogeneous lithology). From **Table 8 and Fig.4**, the recommended drilling groups are: group 8,9and10. In this formation there is build section to create an angle of inclination which is between (50-70) deg. So, there is increasing in the values of WOB and RPM and decreasing in value of FR.



CONCLUSIONS:

1- There are more than one factor effects on the bit performance but WOB, FR and RPM have the major effect especially in directional sections.

2- The studied cases proved that there are different between the planed drilling program and the followed drilling parameters according to the special conditions related to the drilling process and formation type.

3- Using the available bit that has been suitable to drill all type of formations in this field ,it is very important because the wrong bit selection cause more problem that will be effected on the bit and drilling performance

4- It is important to recognize that the overall success of any drilling performance is a combination of good planning and good execution.it is recommended that asset of appropriate drilling practices is developed to assist with execution and implementation.

5- It was found that in directional section, it is important to treat with a combination of some drilling parameters also; it's clear that for each formation there is a special combination of drilling parameters which depends on lithology of formation.

REFRENCES:

- Allen, J.H., 1977, Determining Parameters that Affect Rate of Penetration, Oil and Gas J., 94.
- -Aswad, Z. A. R., 1996, Advanced Drilling Engineering, M. Sc. Course at University of Baghdad, Petroleum Engineering Dept.
- ▶ -Bela Liptak, April 2012, Control for Drilling Oil and Gas Wells.
- -B. Dow and R., Harmer June 2012, Improving Drilling Results with A real-time Performance Advisory System, Schlumberger, World Oil.
- Eckel, J.R. and Nollely, J.P. 1949, An Analysis of Hydrualic Factors Affecting the Rate of Penetration of Drag- Type Rotary Bits, Drill and Prod Prac., API, Dallas 23.
- -Eisa Noveiri, September 2011, Directional Drilling Optimization by Non-Rotating Stabilizer, World Academy of Science, Engineering and Technology.
- Glowka, D., Febuary.1983, Optimization of Bit Configurations, Soc. Pet. Eng. J. pp.21-32.
- Lisa B. Brown and Harold J. Flanagan, 2010, The Effect of Weight on Bit on Rate of Penetration.
- -Robinson, L. H. Dec. 1988, On-site Nozzle Selection Increases Drilling Performance, Petroleum Engineering International, Soc. Pet. Eng. J. pp.7-82
- -Tuna Eren, February 2010, Real-Time-Optimization of Drilling Parameters During drilling Operations, Soc. Pet. Eng. J.



NOMENCLATURES:

Pbit= bit pressure Drop, psi. Vn= nozzle velocity, ft. /sec. HSI= HHP available at the bit/ bit face area. $\dot{\rho}$ = drilling fluid's density, lb. /ft³. Q= volumetric flow rate, ft^{3/}/sec. D_{Bit} = diameter of the bit, inch. BHA= bottom hole assembly. IADC= International Association of Drilling Contractors. MLU= Mud Logging Unit. MW= mud weight, lb. $/ft^3$. ROP= rate of penetration, ft. /sec. RPM= revolution per minute, Rev. /min. WOB=weight on bit, lb. TFA= Total flow area, in^2 . ECD= equivalent circulating density, lb. $/ft^3$. DMLR= Daily Mud Logger Report.





Figure 1. Stratigraphic section of Rumaila oil field of RU-417.





Figur 2. The relationship between "GROUP" and ROP for Hartha formation in well RU-417.



Figure 3. The relationship between "GROUP" and ROP of Sadi formation RU-417.



Figure 4. The relationship between "GROUP" and ROP of Mishrif formation RU-417.



 Table 1. Bit dull grading characteristic.

	7	Г	В	G	REM	ARKS	
1	2	3	4	5	6	7	8
СUТ	TING S	STRUC [®]	TURE	В	G	REM	ARKS
Inner	Outer	Dull	Loca-	Brng.	Gage	Other	Reason
Rows	Rows	Char.	tion	Seal	1/16	Dull	Pulled
(1)	(O)	(D)	(L)	(B)	(G)	(0)	(R)

Table 2. General well information of RU-417 Well.

Well Type	Mishrif Producer
Field	Rumaila
Reservoir	Mishrif
Inclination	70 Degree

Table 3. Hydraulic program of well RU-417.

	Data Inpu	ıt
Bit Size	inches	12.25
Mud Wt	g/cc	1.13
Flow	lpm	3000

Nozzle	Size	TFA	Flow
Nozzle 1	14	0.150	16.7%
Nozzle 2	14	0.150	16.7%
Nozzle 3	14	0.150	16.7%
Nozzle 4	14	0.150	16.7%
Nozzle 5	14	0.150	16.7%
Nozzle 6	14	0.150	16.7%
Nozzle 7			
Nozzle 8			
Nozzle 9			
Nozzle 10			
TFA	. =	0.9	02

Data Output						
		Standar	J nits			
Bit Pressure drop	=	670	psi	46.183833	bar	
Jet Velocity	=	282	ft/sec	85.942293	m/sec	
Impact	_	1000	lba	405 51345	ka	
Hydraulic Horsenower	_	310	105	495.51545	ng	
HSL	_	2.63		2.63		
	_			2.00		

Hydraulic Calculations



	I dole 4. D	finning dute of won too 117	
Hole Section	12 1/4 in	TVD In	545 m
Casing Size	9 5/8 in	TVD Out	1795 m
Inclination In	00.26 deg.	TVD	1250 m
Inclination Out	10.39 deg.	Bit Manufacturer	Smith

Table 4. Drilling data of well RU-417.

Table 5. Rock type and their colors.

ROCK TYPE	COLOR
V.LIMESTONE	
DOLOMITE	
LIMESTONE	
Pours. LIMESTONE	

Table 6. Drilling parameters used to drill Hartha formation RU-417.

GROUP	FORMATION	BIT SIZE	Section type	WOB klb	RPM	FR(l/min)	ROP (m/hr.)	Mud sp.gr.
1	Hartha	12.25"	build	5	102	2700	6	1.13
2	Hartha	12.25"	build	4.5	94	2825	4.3	1.13
3	Hartha	12.25"	build	5	103	2835	3.5	1.13
4	Hartha	12.25"	build	5	103	2835	5	1.13
5	Hartha	12.25"	build	5	103	2835	5	1.13

Table 7. Drilling parameters used to drill Sadi formation RU-417.

GROUP	FORMATION	BIT SIZE(in)	Section Type	WOB(klb)	RPM(Rev./min)	FR(lpm)	ROP(m/hr)	Sp. gr
1	Sadi	8 5	Build	4	110	1920	5.6	1 24
2	Sadi	8.5	Build	6.5	120	1890	6.6	1.24
3	Sadi	8.5	Build	7	115	1960	6.25	1.24
4	Sadi	8.5	Build	6.5	120	1960	6	1.24
5	Sadi	8.5	Build	6	120	1970	8.74	1.24
6	Sadi	8.5	Build	3.5	120	1970	6.6	1.24
7	Sadi	8.5	Build	5.5	120	1960	4.2	1.24
8	Sadi	8.5	Build	6.5	125	1905	6.5	1.24
9	Sadi	8.5	Build	5.5	125	1960	9.3	1.24

GROUP	FORMATION	BIT SIZE(in)	Section Type	WOB(klb)	RPM(Rev./min)	FR(lpm)	ROP(m/hr.)	Sp.gr.
1	Mishrif	6	Build	5	80	990	4.5	1.22
2	Mishrif	6	Build	6	80	1000	5	1.22
3	Mishrif	6	Build	6	110	1015	6	1.22
4	Mishrif	6	Build	5.5	100	1050	5	1.22
5	Mishrif	6	Build	5	100	1050	5	1.22
6	Mishrif	6	Build	6	110	1050	6	1.22
7	Mishrif	6	Build	6	121	1033	7	1.22
8	Mishrif	6	Build	7	121	1050	9	1.22
9	Mishrif	6	Build	6.5	121	1025	10.5	1.22
10	Mishrif	6	Build	6.5	121	1020	8	1.22
11	Mishrif	6	Build	6	120	1020	8.5	1.22
12	Mishrif	6	Build	7.25	120	1020	7	1.22
13	Mishrif	6	Build	8	120	1027	5	1.22

Table 8. Drilling parameters used to drill Mishrif formation RU-417.



Numerical Simulation of Flow in Rectangular Duct with Different Obstruction Heights

Lect. Kadhum Audaa Jehhef Department of Equipment and Machine Institute of Technology Middle Technical University Email: <u>kadhum.audaa@yahoo.com</u>

ABSTRACT

In this study, a simulation model inside a channel of rectangular section with high of (0.16 m) containing two rectangular obstruction plates were aligned variable heights normal to the direction of flow, use six model of the obstructions height of (0.059, 0.066, 0.073, 0.08 and 0.087 m) were compared with the flow behavior of the same duct without obstructions. To predict the velocity profile, pressure distribution, pressure coefficient and turbulence kinetic energy flow of air, the differential equations which describe the flow were approximated by the finite volumes method for two dimensional, by using commercial software package (FLUENT) with standard of k- ε model two dimensions turbulence flow. The obtained results show that the velocity and the turbulence kinetic energy increase with increasing the obstructions height perpendicular to the flow direction. Streamlines contours used to show mixing of averaged flow-field in one pitch length. The streamlines helped to distinguish between important separated regions of the flow as well. Compared the first model of height of obstruction (0.059 m) with the fifth model of the obstruction and an increasing about (47 %) at the second obstruction. The data obtained by simulation are matching with previous the literature value.

Keywords: turbulent flow, obstructions plates, air duct.

محاكاة عددية للجريان داخل مجرى مزود بعوارض ذات ارتفاعات متغيرة م.د. كاظم عودة جحف قسم المكانن والمعدات معهد تكنلوجيا- بغداد الجامعة التقنية الوسطى

الخلاصة

تتناول الدراسة الحالية استخدام نموذج محاكاة داخل مجرى مستطيل المقطع بارتفاع (0.16 م) يحتوي على صفيحتان اعتراضيتان باتجاه معاكس ذات ارتفاع متغير عمودي على الجريان داخل المجرى , وتم استخدام ست نماذج لارتفاعات الصفيحة المعترضة هي :(0.073,0.066, 0.059, 0.080 و 0.087) وقورنت النتائج مع نموذج اخر لنفس ظروف الجريان ولكن بدون معترضات. من اجل تخمين سلوك كلا من توزيع السرعة و الضغط و معامل الضغط والطاقة الحركية الجريان الاضطر ابي للهواء , تم استخدام طريقة الحجوم المحددة لحل المعادلات التفاضية التي تصف حركة المائع وذلك المجريان الاضطر ابي للهواء , تم استخدام طريقة الحجوم المحددة لحل المعادلات التفاضلية التي تصف حركة المائع وذلك البعدين, و استخدام البرمجيات الحسابية مثل برنامج (FLUENT) وهذا البرنامج مدعوم بنموذج حسابي المائع وذلك بعدين, و استخدام البرمجيات الحسابية مثل برنامج (FLUENT) وهذا البرنامج مدعوم بنموذج حسابي العائم وذلك البعدين, و استخدام البرمجيات الحسابية مثل برنامج (FLUENT) وهذا البرنامج مدعوم بنموذج حسابي العاطر ابي تزداد بزيادة البعدين, و استخدام البرمجيات الحسابية مثل برنامج (FLUENT) وهذا البرنامج مدعوم بنموذج حسابي العائم وذلك البعدين, و استخدام البرمجيات الحسابية مثل برنامج (FLUENT) وهذا البرنامج مدعوم بنموذج حسابي العام وذلك البعدين, و استخدام البرمجيات الحسابية مثل برنامج (FLUENT) وهذا البرنامج مدعوم بنموذج حسابي العاطر ابي تزداد بزيادة التي تم الحصول عليها تظهر ان قيم السرعة والطاقة الحركية للجريان الاضطر ابي يترداد بزيادة التموذات التفاع المعترضات العمودية على خطوط الجريان وتستخدم لملاحظة عملية الخلط الحاصلة في المجال في منطقة الخطوة الرتفاع المعترضات العمودية على خطوط الجريان وتستخدم لملاحظة عملية الخلط الحاصلة في المجان ورمان المودن المعترضات المودية المائم ذات رفالية النموذي المحمورة بين المائم ورمائي ورائية النموذات الول ذو ارتفاع (m 0.087) مع النموذج الخاري وسابية (شائع المعترضا المورنية المائق المنفوذي المعترضات المودي على خطوط الجريان وتساعد ايضا على التمييز بين المائق المنومية دام ورائية المورن ورائي ورائي ورائية المحمول (m 0.087) مع المورنية المول المورنية المعترض (m 0.087) مع مائيز ورائية المورنية المورنية المورنية المعترض (m 0.087) مع على على المورني الموني المورن ورائي ورائي ورائي ورائي (



الكلمات الرئيسية: الجريان الاضطرابي, الصفائح المعترضة, المجاري الهوائية.

1. INTRODUCTION

The flow in ducts with plates represents a topic of paramount industrial interest. This geometry is representing the internal channels of turbine blades for cooling. The understanding of this flow is then very important for the optimization of cooling process. The phenomenon of flow separation in ducts with segmented baffles or obstructions has many engineering applications, for example, shell-and-tube heat exchangers with segmented obstructions, labyrinth shaft seals, laser curtain seals, air-cooled solar collectors, and internally cooled turbine blade. One of the techniques used to enhance the convective heat transfer in a smooth channel is to place obstructions on the channel walls in-line or staggered arrangement. Turbulent flow and heat through ducts roughened with both attached and detached ribs has the topic of many experimental and numerical studies. However, the researches relating the detached ribs are few. **, Lio** and **Chen, 1993.**and **,Rau et al, 1988** studied the turbulent flow in channels with attached ribs. The main objectives of these studies were to obtain the heat transfer characteristics and friction factor. **,Goax** and **Sunden, 2001** by using oblique and shaped attached ribs to the duct wall. These studies conducted that the resulting secondary flow from the ribs increase the fluid mixing between the core region and near wall region.

Investigation of characteristics of the turbulent flow and heat transfer inside the periodic cell formed between segmented baffles staggered in a rectangular duct was studied by **, Habib et al., 1994**. To show that the pressure drop increases as the baffle height does. The heat flux was uniform in both upper and lower walls. The experiments focused on the influence of Reynolds number and baffle height on the local and global heat transfer coefficients, and pressure drop measurements. Large recirculation regions and velocity gradients were observed behind the baffles. Pressure drop increases more rapidly than the heat transfer coefficient with the Reynolds number.

Experimental investigation of complex flow, turbulent flow along an external corner has been conducted by , **Moinuddin et.al, 2004.** and ,**Luo et.al, 2003.** They studied the fully developed turbulent flow in an air-cooled horizontal equilateral triangular duct fabricated on its internal surfaces with uniformly spaced square ribs. Five different rib sizes of 5 mm, 6 mm, 7 mm, 7.9 mm and 9 mm were considered. Both the ducts and the ribs were fabricated with duralumin. The experimental results showed that the pressure drop along the triangular duct, increased almost linearly with the rib size. The developed equations were valid for a wide range of Reynolds numbers $4,000 < \text{Re}_D < 23,000$.

Zilwa et al., 1998, studied laminar and turbulent flows through plane sudden expansions. Turbulent flow simulations using k- ε models showed to be very reliable when compared to experimental results. Measurements using LDA technique in the turbulent flow in a duct with several baffle plates were performed by ,Berner et al., 1984 with the purpose of determining the number of baffles necessary for obtaining a periodic boundary condition and the dependence on Reynolds number and the geometry. Results showed that with a Reynolds number of 5.17×10³ four baffles were necessary for obtaining a periodic boundary condition. By increasing the Reynolds number to 1.02×10⁴ a periodic boundary condition was obtained with three baffles.

Li and Kottke, 1998 studied heat transfer and pressure drop in simulating models of shelland-tube heat exchangers. Two variable parameters used in the experimental work the Reynolds number and the distance between the baffles. Results demonstrated that for a constant value of the Reynolds number, an increasing the distance between the baffles increases the heat exchange coefficient and the pressure drop.

A numerical analysis presented by , **Jin-Xing et al., 2006**, The baffle heat exchanger can slightly enhance the shell side heat transfer coefficient with the significant reduction of pressure loss due to the shell side fluid flowing longitudinally through tube bundle, which leads to the reduction of the manufacture and running cost and in some cases to the dimensions reduction of the heat exchangers. The numerical results showed that the baffles placed vertically and horizontally in the unit duct continue to shear and comminute the streamline flow when the fluid crosses over the baffles, change the fluid flow directions.

The finite volume commercial code Fluent 6.1 was used by **Márton, 2005** to compute the flow-field inside a square section duct with square section ribs mounted on one side perpendicularly to the flow direction successively, the Reynolds number was 40000 based on the hydraulic diameter (D_h). The rib height (h) to hydraulic diameter ratio was 0.3, and the pitch (p) to rib ratio was 10. Computation was carried out in one pitch length using periodic boundary condition in streamwise direction. The same flow configuration was investigated previously at the Von Kármán Institute for fluid dynamics by experimental techniques it is compares with the results with the PIV measurement of **, Casarsa et al. 2002.** The comparison in the symmetry plane of the duct (Z/h=0) was shown because this seemed to be the most characteristic for the main features of the flow.

,Moosavy and Hooman, 2008 performed study about laminar heat and fluid flow in the entrance region of a two dimensional horizontal channel with isothermal walls and staggered baffles. The computations were based on the finite volume method and the SIMPLER algorithm. Data for heat and fluid flow as well as pressure drop were presented for the Reynolds numbers ranging from 50 to 500 and baffle heights between 0 and 0.75. The results were reported for the thermal entrance region with sixteen baffles. This relatively large number of baffles allowed to think of working media except air and water so that the Prandtl number may vary from 0.7 to 70. While most of the work available in the literature showed the effects of Reynolds number on the hydrodynamic development of flow that not only the Reynolds number but also the Prandtl number affects the precise location of the periodically fully developed region similar to the case of smooth channel. It is not surprising when one observes that most of the previous articles are concentrated on moderate Prandtl numbers compared.

2. OBJECTIVES

From previous works review there are no attention on the height of the obstruction or baffle in the flow field in the air ducts. The present paper will present the method and the results of a numerical simulation of rectangular section containing two rectangular obstruction plates were aligned variable height normal to the main flow direction, using the commercial solver (FLUENT version 6.3.26). A secondary objective is to show the differences between the developed flow fields in the duct containing two rectangular obstruction plates with the duct without rectangular obstruction plates.

3. MATHMATICAL FORMULATION



In Reynolds averaged approach to turbulence, all of the unsteadiness is regarded as a part of the turbulence. Applying the Reynolds decomposition, the nonlinearity of the Navier-Stokes equations gives a rise to terms that must be modeled. In a statistically steady flow, every variable can be written as a sum of an average and a fluctuation, Mushatet and Mehdi, 2008. In this paper use the following assumption:

- 1. Steady turbulent flow.
- 2. Two dimensional flow constant properties.
- 3. No edge effects.
- 4. No buoyancy effects.
- 5. Fully developed flow.
- 6. No heat generation.
- 7. Negligible axial diffusion.
- 8. No slip and impermeability boundary conditions are imposed at the walls.

This must be large enough to eliminate the effects of the fluctuations. The averaged equations of continuity and momentum can be written in the following form ,Vass P., 2005.

$$\partial_{j}(\mathbf{u}_{j}) = 0 \tag{1}$$

$$\partial_{t}(\mathbf{u}_{i}) + \partial_{j}((\mathbf{u}_{j})(\mathbf{u}_{j})) = \partial_{i}(\mathbf{p}) + \partial_{j}\left(\frac{1}{R_{eb}}\partial_{j}(\mathbf{u}_{i})\right) + (\mathbf{g}_{i}) - \partial_{j}\tau_{ij}^{R}$$
(2)
$$\tau_{ij}^{R} = (\mathbf{u}_{i}'\mathbf{u}_{j}')$$
(3)

Balance equations for the kinetic energy (k) and its dissipation rate (ϵ) for the model are, Mushatet and Mehdi, 2008:

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{k}}{\partial t} + \mathbf{U}_{\mathbf{j}} \frac{\partial \mathbf{k}}{\partial \mathbf{X}_{\mathbf{j}}} \right) = \frac{\partial}{\partial \mathbf{X}_{\mathbf{j}}} \left[\left(\boldsymbol{\mu} + \frac{\boldsymbol{\mu}_{\mathbf{t}}}{\boldsymbol{\sigma}_{\mathbf{k}}} \right) \frac{\partial \mathbf{k}}{\partial \mathbf{X}_{\mathbf{j}}} \right] + \mathbf{G}_{\mathbf{k}} - \rho \epsilon$$
(4)

$$\rho \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + U_j \frac{\partial \varepsilon}{\partial X_j} \right) = \frac{\partial}{\partial X_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_{\varepsilon}} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial X_j} \right] + G_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G_k - G_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon}{k}$$
(5)

Where τ_{ij}^{R} is the mean stress tensor or Reynolds stress tensor, called "standard k- ϵ " model is a semi-empirical one, based on the conservation equation of the kinetic energy (k) and its dissipation rate (ϵ). The basis of the model is Boussinesq's hypothesis, that the Reynolds stresses $-\rho \overline{U'_{i}U'_{i}}$ are proportional to the strain rate of the mean flow, by means of the eddy viscosity

concept:

$$\mu_t = \rho \, C_{\!\mu} \, \frac{k^2}{\epsilon}$$

G_k represents the production rate of the kinetic energy due to the energy transfer from the mean flow to turbulence, given by

$$G_{k} = -\rho \overline{U'_{i}U'_{j}} \frac{\partial U_{J}}{\partial X_{I}}$$
(6)

And can represent the G_k by:



 $G_k = \mu_t S^2$

Where S is the modulus of the mean strain tensor, given by

$$\mathbf{S} = \sqrt{2\mathbf{S}_{ij}\mathbf{S}_{ij}} \tag{7}$$

And the strain tensor is

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \overline{U_i}}{\partial X_j} + \frac{\partial \overline{U_j}}{\partial X_i} \right)$$
(8)

Considering the effects of the wall for the standard k- ϵ model, **Launder and Spalding 1972**, a "law of the wall" for the mean velocity distribution is given by

$$U^* = \frac{1}{k} \ln(Ey^*) \tag{9}$$

Where y* is the dimensionless distance to the wall is given by:

$$\mathbf{y}^{*} = \frac{\rho C_{\mu}^{1/4} \mathbf{k}_{P}^{1/2} \mathbf{y}_{P}}{\mu}$$
(10)

 κ = Von Kármán constant (= 0.42)

E = empirical constant (= 9,81)

 U_P = time average velocity at position P

 P_k = kinetic energy of turbulence at position P

 P_{y} = distance from position P to the wall

One of the most widely spread models is the standard k- ϵ model proposed by , **Launder and Spalding 1972**. This model implies two transport equations turbulent kinetic energy (k, m²/s²) and the dissipation of turbulent kinetic energy (ϵ , m²/s³) to remedy the large steep gradients near the walls of the duct and the baffle plates; wall function approximation used by **,Versteege, 1995** is adopted the model coefficients are (σ_k ; σ_c ; $C_{1\epsilon}$; $C_{2\epsilon}$; C_{μ}) = (1.0, 1.3, 1.44, 1.92, 0.09) respectively.

3.1 Computational Model and Boundary Conditions

The present paper performs the turbulent flow in a rectangular cross section duct were two obstructions were placed, so as to simulate the conditions found in shell-and-tube heat exchangers, where flow and pressure distribution need to be known. The physical domain is shown in **Fig.1** the flow geometry under consideration and the boundary conditions used in this paper (top and lower) walls and (top and lower) plates considered as a wall boundary conditions zero velocity conditions (at y=0 and y=H \rightarrow U=0) and the inlet velocity at the entrance of the duct (at y=H/2 \rightarrow U=U₀) the fluid enters at an inlet velocity, U_{in}=U_o=(8 m/s) (reference velocity), where the discharge of the duct exposure to the atmospheric pressure (P =P_{atm}). The total length of the duct is equal to 0.554 m where obstructions plate with variable height about (0.059, 0.066, 0.073, 0.080, and 0.087) toward the flow which is not sufficient for the flow development.

Therefore, no influence will result from the side walls, so that the flow can be considered as being two-dimensional. The Reynolds number was $Re = 1.44 \times 10^5$ based on duct hydraulic diameter (D_H) such that:

$$Re = \frac{\rho D_{H} U_{o}}{\mu}$$
(11)



Where D_H is the hydraulical diameter of the channel equal to 0.275 m determine by:

$$D_{H} = \frac{4A}{P} = \frac{4(H^{*}W)}{2(H^{+}W)}$$
(12)

Kinetic energy of turbulence and dissipation rates are prescribed, following, as

$$k_{0} = 0.005U_{0}^{2}$$
$$\epsilon_{0} = \frac{k_{0}^{1} \cdot 5}{\lambda H} \quad \lambda = 0.005$$

Where $U_{inlet} = U_{o}$ the inlet velocity of air, for the upper and lower walls it is imposed

$$\frac{\partial \mathbf{k}}{\partial \mathbf{n}} = \mathbf{0}$$

3.2 GEOMETRY AND GRID ARRANGEMENT

The geometry and the gird were generated using GAMBIT® the preprocessing module of the FLUENT code. The geometry consist of a rectangular duct height 0.16 m and length of 0.554 m, the first obstructions plate is located 0.218 m from inlet section at the top plate and the second with the distance of 0.142 from the first one at lower plate, using a two-dimensional formulation with the SIMPLEC-algorithm [18] built and tested with the (Fluent 6.6.26) (©Fluent Inc., 2000). The mesh was generated by the pre-processor software (Gambit 2.3.16). This code is based on hybrid scheme. Due to this strong inherent coupling and non-linearity inherent in these equations, relaxation factors are needed to ensure convergence. The relaxation factors used for velocity components, pressure, temperature and turbulence quantities are 0.5, 1, 0.7 and 0.7 respectively. The mesh was refined at all solid boundaries; however these relaxation factors have been adjusted for each case studied to accelerate the convergence criterion defined as the relative deference of every dependent variable between iteration steps. In order to ensure that the numerical computations are not significantly affected by the mesh, by using the multi zone meshing generated the Map mesh with interval account of (180×60) and 10131 nodes in the geometry. With made a clustered zone near the obstruction wall by interval size about 1.05 the that near the baffle plate near the solid boundary to resolve velocity and pressure gradient as shown in Fig. 2 additional refinements were performed, considering the geometry and features of the numerical solution of the problem. Fig. 3 presents an example of the mesh used near the tip of a obstruction plate in the presence of flow separation. This refinement was necessary to resolve the velocity and pressure gradients in that region. Necessary fluid exit, entry and wall boundary conditions were given before numerical simulation.

The solution control and the initialization of the solution have to be given before the iteration starts to reach the converges. The solution controls like the pressure velocity coupling and the discrimination of the different variables. The SIMPLE scheme for the pressure velocity coupling is used and the second discrimination is used for the momentum and the standard scheme is used for the pressure. Besides, in the channel outlet it is prescribed the atmospheric pressure.



4. RESULTS AND DISCUSSION

Four position were taken in this study to presented all the profiles in the two dimension of the test duct in the x-axis of the duct there are the (x = 0 m, x = 0.218 m, x = 0.336 m, x = 0.554 m) represented the entrance, first obstructions position, second obstructions position, and the outlet the duct. This technique used in all models of the study with variable length the baffles of (0.059, 0.066, 0.073, 0.08 and 0.087) respectively. **Figs. (4 to 8)** include the numerical results of mean velocity profiles for these positions measured downstream of the entrance. These positions are located upstream of the entrance, located at an x = 0.218 m and x = 0.336 m from the entrance. Velocity values are obtained from the fluent result for the models of (0.059, 0.066, 0.073, 0.08 and 0.087 m). For the one model it is show the entrance velocity kept constant with increasing y-value (the height of the duct) at the value of (8 m/s) with increasing x-value to the (0.218 m) were at the position of the first obstruction observe increasing the values of the velocity at the range of height of the duct of (0 to 0.06 m) from the lower wall to the centerline of the duct.

But at the x-axis of (0.336 m) show a high increasing in the velocity values at the range of high of (0 to 0.16) from the lower to top wall but with values less than that the velocity at the outlet of the duct at (x=0.554 m). The effect of increasing the obstruction length on the velocity magnitude in the duct, increasing the velocity of the flow approaching the passage under the obstruction and the increasing the obstruction length leading to increase the velocity magnitude shown clearly at the second obstruction plate where show that the value of the velocity approximately about (24.4 m/s) when used the third model (0.073 m height obstruction plate) with compared with second model (0.066 m height obstruction plate) obtained outlet velocity about (28.8 m/s).

The presence of the baffle plates influences not only the velocity field but also the pressure distribution in the whole domain investigated. To represent the pressure field in dimensionless form, a pressure coefficient is defined a **Demartini L. C. et al., 2004**

$$C_{p} = \frac{(p - p_{atm})}{\frac{\rho U_{o}^{2}}{2}}$$
(11)

Where p is the static pressure and p_{atm} is the atmospheric pressure. For the comparison of numeric with experimental results of C_p , the pressure p is the measured wall pressure or the calculated pressure. **Figs.9** show the numerical results of pressure coefficients at positions (x = 0.218 m and x = 0.336 m) respectively compared with value of the entrance and the out let of the duct the figure show that the pressure coefficients remain constant at the entrance and the out let of the duct. The pressure coefficients increasing at the first obstruction (from 0 to 654) and at the second obstruction decreasing from (702 to 321). **Fig.9 and 10** represented numerical results comparison of the values of pressure coefficients visa versa the height of the duct at the sections of (x = 0.218 m) and (x = 0.336 m) respectively shown increasing the pressure coefficients values with increasing height obstruction plate and The lower pressure values near the tip of the baffles are due to the high velocities in that region.

The turbulence kinetic energy very important indicator to the intensity of the turbulent flow in the duct, **Figs. 11 to 15** show the turbulence kinetic energy of the first obstruction plate, the second obstruction plate, the inlet section and the outlet section of the duct, for all heights of the



obstruction plate of (0.059, 0.066, 0.073, 0.08 and 0.087 m). For example at the case of height (0.059 m) of the obstruction the turbulence kinetic energy increasing from (41.2 to $68.3 \text{ m}^2/\text{s}^2$) from section of the first to the second obstruction plate, with compared with the case of obstruction height of (0.087 m) obtain increasing about (71 %) at the first obstruction and increasing about (47 %) at the second obstruction when used the case of height of obstruction of (0.059 m).

The effect of obstructions plates on the recirculation regions and the structures of the flow is depicted in Figs 16 to 18 for case of with obstructions plates (the case of height obstructions of (0.059 m)) and without obstructions plates and Figs 19 to 21 for case of demonstrate the comparison between the case of duct with and without the obstructions plate on the flow characteristics. As the figure shows the recirculation zones are significantly increase with the use the plate obstructions, these figures give a detail description of stream function and streamlines and axial stream wise velocity contours. The flow separates downstream each obstruction plate forming large recirculation zone where the region behind the obstruction plate works as a sudden expansion. The recirculation zoon seems to be larger at the first obstruction plate. The first obstruction plate accelerate the flow along with separated zone creates a significant pressure loss. In the downstream of the obstruction plates, the mixing promoted by turbulence and the separation zone is decreased. The separation zone is larger and the flow is faster in the distance between the obstruction plates, the recirculation zone behind the first obstruction plates is less compared with the other zones in the stream wise direction because the acceleration of the flow is larger behind the first obstruction plate and that leads to increase in separation zone in the next obstruction plate.

The effect of increasing the height obstructions plates on the recirculation regions and the structures of the flow is depicted in Figs 22 illustrates the effect of the obstructions height on velocity field distribution and the streamlines function contours for the behavior of the fluid inside the duct. Flow is from left to right in duct of the case of height obstructions of (0.087 m) compared with the case of height obstructions of (0.059 m) compared with the Fig. 19 (the case of height obstructions of (0.059 m)) the numerical results show very low velocity values adjacent to the obstructions plates. In the regions downstream of both obstructions plates, recirculation cells with very low velocity values are observed. In the regions between the tip of the baffle plates and the channel walls, the velocity is increased. Due to the changes in the flow direction produced by the baffle plates, the highest velocity values appear near the upper channel wall with an acceleration process that starts just after the second obstructions plates. And Fig. 23 the case of height obstructions of (0.087 m) has shown the contours of streamline function distribution compared with the Fig. 20 (the case of height obstructions of (0.059 m)) of streamline function distribution streamline values in (kg/sec) observe generate an circulation motion of the fluid with high value of stream line behind the obstruction, this circulation motion of the fluid increasing with increase the obstruction height. Compression the present numerical result with the numerical and experimental results of the (Demartini et. al., 2004) used baffle height (H=0.08 m) showed in the Fig. 24 and 25 dimensionless velocity profiles the first and second obstraction plate the present models for the first (H=0.059) gives low velocity magnitude and fifth model (H=0.087) gives high velocity magnitude compare with the model used by (Demartini et. al., 2004) because the velocity increase with increase the obstraction height.



5. CONCLUTIONS

Numerical calculations are presented for turbulent fluid flow in a rectangular duct with segmented obstructions plates that are staggeringly arranged on both top and bottom walls of the duct. The results are reported for fixed baffle spacing and different values height obstructions plates. It was observed increase in the velocity magnitude with increasing the obstruction length where at the second obstruction plate where show that the value of the velocity increasing approximately about (16 %) when used the third model (0.073 m height obstruction plate) with compared with second model (0.066 m height obstruction plate). And the pressure coefficients increasing at the first obstruction (from 0 to 654) and at the second obstruction decreasing from (702 to 321) at (x = 0.218 m) to (x = 0.336 m). the case of height (0.059 m) of the obstruction the turbulence kinetic energy compared with the case of obstruction height of (0.087 m) obtain increasing about (71 %) at the first obstruction and increasing about (47 %) at the second obstruction when used the case of height of obstruction of (0.059 m), where observe generate an circulation motion of the fluid with high value of stream line behind the obstruction, this circulation motion of the fluid increasing with increase the obstruction height.

REFERENCES

- Berner, C., Durst, F. and Mceligot, D. M., (1984), "Flow around baffles", Journal of Heat Transfer, vol. 106, pp. 743-749.
- Casarsa, L. Çakan, M. and Arts, T. (2002), "Characterization of the velocity and heat transfer fields in an internal cooling channel with high blockage ratio". Proceedings of ASME Turbo Expo. Amsterdam, the Netherlands.
- De Zilwa, S. R. N., Khezzar, L. K. and Whitelaw, J. H., (1998). "Flows through plane sudden-expansions", International Journal for Numerical Methods in Fluids, nr. 32, pp. 313-329.
- Demartini L. C., Vielmo H. A. and Möller S. V., (2004). "Numerical and experimental analysis of the turbulent flow through a channel with baffle plates" J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng. Vol. xxvi, No. 2 pp. 153- 159.
- Goax, X. and Sunden, B. (2001). "Heat transfer and pressure drop measurements in ribroughened rectangular ducts", experimental thermal and fluid science, 24.
- Habib, M.A., Mobarak, A.M., Sallak, M.A., Hadi, E.A. and Affify, R.I. (2004). "Experimental investigation of heat transfer and flow over baffles of different height" ASME- mechanical eng, Journal of Heat Transfer; pp: 363-368; Vol: 116 King Fahd university of Petroleum & Minerals.

- Jin-Xing W.U., Dong, L.I.U. and Min-Shan W.E.I. (2006). "Simulation on the unit duct in the shell side of the ROD baffle heat exchanger" Journal of Shanghai University (English Edition), No.4, pp. 362 - 365.
- Launder, B. E. and Spalding, D. B., (1974). "The numerical computation of turbulent flows", Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, vol. 3, pp. 269-289.
- Launder, B.E. and Spalding, D.B., (1972). "Lectures in mathematical model of turbulence", Academic Press, London and NewYork.
- Li, H. and Kottke, V., (1998). "Effect of baffle spacing on pressure drop and local heat transfer in staggered tube arrangement", International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 41, No. 10, pp. 1303-1311.
- Lio, T.M, Hwang, G.G. and Chen, S.H. (1993). "Simulation and measurements of enhanced turbulent heat transfer in channels with periodic ribs on one principal wall", international Journal of heat mass transfer, 36, 507-507.
- Máté Márton Lohász, Patrick Rambaud and Carlo Benocciles, (2002). "Computation of Flow in A Ribbed Square Duct Using Fluent and Comparison To PIV" on kármán institute for fluid dynamics, Belgium department of fluid mechanics, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary.
- Moinuddin, K. A. M., Joubert, P. N. and Chong, M. S., (2004). "Experimental investigation of turbulence driven secondary motion on a streamwise external corner". J. Fluid Mech., 511, pp. 1–23.
- Moinuddin, K. A. M., Joubert, P. N., Chong, M. S. and Hafez, S. (2003), "Experimental investigation of turbulent boundary layer developing along a streamwise external corner", Thermal and Fluid Science, 27(5), pp. 599–609.
- Moosavy, S.S. and Hooman, K., (2008), "Forced convection in entrance region of a channel with staggered baffles", Nuclear Research Center for Agriculture and Medicine, Karaj, Iran Mechanical Engineering Department, Bushehr Faculty of Engineering, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.
- Mushatet1 K.S., and Mehdi G.S, (2008), "Analysis of turbulent flow in a duct roughened with attached and detached ribs" Mechanical Engineering Department, College of Engineering, University of Thiqar, Iraq.
- Rau, G., Cakan, M., Moeller, D. and Arts, T. (1988). "The effect of periodic ribs on the local aerodynamics and heat transfer performance of a straight cooling channel", ASME Journal of turbo machinery, 120, pp. 368-375.



- Van Doormaal J. P. and Raithby G. D., (1985). "Enhancements of the SIMPLE method for predicting incompressible fluid flow", Numerical Heat Transfer, vol. 7, pp 147-163.
- Vass P., (2005). "Large eddy simulation of a ribbed duct flow with fluent effect of rib inclination" University of Catholique de Louvain, Diploma thesis, May.
- Versteege, H. and Meer, W., (1995). "An introduction of computational fluid dynamics", Hemisphere Publishing Corporation, United State of America.

NOMENCLATURE

E	empirical constant
Н	duct height, m
h	obstruction height, m
i, j	tensor notation.
k	turbulent kinetic energy, m ² /s ²
k _P	kinetic energy of turbulence at position P, m^2/s^2
Р	pressure, Pa
р	obstruction pitch, m
p _{atm}	atmospheric pressure, bar
Re	Reynolds number
S	modulus of the mean strain tensor
U in	inlet velocity, m/s
U _P	time average velocity at position, m/s
$- ho\overline{U_i'U_j'}$	Reynolds stresses N/m ²
$\overline{U'_i}$ and $\overline{U'_j}$	mean velocity components, m/s
W	Width of the duct, m
Xi and Xj	directions.
Ур	distance from position P to the wall, m

Greek symbols:

μ	molecular viscosity, Pa/s
ν_t	eddy viscosity,m/s ²
ρ	air density, kg/m ³
δ_{ij}	the Kroenecker Delta
κ	Von Karman constant
3	dissipation rate, m^2/s^3
k	kinetic energy, m^2/s^2
$\sigma_k \\ \sigma_{\varepsilon}$	turbulent Prandtl number for turbulence turbulent Prandle number for dissipation of turbulence.





Figure 1. Detail of the duct with the obstruction plates and boundary conditions (dimensions in m).



Figure 2. Mesh generated on the tip of the first obstruction plate with refinements and the boundary conditions.



Figure 3. Resolution and iterations for the simulations runs





Figure 4. Velocity profiles at the first plate, second plate, inlet section and outlet section of the duct with obstruction height 0.059 m.



Figure 5. Velocity profiles at the first plate, second plate, inlet section and outlet section of the duct with obstruction height 0.066 m.



Figure 6. Velocity profiles at the first plate, second plate, inlet section and outlet section of the duct with obstruction height 0.073 m.



Figure 7. Velocity profiles at the first plate, second plate, inlet section and outlet section of the duct with obstruction height 0.080 m.



Velocity magnitude (m/s)

Figure 6. Velocity profiles at the first plate, second plate, inlet section and outlet section of the duct with obstruction height 0.087 m.



Figure 9. Pressure coefficient at the first plate, second plate, inlet section and outlet section of the duct with obstruction height 0.059 m.





Figure 10. Pressure coefficient at the first plate, second plate, inlet section and outlet section of the duct with obstruction height 0.073 m.



Turbulence kinetic energy (k) (m^2/s^2) **Figure 1**1. Turbulence kinetic energy at the first plate, second plate, inlet section and outlet section of the duct with obstruction height 0.059 m



Turbulence kinetic energy (k) (m^2/s^2)

Figure 12. Turbulence kinetic energy at the first plate, second plate, inlet section and outlet section of the duct with obstruction height 0.066 m.



Figure 13. Turbulence kinetic energy at the first plate, second plate, inlet section and outlet section of the duct obstruction height 0.073 m.



Figure 14. Turbulence kinetic energy at the first plate, second plate, inlet section and outlet section of the duct obstruction height 0.080 m.



Figure 15. Turbulence kinetic energy at the first plate, second plate, inlet section and outlet section of the duct with obstruction height 0.087 m.









Figure 17. Contores of streamline function distribution in rectangular duct without obstraction plates, flow is from left to right, streamline values in (kg/s).







Figure 19. Velocity field distribution. in rectangular duct with obstraction plates height (0.059 m) flow is from left to right, velocity values in (m/s).
Number 11 Volume 21 November - 2015







Figure 21. Pressure field distribution in rectangular duct with obstraction plates height (0.059 m) flow is from left to right, pressure values in (pa).

42.5











Figure 24. Dimensionless velocity profiles the first obstraction plates (x=0.218 m) for the first (H=0.059) and fifth model (H=0.087) compared with the exprimental model of (Demartini et. al., 2004) baffle height (H=0.08 m).



Figure 25. Dimensionless velocity profiles the second obstraction plates (x=0.336 m) for the first (H=0.059) and fifth model (H=0.087) compared with the exprimental model of (Demartini et. al., 2004) baffle height (H=0.08 m).



Enhancement Solution to Improve Remediation of Soil Contaminated with Lead by Electrical Field

Ayad Abd Al-hamza Faisal Assistant Professor College of Engineering-University of Baghdad Email:_ayadabedalhamzafaisal@yahoo.com **Ibtihal Tarik Rashid** College of Engineering-University of Baghdad Email: ibtihaltarik@yahoo.com

ABSTRACT

A laboratory investigation of six different tests were conducted on silty clay soil spiked with lead in concentrations of 1500 mg/kg. A constant DC voltage gradient of 1 V/cm was applied for all these tests with duration of 7 days remediation process for each test. Different purging solutions and addition configurations, i.e. injection wells, were investigated experimentally to enhance the removal of lead from Iraqi soil during electro-kinetic remediation process. The experimental results showed that the overall removal efficiency of lead for tests conducted with distilled water, 0.1 M acetic acid, 0.2 M EDTA and 1 M ammonium citrate as the purging solutions were equal to 18 %, 37 %, 42 %, and 29 %, respectively. However, introducing the injection wells as another enhancement technique into the tests used the same purging solutions mentioned above which have vital role in increasing the removal efficiency up to 59 %.

Key words: lead, Electro-Kinetic, Purging solutions, injection wells, enhancement.

محاليل التحسين لمعالجة التربة الملوثة بالرصاص بواسطة المجال الكهربائي

ابتهال طارق رشيد	أ.م. د.أياد عبد الحمزة فيصل
كلية الهندسة – جامعة بغداد	كلية الهندسة- جامعة بغداد

الخلاصة

تم أجراء ستة تجارب مختبرية مختلفة على تربة طينية غرينية ملوثة بالرصاص بتركيز (1500ملغ/كغم). في كل التجارب التي اجريت في هذه الدراسة تم تسليط تيار كهربائي مستمر بين الاقطاب و بفولتية (1 فولط/ سم) خلال سبعة ايام متتالية . أجريت دراسة مختبرية لإنواع مختلفة من محاليل الإزالة متضمنة أسلوب أضافه أبار حقن لتحسين از الة الرصاص من الترب العراقية خلال المعالجة بالطريقة الكهر وحركية. أظهرت النتائج ان كفاءة أزالة الرصاص عند استخدام الماء المقطر، 1 مولاري من حامض الخليك، 0.2 مولاري من EDTA، 1مولاري سترات الامونيوم هي 18 % , 37 %, 42 % على التوالي . أن أستخدام تقنية أبار الحقن كتقنية محسنة لنفس محاليل الأزالة المذكورة انفًا تعتبر طريقة مبتكرة اخرى وذلك لأهميتها الفعالة في زياده كفاءة المعالجة لتصل الى (59 %).

الكلمات الرئيسية: الرصاص, الطريقة الكهروحركية، محاليل الاز الة، ، أبار الحقن، تحسين.



INTRODUCTION

Soil contamination is placing human health at a great risk. It is becoming a key environmental issue, due to its importance in ecosystems, the influence it has on the quality of groundwater, plants and food. Some of the most common and most damaging types of soil contaminants are heavy metals, **Saleem et al., 2011**. Unlike organic contaminants that can be eliminated or reduced by microbial activity and chemical oxidation techniques, heavy metals cannot be degraded. Soil is a biochemically and geochemically complex material and is highly heterogeneous in composition and therefore it retains the spilled heavy metals much longer than air and water, **Kamari, 2011**.

In recent years, there has been considerable interest in the application of new and innovative ways for removal of pollutants from soil and groundwater, but most methods have high cost, and they are unsuitable in low permeability soils. Electro-kinetic is a relatively new way to remove environmental pollution from these soils. It is using intensity direct current (DC) or a low electric potential difference to an array of electrodes placed in the soil for removing organic, inorganic and heavy metal particles from low permeable soils, mud, sludge, slurries, sediments and groundwater by electric potential, Acar et al., 1995; Hosseini et al., 2011; Mosavat et al., 2012. Electro-kinetics is defined as the physicochemical transport of charge, action of charged particles, and effects of applied electric potentials on formation and fluid transport in porous media. Essentially, electrokinetics involves the inserting of electrodes into the region nearby the contaminated site. Thereafter, a low potential gradient can be supplied between the positively charged anode electrode and the negatively charged cathode electrode. Accordingly, positive charged ions are moved to the negatively charged electrode and negative ions attracted to the positively charged electrode. Also, it has been experimentally proven that non-ionic species are also transported along with the electroosmosis induced water flow and migrates mainly from anode towards cathode. The quantity and direction of pollutant migration is influenced by the soil structure and type, pollutant concentration, the mobility of metal ions and the conductivity of the purging solution, Reddy et al., 2002; Ahmed, 2004.

The migration of charged species through the soil involves three complex mechanisms which are electro-osmosis, electrophoresis and electro-migration. In the other words, the formation of electric diffuse double layer at the charged surface of clay particles is responsible for electro-Kientic phenomena, namely electrophoresis, electro-migration and electro-osmosis, **Mosavat et al., 2012**. These processes force the aqueous phase and ions to desorb from the sediment surface and migrate through the electric field either towards the anode or the cathode, depending on the speciation. Electromigration is the movement of ions and ionic complexes in a soil solution due to an applied electric field. The ions move towards the electrode of opposite charge: anions towards the anode and cations towards the cathode. Electro-osmosis is the movement of water in a porous media in an applied electric field. Soil particles are negatively charged, which creates a diffuse double layer of water and dissolved cations around the soil particles. When an electric field is applied, the cations will migrate in the direction of the cathode along with the water molecules. The final phenomenon affecting electro-kientic remediation is electrophoresis. Electrophoresis is the transport of particles in an applied electric field and includes all charged particles (e.g. colloids, clay particles, organic particles), **Niroumand et al., 2012**.

In addition, electrolysis reactions occur at the electrodes during the electro-Kinetic processes. These reactions (Eqs. 1 and 2) dominate the chemistry at the boundaries as well as the soil chemistry



in the electro-kinetic remediation. The electrolysis reactions generate hydrogen ions at the anode and hydroxide ions at the cathode. These ions migrate into soil via electromigration and this result in changing the chemistry of soil. Since the hydrogen ions possess greater ionic mobility and the electroosmotic flow is towards the cathod, by the end of the electro-kinetic remediation processes, almost entire soil mass is subjected to acid conditions while the small fractions of soil mass near the cathode remain under alkaline conditions, **Asavadorndeja et al.**, **2005**.

At the anode:
$$2H_2O - 4e^- \rightarrow O_2(g) + 4H^+$$
 (1)

At the cathode: $4H_2O + 4e^- \rightarrow 2H_2(g) + 4OH^-$ (2)

This situation has important consequences that may affect the electro-kinetic remediation process. In unenhanced electro-kinetic remediation, the increasing of the soil pH near the cathode electrode may cause a negative complexation of metal ions within the zone of pH jump, where they can precipitate as insoluble compounds. The formation of low conductivity zone, where metals are precipitated, can be avoided by using different acidic purging solutions to depolarize the cathode. This process is called as enhanced electro-kinetic remediation, **Ferrarese**, 2008.

The aim of the present study was to conduct laboratory investigation in order to study the ability and efficacy of applying the enhancement solutions such as acidic solution (acetic acid) and chelating agents (ethylene diamine tetraacetic acid and ammonium citrate) in improving the removal efficiency of lead from contaminated soil with a novel injection well proposed here for removing lead from low permeable Iraqi contaminated soil under the effect of electric field.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Materials

Naturally Iraqi soil was used as a porous medium in the experiments conducted in the present study. The physicochemical properties of used soil are explained in **Table 1**. To prepare a soil sample with lead concentration equal to 1500 mg/kg and initial moisture content equal to 50% by weight , 2.397 g of Pb(NO₃)₂ was dissolved in 500 mL of distilled water and 1Kg of dry soil was then artificially contaminated by solution. The contaminated soil was left for 24 h before it was packed into the reactor cell to attain equilibrium.

2.2 Electro-Kinetic Test Setup

Fig.1 shows the electro-kinetic test setup used in the present study. The schematic diagram of this setup consists of an electro-kinetic cell (10 cm D \times 5 cm W \times 30 cm L), including two electrode compartments, a power supply, and a multi-meter as illustrated in the **Fig. 2**. The actual length of the soil specimen in this cell equal to 20 cm. Top side of the reactor was opened to the atmosphere to allow the escape of the gases produced during the electrolysis process. Each electrode compartment consists of a valve (to control the flow of purging solution into the cell), a slotted graphite electrode, and a filter paper. Perforated plastic plates were used to separate the various sections within the cell and filter paper was used to hinder the soil sample in the cell from going to the electrode compartments. Two cylindrical graphite electrodes that are chemically inert to electrolysis reactions were used both at the anode and the cathode. Inert electrodes prevent introduction of additional chemical species that might be complicated the electrochemistry during processing. Their uses are



necessary specifically at the anode, since the oxidation reaction has a highly corrosive effect on the electrode (Acar and Alshawabkeh, 1996). The diameter and length of the electrodes were 2.5 and 10 cm. Two perforated polyethylene cylinders (outer diameter was 2.5 cm, inner diameter was 2 cm and 20 holes of 0.2 cm) were vertically implanted in the soil sample to the bottom of the cell, at two locations, to enhance the propagation of the acidic front. This is a novel technique to determine the efficacy of using injection wells in actual soil remediation of polluted sites. A DC power source was used to apply a constant voltage to the electrodes, and a multi-meter was used to monitor the voltage and measure the current flow through the soil sample during the test.

2.3 Testing Procedure

The soil samples were artificially contaminated with lead in all electro-kinetic tests. The contaminated soil was placed in the electro-kinetic cell in layers and compacted uniformly using wooden rod. The exact weight of the soil used in the cell was determined and the soil was equilibrated for 24 hrs. Filter papers were inserted at the ends of the soil sample. Two perforated polyethylene cylinders were vertically implanted in the soil sample to the bottom of the cell, at two locations, to enhance the propagation of the acidic front. The electrode compartments were filled with a purging solution (PS) to the same level and maintained as such to prevent a hydraulic gradient from forming along the specimen. The electro-kinetic cell was then connected to the power supply and a potential gradient of 1 V/cm was applied to the soil sample. The electric current across the soil sample as well as the water flow, pH and electrical conductivity in both the anode and cathode were measured at different time periods throughout the duration of the experiment. The test was terminated when the current stabilization or no significant change in PS flow was observed.

At the end of each test, aqueous solutions from the anode and cathode compartment were collected. Then, the soil specimen was sectioned into five parts and each part was weighed and subsequently preserved in a glass container. From each soil section, 10 grams of treated soil was added into glass vial containing 30 mL of distilled water. The mixture was stirred thoroughly for several minutes and the solids were then allowed to settle for 1 hour. The pH of the soil samples as well as aqueous solutions from the electrode compartments were measured, **Hansen et al., 2007**. Description of different tests conducted in the present study is given in **Table 2**.

2.4 Chemical Analysis

Contaminant in different soil sections were extracted by performing acid digestion in accordance with the same procedure adopted by **Haswell (1991)**. Total concentration of lead was determined using this extraction procedure. In this procedure, the soil samples were crushed and approximately 1 g of a representative sample from each section was weighed accurately in a beaker (capacity of 250 mL) and then mixed with 15 mL of concentrated hydrochloric acid (HCl) and 5 mL of concentrated nitric acid (HNO₃). The mixture was then heated in the heating sandy bath until the brown evaporation was disappeared and the sample arrived to dry state, this step takes about (45-60) minutes. Then the beaker was left for (5-10) min in the lab temperature and 5 mL of concentrated (HCl) was added. The beaker was heated again in the sandy bath, thereafter the beaker was cooled and 5 mL of concentrated HCL and 50 mL of heated distilled water were added to wash the sides of beaker from remains dissolved sample. Heating the mixture to the boiling points for (2-3) min was required. The sample was filtered on the paper No. 42, and then keeps it in volumetric flask capacity

of 100 mL. Then washing the precipitation with distilled water and addition of the previous washed water to filtration and complete the size to 100 mL. Finally, the metal concentration was measured by Atomic absorption spectrophotometer (AAS).

Precautions were taken in order to ensure the accuracy of the test results. These precautions included: (1) new electrodes and filter papers were used for each experiment; (2) the electro-kinetic cell and compartments were soaked in a dilute acid solution for 24 h and then rinsed first with tap water and finally with distilled water to avoid cross contamination between the experiments; and (3) checking the atomic absorption calibration after testing every five samples.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Experiment of Unenhanced Condition

Electro-kinetic remediation experiment to remove lead from silty clay soil by using distilled water as purging solution are conducted. Clean soil in these experiment was spiked with 1500 mg/kg of contaminant and potential gradient of 1 V/cm was applied EK-1 was conducted under unenhanced condition.

The main physicochemical conditions of the soil that control the migration and sorption of contaminants are pH and electrical conductivity. Consequently, during each experiment, the following parameters were measured: pH and electrical conductivity at the anode and cathode compartments, electric current and electro-osmotic flow. At the end of electro-kinetic treatment, another set of measurements were taken and included: soil pH and residual concentration of the contaminant in the soil. The direct indication of overall remediation was expressed by the changes in the concentration of the pollutant; and profile of the current, as well as the effluent flow, conductivity of fluid was used as indirect indicators of remediation efficiency.

Fig. 3 shows the current and current density variations for the experiment (EK-1) that was performed under unenhanced conditions, i.e., using distilled water in both the anode and cathode compartments. It is clear that the current increased from an initial value of 34 mA to peak values of 60 mA in approximately 12 and 24 h. The current then decreased to a low value and stabilized at approximately 16 mA. The maximum current densities for this experiment was1.52 mA/cm². The current density values stabilized at 0.4 mA/cm² toward the end of the testing.

Fig. 4 shows the electro-osmotic flow and electro-osmotic velocity as function of processing time for the experiment. The electro-osmotic flow was increased with the time and maximum values of 50 mL was obtained in 48 h and 18 h of testing. These values were remained constant until the end of mentioned tests. The electro-osmotic velocity increased to a high value of 3.7×10^{-5} cm/s in the first 3 h, and then it started decreasing. Average electro-osmotic velocities of 1.17×10^{-5} cm/s was observed during these experiment. The velocity values are consistent with the range of values reported in the literature, **Reddy**, and **Chinthamreddy**, **2003**. Based on these low electro-osmotic flow and flow velocity measurements, it appears that electro-osmotic mechanism had a less role in the migration of heavy metals, and electro-migration was probably the more dominant contaminant transport mechanism.

The pH of anolyte decreased from an initial value of 6.8 and stabilized of approximately 2 because of the formation of H^+ ions (**Fig. 5**). Whereas, the same figure shows that the pH of cathode compartments for these test increased from 6.8 and stabilized at approximately 12.5 due to the formation of OH^- ions.

Total Pb(II) concentrations in each section of the treated soil for EK-1 was determined and plotted at **Fig. 6**. These sections are corresponding to distance 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 and 0.9 of the total

length (L) of the treated soil from the anode side. The initial concentration of each contaminant throughout the soil was 1500 mg/kg. Final concentration of Pb after 7 days was lower and varied from 1100-1250 mg/kg near the anode to 1300-1600 mg/kg near the cathode. The concentration profile in **Fig. 6** indicates removal of lead from the soil system in this test as all of them are below the initial concentration. Increased contaminant concentration was observed near the cathode. The pH distribution is also shown to further explore the observed heavy metal distribution. The pH of the soil was reduced throughout two-thirds of the soil beginning at the anode, while the pH of the soil increased in the vicinity of the cathode. The pH changes that were observed are fairly consistent with other reported electro-kinetic studies. Due to the smaller ionic radius, the mobility of an H⁺ ion is approximately twice the mobility of an OH⁻ ion, and some researchers showed that this is the reason why H⁺ ions migrate farther into the soil as compared to OH⁺ ions, **Acar** and **Alshawabkeh**, **1993**. The reaction kinetics and the type and concentration of the ions at the graphite electrodes may also affect the generation rate and migration of the H⁺ and OH⁻ ions, and the effects of the electrokinetic transport processes, electro-migration and electro-osmosis, should also be considered. The observed migration of Pb was consistent with the changes in the soil pH.

Fig. 6 shows that the lead successfully migrated toward the cathode and, consequently, larger amount of contaminant was found in the soil near the cathode. However, the lead removal efficiency into the cathode compartment was low (18 %), and this low removal may have been due to the precipitation of lead that occurred within the soil in the high pH regions near the cathode.

3.2 Experiment of Acetic Acid Enhancement

As explained in the **Sec.3.1**, when distilled water is used as the purging solution, the removal lead is severely affected by the precipitation of these metal in the soil near the cathode region. This precipitation can be attributed to development of high pH conditions which result from the water electrolysis at the cathode compartment. To overcome on this fixation mechanism, acetic acid with concentration of 1 M was used as purging solution in the cathode compartment. Acetic acid is able to produce H^+ ions that can decrease the pH of the solution and dissolve metal precipitates. The concentration of acetic acid has been determined in order to maintain a low pH (~ 2.5-3) at the cathode compartment, **Ugaz et al.**, **1994**.

Fig. 7 and **Fig. 8** showed the current and electro-osmotic flow through the soil specimen for the acetic acid enhancement experiment, respectively. This experiment was conducted for a total 168 h. The current increased to high value of 89 mA in 96 h, and then decreased to a low value of 75 mA at the end of the test. It is clear that the current density was less than (4 mA/cm^2) throughout the entire experiment duration. At such low current densities, the heating effects produced by the electric current do not need to be considered, **Reed et al., 1995**. It is clear from the **Fig. 8** that the flow volume toward the cathode increased to about 125 mL in 132 h, and then approximately stabilized on these values. The electro-osmotic flow velocity increased rapidly to a value of 7.04×10^{-5} cm/s during the first 3 h, and then it decreased as a function of the time until to reach the value of 8.27×10^{-6} cm/s after 168 h. The average electro-osmotic velocity observed over the entire experiment duration was calculated to be 2.44×10^{-5} cm/ and these values are greater than that values for (EK-1).

Fig. 9 illustrate the lead distributions along with pH values after the electro-kinetic treatment. The pH profile shows that, although the pH in the cathode compartment is maintained at approximately 3, the pH in the soil near the cathode reached a value of almost 8. These pH values



indicate that the cathode reaction may not have been completely depolarized during the experiment. The lead distribution profile is shown in **Fig. 9** and this profile clearly demonstrates the migration of contaminant toward the cathode. **Table 3** shows that the using acetic acid in the cathode was beneficial and the introduction of acetic acid allowed significantly higher removal and migration of lead toward the cathode in comparison with unenhanced condition when distilled water was the purging solution.

3.3 Experiments of Ethylene Diamine Tetraacetic Acid Enhancement

Fig. 10 and **Fig. 11** shows the current, current density, electro-osmotic flow volume, and electro-osmotic velocity variations for the 0.2 M EDTA enhancement test in the silty clay soil, respectively. The current increased to peak values of 190 for EK-3 with the first 84 h, then decreased to values of 135 mA in 132 h, while the current density was not exceeding 5mA/cm². The electro-osmotic flow occurred toward the cathode from the beginning of the experiment, and the accumulative electro-osmotic flow volumes were about 203 mL at the termination of EK-3 test. The electro-osmotic flow velocity increased rapidly to a value of 5.56×10^{-5} cm/s during the first 3 h, and then it decreased as a function of the time until to reach the value of 1.34×10^{-5} cm/s after 168 h. The average electro-osmotic velocity observed over the entire experiment duration was calculated to be 1.74×10^{-5} cm/s (for EK-3) and these values are greater than that values of (EK-1).

Fig. 12 shows the contaminant profile and the pH profile throughout the soil specimen after electro-kinetic testing. The pH for test EK-3 was about 2 in the anode compartment and below 10 along the entire soil specimen. According to this figure, the migration of Pb occurred toward the anode which is opposite to the migration direction observed in unenhanced test (**Fig. 6**). This contaminant migrated from the soil sections near the cathode and accumulated in the soil sections near the anode. The removal efficiencies of (Pb) is 42%.

3.4 Experiment of Ammonium Citrate Enhancement

Ammonium citrate (1 M) with pH adjusted to (9-10) in the cathode compartment was tested as enhancement solution for soil contaminated with initial concentration of lead equal to 1500 mg/kg. **Fig. 13** shows the residual concentration profiles for this contaminant and pH profiles at the end of experiments EK-4. It is seen that the concentration of lead is decreased and the removal (29%) and no accumulation within the soil was observed. **Fig. 13**. showed that lead was removed from the soil as anions,. In other words, lead was transported towards both electrodes during the experiments because the complexes with ammonia and with the citric part were formed. These results are consistent with findings of, **Ottosen et al., 2005**.

3.5 Experiment of Injection Wells Enhancement

As explained in previous sections, the electro-kinetic tests performed using 1 M acetic acid or 0.2 M EDTA or 1 M ammonium citrate as purging solutions in the cathode significantly affected the transport of lead through the soil in comparison with unenhanced experiments. Based on the results of these experiments, it can be concluded that the effective removal of lead may not be possible with only a single enhancement; rather, this removal may require an additional process which is

represented by adding an injection wells proposed in the present study. **Fig. 14** and **Fig. 15** show current and electroosmotic flow volume variations with time for EK-5 and EK-6, respectively. In EK-5, , initially, the current was high (68 mA), and subsequently increased, which may be owing to the injection of ions of the PS (acetic acid) during the test. In contrast, the current reached a high value within the range 12-18 h after the EK-6 test begun, then it decreased, and finally the current stabilized at the end of tests. The cumulative effluent collected at the end of the experiments EK-5 and EK-6 ranged from 245 to 330 mL. The reason behind this great difference (i.e. collected effluent from these experiments is 10 times greater than of corresponding value collected from unenhanced condition) because the electro-osmotic flow is directly proportional to current and dissolved contaminants present in the pore fluid. Replenishing of the soil-solution system with PS by using injection well will decrease the pH values through the soil. The low pH may cause the increasing of solubility of metal species and/or salts which resulted in a high ionic concentration, an increase of the electrical current and, consequently, an increase of the electro-osmotic flow volume.

The electrical conductivity (EC) values for EK-5, EK-6, tests (**Fig. 16**) are increased with the time in anode and cathode compartments. The high EC values are reflected higher ionic concentration in the anode and cathode electrode solutions.

The lead concentration for these experiments in each section of the treated soil was determined and plotted, as shown in **Fig.17** and **Fig.18** The concentration profiles presented in these figures indicated that the removal of lead from the soil system in all these experiments was below the initial concentration profile and that increased contaminant concentrations were observed near the cathode. Also, these figures show the pH variations along the treated soil for the same tests. The changes in the pH profiles along the soil had a great influence on contaminant migration. Injection wells were proved a good methode in the enhancement propagation of the acidic front towards the cathode and, consequently, this will decrease the soil pH as shown in the comparison between the tests EK-5 & EK-6 with EK-1. It can be clearly seen from these figures that the acidic front extended along the most length of the soil specimen for tests with injection well enhancement. This will increase the removal of lead from the soil specimen due to decreasing the buffering capacity and, consequently, decreases the amount of calcite and carbonate in the soil specimen. This will be the basis for formation and development of acidic front phenomena. Therefore, a relatively high removal of lead can be achieved.

3.6 Contaminant Removal Efficiency and Electro-osmotic Permeability

The removal efficiencies were calculated based on the residual contaminant masses in the soil for all tests mentioned above. The lead removal efficiencies from the soil were 18% in EK-1(unenhanced test), 37% in EK-2, 42% in EK-3, 29% in EK-4, 59% in EK-5, and 37.5% in EK-6. The test results showed that the contaminant removal for silty clay soil was the highest when 1M acetic acid was used as the purging solution with introducing two injection wells along the soil bed as in the EK-5 test. The higher flow in this soil was probably responsible for removing more contaminant when the 1 M acetic acid purging solution was employed.

As expected, the direction of electro-osmotic flow was from the anode to the cathode for all tests. It is clear from **Fig. 14** and **Fig. 15** that the injection wells play a potential role in the increasing the collected cumulative effluents and these value continued until the end of these tests in comparison with other tests where injection wells are not used.



The flow rates, given by the slopes of the curves, were approximately ranged from 0.146 to 1.964 mL/h for all tests. The higher flow rate can be related to the zeta potential of the soil particles. The electro-osmotic flow rate, Q_e (mL/h) for a cylindrical soil core of length L

and cross-section area of A under a potential difference of V(V) can be described by (Vane and Zang, 1997; Kim et al., 2002):

$$Q_e = \frac{\zeta \varepsilon q}{4\mu} \frac{V}{L} A \tag{3}$$

where ζ , μ , ε , and q are the zeta potential, viscosity of the fluid, permittivity of the fluid, and empirical constant related to the soil physical properties, respectively. Apparently, the electroosmotic flow rate is directly proportional to the applied electrical potential gradient, zeta potential, and cross-section area of the soil core. This means that the zeta potential value in tests with injection wells is greater than those other tests. However, Eq.3 can be rewritten in the form similar to the Darcy's law (**Weng and Huang, 2004**):

$$Q_e = k_e i_e A \tag{4}$$

where k_e and i_e are defined as the electro-osmotic permeability and the potential gradient, respectively. With a potential gradient of 1 V/cm and cross-section area of soil specimen is 25 cm², the average k_e values according to Eq.4 were ranged from 1.62×10^{-6} to 2.183×10^{-5} cm²/V 4.4. The magnitude of k_e is related to the resistance buildup during electro-kinetic treatment. As described previously, a higher current indicated that a rather low resistance occurred in the electro-kinetic system and, as such, it resulted in a higher k_e value. These obtained k_e values are in good agreement with the literature (**Weng et al., 2001**).

Overall, this study demonstrates that the enhancement by using injection wells can be effective for the removal of contaminant from the soil adopted in the present study.

4. CONCLUSIONS

The main conclusions that can be drawn from the experimental work of this research are as follows:

1) The electro-kinetic removal of lead from silty clay soil using distilled water as the purging solution was very low. The removal of lead based on residual soil concentrations was 18 %. The low removal was attributed to Pb(II) adsorption/precipitation in the cathode region due to high soil pH.

2) The removal efficiency of lead increased to become 37 % when 1 M acetic acid was used as the purging solution in the cathode compartment. The use of acetic acid with maintaining the pH at approximately 3 in the cathode compartment significantly affects the migration of contaminant adopted in the present study because it is able to produce H^+ ions that can decrease the pH of the solution and dissolve metal precipitates. Consequently, the electro-osmotic cumulative volume and coefficient of electro-osmotic permeability were increased in comparison with unenhanced tests.

3) The lead removal was the highest using the 0.2 M EDTA purging solution in the cathode. In this case, 42 % of lead was removed into the anode compartment. The migration of Pb occurred toward the anode which is opposite to the migration direction observed in unenhanced test. Also, the



migration of lead is opposite to the electro-osmotic flow direction and this certifies that the electromigration was the predominant mechanism in this situation.

4) In comparison with EDTA, when 1 M ammonium citrate with pH adjusted to (9-10) in the cathode compartment was used as the purging solution, the residual concentrations of Pb was less than their initial values in all sections of the soil and the achieved removal efficiencies were 29 %. This certifies that lead was removed from the soil as anions.

5) The results proved that the injection wells approach proposed in the present study for enhanced electro-kinetic remediation technology can be effective for the removal of lead from the silty clay soil with removal efficiencies ranged from 37 to 59 %. Drastically changes were recognized in the electro-osmotic cumulative volume and coefficient of electro-osmotic permeability in comparison with unenhanced test. These changes may be probably responsible for removing more contaminant due to decreasing the buffering capacity and, consequently, decreases the amount of calcite and carbonate in the soil specimen.

6) The results proved that the presence of salts in silty clay soil (25.8 % as CaCO₃) causes noticeable increase in the buffering capacity of soil. This increase may be the basis for a delay in the formation and development of acid front phenomena. Therefore, for this reason a relatively low removal of contaminant (\leq 59%) in this soil occurred.

REFERENCES

- Acar, Y.B., and Alshawabkeh, A.N., 1993, Principles of electro-kinetic remediation, Environ. Sci. Technol., Vol. 27, PP. 2638-2647.
- Acar, Y.B., Gale, R.J., Alshawabkeh, A.N., and Marks, R.E., 1995, *Electro-kinetic remediation: Basics and technology status*, Journal of Hazardous Materials, Vol. 40, No. 2, PP. 117-137.
- Acar, Y.B., and Alshawabkeh, A.N., 1996. *Electro-kinetic remediation*. I: pilot-scale tests with lead-spiked kaolinite, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 122, PP. 173-185.
- Ahmed, H., 2004, Evaluation and enhancement of electro-kinetic technology for remediation of chromium copper arsenic from clayey soil, Ph.D., Thesis, Florida state University, College of Engineering.
- Asavadorndeja, P., Roehl, K.E., Glawe, U., and Sthapit, L., 2005, *Electroremediation of Zn(II) contaminated soft bangkok clay with cathode depolarization technique*, Lowland Technology International, Vol. 7, No. 1, PP. 89-97.
- Ferrarese, E., 2008, *Electrochemical oxidation of soils contaminated with organic pollutants*, Ph.D., Thesis, University of Trento, College of Engineering.
- Hansen, H.K., Rojo, A., Ottosen, L.M., 2007, Electro-kinetic remediation of copper mine tailings implementing bipolar electrodes, Electrochimica. Acta., Vol. 55, PP. 3355-3359.



- Haswell, S. J., 1991, Atomic Absorption Spectrometer; theory, design and applications, Elsevier, Amsterdam.
- Hosseini, M.M., Farahbakhsh, M., and Savaghebi, G., 2011, Chelate agents enhanced electro-kinetic remediation for removal of lead and zinc from a calcareous soil, International Conference on Environment Science and Engineering, Vol. 8, PP. 208-211.
- Kamari, A., 2011, Chitosans as soil amendments for the remediation of metal contaminated soil, Ph.D., Thesis, University of Glasgow, College of Science and Engineering.
- Kim, S.O., Kim, K.W., and Stuben, D., 2002, Evaluation of electro- kinetic removal of heavy metals from tailing soils, Journal of Env. Eng., Vol. 128, No. 8, PP. 705-715.
- Mosavat, N., Oh, E., and Chai, G., 2012, A Review of electro-kinetic treatment technique for improving the engineering characteristics of low permeable problematic soils, Int. J. of GEOMATE Vol. 2, No. 2, PP. 266-272.
- Niroumand, H., Nazir, R., and Kassim, K.A., 2012, The performance of electrochemical remediation technologies in soil mechanics, International Journal of Electrochemical Science, Vol. 7, PP. 5708 – 5715.

Ottosen, L.M., Pedersen, A.J., Ribeiro, A.B., and Hansen, H.K., 2005, *Case study on the strategy and application of enhancement solutions to improve remediation of soils contaminated with Cu, Pb and Zn by mean of electro-dialysis*, Engineering Geology, Vol. 77, PP.317-329.

Reddy, K.R., and Chinthamreddy, S., 2003, Sequentially enhanced electro –kinetic remediation of heavy metals in low buffering clayey soils, Journal of Geotechnical and Geo Environmental Engineering, Vol.129, No.3, PP.263-277.

- Reddy, K.R., Saichek, R.E., Maturi, K., and Ala, P., 2002, *Effects of soil moisture and heavy metal concentrations on electro-kinetic remediation*, Indian Geotechnical Journal, Vol. 32, No. 2, PP. 258-288.
- Reed, B.E., Berq, M.T., Thompson, J.C., and Hatfield, J.H., 1995, Chemical conditioning of electrode reservoirs during electro-kinetic soil flushing of Pb-contaminated silt loam, J. Environ. Eng., Vol. 121, No. 11, PP. 805-815.
- Saleem, M., Chakrabarti, M.H., Irfan, M.F., Hajimolana, S.A., and Hussain, M.A., 2011, *Electro-kinetic remediation of nickel from low permeability soil*, Int. J. Electrochem. Sci., Vol. 96, PP. 4264-4275.



- Ugaz, A., Puppala, S., Gale, R.J., and Acar, Y.B., 1994, Complicating features of electrokinetic remediation of soils and slurries: saturation effects and the role of the cathode electrolysis, Communications in Chemical Engineering, Vol. 129, PP. 183–200.
- Vane, L.M., and Zang, G.M., 1997, Effect of aqueous phase properties on clay particle zeta potential and electro-osmotic permeability: implications for electro-kinetic soil remediation processes, Journal of Hazardous Materials, Vol. 55, PP. 1-22.
- Weng, C.H., Huang, C.P., 2004, Preliminary study on treatment of soil enriched in chromite ore processing residue by electro-kinetics, Pract. Period. Hazard., Toxic, Radioact. Waste Manage., Vol. 8, No. 2, PP. 67-72.
- Weng, C.H., Huang, C.P., and Sanders, P.F., 2001, Effect of pH on Cr(VI) leaching from soil enriched in chromite ore processing residue, Environ. Geochem. Health., Vol. 23, No. 3, PP. 207-211.

NOMENCLATURE

- A = the total cross-sectional area normal to the flow direction, m².
- i_e = potential gradient, V/m.
- Ke = electro-osmotic permeability coefficient, $m^2 V^{-1} s^{-1}$.
- q = empirical constant related to the soil physical properties.
- $Q_e = electro-osmotic flow rate, ml/hr.$
- $\varepsilon = \text{permittivity}, F \text{ m}^{-1}.$
- μ = viscosity of the fluid, N. S. m⁻².
- ζ = zeta potential, V.



Figure 1. Experimental set-up of electro-kinetic cell used in the present study.



Figure 2. Schematic representation of electro-kinetic cell.

Num

Number 11 Volume 21 November - 2015



Figure 5. pH variation in the anode and cathode compartments versus time.

Figure 6. Lead distribution in soil after electro-kinetic treatment: unenhanced condition.





Figure 7. Current and current density variation: Aceticacidenhancement.

Figure 8. Electro- osmotic flow volume and velocity variations: Acetic acid acid enhancement.



Figure 9. Lead distribution in soil after electro-kinetic treatment: . Acetic acid enhancement

 \bigcirc



Figure 10. Current variations: EDTA enhancement.



Figure 12. Lead distribution in soil after electro-kinetic treatment: EDTA enhancement.



Figure 11. Electro-osmotic flow variations: EDTA enhancement.







Figure 14. Current and electro-osmotic flow variations: Acetic acid and injection wells enhancement.



Figure 15. Current and electro-osmotic flow variations: Ammonium citrate and injection wells enhancement.





Figure 16. EC variation in the anode and cathode compartments versus the time.



Figure 17. Lead distribution in soil after electro-kinetic treatment: Acetic acid and injection wells enhancement.



Figure 18. Lead distribution in soil after electro-kinetic treatment: Ammonium citrate and injection wells enhancement.

Property	Value
Particle size distribution (ASTM D 422)	
Sand (%)	2
Silt (%) + Clay (%)	49 + 49
Atterberg limits (ASTM D 2487)	
Liquid limit (%)	26
Plastic limit (%)	17
Plasticity index (%)	9
Cation exchange capacity (meq/100g)	21.4
pН	8.5
Organic content (ASTM D 2974)	0.28
Electrical conductivity EC (µS/cm)	4500
Porosity (n)	0.49
CaCO ₃ (%)	25.8
Soil classification	Silty clay

Table 1. Composition and properties of the soil.

 Table .2 Details of electro-kinetic remediation experiments.

Experiment	Conc.	Time	PS (pH)		No. of Wells
designation	(mg/kg)	(days)	Anode	Cathode	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
EK-1	1500	7	DW	DW	-
EK-2	1500	7	DW	1M AA (~3)	-
EK-3	1500	7	DW	0.2M EDTA	-
EK-4	1500	7	DW	1M AC (~9)	-
EK-5	1500	7	DW	1M AA (~3)	2
EK-6	1500	7	DW	1M AC (~9)	2

Table 3. Removal efficiency (R) of lead fr	rom different sections	along electro-kinetic ce	II.
---	------------------------	--------------------------	-----

Section	1	2	3	4	5
R (%) with AA	59	33	25	21	49
R (%) with DW	26	25	14	17	10



Treatment of Wastewater Contaminated with Pesticide (Alachlor) by Solar Enhanced Advanced Oxidation Processes

Dr. Yasmen Abdulaziz Mustafa	Ahmad Benwan Hassan
Assistant Professor	Ph.D Student
College of Engineering	ahmad_99aa@yahoo.com
University of Baghdad	College of Engineering
	University of Baghdad

ABSTRACT

The degradation performance of aqueous solution of pesticide Alachlor has been studied at solar pilot scale plant in two photocatalytic systems: homogeneous photocatalysis by photo-Fenton and heterogeneous photocatalysis with titanium dioxide. The pilot scale system included of compound parabolic collectors specially designed for solar photocatalytic applications, and installed at University of Baghdad, Department of Environmental Engineering back yard. The influence of different concentrations, H₂O₂ (200-2400 mg/l), Fe⁺²(5- 30 mg/l) and TiO2 (100-500 mg/l) and their relationship with the degradation efficiency were studied.

The COD removal efficiency for homogeneous photocatalytic system at the best dosage was found to be 73.7%. The parent pollutant concentrations which were monitored using HPLC decreased to reach zero level at early time of the experiment. For heterogeneous photocatalytic system the COD removal efficiency was found to be 72.7%.

Key words: alachlor, advanced oxidation processes, photo-fenton, tio₂

معالجة المياه الملوثة بالمبيد (الاكلور) باستخدام عمليات الاكسدة المتقدمة المعززة بالطاقة الشمسية

د. احمد بنوان حسن

د. ياسمين عبد العزيز مصطفى استاذ مساعد كلية الهندسة/جامعة بغداد

الخلاصة

تم دراسة تحلل المبيد (Alachlor) في المحاليل المائية باستخدام منظومة ريادية تعمل بنظام الأكسدة المتقدمة المتجانس (Homogeneous ونظام الأكسدة المتقدمة الغير متجانس (Heterogeneous) ونظام الأكسدة المتقدمة الغير متجانس (Homogeneous photocatalysis by photo-Fenton) ونظام الأكسدة المتقدمة الغير متجانس (compound parabolic collectors) ونظام الأكسدة (compound parabolic collectors) باستخدام الطاقة الشمسية (fe^{+2} , fa^{-2} و (fe^{+2} , fa^{-2}) و (fe^{-2}) و (fe^{+2} , fa^{-2}) و (fa^{-2}) و (fe^{-2}) و (fa^{-2}) (fa^{-2}) و (fa^{-2}) و (fa^{-2}) و (fa^{-2}) (fa^{-2}) و (fa^{-2}) و (fa^{-2}) (fa^{-2}) و (fa^{-2}) (fa^{-

الكلمات الرئيسية: الاكلور, الاكسدة المتقدمة, الفنتون-الضوئي, ثاني اوكسيد التيتانيوم.



1. INTRODUCTION

Continuing processes of industrialization and urbanization due to population growth, deforestation, and pollution are exerting pressure on the depleting freshwater resources in many parts of the world. A recent UN report mentions that the world's "freshwater is not being used sustainably" and calls for a "radical rethink" of policies to manage competing claims. The long-term sustainability of clean water supply is dictated by source water protection, management of water resources, and the efficiency of water reclamation from various effluents, **UN**, **2012**.

The halogenated organic pesticide and/or a derivative probably entered natural aquatic environments concurrently with the development of the first manufacturing process. No doubt there was a waste disposal problem which led to a discharge into a river or some other body of water. Applying the pesticides on farms led also to the contamination of ground and surface water. Some evidence that potable, recreational, irrigational, fish, and shellfish waters were contaminated with pesticides began to appear in the literature about 1945. However, much of the early evidence was largely circumstantial as observed from physiological responses of aquatic organisms, Faust, 1972. Alachlor is a herbicide used for pre emergent control of broadleaf weeds and annual grasses in crops, mainly on corn and sorghum with a percent of about 57% and for soybeans with a percent of about 43%. Application to other yields like vegetables, cotton, peanuts and forage crops contributes to less than 1% of its use. The main source of its release to the environment is through manufacturing and use as a herbicide. It was detected in rural domestic well water through the national survey of pesticides in drinking water wells that conducted by the EPA. EPA's pesticides in ground water database reports that Alachlor is present in ground water at concentrations above the Minimum concentration level (MCL) in at least 15 States, the MCL in drinking water for Alachlor is 0.002 mg/l, EPA, 2003. As early as 1965, Stumm-Zollinger and Fair published a report, indicating that some organics are not completely eliminated by conventional wastewater treatment. At recent time, the presence of a high amount of emerging contaminants in MWTP effluents in various countries, confirm that the conventional treatment for these micro contaminants is ineffective, Stumm, 1965.

Advanced oxidation process (AOP) is used for various applications in wastewater treatment, water reclamation, indirect potable water reuse, drinking water production, and recently in micro-pollutant control of sewage treatment effluents, The advantage of AOPs is the relative high reaction power of hydroxyl radical. As a result of the high reaction power, reactions with OH radicals are very fast and nonselective, **Buxton, et al., 1988**.



AOPs can be classified by the way of generation of radicals. Three main classes are given: (1) direct generation of radicals by physically based processes, (2) generation of radicals by the addition of oxidants, and (3) generation of radicals by the use of solid catalysts, **Chong, et al., 2010**.

Mixtures of ferrous iron and hydrogen peroxide are called Fenton reagent Eq. (1), in the end the Fenton reaction comes to a quasi-standstill through the formation of stable iron complexes.

$$Fe^{+2} + H_2O_2 \to Fe^{+3} + OH^- + OH^{\bullet}$$
 (1)

If light with a wavelength shorter than 580 nm is used, the formed iron complexes suffer photoreduction. The first step in this photoreduction is a ligand-to-metal charge-transfer (LMCT) reaction and as a consequence the intermediate complexes dissociate, **Zepp**, et al., 1992.

One of the outstanding advanced oxidation technologies is the photoexcitation of semiconductor surfaces with ultraviolet-visible radiation, which provides the appropriate band gap energies to generate photoactivated electron-hole pairs; electrons (e-) migrate to the conductivity band and holes (h+) are produced in the valance band Eq. (2), **Goslich, et al., 1997.**

$$TiO_2 + hv \to TiO_2(e^- + h^+) \tag{2}$$

After the formation of these $(e^- h^+)$ pairs, a recombination occurs in the catalyst, generating heat and adsorbing water molecules and hydroxyl ions present in the medium. These will act as electron donors, generating hydroxyl radicals in the hole (h⁺) of the catalyst, Eq. (3) and Eq. (4), Alfano, et al., 1997.

$$h^+ + H_2 O \to OH^\bullet + h^+ \tag{3}$$

$$h^+ + 0H^- \to 0H^{\bullet} \tag{4}$$

Malato, et al., 2002, studied the performance of photocatalytic minerilization of four pesticides dissolved in water (formetanate, imidacloprid, diuron and methomyl) at pilot plant in two systems: heterogeneous system with TiO_2 and homogeneous system by photo-Fenton. The pilot plant is made up of (CPCs). Experimental conditions showed vanishing of pesticide and a



comparison between the degrees of mineralisation that achieved in the two photocatalytic systems was held. The initial concentration tested with methomyl, formetanate and imidacloprid was 50 mg/l for each pesticide and for diuron it was 30 mg/l. The concentrations of the catalyst were 200 mg/l TiO₂ and 0.05mM iron. Total removal of the parent pesticides and 90% mineralisation have been achieved with all pesticides. Methomyl is the most hard to be degraded with both systems.

Oller, et al., 2006 studied the performance and technical feasibility of photocatalytic degradation of six pesticides dissolved in water (oxamyl, methomyl, cymoxanil, dimethoate, telone and pyrimethanil) at pilot plant using two systems: heterogeneous photocatalysis with TiO_2 and homogeneous photocatalysis using photo-Fenton processes. Heterogeneous tests were performed in solar pilot plant having three CPC units with a volume of 35 L under natural sunlight and a second solar pilot plant with four CPC units with a volume of 75 L was used for photo-Fenton photocatalysis tests. The studied initial pesticide concentration was 50 mg/l and the concentrations of the catalyst employed were 200 mg/l of TiO_2 and 20 mg/l of iron. Toxicity (*Vibrio fischeri*, Biofix) and biodegradability (Z–W) tests of the initial pesticide solutions were measured. Total degradation of the parent substances and about complete mineralization were achieved for all tested pesticides. homogeneous treatment was more efficient than heterogeneous, not only for pesticide degradation, but also for TOC mineralization, except for dimethoate for which the mineralization rate was quite similar in both photocatalytic treatments.

The objective of this work is to get an idea about the effectiveness of solar AOPs in the degradation of Alachlor dissolved in water. The solar AOPs selected to carry out this study were; homogeneous solar photo-Fenton and heterogeneous solar photocatalysis. To achieve the experimental objective, different variables were chosen to be followed throughout the treatment: H_2O_2 , Fe^{+2} and TiO₂ concentrations.

2. EXPERIMENTAL

2.1 Chemicals

The pesticide was in commercial form and bought from Hebei chinally international trade Co.LTD (china), the peurity Alachlor was 94%. The chemical structure is depicted in **Fig.1**. The physical and chemical properties of the pesticide are presented in **Table 1**.

 H_2O_2 was from Hopkin and Williams with purity 35%. All the samples were prepared by dissolving requisite quantity in distilled water.



The pH of the solution was adjusted by using (H_2SO_4) and (NaOH) solution. FeSO₄.7H₂O Was from Panreac with purity 99.9%. The Sulfuric acid was from Riedel-deHaën with purity 97%. Sodium hydroxide was from BDH with purity 99%. Titanium dioxide P25 was from HIMEDIA with purity 99%. Acetonitrile HPLC grade was from Sigma-Aldrich with purity 99.9%

2.2 Equipements

The pilot plant was installed at Baghdad University. The hydraulic circuit of the reactor consists of a tank, centrifugal re-circulation pump and solar collector, shown in **Fig.2** and **Fig.3**.

The plant is designed for operation in batch mode. The total volume of contaminated water in the experiments was (16 L) and the volume irradiated in the solar collector was (5 L). Solar collector consists of two Compound Parabolic Collectors (CPC) in series placed on fixed supports inclined 33° (latitude of Baghdad) with respect to the horizontal plane and facing south, this provides optimized performance. The CPC reflectors consist of stainless steel plates coated with aluminum foil. The photo reactor is made of two borosilicate glass tubes (inner diameter 46.4 mm, outer diameter 50.0mm and length 1.32m). The connecting tubing is made of PVC with 62.5mm diameter.

The samples were taken from the (16 liter) stainless steel tank for analysis. The reaction solution is continuously fed to the reactor from the stainless steel tank by means of centrifugal pump (Reshani pumps, China). The Flow rate was constant in all experiments ($1.4 \text{ m}^3/\text{hr}$), which corresponds to turbulent flow inside the photoreactor. Flow meter (LZS Model, Flowtech, Turkey) with a range of (0.5- $1.9 \text{ m}^3/\text{hr}$). The pH of the solution was monitored by using pH meter (WTW, INOLAB 72, Germany).

Global UV radiation, which is the driving force for the experiments in this work, was measured by UV ultraviolet radiometer model (UVA/B-850009), from Sper Scientific Electronics Co. LTD, Taiwan. The radiometer is a combination of a diffuser, filter and photodiode. The diffuser ensures that radiation can be incident from an optical angle and so determines a correct angular response. The filter determines the spectral response of the system to ensure that only deliberated radiation is measured. The photodiode generates a voltage output linearly proportional the number of incident photons.

2.3 Experimental Procedure

The procedure was performed as follows:

- 1. The solar reactor was cleaned and filled with distilled water to ensure that no other compounds were present in the reactor. Initially the solar collectors were covered to prevent any photochemical reactions and to study the performance of dark Fenton reactions.
- 2. The desired amount of pesticides were measured and diluted in distilled water. This solution was introduced in to the pilot plant. The pollutants treated have low to medium solubility, so the pollutants were re-circulated until perfect homogenization and pollutants dissolution was attained. The duration of this phase was (15-30) min.
- 3. The initial sample (sample 1) was taken and the pH value was adjusted immediately to 2.9 for homogeneous system to prevent sedimentation of iron species.
- 4. Ferrous sulphate was added in the desired concentrations. After mixing for 15 min the hydrogen peroxide was added at the desired concentrations to start the oxidation reaction.

In the heterogeneous system, after the addition of the TiO_2 , the mixing takes 45 min before the addition of hydrogen peroxide to ensure the adsorption of pollutants on the TiO_2 particles.

- 5. After the addition of H₂O₂, the circulation was continued for 15 min then the light protection was removed from the solar collectors. This is the moment in which the photo-Fenton degradation experiment begins.
- 6. Samples were taken after 15 min for homogeneous system and after 30 min for heterogeneous system.
- 7. Global UV irradiation was measured by the UV radiometer when each regular sample was taken.

2.4 Analysis

High Performance Liquid Chromatography (HPLC), PerkinElmer series 200, USA, was used to qualitative identification of the pesticide concentration and the intermediate compounds which evolve through the oxidation reaction. The analyses were carried out at flow rate 1(mL/min), wavelength was 225 nm, CAN/H₂O=60/40 with analytical column C18, 5 µm particle size, L*I.D. 25 cm*4.6mm.

Chemical Oxygen Demand of samples was analyzed by COD Photometer system (model RD-125, Lovibond Company, Germany).

2.5 Standarized treatment time

The average intensity of UV solar radiation varies with the time of the year, geographical location and with the atmospheric conditions, as a result, the photocatalytic treatment time was standardized based on a constant solar radiation intensity of $30W/m^2$, which corresponds to the average intensity achieved in a clear sunny day, **Malato**, et al., 2002. The time t_{30W}, was calculated as follows:

$$t_{30w,i} = t_{30w,i-1} + \Delta t_n \frac{UV V_R}{30V_T}$$
(5)

$$\Delta t_n = t_i - t_{i-1} \tag{6}$$

where Δt_n is the time interval between sampling, UV is the average UV solar intensity (W/m²) during the sampling time interval, and V_R and V_T are the reactor and total (the volume of liquid in the entire system) liquid volumes, respectively. This approach allows the solar UV intensity which is independent of geographical location or the time of the year of the experiments, **Jiménez, et al., 2011**.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Solar Homogeneous Photo- Fenton System

3.1.1 Effect of initial H₂O₂ concentration

The effect of H_2O_2 initial concentration (400, 800, 1200 and 1600 mg/l) on solar photo-Fenton process was tested to optimize the amount of H_2O_2 required to degraded Alachlor (ALC).

Fixed initial concentration of ALC=45 mg/l, initial amount of Fe^{+2} =20 mg/l and initial pH equal to 2.9 were maintained throughout the experiments. **Fig.4** shows the relation between the removal efficiency (COD mineralization efficiency) and the normalized illumination time t₃₀w for different initial concentration of H₂O₂.

At initial concentration of 400mg/l H_2O_2 , the removal efficiency was obtained to be 38.9% only. As the concentration of H_2O_2 increased an improvement in the mineralization efficiency was noticed. H_2O_2 concentrations of 1200 mg/l and 1600 mg/l showed a removal efficiency of 71.3% and 73.7% respectively. The addition of excess amount of H_2O_2 will not increase the efficiency, a high concentration of H_2O_2 may behave as an OH[•] radical scavenger, Therefore 1600 mg/l H_2O_2 was chosen as the best concentration for the mineralization of ALC.



The enhancement in the removal efficiency can be explained as: in the presence of Fe^{+2} , reactions between Fe^{+2} and H_2O_2 powered by solar irradiation leads to more HO[•] radicals available to attack the pollutants structure and therefore the degradation increased.

Chong, et al., 2010 found that further addition of H_2O_2 will decrease the overall reaction rate, due to the formation of less penetrative HO_2 radicals.

3.1.2 Effect of initial Fe⁺² concentrations

The effect of initial Fe^{+2} concentrations on photo-Fenton process was tested by carrying out experiments with various amounts of Fe^{+2} (5, 10, 20 and 30 mg/l). The best H₂O₂ concentration (1600 mg/l) from the previous section was used in these experiments. The initial pH was maintained to be equal to 2.9.

Fig.5 shows the relation between the removal efficiency and the normalized illumination time t_{30} w for different initial concentration of Fe⁺². It can be noticed that the degradation efficiency slightly increased by increasing the iron concentration, both Fe⁺² concentrations of 20 mg/l and 30 mg/l showed nearly similar results for the mineralization efficiency which were 73.7% and 74.4% respectively, for that 20 mg/l was chosen to be the best concentration of Fe⁺² in the mineralization treatment of ALC.

Iron causes turbidity and too high iron concentration generates dark zones in the photo reactor, which decreases the photo reactor efficiency, because part of the incident light does not enter the photo reactor but it is lost due to scattering, **Zapata et al., 2009**.

ALC concentration was measured and monitored using the HPLC analysis. ALC can be identified after retention time=6.8 min. The evolution of the intermediate products can be observed clearly from the chromatogram in **Fig.6** as the irradiation time was proceeds. Also it can be notice that a complete disappearance of ALC during the photo-Fenton treatment. Elimination of ALC was achieved after t=15min (t_{30w} =3min) of irradiation time while the intermediate products still appeared until the end of experiment.

3.2 Solar Heterogeneous Photocatalyst System

3.2.1 Effect of initial TiO₂ concentration

Heterogeneous photocatalysis experiments were applied to assess the feasibility of use TiO_2 in the degradation of ALC. Different concentrations of TiO_2 (100, 200, 300, 400 and 500 mg/l) were used. ALC concentration=45 mg/l, $H_2O_2=1200$ mg/l and pH =4.5.

Fig.7 shows the relation between the removal efficiency and the normalized illumination time (t_{30w}) for different initial concentration of TiO₂. The best result was obtained at 200 mg/l of TiO₂ with removal efficiency of 67.6%, above this concentration the degradation of ALC tend to decrease to reach 61% at 500 mg/l.

The increase in removal efficiency can be explained by the increase in the total surface area (or number of active sites) available for photocatalytic reaction as the dosage of TiO_2 increased. However, when TiO_2 was overdosed, the intensity of incident UV light was attenuated because of the decreased light penetration and increased light scattering, which embedded the positive effect coming from the dosage increment and therefore the overall performance reduced, **Eissa et al., 2009**. The tendency towards agglomeration (particle-particle interaction) also increases at high solids concentration, resulting in a reduction in catalyst surface area available for light absorption and hence a drop in the photocatalytic degradation rate, **Saber et al., 2011**.

3.2.2 Effect of adding H₂O₂

The effect of initial concentrations of H_2O_2 (800, 1200, 1600, 2000 and 2400 mg/l) on solar heterogeneous photocatalysis process were tested to optimize the amount of H_2O_2 required to degraded ALC. Fixed initial concentration of ALC=45 mg/l, initial amount of TiO₂=200 mg/l and initial pH = 4.5 were used.

Fig.8 shows the relation between the removal efficiency and the normalized illumination time t_{30w} for different initial concentration of H_2O_2 . The best result was obtained at 2000 mg/l of H_2O_2 at removal efficiency of 73%.

The enhancement in the removal efficiency is due to the increase in the hydroxyl radical concentration. **Saber et al., 2011**, showed that addition of electron acceptors such as H_2O_2 , would affect photocatalytic degradation of various pesticides and herbicides to enhance the formation of hydroxyl radicals as well as to inhibit electron/hole (e⁻/h⁺) pair recombination.

The increase in removal efficiency can be explained by increase the number of trapped electron in the electron/hole pairs and, consequently, avoid recombination and generate more OH' for oxidizing species. It was expected that increasing the concentration of H_2O_2 reducing the rate of degradation due to the reaction of hydrogen peroxide with these radicals, and hence acts as an inhibiting agent.



4. CONCLUSIONS

The COD removal efficiency for homogeneous solar photocatalytic system at the optimal dosage 1600 mg/l H₂O₂, 20 mg/l Fe⁺² at t_{30w}=15.8min was found to be 73.7% for Alachlor at initial concentration of 45 mg/l and pH=2.9. While the removal efficiency for hetrogeneous solar photocatalytic system at the optimal dosage 200 mg/l TiO₂, 2000 mg/l H₂O₂at t_{30w}=57.3min was found to be 72.7% for Alachlor at initial concentration of 45 mg/l and pH=4.5. Increasing the TiO₂, H₂O₂ or Fe⁺² over the optimum amounts will decrease the removal efficiency. Biodegradability and toxicity tests during the photo-treatment couldn't be evaluated while it is important since some photo degradation by-products can be more dangerous and toxic than the original compounds.

REFERENCES

- Alfano, O. M., Cabrera, M. I. and Cassano, A. E., 1997, *Photocatalytic Reactions Iivolving Hydroxyl Radical Attack*, Journal of Catalysis, Vol. 172, PP. 370–379.
- Bhatkhande, D. S., Kamble, S. P., Sawant, S. B., Pangarkar, V. G., 2004, Photocatalytic and Photochemical Degradation of Nitrobenzene Using Artificial Ultraviolet Light", Chemical Engineering Journal, Vol. 102, PP. 283–290.
- Buxton G.V, Greenstock C.L, Helman W.P, Ross, A.B, 1988, Critical Review of Rate Constants for Reactions of Hydrated Electrons, Hydrogen Atoms and Hydroxyl Radicals (OH/O) in Aqueous Solutions. Journal of Physical and Chemical Reference Data, Vol. 17, PP. 241—243.
- Chong, M. N., Jin, B., Chow, C. W. K., and Saint, C., 2010, Recent Developments in Photocatalytic Water Treatment Technology: A Review, Water Research, Vol.44, No10, PP. 2997-3027.
- Eissa F.I., N. A. Zidan and H. Sakugawa, 2009, Remediation of Pesticide-Contaminated Water by Advanced Oxidation Processes, Proceeding of the 11th international conference on environmental science and technology, Greece.
- Environmental Protection Agency, *Technical Factsheet on Alachlor*, 2003.
- Faust, Samuel D., 1972, Fate of Organic Pesticides in the Aquatic Environment, American Chemical Sociaty, DOI: 10.1021/ba-1972-0111.



- Jiménez, M., I. Oller, M.I. Maldonado, S. Malato, A. Hernandez-Ramirez, A. Zapata, J.M. Peralta- Hernandez, 2011, Solar Photo-Fenton Degradation of Herbicides Partially Dissolved in Water, Catalysis Today, Vol. 161, PP. 214–220.
- Kavitha V. and Palanivelu K., 2004, The Role of Ferrous Ion in Fenton and Photo-Fenton Processes for the Degradation of Phenol, Chemosphere, Vol.55, PP.1235-1243.
- Malato, S., J. Blanco, J. Cáceres, A.R. Fernández-Alba, A. Agüera, A. Rodriguez, 2002, Photocatalytic Rreatment of water-soluble pesticides by photo-Fenton and TiO2 using solar energy, Catalysis Today, Vol. 76, PP. 209–220.
- Oller, I., W. Gernjaka, M.I. Maldonado, L.A. Perez-Estrada , J.A. Sanchez-Perez and S. Malato, 2006, Solar photocatalytic degradation of some hazardous watersoluble pesticides at pilot-plant scale, Journal of Hazardous Materials, Vol.138, PP.507–517.
- Saber Ahmed , M.G. Rasul , R. Brownb, M.A. Hashib., 2011 Influence of Parameters on the Heterogeneous Photocatalytic Degradation of Pesticides and Phenolic Contaminants in Wastewater: A short review" Journal of Environmental Management, Vol. 92, PP. 311-330.
- Stumm-Zollinger, E. and Fair, G.M., 1965, *Biodegradation of Steroid Hormones*, Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 37, PP.1506-1510.
- United Nations world water development report, 4th edition (<u>http://www.unesco.org/new/en/natural-</u> sciences/environment/water/wwap/wwdr/wwdr4-2012/)
- Zapata A., Oller I., Bizani E., Sanchez-Pérez .A., Maldonado M.I., Malato S., 2009, Evaluation of Operational Parameters Involved in Solar Photo-Fenton Degradation of a Commercial Pesticide Mixture, Catalysis Today, Vol. 144, PP. 94-99.



Zepp, R.G., Faust, B.C. and Hoigné J., 1992, Hydroxyl Radical Formation in Aqueous Reactions (Ph 3-8) Of Iron(II) with Hydrogen Peroxide: The photo-Fenton reaction. Environ. Sci. Technol., Vol.26, PP.313-319.



Figure 1. Chemical structure of Alachlor, EPA, 2003.



Figure 2. Schematic representation of the pilot plant (A) tank, (B) drain valve, (C) pump, (D) Valve, (E) flow meter, (F) solar collectors.





Figure 3. Photograph of the pilot plant.



Figure 4. Effect of initial H_2O_2 concentrations on the COD mineralization of Alachlor by solar Photo- Fenton system at Alchlor conc.=45 mg/l, Fe⁺² =20 mg/l and pH=2.9.



Figure 5. Effect of initial Fe^{+2} concentrations on the COD mineralization of Alachlor by solar photo-Fenton system at Alachlor conc.= 45 mg/l, H₂O₂=1600 mg/l and pH= 2.9.



Figure 6. HPLC analysis for homogeneous photo-Fenton system, Alachlor=45 mg/l, $H_2O_2=1600$ mg/l, Fe⁺²=20 mg/l and pH=2.9.



Figure 7. Effect of initial TiO₂ concentrations on the COD mineralization of Alachlor by heterogeneous solar photo-catalyst system, Alachlor conc.= 45 mg/l, H₂O₂= 1200 mg/l, pH=4.5.



Figure 8. Effect of initial H_2O_2 concentrations on the COD mineralization of Alachlor by heterogeneous solar photocatalyst system at Alachlor conc.= 45 mg/l,TiO2=200 mg/l and pH=4.5.

Formula	$C_{14}H_{20}CINO_2$
Molar mass	269.767 g/mol
Solubility in water	140 mg/l at $23C^{\circ}$
Vapor Pressure	Negligible
Melting Point	40-41 C°
Kow	Log Kow = 2.63

Table 1.List of pesticides properties, EPA, 2003.
Experimental Evaluation of Thermal Performance of Solar Assisted Vapor Compression Heat Pump

Asst. Prof. Dr. Najim Abid Jassim Department of Mechanical Engineering University of Baghdad Email: <u>najmosawe@yahoo.com</u> Kadhim Kareem Al-Chlaihawi Department of Mechanical Engineering University of Baghdad E-mail: <u>Kadem87@yahoo.com</u>

ABSTRACT

The thermal performance of indirect expansion solar assisted heat pump, IX-SAHP, was investigated experimentally under Iraqi climate. An Indirect-Solar Assisted Heat Pump system was designed, built, instrumented and tested. Experimental tests were conducted by varying the controlling parameters to investigate their effects on the thermal performance of the IX-SAHP such as cooling water flow rate, heating water flow rate, ambient temperature and solar radiation intensity. The investigation covered values of cooling water flow rate of (2, 3, 4, 5 l/min) and heating water flow rate of (2, 3, 4, 5 l/min) under meteorological condition of Baghdad from November 2014 to January 2015.

The results indicated that the performance of the IX-SAHP is not dependent on the heating water flow rate. On the contrary of heating water flow rate, cooling water flow rate has significant effect on the thermal performance of the system. The COP of the heat pump system is decreased with increasing cooling water flow rate. The collector heat gain increase with increasing the solar radiation and ambient temperature, this leads to increase in COP from 2.2 to 2.39 as the ambient temperature and solar radiation increase from 9.9°C and 268 W/m² to 14.9 °C and 689 W/m² respectively.

Key words: heat pump, indirect expansion, solar assisted heat pump.

تقييم الاداء الحراري لمضخة حرارية من نوع ضغط البخار بمساعدة الطاقة الشمسية عملياً

ا.م.د نجم عبد جاسم قسم الهندسة الميكانيكية جامعة بغداد كاظم كريم الجليحاوي قسم الهندسة الميكانيكية جامعة بغداد

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة الاداء الحراري لمضخة حرارية تعمل بمساعدة الطاقة الشمسية من نوع التمدد غير مباشر عملياً. تم تصميم و بناء مضخة حرارية تعمل بمساعدة الطاقة الشمسية للاستخدام في بيئة بغداد مع كافة اجهزة القياس. تم اجراء إختبارات عملية بتغيير العوامل الحاكمة في أداء المضخة لحرارية للتحري عن تأثيراتها على خصائص المضخة. الدراسة غطت قيم معدل ندفق مياه التبريد (2، 3، 4 و 5 لتر / دقيقة) ومعدل تدفق مياه التسخين (2، 3، 4 و 5 لتر / دقيقة) تحت ظروف الجوية لبغداد من تشرين الثاني 2014 إلى كانون الثاني عام 2015 بينت النتائج العملية أن أداء المضخة الحرارية لا يعتمد على معدل تدفق ماء التسخين , و على العكس من معدل تدفق مياه التسخين , يكون لمعدل تدفق ماء التبريد تأثير واضح على الأداء الحراري للنظام. حيث انخفض معامل الاداء الحراري للمضخة الحرارية مع زيادة معدل تدفق ماء التبريد . ان الحرارة المكتسبة من الجامع الشمسي قد از دادت مع زيادة الاشعاع الشمسي الساقط ودرجة الحرارة المحيطة مما ادى الى زيادة معامل الاداء الحراري للمضخة من 2.2 الى 8.2 مع ارتفاع درجة الحرارة المحيطة و الإشعاع الشمسي من 20.9 و 2m / 268 إلى 26.9 و 2m / 8

الكلمات الرئيسية : مضخة حرارية, تمدد غير مباشر , مضخة حرارية بمساعدة الطاقة الشمسية.

1. INTRODUCTION

Heat pump systems are heat-generating devices that can be used to heat water to be used in either domestic hot water or space heating applications. The coefficients of performance (COP) of HP systems depend on many factors, such as the temperature of low-energy source, the temperature of delivered useful heat, the working medium used, the characteristics of components of HP systems, etc. Among the above mentioned, the temperature of the evaporator is a key factor **Kara, et al., 2008**. To increase the evaporating temperature, combination of solar collector and heat pump could be used to ease many of the cons of either Solar Domestic Water Heaters (SDWHs) and Heat Pump systems operating independently.

There are two main types of heat pump assisted solar systems that have been studied in the past; these are Direct and Indirect Expansion Solar Assisted Heat Pumps.

In a 'direct' (or direct-expansion, DX) system, heat pump refrigerant is *directly* circulated through a solar collector that acts as the system's evaporator. Solar energy absorbed in the collector/evaporator is transferred to the load via the heat pump's condenser.

For IX-SAHP systems, there are many possible system configurations. Unlike the DX-SAHP systems, the solar collector does not act as the evaporator for the heat pump, but rather the heat pump is integrated into the design as a closed unit.

During operation, solar and ambient energy absorbed by the solar collectors is transported by the water to a heat exchanger that acts as the evaporator for the heat pump. Low pressure refrigerant circulating through heat exchanger/evaporator absorbs the heat input, vaporizes and superheats. The superheated vapour is then compressed to a high pressure by an electrically driven compressor where it flows into another heat exchanger that acts as the heat pump condenser.

The use of solar assisted heat pump (SAHP) increased as the commercial solar collectors entered into the market. Several researchers have developed and tested various SAHP models. **Freeman, et al., 1978.** investigated theoretically a combined solar heat pump system for residential space, and domestic water heating using the TRNSYS simulation software. They investigated three combined solar heat pump systems; parallel, series and dual.

These systems were compared with the results of a conventional solar space heating system, and a conventional heat pump space heating system. The annual COPs for the parallel, dual source, series and conventional heat pump systems were found to be 2.0, 2.5, 2.8 and 2.1 respectively. **Morgan, 1981**. studied theoretically and experimentally the performance of a series direct configuration heat pump system for water heating. Throughout the test, Morgan found average COP values ranging between 2.5 and 3.5. **Chaturvedi,** and **Shen, 1984**. investigated the steady state performance of a direct expansion SAHP for water heating

experimentally, the evaporator of the heat pump was a bare plate collector. The experimental results showed that high collector efficiencies of between 40 - 70% were feasible with bare collectors operating under ambient winter conditions in northern America. COPs for the system ranged from 2 to 3, which were 30 -50% higher than the heat pump operating in fan mode. Morrison, 1994. investigated experimentally the performance of heat pump water heaters with solar boosted evaporators, and compared the results with a TRNSYS model simulating the annual performance. He proposed an integral system called an integral direct expansion solar assisted heat pump (IDX-SAHP), in which the evaporator and condenser were coupled with the storage tank, which needed to be installed outdoors. The results showed good agreement between the model and experimental results, and showed a relatively constant COP and energy savings throughout the year. Kuang, et al., 2002. experimentally investigated a solar heating system with a water source heat pump. It is concluded that the thermal storage tank is an important component in solar heating systems, which can modulate the mismatch between solar radiation and the heating load. Li, et al., 2007. investigated DX-SAHP using DXSAHP with constant speed rotary compressor, immerse condenser coil. aluminum plate collector/evaporator. The coefficient of performance of the "DX-SAHPWH" system can be up to 6.61 during daytime and 3.11 at a rainy night. The seasonal average value of the COP and the collector efficiency can be reached to 5.25 and 1.08, respectively. Bridgeman, and Harrison, 2008. produced a prototype of an IX-SAHP system based on the system modeled in TRNSYS by Freeman, 1997. to validate the simulation findings. Constant source temperature tests were performed by them in order to compare to the simulation results obtained from the TRNSYS model by Freeman, 1997. It was found that the TRNSYS model over predicted the COP of the heat pump due to over prediction of the effectiveness of the two heat exchangers. Once this was corrected in the TRNSYS model, the compressor power consumption and COP were within approximately 3% of the experimental results.

In the current study the thermal performance of indirect expansion solar assisted heat pump, IX-SAHP, was investigated experimentally under Iraqi climate. An Indirect-Solar Assisted Heat Pump system was designed, built, instrumented and tested. Experimental tests were conducted by varying the controlling parameters to investigate their effects on the thermal performance of the IX-SAHP such as cooling water flow rate, heating water flow rate, ambient temperature and solar radiation intensity. The investigation covered values of cooling water flow rate of (2, 3, 4, 5 l/min) and heating water flow rate of (2, 3, 4, 5 l/min) under meteorological condition of Baghdad from November 2014 to January 2015.

2. MATHEMATICAL MODEL

The mathematical modeling of the proposed IX-SAHP system to predict the thermodynamic performance is simplified based on the following general assumptions: i. Quasi-steady state conditions are approximated within the chosen time interval. ii. Pressure drop and heat loss in the connecting pipes are neglected. iii. Frictional losses in the evaporator and the condenser are negligible. iv. A good thermal insulation over the refrigerant loop is assumed, i.e. thermal loss to the surroundings is neglected. v. Kinetic and potential energy changes are assumed to be insignificant. vi. The refrigerant undergoing polytrophic compression with a constant polytrophic index (n). vii. Isenthalpic expansion process is considered.

2.1. Compressor

The various equations are expressed as follows from **Stoecker**, and **Jones**, 1982.

Piston Displacement per cylinder (V_d) is calculated as:

$$V_d = \frac{\pi D^2 L}{4} \tag{1}$$

Where (D) is the pore of the cylinder (m), (L) is the stroke of the cylinder (m). Volumetric efficiency of compressor (η_{ν}) is calculated as:

$$\eta_{\nu} = 1 + C - C \left(\frac{p_o}{p_i}\right)^{\frac{1}{n}} \tag{2}$$

where C is the clearance volume ratio and obtainable from the manufacturer's data. Mass flow rate of the refrigerant through the compressor (\dot{m}_r) is expressed as:

$$\dot{m}_r = \frac{V_d \, N \, \eta_v}{60 \, v_i} \tag{3}$$

where *N* is the speed of the compressor (rpm). And finally the compressor work (W_{comp}) can be calculated as:

$$W_{comp} = \frac{p_i v_i \dot{m}_r}{\eta} \left(\frac{n}{n-1}\right) \left[\left(\frac{p_o}{p_i}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$
(4)

2.2. Water Cooled Condenser

Refrigerant releases heat to the water in the condenser, and becomes saturated or sub-cooled, cold water is also supplied to the condenser and hot water flows out to maintain the water temperatures and allows for more hot water production.

The heat rejected by the refrigerant is given as:

$$Q_r = \dot{m}_r (h_{r,i} - h_{r,o}) \tag{5}$$

The heat absorbed by the water is given as:

$$Q_{w} = \dot{m}_{w} C_{p,w} \left(T_{w,o} - T_{w,i} \right)$$
(6)

Assuming negligible heat loss from the water tank to the ambient, the heat transfer from the refrigerant to the water should be balanced as follows:

$$\dot{m}_r (h_{r,i} - h_{r,o}) = \dot{m}_w C_{p,w} \left(T_{w,o} - T_{w,i} \right)$$
(7)

The heat released by the condenser can also be written as:

$$Q_{cond} = \varepsilon C_{min} (T_{h,i} - T_{c,i})$$
(8)

where $T_{h,i}$ is the inlet temperature of the hot fluid and $T_{c,i}$ is the inlet temperature of the cold fluid. In present study, $T_{h,i}$ refers to the temperature of superheated refrigerant and $T_{c,i}$ refers to

the temperature of feed water. In the equation, effectiveness-NTU method is used to determine the effectiveness of the condenser. Effectiveness, ε , is the ratio of actual heat transfer rate of a heat exchanger to the maximum possible heat transfer rate. ε can be express as follow (**Incropera, F.P., and DeWitt, D.P., 2002**):

$$\varepsilon = \frac{actual \ heat \ transfer}{maximum \ possible \ heat \ transfer} = \frac{Q_{cond,evap}}{Q_{max(cond,evap)}} \tag{9}$$

To determine the maximum possible heat transfer rate in a heat exchanger, we first recognize that the maximum temperature difference in a heat exchanger is the difference between the inlet temperatures of the hot and cold fluids. That is,

$$\Delta T_{max} = \left(T_{h,i} - T_{c,i}\right) \tag{10}$$

The maximum heat transfer in a heat exchanger will get if (1) the temperature of the cold fluid is raised to the inlet temperature of the hot fluid or (2) the temperature of the hot fluid is lowered to the inlet temperature of the cold fluid. These two limiting conditions will not be reached simultaneously only in the case of matching the heat capacities of the fluids (i.e. $C_c = C_h$). When $C_c \neq C_h$, which is usually the case, the fluid with the smaller heat capacity rate will experience a larger temperature change, and thus it will be the first to experience the maximum temperature, at which point the heat transfer will come to a halt. Therefore, the maximum heat transfer rate is:

$$Q_{max} = C_{min} \left(T_{h,i} - T_{c,i} \right) \tag{11}$$

where C_{\min} is the smaller of $C_h = \dot{m}_h C_{p,h}$ and $C_c = \dot{m}_c C_{p,c}$.

To calculate the effectiveness of the heat exchanger in the two phase region, we note that with a phase change process $\frac{c_{min}}{c_{max}} = 0$. Thus for the water condenser, the effectiveness is given as follows:

$$\varepsilon = 1 - e^{-\frac{UA}{c_{min}}} \tag{12}$$

where $\frac{UA_s}{c_{min}}$ is called the number of transfer units NTU.

2.3. Expansion Valve

An isenthalpic expansion process is assumed for the thermostatic expansion valve as there is no heat or work input or output, given as:

$$h_{r,i} = h_{r,o} \tag{13}$$

2.4 Evaporator

The heat transferred through the evaporator was determined by calculating the increasing in the refrigerant enthalpy and the energy reject from the water as seen below:

Journal of Engineering

$$Q_{evap} = \dot{m}_{w} c p_{w} (T_{w,i} - T_{w,o})$$
(14)

$$Q_{evap} = \dot{m}_r (h_{r,o} - h_{r,i}) \tag{15}$$

where $T_{w,i}$ and $T_{w,o}$ correspond to the inlet and outlet temperatures of water in the evaporator, and $h_{r,o}$ and $h_{r,i}$ are the enthalpies of the refrigerant at the outlet and inlet on the refrigerant side of the evaporator.

2.5 Evacuated Tube Solar Collector

The heat transfer in this collector is driven purely by natural circulation of water through the single-ended tubes. Water in the tubes is heated by solar radiation, rises to the storage tank and is replaced by colder water from the tank.

The heat rate gained by the water is given by:

$$Q = \dot{m}c_{p,w}(T_o - T_i) \tag{16}$$

The collector efficiency can be defined as the useful heat output from the collector to the input solar irradiation (G) received on the surface of the collector, and is:

$$\eta = \frac{\dot{m}c_{p,w}(T_o - T_i)}{A_c G} \tag{17}$$

1. EXPERIMENTAL APPARATUS AND METHOD

A schematic diagram of the system is shown in **Fig.1**, depicts the main components of the IX-SAHP setup which consists of three different process fluid loops; the collector loop, heat pump loop, and cooling tower loop. The collector loop consists of evacuated tube solar collector, circulating water pump and heat exchanger. The evacuated tube solar collector consists of (20) evacuated tube made of borosilicate glass 180 cm-long evacuated tube providing hot water to a (112 liter) horizontal storage tank. A centrifugal pump with 27 l/min and (25 m) head was used to circulate the water in the collector loop. It is fixed between the solar collector and the heat exchanger (Evaporator), the final component in the charge loop was a heat exchanger, which was used to transfer energy from water to the refrigerant.

The heat pump loop was connected in series between the collector loop and the cooling tower loop and used R-12 as the working fluid. Heat was transferred between the loops with the use of two heat exchangers. The other two fundamental components of the heat pump loop were a semi hermetically sealed reciprocating compressor, and a thermostatic expansion valve which throttled the flow and maintained a constant superheat temperature exiting the evaporator. The high pressure side of the heat pump was constructed using 3/8" refrigeration grade copper tube, and the low side was constructed using 5/8" copper tube. The heat pump loop prior to being fully installed is displayed in **Fig.2**.

The evaporator consists of a copper coil with 15m length and 3/8" outer diameter immersed in a tank of water of (37cm diameter, and 50cm height) with a capacity of 53 liters. The evaporator bent into a spiral coil filling the whole height of the galvanized steel tank to maximize heat exchange. The condenser is a shell and tube of eight tubes with two passes heat exchanger, the cold water flows inside the copper tubes and the refrigerant passes around the tubes. The characteristics of solar collector, evaporator and the condenser are given in **Table1**.

Cooling Tower loop consists of a cross- flow water type cooling tower, heat exchanger (condenser) which was discussed above and a circulating water pump. Cooling tower is used to cool water that used to condense the refrigerant.

In order to determine the performance of the prototype under various conditions, the apparatus was equipped with the necessary instrumentation.

Many measuring devices were used to sense the variation of cooling water temperatures & flow rate, heating water temperatures & flow rate, refrigerant temperatures, low and high pressures along the heat pump, electrical voltage & current, air temperatures and Solar radiation intensity. A schematic diagram of the apparatus is shown in **Fig.3**, demonstrating the positioning of the instrumentation within the prototype. **Table 2** lists the instrumentation used in the experiment.

Two types of tests were conducted: constant water flow rate in the condenser, and constant water flow rate in the solar collector.

Condenser constant water flow rate tests were for 4 l/min and for four different flow rates of water in solar collector namely: 2, 3, 4 and 5 l/min.

Solar collector constant water flow rates tests were also for 4 l/min and for four different flow rates of water in the condenser namely: 2, 3, 4 and 5 l/min.

4. EXPERIMENTAL PROCEDURE

The evaporator heat transfer rate was calculated for both heat lost from the water, and the heat gained by the refrigerant. The heat lost by the water was calculated as:

$$Q_e = \dot{m}_w \, c_{p,w} (T_5 - T_6) \tag{18}$$

where \dot{m}_w is the water flow rate, $c_{p,w}$ is the heat capacity of water, T_5 and T_6 are the inlet and outlet evaporator water temperatures.

The condenser heat transfer rate was calculated as:

$$Q_c = \dot{m}_w \, c_{p,w} (T_8 - T_7) \tag{19}$$

where T_7 and T_8 are the inlet and outlet condenser water temperatures.

The heat transferred through the evaporator and the condenser can be evaluated as the energy gained by the refrigerant such that:

$$Q_c = \dot{m}_r \left(h_2 - h_3 \right) \tag{20}$$

$$Q_e = \dot{m}_r \left(h_1 - h_4 \right) \tag{21}$$

where \dot{m}_r is the refrigerant flow rate of the, and h_1 through h_4 represent the enthalpies at the corresponding points throughout the heat pump loop.

The heat pump COP is determined as:

$$COP = \frac{Q_c}{W_{comp}}$$
(22)

where Q_c is calculated based on the energy rejected from the refrigerant, and W_{comp} is the compressor work measured by power meter.

5. RESULTS AND DISCUSSION

5.1 The Effect of Collector Loop Water Flow Rate

The testing on the effect of collector loop water flow on the performance of the heat pump system was carried out under four flow rates (2, 3, 4 and 5 l/min), these tests were run at constant water flow rate at the condenser at 4 l/min.

It is shown that the effect of different collector loop flow rates on the discharge temperature and collector useful heat gain in **Fig.4** to **Fig.7**, belong the inlet temperature, it wasn't constant but it is decreased with time as it is shown because it depends on the supplier (evaporator). The outlet temperature is affected by the amount of mass flow rate, where the outlet temperature decreases with increasing the water flow rate. This is due to the solar heat that is delivered to the tank which is almost the same for all the cases and then from the tank to the load, in case of high flow rate, the heat which is collected in the tank by thermosyphon will get out by the withdrawal water as much as possible the other flow rates, and make up water will come in the tank to balance the heat in the tank, so it will not let the tank temperature rise up higher. (In case the collector working with same solar radiation and ambient conditions, whenever the flow rate is reduced the outlet temperature will rise up and vice versa).

On the other hand the inlet temperature wasn't constant, so the water temperature difference $(T_{w,out} - T_{w,in})$ will decrease as the collector water flow rate increase, while the useful heat gain from the collector is increased slightly with increasing in water flow rate because the increasing in flow rate overcome the decreasing in water temperature difference.

As the solar collector is coupled directly with the evaporator, any increase in collector heat gain will lead to increase in evaporator heat transfer rate. Due to a small increase in the collector heat gain as the flow rate increases from 2l/min to 5 l/min and due to the losses from the pipes and the evaporator tank with the environment, the increase in the evaporator heat transfer rate is very little, as the evaporator heat transfer rate increases from 1.61 kW at $\dot{m} = 2$ l/min to 1.69 kW at $\dot{m} = 5$ l/min, so the condenser heat transfer rate and COP are not significantly affected, this behavior was also mentioned by (**Bridgeman et al, 2008**).

The COP's for all four tests are shown in **Fig.8**, from this figure it is seen that the COP's throughout the tests were essentially equal. The COP=2.07 at $\dot{m} = 2$ l/min and equal to 2.104 at $\dot{m} = 5$ l/min.

5.2. The Effect of Condenser Water Flow Rate.

It is shown that the effect of different condenser water flow rate on the condenser water outlet and inlet temperatures, and the condenser heat transfer rate in **Fig.9** to **Fig.12**.

Belong the condenser inlet temperature, it is relatively constant (varies slightly ± 2 °C) with time because it was supplied by the cooling tower. The outlet temperature is affected strongly by the mass flow rate, the condenser outlet water temperature decreases with increasing the water flow rate and vice versa. It is seen that the condenser heat transfer rate of the heat pump system decreased with increasing condenser water flow rate due to the increases in water flow rate will result in decreasing the temperature difference of the water, where the condenser heat transfer rate decreased from 2.18kW at $\dot{m} = 2$ l/min to 1.87 kW at $\dot{m} = 5$ l/min, therefore the

evaporator heat transfer rate will also decrease with increasing condenser water flow rate. As a result of this the COP of the system decreased with increasing condenser water flow rate. The COP dropped smoothly as the condenser water flow increased from 2l/min to 3 l/min, and then the drop tended to be continue as the condenser water flow increased from 3l/ min to 5 l/min as shown in **Fig.13.** This behavior was also mentioned by (**Hongbing Chen et al, 2011**). The COP was decreased from 2.27 at $\dot{m} = 2$ l/min to 2.0 at $\dot{m} = 5$ l/min.

5.3. Effect of Solar Radiation and Ambient Temperature.

Fig.14 to **Fig.20** describe the effect of solar radiation and ambient temperature on the collector heat gain, condenser and evaporator heat transfer rate and COP of the system respectively. These tests where run under the meteorological condition of Baghdad on 20th of January 2015, the collector and condenser water flow rates were kept constant at 4 1/m through the tests.

Fig.14 and **Fig.15** show that the solar water heater gain increased with increasing in solar radiation and ambient temperature, the heat gain is increased from 1.56 kW at 9.9°C and 268 W/m² to 1.68 kW at 14.9 °C and 689 W/m².

As previously discussed any increase in solar water heater gain will lead to increase in evaporator heat transfer rate due to the increase of evaporating temperature, so the evaporator heat transfer rate increase from 1.69 kW to 1.75 kW as the ambient temperature and solar radiation increase from 9.9°C and 268 W/m² to 14.9 °C and 689 W/m² respectively.

The condenser heat transfer rate was also increased from 2.14 kW at 9.9°C and 268 W/m² to 2.27 kW at 14.9 °C and 689 W/m² as shown in **Fig.19**, this leads to increase in COP from 2.2 to 2.39 as the ambient temperature and solar radiation increase from 9.9°C and 268 W/m² to 14.9 °C and 689 W/m² respectively as shown in **Fig.19** and **Fig.20**.

6. CONCLUSIONS

The thermal performance of an indirect expansion solar assisted heat pump was investigated experimentally. It is represented by the evaporator and condenser heat transfer rates and the coefficient of performance COP.

- 1. The COPs calculated for different collector loop flow rates were essentially the same, meaning that the flow rate should be selected based on the optimum flow rate for the collector.
- 2. Condenser water flow rate has a significant effect on the thermal performance of the system. The COP of the heat pump system decreased with increasing condenser water flow rate. The COP dropped from 2.27 to 2.0, as the condenser water flow rate increasing from 2 l/min to 5 l/min.
- 3. The collector heat gain increases with increasing in solar radiation and ambient temperature, this leads to increase in evaporator heat transfer. The evaporator heat transfer rate is increased from 1.69 kW to 1.75 kW as the ambient temperature and solar radiation increase from 9.9°C and 268 W/m² to 14.9 °C and 689 W/m² respectively. The condenser heat transfer rate is increased from 2.14 kW at 9.9°C and 268 W/m² to 2.27 kW at 14.9 °C and 689 W/m², this leads to increase in COP from 2.2 to 2.39 as the ambient temperature and solar radiation increase from 9.9°C and 268 W/m² to 14.9 °C and 689 W/m² to 14.9 °C.

REFERENCES

- Bridgeman, A., Harrison, S.J., 2008, Preliminary experimental evaluations of indirect solar assisted heat pump systems, 3rd Canadian Solar Building Conference, August 20-22, 2008. Fredericton, New Brunswick, Canada.
- Chaturvedi, S. K., and Shen, J. Y., 1984, "Thermal Performance of a Direct Expansion Solar-Assisted Heat Pump," Solar Energy, 33 (2) pp. 155-162.
- Duffie, J., & Beckman, W. (2006). Solar Engineering of Thermal Processes. (3rd, Ed.) Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Freeman, G. A., 1997, "Indirect Solar-Assisted Heat Pumps for Application in the Canadian Environment," Master's thesis, Queen's University.
- Freeman, T. L., Mitchell, J. W., and Audit, T. E., 1978, "Performance of Combined Solar-Heat Pump Systems," Solar Energy, 22 pp. 125.
- Hongbing Chen, Saffa B. Riffat, Yu Fu. "Experimental study on a hybrid photovoltaic/heat pump system". Applied Thermal Engineering 31 (2011) 4132-4138.
- Incropera, F.P., and DeWitt, D.P., 2002, "Fundamentals of Heat and Mass Transfer," John
- ➢ Wiley & Sons, Inc.,
- Kara O, Ulgen K, Hepbasli A. Exergetic assessment of direct-expansion solar assisted heat pump systems: review and modeling. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2008;12(5):1383–401.
- Kuang, Y.H., R.Z. Wang, L. Q. Yu, Experimental study on solar assisted heat pump system for heat supply, Energy conversion and management, 2002(44): p. 1089-1098.
- Li, Y.W., et al., Experimental performance analysis on a direct-expansion solar-assisted heat pump water heater. Applied Thermal Engineering, 2007. 27(17-18): p. 2858-2868.
- Morgan, R. G., 1981, "Solar Assisted Heat Pump," Solar Energy, 28 (2) pp. 129-135.
- Morrison, G. L., 1994, "Simulation of Packaged Solar Heat-Pump Water Heaters," Solar Energy, 53 (3) pp. 249-257.
- Stoecker, W. F. and J.W. Jones, *Refrigeration and air-conditioning*, McGraw-Hill Book Company, 2nd edition, 1982. New York, p. 205-280.

NOMENCLATURE

А	area	(m^2)
C _p	specific heat at constant pressure	 (kJ/kg °C)

154

С	clearance volumetric ratio	()
F_R	collector heat removal factor	()
h	specific enthalpy	(kJ/kg)
Ι	solar radiation	(W/m^2)
'n	mass flow rate	(kg/hr)
n	polytropic index of compressor	()
р	pressure	(Pa)
\mathbf{Q}_{u}	useful Energy gain/rejected	(Watt)
Т	temperature	(°C)
W_{comp}	compressor power consumption	(kW)
L	Stroke of compressor	(m)
D	Bore of compressor	(m)
Ν	Rotational speed of compressor	(rpm)
U	Overall heat transfer coefficient	$(w/m^2 °C)$

Greek letter

υ	Specific volume	(m^3/kg)
η	Efficiency	()
E	Effectiveness	()
ρ	Density	(kg/m^3)
τα	Transmitance - absorptance	()

Sub-Script

- i Inlet , inner
- o Outlet , outer
- r Refrigerant
- w Water
- m Mean
- u Useful

Abbreviations

np
mp
ľ







Figure2. Photograph of the experimental apparatus.



Figure 3. Schematic diagram of the IX-SAHP experimental rig.



Figure4.Variation of ambient temperature, water temperature and collector heat gain with time for collector loop flow rate 2 l/min for 19th November 2014 in Baghdad city.



Figure5.Variation of ambient temperature, water temperature and collector heat gain with time for collector loop flow rate 4 l/min for 2nd December 2014 in Baghdad city.



Figure6. COP's at different flow rates in the collector.



Figure7.Variation of ambient temperature, water temperature and collector heat gain with time for collector loop flow rate 3 l/min for 23th November 2014 in Baghdad city.



Figure8.Variation of ambient temperature, water temperature and collector heat gain with time for collector loop flow rate 5 l/min for 7^{th} December 2014 in Baghdad city.



Figure9. Variation of condenser water temperatures and condenser heat transfer with time for condenser mass flow rate 2 l/min for 17th December 2014 in Baghdad city.



Number 11

Volume 21 November - 2015

Figure 10. Variation of condenser water temperatures and condenser heat transfer with time for condenser mass flow rate 3 l/min for 23th December 2014 in Baghdad city.

Time



Figure11. Variation of condenser water temperatures and condenser heat transfer with time for condenser mass flow rate 5 l/min for 5th January 2015.



Figure12.Variation of collector heat gain and solar radiation with time for 20th January 2015 in Baghdad city.



Figure13. Variation of condenser water temperatures and condenser heat transfer with time for condenser mass flow rate 4 1/min for 4^{th} January 2015.



Figure14.Variation of COP with condenser water flow rates.



Figure15.Variation of collector heat gain and ambient temperature with time for 20th January 2015 in Baghdad city.



Number 11 Volume 21 November - 2015

Journal of Engineering



Figure16.Variation of collector heat gain with solar radiation intensity.



Figure17. Variation of evaporator, condenser heat transfer rates and solar radiation with time for 20th January 2015.



Figure18. Variation of COP and ambient temperature with time for 20th January 2015.



Figure19 Variation of collector heat gain with ambient temperature.



Figure20. Variation COP and solar radiation intensity with time for 20th January 2015.

Name	Rei	Remarks		
	Length (nominal)	176cm /180cm		
	Outer tube diameter	5.8cm		
	Inner tube diameter	4.4cm		
Solar Collector	Glass thickness	0.16cm		
	Thermal expansion	$3.3 \times 10^{-6} {}^{\circ}\mathrm{C}$		
	Material	Borosilicate Glass 3.		
	Absorptive Coating	Graded Al-N/Al		
	Absorptance	>92% (AM1.5)		
	Emittance	<8% (80°C)		
	Vacuum	P<5x10 ⁻³ Pa		
	Stagnation Temperat	ur>200°C		
	Heat Loss	<0.8W/(m ² .K)		
	Maximum Strength	0.8 MPa		
Condenser	shell and tube with ei	ght two passes tubes		
	copper coil with 15m	length and 3/8" outer		
Evaporator	diameter immersed i	diameter immersed in a tank of water of		
	(37cm diameter, and	(37cm diameter, and 50cm height)		
	with a capacity of 53	liters		

 Table1. Characteristics of Solar collector, Evaporator and the Condenser.

 Table2. List of instrumentation used.

Part	Device and Specification
T ₁ -T ₈	Thermocouple (T-type)
P ₁ ,P ₂	Bourdon Tube pressure gauge
F ₂ ,F ₃	Flow meter (rotameter)
W	Digital power meter model DW-6163
Р	Kipp and Zonen class one pyranometer model CMP22



BatchHeavy MetalsBiosorption by Punica granatum Peels: Equilibrium andKinetic Studies

Ahmed A. Mohammed Assistant Professor College of Engineering- University of Baghdad Email: ahmed.abedm@yahoo.com Lahieb Faisal M. Ali

College of Engineering-University of Baghdad Email: <u>rose.eng6482@gmail.com</u>

ABSTRACT

This research was conducted to study the feasibility of using fruit peels as biosorbent for removal of Pb⁺², Cu⁺² and Zn⁺² ions from simulated wastewater. A waste biomass of Pomegranate Peel or Punicagranatum L. (P. granatum L.) was chosen as neutral biosorbent in this study.Fourier transformation infrared (FTIR) was used to characterize the surface of PGP, the results confirm that amino, carboxylic, hydroxyl and carbonyl group on the surface of PGP. Different parameters such as initial concentration range between (25-200) mg/L, pH (3-7), contact time (1-2) hour, amount of sorbent (0.1- 4) gm, agitation speed range (200- 500) rpm and temperature (25- 50°C), influencing the sorptive process were examined. Sorption equilibrium isotherm and kinetic data fit well by the Langmuir isotherm and the pseudo-second-order kinetic model, respectively. Sorption processes were spontaneous and exothermic in nature according to the thermodynamic results and the equilibrium was attained within 60 minute. The amount of sorbed metal ions was calculated as 9.9, 9.5 and 7.75 mg/g dry PGP for Pb⁺², Cu⁺² and Zn⁺²ions, respectively, at pH 5; temperature 25°C; contact time 1hr and 4 gm of peels.

Keywords: heavy metals; wastewater; sorption; PGP; kinetics.

لهيب فيصل محيسن

احمد عبد محمد

كلية الهندسة \جامعة بغدادكلية الهندسة \جامعة بغداد

الخلاصه

أجري هذا البحثلدر اسة إمكانية استخدامقشور الفاكهة كوسط ماز لإز الة المعادن الثقيلة. في هذه الدراسة تم اختيار قشرة ثمرة الرمان كوسط طبيعي لأمتز از عناصر النحاس و الرصاص و الخارصين من مياه الصرف الصحي المحاكاة. و قد تم أو لا اجراء فحص التحليل الكيفي لقشرة ثمرة الرمان باستخدام جهاز الأشعة تحت الحمراء لغرض دراسة المركبات الكيميائية و المركبات المؤكسدة و معرفة المجموعات الفعالة للمركبات العضوية مثل المجموعات الأمينية، الكربوكسيلية، الهيدروكسيل و الكربونيل. كما تمت دراسة العوامل المؤثرة على عملية الأمتز از مثل قيمة الدالة الحامضية (4- 5), كمية القشور المستعملة (0.1- 4) غم التر , زمن التماس بين المادة الممتزة و السطح الماز (1- 2) ساعة التركيز الأولي للعناصر الملوثة (25- 50) ملغم التر ,سرعة الأهتزاز رو02- 500) دورة لكل دقيقة و درجة الحرارة (25- 50) درجة مئوية. تم تحليل البيانات الناتجة من عملية الأمتزاز والكل لانكمير و فريندلج. أظهرت النتائج أن موديل لانكمير هو المفضل أكثر لامتزاز أيونات النحاس و الرصاص و الخارصين على سطح قشرة ثمرة الرمان مقارنة بموديل فريندلج تحت نفس الظروف وتم اختبار البيانات الحركية من الدرجة الأولى و الثانية وتبين انها ملائمة مع الدرجة الثانية اكثر من ملائمتها مع الدرجة الأولى للنظام المفرد. وكانتعمليات الامتزاز تلقائيةوذات طابع طاردة للحرارة وفقا لنتائجالحراريةوقد تحققالتوازنفي غضون 60دقيقة. تم ايجاد السعة القصوى للأمتزاز للنظام المفرد ليكون (9.9 و 9.5 و 7.75) ملغم \ غم لكل من الرصاص و النحاس و الخارصين على التوالى النتائج تشير الى ان قشرة الرمانيمكن استخدامه بكفاءة عالية لإزالة المعادن الثقيلة من المياه

الكلمات الرئيسية: المعادن الثقيلة؛ مياه الصرف؛ الامتزاز؛ قشور الرمان؛ حركية.

1. INTRODUCTION

As a result of industrial activities and technological development, the amount of heavy metal ions discharged into streams and rivers by industrial and municipal wastewater have been increasing incessantly. Heavy metals are member of a loosely-defined subset of elements that exhibit metallic properties, which mainly includes the transition metals, some metalloids, lanthanides, and actinides. Heavy metals such as copper, lead and zinc are main toxic pollutants in industrial wastewater, and they also become major surface and ground water contaminants. Heavy metals are discharged by various industries such as metal purification, metal finishing, chemical manufacturing, mining operations, smelting, battery manufacturing, and electroplating, lssabayeva et al., 2010. Removal of heavy metals from industrial wastewater is of primary importance because they are not only causing contamination of water bodies and are also toxic to many life forms. During the last years, increasing attention has been focused on the separation, pre- concentration and/ or determination of the trace heavy metal ions in the environment. The removal of these hazardous materials may be performed using various techniques, including chemical precipitation, electro coagulation, solvent extraction, ion exchange, membrane filtration, adsorption, and flotation separation processes. Of these, adsorption has proved to be an effective technique, but it may suffer from economic limitations owing to difficulties encountered in separating sorbent from suspension in order to be regenerated, Lu and Gibb, 2007. Therefore, attempts have been made to develop separation techniques.In recent years, special attention has been focused on the use of natural sorbents as an alternative to replace the conventional adsorbents, based on both the environmental and economical points of view. Natural materials that are available in large quantities, or certain waste products from industrial or agriculture operations, may have potential as an inexpensive sorbents. Due to their low cost, when these materials are at the end of their lifetime, they can be disposed without expensive regeneration. The abundance and availability of agricultural by- products make them good source of raw materials for natural sorbents, Hanan et al., 2010. Although the adsorption of heavy metals by activated carbon is another powerful technology; its high cost has prevented its application at least in developing countries. Alternatively, some low cost biomass, such as rice husk, coconut shell, hazelnut shell, walnut shell, cotton seed hull, Bagasse pitch, tea factory waste, etc., Sudet et al., 2008; Wasewaret et al., 2008, are being paid more attention to recently.

Those biomass seem to be viable option for heavy metal removal because of their economic and eco-friendly traits due to natural chemical composition, availability in abundance, low cost, high efficiency of heavy metals removal from diluted solutions, regeneration of the bio-adsorbent, and the possibility of metal recovery, **Altun et al.**,

2007. In this paper, Pb^{+2} , Cu^{+2} and Zn^{+2} ions were chosen as a model pollutant in simulated waste water to carry out an investigation on pomegranate peel sorption action. In order to understand the nature of the sorption, equilibrium isotherms, kinetic data, and thermodynamic parameters have been evaluated.

2. EXPERIMENTAL

2.1 Materials

Analytical grade reagents were used in experimental studies. Copper Sulfate pent hydrated (CuSO₄.5H₂O), Lead Nitrate (Pb (NO₃)₂) and Zinc Chloride (ZnCl₂) from (E. MERK, Denmark) were used for preparing synthetic solutions. The properties of metal salts are given in **Table 1**.pH adjustments were carried out by using 0.1N HCl and 0.1N NaOH. Pomegranate peel was used as a biosorbent for the removal of heavy metals. Pomegranate peel was washed with tap water then distilled water, dried at 105°C for 24 hours in the oven to remove the moisture content until constant weight. The dried peel was milled and sieved, and particles sizes 0.6 mm were selected for investigation in order to obtain more homogenous particle size.

2.2 Apparatus

GBC933 plus Atomic Absorption Spectrometer AAS (GBC scientific equipment Pty Ltd commenced operations in 1978) was used to measure concentrations of soluble copper, zinc and lead. Batch experiments were carried out in Lap Mixer (Cole Parmer, USA).wtw series ion lab pH-meter used for pH measurements.

2.3 Sorption Experiments

Batch sorption experiments have been carried out to find the optimum pH, contact time, and equilibrium isotherms. 2 L flask was employed. The procedure involved filling the flask with 1 L of heavy metal ions solution of (25 - 200) ppm. About (0.1-4) g of adsorbent was added into flask, adsorbents and solution dumped into a flask and mixing at (200-500) rpm mixer speed, the solution and adsorbents allowed for equilibrium in the mixer. Experiments were carried out at initial pH values ranging from 3 to 7; suitable aliquots were analyzed by Atomic Absorption Spectrometer (AAS). The percent removal of sorptive (%) was calculated using Eq. (1).

$$Removal \% = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100 \tag{1}$$

Where C_i and $C_f(mg/L)$ are initial and final concentrations of heavy metal ions.

2.4 Sorption Isotherms

Sorption isotherms are very important tools for the analysis of sorption process. Establish the relationship between the equilibrium concentration and the amount of adsorbate adsorbed by the unit mass of adsorbent at a constant temperature, **Sevgi, 2007**. Langmuir and Freundlich isotherms models are widely used to investigate the sorption process. The model parameters can be construed further, providing understanding on sorption mechanism, surface properties and an affinity of the adsorbent, **Pehlivan and Altun, 2006**.



2.4.1 Langmuir isotherm model

The Langmuir adsorption model is valid for single-layer adsorption. It is based on the assumption that maximum adsorption corresponds to a saturated monolayer of solute molecules on the adsorbent surface, that the energy of adsorption is constant, and that there is no transmigration of adsorbate in the plane of the surface, **Lucas and Cocero**, **2004**. The Langmuir isotherm equation is:

$$\begin{array}{l}
q_e \\
= \frac{q_m b C_e}{(1 + b C_e)}
\end{array}$$
(2)

The linear form of Eq. (2) is:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{bQ_0} + \frac{C_e}{Q_0} \tag{3}$$

Where: q_e is the sorbed metal ions on the biomass (mg/g), q_m is the maximum sorption capacity for monolayer coverage (mg/g), b is the constant related to the affinity of the binding site (L/mg), and C_e is metal ions concentration in the solution at equilibrium (mg/L). The Langmuir isotherm is used most frequently to describe the adsorption isotherm which is limited by the assumptions of uniform energies of adsorption on the surface of adsorbent.

2.4.2 Freundlich isotherm model

Freundlich equation is derived to model the multilayer sorption and for the sorption on heterogeneous surfaces. The Freundlich isotherm theory says that the ratio of the amount of solute adsorbed onto a given mass of sorbent to the concentration of the solute in the solution is not constant at different concentrations, **Zhihuiet et al.**, 2009. The equation may be written as:

$$q_e = K C_e^{1/n} \tag{4}$$

The linear form of Eq. (4) is:

$$logq_e = logK + \frac{1}{n}logC_e \tag{5}$$

Where: Kis the constant indicative of the relative adsorption capacity of the adsorbent (mg/g). 1/n is the constant indicative of the intensity of the adsorption. Both K and n are constants, being indicative of the extent of adsorption and the degree of non-linearity between solution and concentration, respectively. The linear Freundlich plots are obtained by plotting log q_e versus log C_e from which the adsorption coefficients.



2.5 Sorption Kinetics

The kinetics describes the solute uptake rate which in turn controls the residence time of sorbate uptake at the solid-solution interface. Therefore, it is important to be able to predict the rate at which sorbate is removed from aqueous solutions in order to design appropriate sorption treatment processes, **Puraniket**, et al., 2005. The sorption kinetics, thus, constitute a major principle in the determination of the interest of sorption processes. Two kinetic models such as the Lagergren-first order, pseudo-second-order used to describe the biosorption kinetics. The Lagergren-first order kinetic model equation, **Lagergren**, 1989, is:

$$ln(q_{eq} - q_t) = ln q_e - k_1 t \tag{6}$$

The Pseudo-second order reaction kinetic can be expressed as, Ho and Mckay, 1999:

$$\frac{t}{q_t} = \left(\frac{1}{k_2 q_{eq}^2} + \frac{t}{q_{eq}}\right) \tag{7}$$

Where q_{eq} is the amount of metal sorbed at equilibrium (mg/g); q_t is the amount of metal sorbed at time t (mg/g); and k_1 is the equilibrium rate constant of pseudo first sorption (1/min) and k_2 is the pseudo-second order rate constant (g/mg h).

2.6 Thermodynamic Study

The amounts of sorption of single metal ions by Pomegranate peel (PGP) were carried out at temperatures of 25° C, 40° C and 50° C. Thermodynamic parameters were calculated for the system by using the equation, **Khanet**, et al., 1995:

$$lnK_d = \left(\frac{\Delta S}{R}\right) - \left(\frac{\Delta H}{RT}\right)$$
(8)

Where K_d is the distribution coefficient; ΔH , ΔS , and T the enthalpy, entropy, and temperature in Kelvin, respectively; R is the gas constant. Gibbs free energy (ΔG) was calculated using the following equation, **Colaket et al.,2009:**

$$\Delta G^{\circ} = \Delta H^{\circ} - \Delta S^{\circ} T \tag{9}$$

The thermodynamic parameters, Gibbs free energy change ΔG^0 , standard enthalpy change ΔH^0 , and standard entropy change ΔS^0 used to understand the effect of temperature on the biosorption, **Hasanyet**, et al.,2002. The Gibbs free energy indicates the degree of spontaneity of the adsorption process, where more negative values reflect a more energetically favorable adsorption process, **Colaket et al.,2009**. The decrease in the value of the free energy with increase in temperature indicates that the biosorption process is endothermic and it is thereby favored with increase in temperature. While the increase in the value of the free energy with increase in temperature indicates that the biosorption process is exothermic and it is thereby favored with decrease in temperature, **Hasanyet**, et al.,2002.



2.8 Modified of natural sorbent

In general, chemically modified agricultural waste peels exhibit higher biosorption capacities than unmodified forms. Numerous chemicals have been used for modifications which include mineral and organic acids, bases, oxidizing agent, organic compounds, etc., agriculture peel or husk in its natural state contains a high proportion of cellulose, hemicelluloses, lignin and mineral ash, Wan, et al., 2007, and this cellulosic surface will becomes partially negatively charged when immersed in water and hence, produce columbic interaction with cationic species in water, Laszlo, et al., 1994 and Baig et al., **1999** studied on the binding of Pb^{+2} , Cu^{+2} , Ni^{+2} , Cd^{+2} , Zn^{+2} , Cr^{+2} and Cr^{+2} ions to the COOH) are responsible to some extent for the binding of metal ions. This means that metal binding can be enhanced by increasing the number of carboxylate ligands in the biomass. In this review, some of a fine powder of pomegranate peel was treated with sodium hydroxide (0.1 M) to improve the biosorption capacities to copper, lead, and zinc ions. 10 gm of dried PGP soaked in solution 50 mL NaOH (0.1 M) for 4 hr. by filtration, the sodium hydroxide modified Pomegranate peel (MPGP) was washed with distilled water until the pH value of the solution reached 7.0, and then dried. This (MPGP) is tested in sorption stage.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 FTIR Result

In order to understand the possible biosorbent- metal ion interactions, it is essential to identify the functional groups present on the biomass involved in this process. The main effective binding sites can be identified by FTIR spectral comparison of the biosorbent, copper (II) ions- loaded biosorbent, lead (II) ions- loaded biosorbent, and zinc (II) ions-loaded biosorbent. Biosorbent were examined using (SHIMADZO FTIR, 800 series spectra- photometer).All samples were analyzed in the laboratory of Ibn Sina/ college of science/ University of Baghdad.Three flasks of 250 ml were filled with 100 ml of each metal solution 50 mg/L and 1gm of dried Pomegranate peel (PGP). The flasks were then placed on a shaker and agitated continuously for 3hr at 200 rpm. Samples of each flask were dried in oven at 50 C⁰ for 48 hr., from **Fig.1**. The FTIR spectral indicates the presence of amino, carboxylic, hydroxyl and carbonyl groups. Contribution of each functional group in this process is summarized in Table 2. Pb⁺² have greatest changes in the peak values of bands than Zn⁺² and Cu⁺², while Zn⁺² was the lowest one. It can be concluded that functional groups of PGP biomass prefers Pb⁺² than other metals.

3.2 Effect of pH

The pH is an important factor affecting the removal of metal ions from aqueous solutions. Dependence of metal sorption on pH is related to both the metal chemistry in the solution and the ionization state of functional groups of the adsorbent which affects the availability of binding sites, **Heidari, et al., 2009.** In order to evaluate the influence of pH on sorption of the metal ions, the experiments were carried out in the pH range of 3-7 for Pb⁺², Cu⁺² and Zn⁺² ions. The pH ranges were chosen as mentioned ranges in order to avoid precipitation of metal ions in the form of metal hydroxides, initial metal concentration 50 mg/L, adsorbent dose 4 g/L, at 25° C. The effect of pH on removal

efficiencies is shown in **Fig.2**, the percentage sorption increases with increase in pH. The minimum sorption was observed at low pH. This behavior may be due to the fact that the presence of higher concentration and higher mobility of H^+ ions favored sorption compared to M (II) on the other hand in the acidic medium due to high solubility and ionization of metal ions. The surface of the adsorbent becomes more positively charged at high H^+ concentration such that the attraction between adsorbents and metal cations is reduced. In reverse with increase in pH the negatively charged surface area becomes more thus facilitating greater metal removal and then at very high pH also the percentage removal decreases, Onundiet, et al., 2010. The maximum sorption was observed within the pH range 4 to 7 which might be due to partial hydrolysis of metal ions. Further increase in pH i.e., above 7 of the solution causes precipitation of metal ions on the surface of the adsorbent by nucleation. To achieve high extraction efficiency without metal hydroxide precipitation, pH of 4.0 for Pb^{+2} and pH of 5.0 for Cu^{+2} and Zn^{+2} were selected for subsequent experiments. Similar optimum pH value was also reported for sorption of Cu⁺²ions by other natural materials, such as sunflower leaves used in the investigation of Benaïssa and Elouchdi, 2006, rubber leaves in the study carried out by Ngah and Hanafiah, 2007, orange peel utilized in the study by Liang and Tian, 2010.

3.3 Effect of Contact Time

The removal of metal ions $(Cu^{+2}, Pb^{+2}, and Zn^{+2} ions)$ from aqueous solution was studied as function of contact time in the time interval (0-120) min at 50 mg/L initial metal concentrations, pH (4-5), 4g/L adsorbent, and room temperature. The effect of contact time on removal of metal ions is shown in **Fig. 3**, it was observed that the rate of metal ions removal was higher at the beginning until 60 min and, after that, the sorption rate become practically very slow and after 120 min. it starts decreasing. The difference in the degree of sorption may be due to the existence of greater number of sorbent sites available for the sorption of metal ions. As the remaining vacant surface sites decreasing, the sorption rate slowed down due to the formation of repulsive forces between the metals on the solid surface and in the liquid phase, the same behavior was noticed by **Qassim, 2013.** Based on these results 60 min was considered as the optimum time for the rest of the experiments.

3.4 Effect of Pomegranate Peel Dose

The effect of sorbent dose on the removal of metal ions was studied using PGP concentrations of 0.1-4 g/L by shaking 500 rpm with 50 mg/L of $(Cu^{+2}, Pb^{+2}, and Zn^{+2})$ ions) concentrations for 1 hr, at 25°C, and pH (4- 5). The results are shown in **Fig.4**. It was found that the retention of metals increased with increasing amount of sorbent dose up to 4 g/L this value was taken as the optimum amount for other trials. Sorption of metal ions was increased as the sorbent amount increased. The results were expected because for a fixed initial metal concentration, increasing adsorbent amount provides greater surface area or sorption site, **Heidariet et al., 2009.** The removal efficiency of Pb⁺² is higher than that of Cu^{+2} and Zn^{+2} . This may be due to the physical and chemical properties of lead to be more favorable to be adsorbed than zinc and copper. This could be explained on the basis of ionic radii. Ionic radii of Pb, Cu, and Zn are 1.54, 1.45, and 1.42°A, respectively. Pb⁺² having higher ionic radii, therefore, the Pb⁺² ions will be removed more efficient. Furthermore, the molecular weight of Pb⁺², Cu⁺², and Zn⁺² are



331.2, 249.70, and 136.28 respectively. As the uptake related to the molecular weight of metals and as the molecular weight increases the uptake rate increases and Pb^{+2} having higher molecular weight, **Nawar**, 2012.

3.5 Effect of Initial Metal Concentration

The initial concentration of Pb^{+2} , Cu^{+2} , and Zn^{+2} ions provides an important driving force to outweigh all mass transfer resistance of metal between the aqueous and solid phases. Removal of these ions for various initial concentrations (25 to 200 mg/L) by PGP dose (4g/L) at 60 min contact time and at pH (4-5) have depicted in the **Fig.5**. The percentage removal of copper increased 9.8% to 79%, for lead 20.13% to 83.3%, and 4.43% to 68% for zinc, with decrease in initial concentration from 200mg/L to 25 mg/L. According to **Kumar et al., 2010**, at lower metal ions concentration, the percentage uptake was higher due to larger surface area of sorbent being available for sorption. When the concentration of metal ions became higher, the percentage removal decreased since the available sites for sorption became less due to saturation of sorption sites. At a higher concentration of metal ions, the ratio of initial number of moles of metal ions to the sorption sites available was higher, resulting in lower sorption percentage.

3.6 Effect of Temperature

In order to investigate the effect of temperature on metal sorption onto (PGP) in a single component systems, experiments were carried out with initial concentrations of Pb^{+2} , Cu^{+2} , and Zn^{+2} ions of 50 mg/L at 60 min. contact time and 4 g/ L Pomegranate peel at best pH for each metal, at temperature range (25, 40 and 50 °C) and a constant stirring speed of 500 rpm. The results are plotted in **Fig.6** for copper, zinc and lead respectively. From this figure it can be seen that sorption decrease with increasing temperature, suggesting that the process is exothermic in nature. The removal efficiency of copper decreased from 74% to 33.18%, zinc from 62% to 29.36%, and lead decreased from 76% to 50.5% with increasing temperature from 25 to 50 °C. The same behavior was noticed by **Mabrouk and Mourad, 2010** for Pb(II) adsorption by Tunisian clay, **Sha et al.,2010** for Cu (II)adsorption by orange peel, **Tushar and Dustin, 2011** for Zn (II) adsorption by natural Bentonite. The explanation of this behavior due to fewer active sites is available on the surface of adsorbents or due to the mobility of metal ions in the solution increases with increase in temperature, **Liang et al., 2010.Table 3** summarizes the distribution coefficients from a series of batch experiments at different temperatures.

3.6.1 Thermodynamic study

The amounts of sorption of Pb⁺², Cu⁺², and Zn⁺² ions by Pomegranate peel (PGP) were carried out at temperatures of 25 °C, 40 °C and 50 °C. The thermodynamic parameters such as ΔG° , ΔH° and ΔS° , describing lead, copper and zinc ions uptake by PGP, were calculated using the thermodynamic equations described in section (2.6). The values of enthalpy and entropy were obtained from the slope and intercept of lnK_d versus 1000/T **Fig. 7**. The distribution coefficients and thermodynamic parameters (Gibbs free energy change ΔG° , standard enthalpy change ΔH° , and standard entropy change ΔS°) for the sorption of metal ions on Pomegranate peel (PGP) at different temperature are given in **Table 4**. The negative values of ΔG all studied temperatures indicated that sorption process is spontaneous. The negative value of ΔH , indicating the exothermic nature of the



process, which further explain the fact that sorption efficiency decreased with the increase of temperature. The positive value of Δ Sindicatesan increase in randomness at the solid/solution interface during the biosorption of Pb⁺², Cu⁺², and Zn⁺² ions Pomegranate peels.

3.7 Sorption Isotherm Parameters

The calculated parameters of the Langmuir, Freundlich isotherms (section 2.4) for the sorption of copper, lead and zinc onto P. granatum L. peels are listed in **Table 5**. The Langmuir model described the sorption data slightly better than Freundlich model depending on the value of correlation coefficients.

3.8 Sorption Kinetic Parameters

The Lagergren first-order, pseudo-second-order diffusion models have been applied for the experimental data to analyze the sorption kinetics of Pb^{+2} , Cu^{+2} , and Zn^{+2} ions (section 2.5). The slopes and intercept of ln (q_e-q_t) versus t plot **Fig. 8a** were used to determine the pseudo first order rate constants (k_1) and q_e , compiled in Table 6 along with correlation coefficients (R^2) values. A plot of t/qt versus **Fig. 8b** was used to determine the pseudo-second-order rate, constant k_2 and q_e values from the slope and intercept, **Table 6**. The values of correlation coefficient (R^2) indicate a better fit of pseudo- second- order model with the experimental data compared to pseudo- first- order model. The values of q_e calculated from the second order kinetic model agreed very well with the experimental values, and the regression coefficients are over 0.956. Therefore, the second-order model can be applied for Cu^{+2} , Pb^{+2} and Zn^{+2} ions sorption process. The first- order kinetic model was used for reversible reaction with an equilibrium being established between liquid and solid phases. Whereas, the second order kinetic model assumed that the rate limiting step may be chemical sorption, **Yuaet et al., 2009.**

3.9 Results of Modification PGP

In order to investigate the effect of treated sorbent on removal of Pb^{+2} , Cu^{+2} , and Zn^{+2} ions; 1L of 50 mg/L (for each individual ions) metal solution was used. The experiments were performed in pH range 4-5; the treated PGP 4 g; contact time 2hr and stirred speed 500rpm. The effect of treated PGP on removal efficiency is shown in the **Fig. 9**. An increase of percentage removal of lead, copper, and zinc ions were obtained after modification of the sorbent, the removal percentage in raw material reached 78%, 76%, and 62%, whereas in treated material it reached 95.78%, 85.7%, and 70% for Pb, Cu, and Zn, respectively. This could be attributed to impurities of treated adsorbents, which could be removed by modification and more exchangeable surface area becoming available, **Hananet et al., 2010.**

4. CONCLUSIONS

The following results have been obtained:

1. According to the experimental results, PGP seems to be an effective, low cost and alternative adsorbent precursor for the removal of heavy metal ions from aqueous solutions.



- 2. The equilibrium isotherm data showed that pH value plays an important factor in the sorption efficiency. The best pH values for removal were (4- 5) for copper, zinc and lead.
- 3. The linear Langmuir and Freundlich isotherms were used to represent the experimental data and the data could be relatively well interpreted by Langmuir isotherms.
- 4. The sorption processes for copper (II), zinc (II), and lead (II) ions are spontaneous since the calculated standard Gibbs free energy values are all negative. The negative values of Δ Hsuggest that the nature of sorption is exothermic.
- 5. The experimental data showed that the sorption of three metals well fitted the pseudo-second-order kinetic model.
- 6. An increase in the sorbent dosage (0.1- 4 gm) resulted in higher metal ions removal efficiency and by increasing the sorbent dosage the contact time that required to reach equilibrium decrease.
- 7. The results of FTIR analysis showed that Pb^{+2} made a greater change in the functional groups of PGP biomass revealed high affinity of PGP toward this metal, the wave numbers of the amino and hydroxyl groups on the biosorbent were changed after the biosorption of Cu^{+2} , Pb^{+2} and Zn^{+2} ions due to the interaction between biosorbent and these metals.
- 8. The usability of P. granatum L. peels was also examined in the simulated wastewater samples after treated with NaOH (0.1M). The results indicate that the sorption yields for Cu^{+2} , Pb^{+2} and Zn^{+2} ions are very high. The modification enhanced the sorption efficiency by about (18%).

REFERENCES:

- Altun, T., Pehlivan, E., 2007, Removal of Copper (II) Ions from Aqueous Solutions by Walnut-, Hazelnut- And Almond-Shells, Clean-Soil Air Water Vol. 35, PP. 601–606.
- Baig, T.H., Garcia, A. E, Tiemann, K. J, Gardeatorresdey, J.L., 1999, Adsorption of Heavy Metal Ions by the Biomass of Solanumelaeagnifolium(Silverleaf nightshade), [C]//ERICKSON L.E. Proceedings of the 10th Annual EPA Conference on Hazardous Waste Research. Washington DC: USA Environmental Protection Agency, PP. 131-142.
- Benaïssa, H., and Elouchdi, M.A., 2006, Removal of Copper Ions from Aqueous Solutions by Dried Sunflower Leaves, Chemical Engineering and Processing, Vol. 46, No. 7, PP. 614-622.
- Colak, F., Atar, N., and Olgun, A., 2009, Biosorption of Acidic Dyes from Aqueous Solution by Paenibacillusmacerans: Kinetics, Thermodynamic and Equilibrium Studies, Chem. Eng. J., Vol. 150, No. 1, PP. 122-130.
- Hanan, E.O., Rehman, K.B., and Hanan, F.A., 2010, Usage of Some Agricultural by- Products in the Removal of Some Heavy Metals from Industrial Wastewater, Journal of phytology, Vol. 2, No. 3, PP. 51-62.
- Hasany, S.M, Saeed, M.M, Ahmed, M., Radioanal, J., 2002, Sorption and Thermodynamic Behavior of Zinc (II)-Thiocyanate Complexes Onto Polyurethane Foam from Acidic Solutions, Nucl. Chem., Vol. 252, No. 3, PP. 477-484.



- Ho, Y.S., McKay, G., 1999, Pseudo-second order model for sorption processes, Process, Biochem.Vol. 34, PP. 451–65.
- Khan, S.A., Rehman, R., Khan, M.A., 1995, Adsorption of chromium (II), chromium (VI) and silver (I) on bentonite, Waste Mange, Vol. 15, No. 4, PP. 271-282.
- Kumar, P.S. and Kirthika, K., 2010, *Kinetics and equilibrium studies of Zn⁺² ions removal from aqueous solutions by use of natural waste*, Electronic Journal of Environmental, Agriculture and Food Chemistry, Vol. 9, No. 1, PP. 262-274.
- Issabayeva,G., Aroua, M.K., Sulaiman, N.M., 2010, Study on palm shell activated carbon adsorption capacity to remove copper ions from aqueous solution, Desalination, Vol. 262, PP. 94-98.
- Lagergren, S., 1989, About the theory of so-called adsorption of soluble substances, Kung Seventeen Hand, Vol. 24, PP. 1–39.
- Laszlo JA, Dintzis FR, 1994, Crop residues as ion-exchange materials: Treatment of soybean hull and sugar beet fiber (pulp) with epichlorohydrin to improve cation-exchange capacity and physical stability, J.Appl. Polym. Sci. Vol. 52, PP. 531-538.
- Liang, S., Guo, X., Feng, N., and Tian, Q., 2010, Isotherms, Kinetics and thermodynamic studies of adsorptions by Mg⁺²/K⁺ type orange peel adsorbents, Journal of Hazardous Materials, Vol. 174, No. 1, PP. 756-762.
- Lucas, S., and Cocero, M. J., 2004, Adsorption isotherms for Ethyllacetate and Furfural on activated carbon from Supercritical Carbon Dioxide, Fluid Phase Equilbria, Vol. 219, No. 2, PP. 171-179.
- Lu, S. and Gibb, S.W., 2007, Copper removal form wastewater using spent-grain as biosorbent, Bioresource Technology, Vol. 99, PP. 1509-1517.
- Mabrouk E., and Mourad, B., 2010, Efficiency of natural and acid-activated clays in the removal of Pb (II) from aqueous solutions, Journal of Hazardous Materials, Vol. 178, PP. 753–757.
- Nawar, F.H., 2012, Removal of Heavy Metals from Synthetic Wastewater by Ion Exchange Method, M. Sc., thesis, College of Engineering, University of Baghdad.
- Ngah, W.S.W. and Hanafiah, M.A.K.M., 2007, Adsorption for copper on rubber (Heveabrasiliensis) leaf powder: kinetic, equilibrium and thermodynamic studies, Biochemical Engineering Journal, Vol. 39, No. 3, PP. 521-530.
- Onundi, Y.B., Mamun, A.A., Al Khatib, M.F., Ahmed, Y.M., 2010, Adsorption of copper, nickel and lead ions from synthetic semiconductor industrial wastewater by palm shell activated carbon, Int. J. Environ. Sci. Tech., Vol. 7, No. 4, PP. 751-758.
- Pehlivan, E., and Altun, T., 2006, The study of various parameters affecting the ion exchange of Cu⁺², Zn⁺², Ni⁺², Cd⁺², and Pb⁺² from aqueous solution on Dowex 50W synthetic resin, Journal of Hazardous Materials, Vol. 134, PP. 149 – 156.



- Puranik, P.,Modak, J., Paknikar, K., 2005, A comparative study of the mass transfer kinetics of metal biosorption by microbial biomass, Hydrometallurgy, Vol. 52, No. 2, PP. 189–197.
- Qassim, F.M., 2013, Removal of Heavy Metal from water by Sorptive Flotation, M.Sc., thesis, College of Engineering, University of Baghdad.
- Sevgi K., 2007, Comparison of Amberlite IR120 and dolomite performances for removal of heavy metals, Journal of Hazardous MaterialsVol. 147, PP. 488-496.
- Sud, D., Mahajan, G., Kaur, M.P., 2008, Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions – a review, Bioresour, Technol. Vol. 99, PP. 6017–6027.
- Sha, L., Xueyi G., Ningchuan, F., and Qinghua, T., 2010, *Isotherms, kinetics and thermodynamic studies of adsorption of* Cu^{2+} *from aqueous solutions by* Mg^{2+}/K^+ *type orange peel adsorbents*, Journal of Hazardous Materials, Vol. 174, No. 1-3, PP. 756–762.
- > Tushar, K.S., and Dustin, G., 2011, Adsorption of zinc (Zn^{+2}) from aqueous solution on natural Bentonite, Desalination, Vol. 267, No. 2-3, PP. 286–294.
- Wan Ngah WS, Hanafiah M., 2007, Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically plant wastes as adsorbent: A review, Biores. Technol. Vol. 99, PP. 3935-3948.
- Wasewar, K.L., Atif, M., Prasad, B., Mishra, I.M., 2008, Adsorption of zinc using tea factory waste: kinetics, equilibrium and thermodynamics, Clean-Soil Air Water, Vol. 36, PP. 320–329.
- Yua, Z., Qia, T., Qua, J., Wanga, L., and Chua, J., 2009, Removal of Ca (II) and Mg (II) from potassium chromate solution on Amberlite IRC 748 synthetic resin by ion exchange, Journal of Hazardous Materials, Vol. 167, PP. 406-412.
- Zhihui Yu, Tao Qi, JingkuiQu, Lina Wang, Jinglong Chu, 2009, Removal of Ca (II) and Mg (II) from Potassium Chromate Solution on Amberlite IRC784 Synthetic Resin by Ion
- Exchange, Journal of Hazardous Materials, Vol. 7, No. 2, PP. 395-399.

Property	Lead nitrate Pb(NO ₃) ₂	Copper sulfate CuSO ₄ .5H ₂ O	Zinc chloride ZnCl ₂
Molar mass g/mol	331.2	249.70	136.28
Atomic weight g/mol	207.2	63.546	65.208
Appearance	White crystals	Blue	White crystals
Density g/cm ³	4.53	2.284	2.907

 Table 1.Properties of metal salts.



Figure 1. FTIR spectrums of PGP (black line) raw PGP, (blue line) Pb loaded PGP, (green line) Cu loaded PGP, and (red line) Zn loaded PGP.

Wave number before sorption cm ⁻¹	Assignment groups	After sorption of Cu ⁺² cm ⁻¹	After sorption of Pb ⁺² cm ⁻¹	After sorption of Zn ⁺² cm ⁻¹
3406.00	Carboxylic, Amides, Amine	3429.43	3452.58	3406.29
3387.00	Carboxylic acid, Amides	3336.85	3387.00	3363.86
3066.82	Carboxylic acid, Hydroxyle, Alkenes	3059.10	3059.10	3059.10
2927.94	Carboxylic acid	2924.09	2927.94	2927.94
1732.08	Carboxylic	1732.08	1735.93	1724.36
1627.92	Carboxylic, Hydroxyle, Alkanes	1627.92	1627.92	1624.06
1508.38	Carboxylic	1512.19	1508.33	1512.19
1365.60	Nitro groups	1365.60	1365.60	1365.60
1330.88	Nitro groups	1330.88	1330.88	1330.88
1234.44	Carboxylic acid	1234.44	1230.58	1234.44
1157.29	Carboxylic acid	1153.43	1157.29	1157.29
1041.56	Carboxylic acid	1049.28	1045.42	1042.13
875.86	Aromatic	879.54	865.39	887.28

Table 2.Function groups before and after PGP biomass loaded with Cu (II), Pb (II) and
Zn (II) ions in single systems.



Figure 2. Effect of pH on the removal of Cu^{+2} , Pb⁺², and Zn⁺²ions using Pomegranate peel (W=4 g/L; T=25°C;C_i= 50 mg/L; rpm =500).



Figure 3. Effect of contact time on the removal of Cu⁺², Pb⁺², and Zn⁺²ions using Pomegranate peel (W=4 g/L; pH 4-5; T=25°C;C_i= 50 mg/L; rpm =500).



Figure 4: Effect of PGP dose on the removal of Cu^{+2} , Pb^{+2} , and Zn^{+2} ions (pH 4-5; T=25°C;C_i = 50 mg/L; rpm =500)





Figure 5.Effect of initial metal concentration on the removal of (a) Cu⁺² (b) Pb⁺² (c) Zn⁺² ions using Pomegranate peel (pH 4-5; W=4g/L; T=25°C; rpm=500).



Figure 6. Effect of temperature on the removal of Pb^{+2} , Cu^{+2} , and Zn^{+2} ions using PGP (pH 4-5; W= 4g/L; rpm =500).





Figure 7. Distribution coefficient versus 1000/T for (a) Cu^{+2} (b) Pb^{+2} (C) Zn^{+2} ions.

Table	3.The	distribution	coefficients	at different	temperature.
-------	-------	--------------	--------------	--------------	--------------

Metal		$\mathbf{k}_{\mathbf{d}}$		\mathbf{P}^2
	298k	313k	323k	ĸ
Copper (II)	2.846154	0.860811	0.496558	0.994
Lead (II)	3.166667	1.34852	1.020202	0.978
Zinc (II)	1.631579	0.727116	0.415629	0.999

Table 4. The thermodynamic parameters for the sorption of Pb^{+2} , Cu^{+2} , and Zn^{+2} ions on Pomegranate peel (PGP).

Motol	AH (I/mal)	AS(I/mol K)	$\Delta G(kJ/mol)$			
wietai		$\Delta S(J/III01 \mathbf{K})$	298K	313K	323K	
Copper	-56.460	181.000	-53.995	-56.710	-60.330	
Lead	-37.014	114.900	-34.277	-36.001	-38.300	
Zinc	-43.582	142.086	-42.385	-44.517	-47.358	

Table 5.Parameters of the Langmuir, Freundlich isotherms for the sorption of Pb^{+2} , Cu^{+2} , and Zn^{+2} ions onto P. granatum L. peels

Model	Parameters	Copper	Lead	Zinc	Model	Parameters	Copper	Lead	Zinc
	$q_m (mg/g)$	25.925	28.969	19.175		$q_m (mg/g)$	2.427	2.339	1.824
Langmuir Eq. 2	b (l/mg)	0.0424	0.0354	0.0370	Freundlich Eq. 3	1/n	0.525	0.542	0.500
	\mathbb{R}^2	0.984	0.975	0.979		\mathbb{R}^2	0.967	0.957	0.921



Figure 8.(a) Pseudo-first-order (b) Pseudo-second-order for sorption of Cu^{+2} , Pb^{+2} , and Zn^{+2} ions using PGP (pH 4-5; W= 4g/L; T=25°C; rpm =500).

Table 6. Comparison of sorption rate constants, experimental and calculated q_e values for the pseudo-first- and –second-order reaction kinetics for component systems.

Metal	qeexperimental mg∕g	Pseudo-first-order			Pseudo-second-order		
		k ₁ 1/min	qecalculated mg/g	R^2	k ₂ g/mg.min	qecalculated mg/g	R^2
Copper	9.500	0.0550	5.841572	0.925	0.014233	9.803922	0.956
Lead	9.900	0.0500	5.11921	0.924	0.015783	10.10101	0.957
Zinc	7.750	0.0460	3.277235	0.957	0.0298	7.751938	0.984



Figure 9. Effect of modification PGP on the removal of Cu^{+2} , Pb^{+2} , and Zn^{+2} ions (pH 4-5; W= 4g/L; T=25°C; rpm =500)



Effect of Wood Flour Addition on the Pore Volume and BET Surface Area Properties of the Prepared Gamma Alumina (x-Al₂O₃₎ Extrudates Used in Catalyst Carriers

Dr. Alaa D. Jawad Al-Bayati

Lecturer Chemical Industries Department Institute of Technology Baghdad / Middle Technology University E-mail:bayati.engineer@gmail.com

ABSTRACT

 ${f T}$ he effect of Wood Flour addition to the gamma alumina powder used in the preparation of gamma alumina (x-Al₂O₃) catalyst carrier extrudates on the pore volume and BET surface area physical properties was investigated. Two parameters which are size of wood flour particles and its quantity were studied. The sizes of wood flour particles used are 150 µm, 212 µm and 500 µm and the weight percentage added to the gamma alumina powder during the preparation of the extrudates are (1%, 3%, 5% and 10%). The results showed that the addition of wood flour to the gamma alumina powder in order to get gamma alumina extrudates used as catalyst carrier is one of the successful methods to improve the pore volume and BET surface area of the alumina extrudates. The size of wood flour particles and its quantity have main effect on the above texture properties. The smaller the size of wood flour leaded to higher BET surface area, where maximum BET surface area of 127.3 m^2/g was got with addition 10% by weight wood flour of 150µm particle size. BET surface area for the same addition percentage of 10% resulted to $114.5m^2/g$ and $105.2m^2/g$ when adding wood flour of 212 µm and 500 µm particle sizes respectively. The weight percentage of wood flour addition has an effect on the BET surface area, where the 3% addition gives maximum BET surface area when the size of the wood flour particles is 500 µm. Regarding the pore volume property for the gamma alumina prepared extrudates, the results showed that the pore volume of the extrudates increased to 0.83 cm^3/g and 1.0 cm³/g when 10% wood flour of 150 μ m and 500 μ m particle sizes were added respectively. The maximum BET surface area was reached when 10% wood flour of 150 µm particle size was added, and the maximum pore volume was reached when 10% wood flour of 500 µm particle size was added, the increase percentage for the BET surface area and pore volume is more than 40% and 400% respectively.

Key words: pore volume, BET surface area, texture properties, gamma alumina extrudate.

تأثير إضافة طحين نشارة الخشب على خواص حجم المسام والمساحة السطحية نوع BET لمبثوقات الكاما ألومينا المستخدمة كحامل للعوامل المساعدة

> د. علاء ضاري جواد البياتي مدرس قسم الصناعات الكيمياوية معهد التكنولوجيا بغداد/ الجامعة التقنية الوسطي

الخلاصة

تم إجراء هذا البحث لمعرفة تأثير إضافة طحين نشارة الخشب إلى مسحوق ألكاما ألومينا (γ-Al₂O₃) المستخدم في تحضير مبثوقات الحامل للعوامل المساعدة الكاما ألومينا على خاصيه المساحة النوعية (BET) وحجم المسام . تم دراسة تأثير متغيرين وهما الكمية وحجم الدقائق لطحين نشارة الخشب المضافة الى مسحوق الكاما الومينا ، حيث تم دراسة تأثير متغيرين وهما الكمية وحجم الدقائق لطحين نشارة الخشب المضافة الى مسحوق الكاما الومينا ، حيث من متم ي متخذم في مع من الحامل للعوامل المساعدة الكاما ألومينا على خاصيه المساحة النوعية (BET) وحجم المسام . تم دراسة تأثير متغيرين وهما الكمية وحجم الدقائق لطحين نشارة الخشب المضافة الى مسحوق الكاما الومينا ، حيث تم استخدام حجوم دقائق متغيرين وهما الكمية وحجم الدقائق لطحين نشارة الخشب المضافة الى مسحوق الكاما الومينا ، حيث تم استخدام حجوم دقائق طحين النشارة بمقدار ساعدة الكاما الومينا من مسحوق الكاما الومينا ، حيث تم استخدام حجوم دقائق الحدين الم من مع من من من من معن الكاما الومينا ، حيث تم استخدام حجوم دقائق الما الما الما المالي المائ

Number 11

في تحضير العجينة لانتاج مبثوقات الكاما ألومينا كانت (1%، 3%، 5% و 10%). أظهرت النتائج إن إضافة طحين نشارة الخشب الى مسحوق الكاما الومينا عند تحضير العجينة المستخدمة لانتاج مبثوقات الكاما الومينا من اجل استخدامها كحامل للعوامل المساعدة ومن اجل تحسين خواص حجم المسام والمساحة السطحية نوع BET هي عملية ناجحة في تحسين الغواص النسيجية أعلام عند تحضير المبثوقات، وإن حجم دقائق طحين النشارة المستخدمة وكميتها لها تأثير أساسي على الخواص النسيجية أعلام عند تحضير المبثوقات، وإن حجم دقائق طحين النشارة المستخدمة وكميتها لها تأثير أساسي على الخواص النسيجية أعلام عند تحضير المبثوقات، وإن حجم دقائق طحين النشارة المستخدمة وكميتها لها تأثير أساسي على الخواص النسيجية اعلاه. كلما كان حجم دقائق طحين الخشب أصغر يؤدي إلى مساحة سطحية نوع BET أعظم ، حيث تم الحصول على أعظم مساحة للطوع مساحة القارة خشب ذات حجم مين معن معن الخواص النسيجية اعلاه. كلما كان حجم دقائق طحين الخشب أصغر يؤدي إلى مساحة سطحية نوع BET أعظم ، حيث تم الحصول على أعظم مساحة العربي العقارة (BET م²/م عند اضافة 10% وزنا نشارة خشب ذات حجم مين كان مع محيم دقائق طحين النشارة المستخدمة وكميتها لها تأثير أساسي على الحصول على أعظم مساحة العربي العربي العربي العربي الحصول على أعظم مساحة معد وزيا المساحة وزنا نشارة خشب ذات حجم الم الم المن المنادي و mm معن القوالي. إن متغير نسبة طحين نشارة الخشب المضافة له تأثير على طحين نشارة الخشب هي mm 201 و mm لمحين و 10. م²/م عند اضافة 30% وزنا نشارة الخشب المصافة له تأثير على معا يخب نشارة الخشب هي mm قدم على المساحة الحصول على مساحة عظمى عند اضافة % له طحين نشارة الخشب المضافة له تأثير على معا يخب نشارة الخشب المناة الحشون الما الميثوقات كاما الومينا المحضرة فقد أظهرت نتائج الدراسة أن حجم المام المام المسام والم المام والمامي عند نشارة المستخدما معن من ورما مالم المساحة المون المام المي وربي منام تحب ذو عجم منهام المام الميثوقات كاما الومينا المحضرة فقد أظهرت نتائج مار أحما مدولة مام المي المام الميثوقات كاما الومينا المحضرة فقد أظهرت نتاج الدراسة أن حجم المسام الميثوقات كاما الومين المحضرة فقد أظهرت نتائج الدراسة أن حجم مسام تم التوصل نوعية (10. ه 100 وريا ما 100 وريا ما 100 وريا فرم مام الم الموس نوعية (10. م 10. مام م 10. مالم ما مرم

الكلمات الرئيسية: حجم المسام، المساحة السطحية نوع BET ، الخواص النسيجية، مبثوقات الكاما ألومينا.

1. INTRODUCTION

Catalytic supports are low activity materials or totally inactive materials for most of the reactions that supported catalysts will be used for it, Derouane, et al., 2001. The size and number of pores determine the internal surface area. It is usually advantageous to have high surface area (large number of small pores) to maximize the dispersion of catalytic components. However, if the pore size is too small, diffusional resistance becomes a problem, Antos, et al., 1995. Surface area, pore volume and pore volume distribution are important properties among which strongly associated to the adsorption capacity .Large surface area and high pore volume are widely used in chemical and gas separation, medicine and catalyst while total surface area may supports the accessibility of active site relating to the catalytic activity. In addition, value of surface area is proportional to the productivity of the catalyst when adsorbent is used as catalyst support. This is because of the fact that it provides larger area per unit mass of catalyst for the chemical reaction. Micropore volume on the other hand determines adsorptive capacity and the frequency of regeneration of the adsorbent required during adsorption -desorption cycles. Obviously, adsorbents having larger micropore volume and surface area are preferred in purification and bulk separation processes, Allwar, 2012 and Vyas, 2004. Chemical reaction speed is frequently enhanced at a surface, particularly when materials like platinum are present. Thus an important use for porous materials is as a substrate and media to promote chemical reactions. However small pores are not always easily accessed by some of the organic liquids in which these catalytic reactions ideally take place, Webber, 2014. The textural properties of the alumina carrier play a major role in governing the performance of alumina based heterogeneous catalysts. The regulation of the pore size distribution in the support is of paramount importance in the development of a promising catalyst, Kumar, et al., 2001. Alumina (Al₂O₃) is a porous material and is extensively used as an adsorbent and catalyst support, the chemical properties and the structure of alumina play an important role in the catalytic process. These properties can be modified by the addition of impregnate, which has a profound effect on both the reactivity and the selectivity of the surface in the catalytic reactions and that functions as an adsorbent, Qadeer and Ikram, 2004. Catalysts are widely used in petroleum refinery processes (such as: catalytic reforming, catalytic hydro isomerization, catalytic hydrotreating


and other processes). These processes are usually carried out over bifunctional catalysts which consist mainly of a metal phase (platinum, rhenium, iridium, and tin) dispersed on an acidic support such as chlorinated alumina, sillca, and zeolites. Therefore, many types of modified catalysts are used in industry to improve the process activity, selectivity and catalyst stability, Adawiya, et al., 2012. Due to their wide potential applications in catalysis, the preparation of ordered mesoporous alumina with high surface area and large pore volume has attracted much attention, Baca, et al., 2007. One of the most important physical properties of a catalyst is its specific surface area. The surface area of a porous catalyst, is almost entirely composed of the surface of pores which are present in each catalyst particle. The diameter of the pores may vary from a few to a few hundred Angstroms. The accessibility of the surface to reactants depends on the relative proportion of pores of different size, Rasmer and Hill, 1958. Pore volume is one of the factors affect the amounts of catalyst cursors that can be introduced on the supports, Nielsen, 2006. Specific Surface area is the most important physical characteristics in the catalyst, gas adsorption and applying Brunauer-Emmet -Tailer (BET equation), is from the first techniques used in specific surface measurements. This method was introduced since more 60 years and is still used in catalyst characterization till now. The adsorption of the gas is achieved in very modern automatic equipment and can analyze more than one sample at the same time, these equipment can transfer the information to specific surface (BET) and porosity (pore volume and pore volume distribution) measurements, Antos, et al., 1995. The steps used in the gamma alumina extrudate manufacturing are; mixing, wetting, the mixture ; granule molding; drying of the extrudate; calcination of the extrudate, Derouane, et al., 2001.

1. EXPERIMENTAL WORK

1.1 Materials:

Gamma alumina powder (Yuguang Special Ceramic Material Co., Ltd.) from China with specifications as shown in **Table 1**; wood flour with different particle size (150 μ m, 212 μ m and 500 μ m) ; distilled water, hydrochloric acid HCl (Riedel de Haen).

1.2 Equipment:

The experimental apparatus used in this study consisted of home electric mixer (used for cake making) for stirring the gamma alumina powder and wood flour with water to make the paste for alumina extrudate; stainless steel perforated mold for making the extrudate; Muffle furnace $(1200^{0}C, Gallenkamp, made in England)$ for the drying and calcination process of the alumina extrudate, Sieve shaker (Endecott sieve shaker); laboratory balance (Sartorius 60 g, 0.01 mg readability).

1.3 Procedure:

- 1- 30 g of x-Al₂O₃ powder was taken as a base for all the pastes prepared with different wood flour particle sizes and quantities.
- 2- Wood flour (fine wood sawdust) was taken from carpenter workshop and then sieved analyzed to sizes of (150 μm, 212 μm and 500 μm).
- 3- Thirteen samples were prepared from gamma alumina powder with the wood flour particle size and addition percentage as shown in **Table 2**.
- 4- Distilled water containing 3% HCl (volumetric ratio) as peptizing agent was added to the 13 samples (mixtures of gamma alumina with wood flour in a weight ratio of 1.0-



 $1.1:1(H_2O:Al_2O_3)$ for low wood flour addition percentage and around 2- $2.25:1(H_2O:Al_2O_3)$ for high wood flour addition percentage.

- 5- The above acidic water was added gradually during the mixing process with the electrical paste mixer, mixing stay for a period of ten (10) minutes until plastic paste suitable for making the alumina extrudates was obtained.
- 6- The paste was left for a period of thirty (30) minutes for aging.
- 7- The paste was rubbed against the apertures of perforated stainless steel plate with thickness of 3 cm in order to get the extrudate of suitable size, **Mukhlyonov, et al., 1976.**
- 8- The perforated plate with the paste inside it was put in the furnace with temperature of $170 \,{}^{0}$ C to dry the extrudate and let it easy to be out of the perforated stainless steel plate.
- 9- The alumina extrudate after be removed from the perforated stainless steel plate was put in the furnace for a period of (1.5 h) to continue its drying while the temperature of the furnace is $170 \,{}^{0}\text{C}$.
- 10- All the (13) samples of the dried prepared extrudates were calcined in the furnace for 4 hours and the temperature of calcination was 450 ^oC.
- 11- All the samples were analyzed for pore volume and BET surface area.
- 12-

1.4 Test Methods:

BET Surface Area & Pore volume: These analysis were done in the Applied Researches Office which belong to the Ministry of Science and Technology using Horiba SA-9600 series of surface analyzers(USA made).

2. RESULTS AND DISCUSSION:

Fig. 1., shows some photos about the work details for this study. The results for the pore volume and BET surface area for all the gamma alumina extrudates samples to which wood flour was added (12 samples) and the sample of gamma alumina extrudate to which no wood flour was added to it are shown in Table 3 (Total samples are 13). Fig.2 shows the relationship between the weight percentages of wood flour added to the gamma alumina powder and the pore volume of the produced gamma alumina extrudates for all the particle sizes of wood flour used. The results show the optimum addition percentage of wood flour of 1%, gives maximum increase (250%) of pore volume when the particle size of wood flour is 150 µm and 212 µm while the size of 500 µm wood flour leads to increase of 200% in pore volume. For the addition percentage of wood flour in range of 1-5%, the smaller size of wood flour of 150 µm has higher pore volume than larger wood flour particles because the number of particles will be higher when the size of wood flour particles are smaller, while for particles added at percentage higher than 6%, the wood flour of higher particle size (500 µm) will have higher pore volume and the increase will be 500% in 10% addition of 500 µm wood flour . Fig. 3 show the relationship between the weight percentages of wood flour added to the gamma alumina powder and the BET surface area of the produced gamma alumina extrudates for all the particle sizes of wood flour used. When the percentage of addition of wood flour is small (less than 1%), The particle size of wood flour added has almost no difference on the property of BET surface area i.e all of the sizes have almost same rate of increasing BET surface area, the optimum addition is 1% which gives of about 20% increase in BET surface area . For higher percentage of wood flour added the wood flour of 150 µm particle size has higher BET surface area, at 10% addition of 150 µm leads to BET surface area increase of 40% . Figs. 4-7 show the relationship between the particle size of the wood flour added to the gamma alumina powder and the pore volume of the produced gamma alumina extrudates for all

the particle sizes of wood flour used. **Figs. 8-11** show the relationship between the particle size of the wood flour added to the gamma alumina powder and the BET surface area of the produced gamma alumina extrudates for all the particle sizes of wood flour used. From the above figures the results show that:

- a. The pore volume of the prepared alumina extrudates was increased with addition of wood flour particles to the gamma alumina, and the addition of 10% wood flour with 500 μ m particle size leaded to maximum pore volume of 1.0 cm³/g while the smaller size of the wood flour particles of 150 μ m resulted to 0.83 cm³/g pore volume. For the addition percentages of 3% and 5% the 150 μ m wood flour leaded to maximum pore volume of values 0.69 cm³/g and 0.63 cm³/g respectively. While the 1% addition of wood flour of 212 μ m resulted to maximum pore volume of 0.72 cm³/g.
- b. The BET surface area was almost higher when using 150 μ m wood flour with all addition percentages and the maximum reading of BET area (127.3 m²/g) was produced when the addition percentage to wood flour added to gamma alumina powder is 10%.
- c. To get increase in both pore volume and BET surface area properties for the gamma alumina extrudates using wood flour, wood flour size of 150 μ m should be added in 10% addition percentage.

4. CONCLUSIONS

- The techniques of adding wood flour particles to the gamma alumina powder during the stage of manufacturing the alumina extrudates is successful technique for improvement of BET Area(Specific surface area) and the pore volume (porosity) of the gamma alumina extrudate which can be used as catalyst carriers.
- One should optimize between the pore volume and the BET surface area required, though the general proportional relation between the pore volume and the BET surface area.
- The BET surface area in our study was increased from a value of 89.5 m²/g to a value of 127.3 m²/g (> 40%) when adding 10% by weight 150 μ m particle size wood flour to the gamma alumina powder, and the pore volume was increased from 0.2 cm³/g to 0.83 cm³/g for the same wood flour particle size of 150 μ m and same addition percentage of 10%, while the addition of 10% of 500 μ m particle size wood flour, leaded to 1 cm³/g pore volume i.e. the increase for pore volume was more than 300% and 400% for adding 10% by weight wood flour of particle size 150 μ m and 212 μ m respectively.

REFERENCES

- Allwar, A., 2012, Characteristics of Pore Structures and Surface Chemistry of Activated Carbons by Physisorption, Ftir and Boehm Methods, IOSR Journal of Applied Chemistry, Vol. 2, Issue 1, PP. 09-15.
- Antos , George J., Aitani, Abdullah M., Parea, Jose M., 1995.
- Baca, M., Rochefoucauld, E., Ambroise, E., Krafft, J.M., Hajjar, R., Man, P., Carrier, X. and Blanchard, J., 2008, *Characterization of Mesoporous Alumina Prepared by Surface Alumination of SBA-15*, Microporous and Mesoporous Materials, vol. 110, PP. 232-241.



- Derouane, V. P., Francisco, L., and Fernando, R. R., 2001, "Principles of Methods for Accelerated Catalyst Design".
- Haider, A. J., Sukkar, K., and Ahmed, D. S., 2012, Catalysts Regeneration Using Laser Technique in Petroleum Industry, Eng. & Tech. Journal, vol. 31, No. 4, PP.715-722.
- Kumar, M., Lal, B., Singh, A., Saxena, A. K., Dangwal, V. S., Sharma, L. D., and Dhar, M., 2001, *Control of Mesoporosity in Alumina*, Indian Journal of Chemical Technology, Vol. 8, May, PP.157-161.
- Mukhlyonov, I. P., Dobkina, E.I., Deryuzhkina, V.I., and Soroko, V.E., 1976, "Catalyst Technology", MIR Publishers, Moscow.
- ▶ Nielsen, J. Rostrup, 2006," 40 Years in Catalysis", Catalysis Today, vol.111, PP. 4-11.
- Qadeer, R., and Ikram, S., 2004, Cobalt Impregnated Alumina: Nitrogen Adsorption Study at 77 K, Turk J. Chem, vol. 29, PP.101-106.
- Ramser, J. H., and Hill, P.B., 1958, *Physical Structure of Silica-Alumina Catalysts*, Industrial and Engineering Chemistry, vol. 50, No.1, PP.117-124.
- Vyas, Raj K., Shasi, and Kumar, Surendra, 2004, Determination of Micropore Volume and Surface Area of Zeolite Molecular Sieves by D-R and D-A Equations: A Comparative Study, Indian Journal of Chemical Technology, Vol. 11, September, PP. 704-709.
- Webber, J. Beau W., 2014, Accessible Catalyst Pore Volumes, for Water and Organic Liquids, as Proped by NMR Cryoporometry, Diffusion- Fundamentals.org, Vol.22,No.13,PP. 1-8.

NO.	Property	Description
1	Name	High purity alumina powder
2	Туре	$Gamma - Al_2O_3$
3	Purity%	99.99
4	Particle size, µm	0.2
5	Loose density, g/cm ³	0.16

Table 1 Properties of the gamma alumina powder.



2Nos. of Sample	Particle size for the wood flour used, μm	Weight Percentage(%) of wood flour added
1	150	1
2	150	3
3	150	5
4	150	10
5	212	1
6	212	3
7	212	5
8	212	10
9	500	1
10	500	3
11	500	5
12	500	10
13	No wood flour used	zero

Table 3. Results of the BET surface area and the pore volume for the prepared alumina extrudates.

No. of	Pore Volume, cm ³ /g	BET surface area, m²/g
Sample		
1	0.71	107.5
2	0.69	104.9
3	0.63	104.4
4	0.83	127.3
5	0.72	105.9
6	0.53	98.9
7	0.6	103.5
8	0.63	114.5
9	0.63	103.2
10	0.62	105.2
11	0.6	102.2
12	1	104
13	0.2	89.5





Figure. 1 Photos shows the details of equipment and work for this study.



Figure 2. Relation of pore volume of alumina extrudates with % wood flour added.



Figure 3. Relation of BET surface area of alumina extrudates with % wood flour added.



Figure 4. Pore volume of alumina extrudate when the wood flour addition at 1%.



Figure 5. Pore volume of alumina extrudate when the wood flour addition at 3%.



Figure 6. Pore volume of alumina extrudate when the wood flour addition at 5%.



Figure 7. Pore volume of alumina extrudate when the wood flour addition at10%.



Figure 8. BET surface area of alumina extrudate when the wood flour addition at 1%.



Figure 9. BET surface area of alumina extrudate when the wood flour addition at 3%.



Volume 21 November - 2015



Figure 10. BET surface area of alumina extrudate when the wood flour addition at 5%.



Figure 11. BET surface area of alumina extrudate when the wood flour addition at 10%.



A Spike Neural Controller for Traffic Load Parameter with Priority-Based Rate in Wireless Multimedia Sensor Networks

Nadia Adnan Shiltagh Assistant professor Dr. Computer Engineering/ Baghdad University E-mail:dr-nadiaat@hotmail.com. Marwa Taher Naser

Computer Engineering/Baghdad University E-mail: marwammmm_2003@yahoo.com.

ABSTRACT

Wireless Multimedia Sensor Networks (WMSNs) are a type of sensor network that contains sensor nodes equipped with cameras, microphones; therefore the WMSNS are able to produce multimedia data such as video and audio streams, still images, and scalar data from the surrounding environment. Most multimedia applications typically produce huge volumes of data, this leads to congestion. To address this challenge, This paper proposes Modify Spike Neural Network control for Traffic Load Parameter with Exponential Weight of Priority Based Rate Control algorithm (MSNTLP with EWBPRC). The Modify Spike Neural Network controller (MSNC) can calculate the appropriate traffic load parameter μ for each parent node and then use in the EWPBRC algorithm to estimate the transmission rate of parent nodes and then assign a suitable transmission rate for each child node. A comparative study between (MSNTLP with EWBPRC) and fuzzy logic controller for traffic load parameter with Exponential Weight of Priority Based Rate Control algorithm (FTLP with EWBPRC) algorithm shows that the (MSNTLP with EWBPRC) is more efficient than (FTLP with EWBPRC) algorithm in terms of packet loss, queue delay and throughput. Another comparative study between (MSNTLP with EWBPRC) and EWBPRC with fixed traffic load parameter (μ) shows that the MSNTLP with EWBPRC is more efficient than EWBPRC with fixed traffic load parameter (μ) in terms of packet loss ratio and queue delay. A simulation process is developed and tested using the network simulator _2 (NS2) in a computer having the following properties: windows 7 (64-bit), core i7, RAM 8GB, hard 1TB.

Keywords: - wireless multimedia sensor network, congestion control, spike neural network, QoS.

المسيطر العصبي المتصاعد لمعامل حمل المرور بالأعتماد على الاولوية لتحديد معدل الأرسال في الشبكات الآسلكية ذات الوسائط المتعددة

مروى طاهر ناصر هندسة الحاسبات/جامعة بغداد أ.م.د. نادية عدنان شلتاغ هندسة الحاسبات/جامعة بغداد

الخلاصة

شبكات الأستشعار اللأسلكية ذات الوسائط المتعدة (WMSNs) هي نوع من شبكات الأستشعار التي تحتوي على عقد أستشعار مجهزة بكاميرات وميكروفونات، ولذلك فإن WMSNs تكون قادرة على إنتاج بيانات الوسائط المتعددة مثل تيارات الفيديو والصوت ، و الصور الثابتة، والبيانات العددية من البيئة المحيطة. ومعظم تطبيقات الوسائط المتعددة عادة ما تنتج كميات ضخمة من البيانات,مما يؤدي إلى الأزدحام في WMSNs. لمواجهة هذا التحديد ,تم أقتراح خوارزمية المسيطر



الكلمات الرئيسية: شبكات الأستشعار ذات الوسائط المتعددة التحكم بالأزدحام الشبكة العصبية المتصاعدة. جودة الخدمه

1. INTRODUCTION

Wireless sensor networks (WSNs) have drawn the interest of the research community during the past years. This growing attention can be significantly attributed to new applications enabled by large-scale networks. Small devices are able of collecting information from the physical environment, performing the simple processing of the extracted data, and forwarded it to a remote place. Most deployed wireless sensor networks measure scalar data, such as pressure, temperature, humidity, or the place of objects. Generally, most of the applications, wireless sensor network has low bandwidth requirements and are commonly delayed tolerant. Because available cheap device like cameras and microphone that are capable to capture multimedia content from the surrounding environment has strengthened the growth of Wireless Multimedia Sensor Networks (WMSNs). A Wireless Multimedia Sensor Network (WMSN) is defined as a network of wireless integrate device that able retrieval video, audio streams and still images from the physical environment. WMSNs will also be capable to process, store in real-time, and merge multimedia data that produce from different sources Thomas, et al., and 2010. There are many different resource constraints in WMSNs involve energy, data rate, buffer size, memory and sensors processing ability due to the physically small size of the sensor and the natures of the multimedia applications which generate large amounts of data, Si-Yeong Bae, et al., 2014. This may cause congestion in the sensor nodes. Therefore, wireless multimedia sensor network will not be able to ensure the demands of the quality of service (QoS). For this reason, it is necessary to establish a traffic control mechanism to achieve a high level of throughput, the minimum transmission delay and decrease number of retransmission to increase network lifetime, Sukhchandan, 2014. According to the reason of the congestion occurs. There are two types of congestion as shown in Fig. 1A and Fig.1B. The first type is Node -Level congestion It occurs when the packet service rate is smaller than the packet arrival it causes buffer overflow in the sensor node. This type of congestion can lead to increased queuing delay and packet loss. Packet loss will increase retransmission and will increase consume energy. The second type is Link-Level congestion it occurs when Wireless channels are participated by several nodes using CSMA protocols (Carrier Sense Multiple Access). Collisions may happen when several active sensor nodes try to use the channel simultaneously. Link level congestion leads to decreasing the overall throughput, and waste energy at the sensor nodes because of increase packet service time and decrease link utilization, Omid, et al., 2012.



2. NETWORK MODEL

In **Fig.2** a Wireless multimedia Sensor Network consists of four parents (node 1, node 2, node 3 and node 4) sensor nodes, six child sensor node and one sink node. All these are distributed in the area in a tree topology. There are some properties of this model as followed: - All sensor nodes can generate rate randomly. All sensor nodes in the network model don't have the mobility. The sensor node has two jobs; nodes can generate data traffic, as well as route data traffic originated by other nodes. In this network model all sensor nodes can generate various classes of traffic need to reach a human in real time, and also loss tolerant, i.e. video streams can tolerate ascertain the level of distortion. The real time traffics need to have high throughput and minimum delay time. Therefore should be assigned a high priority for it. And non -real time traffic class can be classified into three class high priority non-real time traffic, medium priority non-real time traffic the delay time is not important (delay tolerant) and needed low throughput.

$$TH_RET \ge TH_NRET1 \ge TH_NRET2 \ge TH_NRET3$$
(1)

 $DE_RET \le DE_NRET1 \le DE_NRET2 \le DE_NRET3$ (2)

Where TH represents throughput, DE represents delay time

For example multimedia sensor node 9 can be generated low non- real time traffic (**NRET3**) only, multimedia sensor node5 can be generated two types of traffic (**RET**, **NRET2**) and multimedia sensor node 8 can be generated four types of traffic (**RET**, **NRET1**, **NRET2**, **NRET3**). Each sensor node has a single path to forward data to the sink node. And each sensor node should be send data traffic generated within the limited channel capacity of the network channel.

The number of queues in wireless multimedia sensor network relies on an application demands, but increasing number of traffic type lead to increase the number of demand queues furthermore, the hardware demands should be increased also. In general the priority queue is widely used in diverse application like operating system and real time system, In fact the priority queue provides low delay time for high priority traffic type thus, the packet with high priority leaves queue first with neglect the order of arrival

The queuing model of each node is shown in **Fig.3.** Each wireless multimedia sensor node has a separate queue for each traffic type. And each multimedia sensor node inserts a traffic type identifier for each local sensor packet to distinguish between traffic types. In actuality, the identifier represents as traffic type for each packet. When a parent node received packets from child node, the parent node will be sent these packets to appropriate queues based on identifier type, this operation represent as processing already happened in classifier unit, then the priority queue scheduler has been provisioned to schedule the diverse traffic with different priority from the priority queues.



3. THE PROPOSED APPROCH BASED ON MODIFY SPIK NEURAL NETWORK

The proposed approach used Modified Spike Neural control for Traffic Load Parameter (MSNTLP) in the parent node to obtain optimum value TLP (μ) that use later with the EWBPRC algorithm to estimate the transmission rate of parent nodes and then assign a suitable transmission rate for each child node based on the traffic load parameter and priority of each child node shown in **Fig.4**. The simple structure of the proposed controller in the parent nodes is shown in **Fig.5** Where $R_g^n(t)$ is rate generating by parent node (n) at time t, $R_g^n(t-1)$ is rate generating by parent node (n) at time (t-1) and E (t) is the difference between them. E (t) is calculating be Eq. (3) and μ is the traffic load parameter.

$$E(t) = R_{g}^{n}(t) - R_{g}^{n}(t-1)$$
(3)

The congestion control unit in the proposed (MSNTLP with EWBPRC) algorithm shown in **Fig.6** consists of three units:-

When $R_g^n(t)$ enter to the CDU, the CDU is used to calculate error E (t) and then send this error to MSNTLP to find the suitable TLP (μ) value and then the Rate Adjustment Unit (RAU) calculate a new rate for each node depend on the EWBPRC algorithm, TLP (μ) value from MSNTLP and source priority of each node. At the end the congestion notification unit (CNU) uses implicit notification signal to indicate the new rate for all active nodes in the network.

The structure of the forward spike neural network with modified Spike-Prop training algorithm is shown in **Fig.7** is consisted of three layers, one neuron in the input layer (H), ten neurons in the hidden layer (I) and one in the output layer (J). For each connection between each neuron consist of four synapses as shown in **Fig.8**. The number of neurons in the hidden layer (I) and number of synapses in each sub connection are selected by trial and error.

The feed forward phase in modified spike-pro training algorithm is beginning from encoded processes. The real information E(t) is encoded with respect to time by using the equation of encoded Eq (4), **Yesim, et al, 2013.**

$$t_h^f = T_{max} - round(T_{min} + \frac{(REI - RE_{min})(T_{max} - T_{min})}{(RE_{max} - RE_{min})})$$
(4)

Where t_h^f is actual firing time for input layer, *REI is real input*, *RE_{max} is* the maximum number of real information, *RE_{min}* is the minimum number of real information, *T_{max}* is the maximum time interval and *T_{min}* is the minimum time interval (measured in msec).

In general the input layer (H) represent as encoding layer and feed forward operation begins from hidden layer (I) by checking each neuron (i) in hidden layer (I) at sequence, if neuron (i) generate spike or not. If neuron (i) in hidden layer (I) generates a spike within a time interval the algorithm of spike neural check the next neuron (i+1) in the hidden layer (I), but if the neuron (i) of hidden layer (I) doesn't generate a spike within a time interval, the algorithm should calculate the member potential (internal state) $m_i(t)$ for each neuron (h) in the input layer (H) using equation Eq (5) **Yesim , et al, 2013.** by depending on input spikes t_h^f of input layer (I).



Number 11 Volume 21 November - 2015

Journal of Engineering

$$m_{i}(t) = \sum_{h=1}^{NH} \sum_{K=1}^{D} w_{hi}^{K}(R) \varepsilon(t - t_{h}^{f} - d^{K})$$
(5)

Where NH is Number of neurons in the input layer, D is the number of sub-synaptic, $w_{hi}^{K}(R)$ symbolizes to weights of hidden layer connection for certain input R, d^{K} symbolizes the delay of the connection and $\varepsilon(t - t_{h}^{f} - d^{K})$ represent as response function. When member potential (internal state) exceeds the threshold value (ϑ), then neuron generates a spike during the time interval (t), else it will be reset in the next time (t+1).

After finishing check all neurons (i) in the hidden layer (I), the same operation of the algorithm of spike neural applies on the neuron (j) in the output layer (J), but the time spike of neuron (i) in hidden layer (I) represent as input to output layer (J), the member potential $m_j(t)$ is calculate be Eq (6) Yesim, et al, 2013.

$$m_{j}(t) = \sum_{i=1}^{NI} \sum_{K=1}^{D} w_{ij}^{K}(R) \,\varepsilon(t - t_{i}^{f} - d^{K})$$
(6)

Where NI is number of neuron in hidden layer, $w_{ij}^{K}(R)$ symbolizes to weights of output layer connection for certain input R and t_{i}^{f} is actual firing time for hidden layer.

After feed forward processing finished, the backward phase begins where the synaptic weights of connection will be updated. Opposed to feed forward the back propagation begins from output layer and return back to the hidden layer. The synapse weights of output layer will be updated according to Eq. (7), Eq. (8), Eq. (9), **Yesim, et al, 2013.** and Eq. (10).

$$\frac{\partial}{\partial t}(y_i^K) = y_i^K \left(\frac{1}{t - t_i^f - d^K} - \frac{1}{\tau}\right) \tag{7}$$

Where $\partial/\partial t(y_i^K) = 0$ for $t \le t_i^f + d_K$

Where y_i^K is Unweight contribution of single synaptic terminal.

$$\delta_j = \frac{T_{j-}t_j^f}{\sum_{i=1}^{NI} \sum_{K=1}^{D} w_{ij}^K(R) \frac{\partial}{\partial t}(y_i^K)}$$
(8)

$$\Delta w_{ij}^K(R) = \eta \cdot \delta_j \cdot y_i^K \tag{9}$$

$$w_{ij}^{K}(R+1) = w_{ij}^{K}(R) + \Delta w_{ij}^{K}(R)$$
(10)

Where δ_i is Delta function and η learning rate.

The synapse weights of hidden layer will be updated according to Eq. (11), Eq. (12), **Yesim, et al, 2013.** and Eq. (13).

$$\bigcirc$$

$$\delta_{i} = \frac{\sum_{j=1}^{NJ} \delta_{j} \sum_{K=1}^{D} w_{ij}^{K}(R) \frac{\partial}{\partial t}(y_{i}^{K})}{\sum_{h=1}^{NH} \sum_{K=1}^{D} w_{hi}^{K}(R) \frac{\partial}{\partial t}(y_{h}^{K})}$$
(11)

$$\Delta w_{hi}^K(R) = \eta \cdot \delta_i \cdot y_i^K \tag{12}$$

$$w_{hi}^{K}(R+1) = w_{hi}^{K}(R) + \Delta w_{hi}^{K}(R)$$
(13)

The spike pro training algorithm is repeated until the Root Mean Square Error (RMSE) is less than the desired value of error. The learning rate η will be updated after the end of each epoch according to the Eq. (14) **Huijuan, et al. 2012.**

$$\eta(epoch+1) = \begin{cases} A.\eta(epoch) \ if \ error(epoch+1) < error(epoch) \\ B.\eta(epoch) \ if \ error(epoch+1) > C.error(epoch) \\ \eta(epoch) \ if \ error(epoch+1) = error(epoch) \end{cases}$$
(14)

Where *A*, *B* and *C* are constant values.

Then coding processing is starting to convert the output encoding information to real information (RE (t_i^f)) by deriving from Eq (4).

$$RE(t_j^f) = \frac{\left(T_{max} - t_j^f - T_{min}\right) \times (RE_{max} - RE_{min})}{(T_{max} - T_{min})} + RE_{min}$$
(15)

4. RATE MANAGEMENT ALGORITHM

The transmission rate adjustment in the propose approach consists of three steps:-

Step1: computing the new output transmission rate of sink node

The EWPBRC is used to estimate output transmission rate of sink node for the next round $R_{sink_{out}}$ (t + 1), where $R_{sink_{out}}$ (t) is represented as the output transmission rate of sink node at time (t). $R_{sink(in)}$ (t) is represented as the total input rates of sink node at time (t), which can be calculated by summation of all output transmission rate of the child nodes.

$$R_{sink_{out}}(t+1) = R_{sink_{in}}(t) \cdot (1_{\lambda}) + \lambda \cdot R_{sink_{out}}(t)$$
(16)

Where λ is a constant value within the range $0 \le \lambda \le 1$.



Step 2: allocate new transmission rate for the child node

In WMSN will be supplied with various types of multimedia sensor node, and a multimedia sensor node will be distributed at associated with geographical location according to the various levels of importance.

In the proposed approach each multimedia sensor node has two types of priority class: traffic class priority (P_{TR}^n) and geographical location priority (P_G^n) , which can be installed manually by the network manager.

Let $P_{TS(s)}^n$ represent as traffic source priority which can be installed manually according to service differentiation, P_{TR}^n can be calculate by the summation of all individual traffic source priority in the source node (n), when a node (n) has highest traffic source priority therefore it will be a high traffic class priority. And can be calculated by Eq (17), Young, et al. 2014.

$$P_{TR=}^{n} \sum P_{TS(s)}^{n} \tag{17}$$

Where s represents a traffic source class in the source node (n), therefore s should be [RET, NRET1, NRET2 and NRET3].

According to the propose approach, transmission data based on geographical location and type of traffic class therefor it will be put appropriate priority to geographical location, to calculate total priority TP^n of multimedia sensor node (n) follow as Eq (18) Young, et al. 2014.

$$TP^n = p_G^n \cdot P_{TR}^n \tag{18}$$

 GOP^n Represent as global priority of multimedia sensor node (n), can be calculated by following Eq (19), Young, et al. 2014.

$$GOP^n = \sum_{k \in c \ (n)} GOP^k + TP^n \tag{19}$$

Where c (n) is a group of child nodes of a node (n).

In fact the value of global priority is different between child sensor node and parent sensor node because the global priority in child node equal to total priority only because the child node don't have any child node, for example node 6 don't have any child node, the global priority of it is equal to total priority only, but node 2 has two child nodes (node 5 and node 6) therefor, the global priority can be calculated by Eq (19).

To ensure that the algorithm will participate the current capacity only among active nodes therefor the global priority is calculated only for active multimedia sensor nodes that is meant the value of total priority is equal to zero if traffic source is not active. For example, when node 2 need to calculate global priority according Eq (19) and the same time node 6 don't generate any traffic source therefor the global priority of node 6 is equal to zero, for this the global priority of node 2 can be calculated by summation of the total priority of node 2 and global priority of node 5 at assume it is generating traffic source at this time.

To calculate global priority for sink node GOP^{Sink}, should be summation all global properties of all child nodes GOP^k of sink node, and is represented as follows:



$$GOP^{sink} = \sum_{k \in C(sink)} GOP^k \tag{20}$$

By using the proportion of the global priority of child nodes GOP^n and the global priority of sink node GOP^{Sink} to distribute the output transmission rate of sink node $R_{Sink(out)}$ between all child nodes, to calculate new output transmission rate for node n $R_{n(out)}$.

$$R_{n(Out)} = R_{Sink_{Out}} \frac{GOP^n}{GOP^{Sink}}$$
(21)

Step3: adjust the new output transmission rate of each parent node by using MSNTLP

In the propose approach, the parent node is responsible of distributed output transmission rate between all child nodes by adjusting the traffic load parameter (μ) in each parent node by using MSNC, as shown in **Fig.8.** In the proposed approach each child node have one parent node that means there is a single path from source to destination.

The input transmission rate for each parent node $R_{n(in)}$ Comes from summation all output transmission rates of the related child nodes $R_{k(out)}$, follow as Eq (22).

$$R_{n(in)} = \sum_{k \in c (n)} R_{k(out)}$$
(22)

The output transmission rate for each parent node comes from the summation of the input transmission rate of parent node $R_{n(in)}$ and the transmission rate generating by parent node.

$$R_{n(out)} = R_g^n + R_{n(in)} \tag{23}$$

To find the different transmission rate in parent node is can be calculated by Eq (24), Young, et al. 2014.

$$\Delta R_{(n)} = \mu R_{n(out)} - R_{n(in)} \tag{24}$$

Where μ is the traffic load parameter (TLP) will be adjusted by MSNC. Because when the μ is fixed, a large change in data transmission causes a significant difference between the input transmission rate and the estimated output transmission rate of each sensor node.

The output transmission rate of child nodes, as follow as Eq. (25) . Young, et al. 2014.

$$R_{k(out)} = R_{k(out)} + \Delta R_{(n)} \cdot \frac{GOP^k}{GOP^n}$$
(25)

5. SIMULATION RESULTS

The proposed algorithm is implemented using the Network simulator 2 (NS-2). To test the effectiveness of the proposed approach and the performance of the network. The QoS parameters: throughput, Packet Loss Ratio and queue delay. The simulation model consists of ten multimedia sensor nodes and one sink node, as shown in **Fig.9**. The transmission route of that model is a single-path transmission (static routing). The transmission data collected by multimedia sensor nodes are generated randomly; all senders transmit data traffic to a single sink node. In the simulation model, there are four types of traffic class, namely RET, NRET1,



NRET2 and NRET3. The simulated traffic is **Pareto**. Each packet size is 500 bytes, the buffer size of each child node is set up as 50 packets, and the buffer size of the sink node is 100 packets. All multimedia sensor nodes start to send their data at the start of the simulation rounds and stop at the end of simulation rounds. The simulation rounds are 100 seconds. The channel capacity of each multimedia sensor node is set to the same value: 2 Mbps. The combination of traffic classes that each node could have in the simulation model is shown in Table (1), where PW represent as the Priority Weight of traffic, assuming that all sensor nodes have the same geographical priority equal to 1. Suppose the assigned priority for RET, NERT1, NERT2, and NERT3 classes are equal to 4, 3, 2 and 1, respectively. For example, the sensor node 8 which has all traffic classes, the traffic classes, the traffic classes, the traffic classes, the traffic classes priority, is 10 (4 + 3 + 2 + 1 = 10), while for sensor node 5 which has NRET1 and NRET2 traffic classes, the traffic classes priority, is (4+3=7).

The performance of the proposed algorithm is compared with FLCTLP with EWBPRC and EWPBRC with fixed traffic load parameter algorithms μ =0. 9. The performance is evaluated mainly according to the following metrics:

1-Throughput: measured in terms of number of packets received during simulation time.

2-Packet Loss ratio: it is a percent between the number of packets lost in the network and the number of packets generated by the sensing nodes.

3-Average Queue delay: it is the ratio between the time difference between the incoming and outgoing packet rates in the queue to total number of received packets.

5.1 Throughput

The total input transmission rate for node1 comes from the total output transmission rate of all his child nodes. **Fig.11** shows the simulation results of the input transmission rate for node1 in each round by using FTLP with EWBPRC algorithm.

Fig.12 shows the input transmission rate of node1 that comes from the total output transmission rate of all his child nodes by using MSNTLP with EWBPRC algorithm.

Fig.13 shows a comparison of the input transmission rate of node1 for the FTLP with EWPBRC algorithm and the MSNTLP with EWPBRC algorithm. Simulation result shows that the FTLP with EWPBRC algorithm has an input transmission rate smaller than that of the MSNTLP with EWPBRC algorithm.

Fig.14 shows the input transmission rate of node2 that comes from the total output transmission rate of all his child nodes by using FTLP with EWBPRC algorithm.

Fig.15 shows the input transmission rate of node2 that comes from the total output transmission rate of all his child nodes by using MSNTLP with EWBPRC algorithm.

Fig.16 shows a comparison of the input transmission rate of node2 for the FTLP with EWPBRC algorithm and the MSNTLP with EWPBRC algorithm. Simulation result shows that the FTLP with EWPBRC algorithm has an input transmission rate smaller than that of the MSNTLP with EWPBRC algorithm.



As it is evident from Fig.13 and Fig.16 the proposed approach performs better than FTLP with EWBPRC algorithms to increase the input transmission rate of node1 and node2. Because the proposed approach use modifies spike neural to regular the traffic load parameter (μ) therefor this can reduce differences in transmission rate between the estimated output transmission rate and input transmission rate show in Eq (24).

5.2 Packet Loss Ratio

In WMSN application having a low packet loss is very important. When data is lost, the sender will need to retransmit the lost data. Thus, leading to consume the remaining energy, and reduction in the total lifetime of the network.

Fig.17 shows a comparison of the packet loss ratio for three algorithms, namely, the WPBRC algorithm with $\mu = 0.9$, the FTLP with EWPBRC algorithm and MSNTLP with EWRBPRC. From the simulation result, it can be seen that the proposed algorithm has the lowest loss. From **Fig.17**, one can observe that the proposed approach has an average packet loss ratio better than the average packet loss ratio of EWBPRC with fixed value μ (traffic load parameter) because the fixed value of TLP (see in Eq 24) causes a large variation in data transfer rate between input transfer rate and the estimated output transfer rate of each sensor node. Where the proposed approach can regulate TLP (μ) by using MSNC to decrease sending rate of the sensor node when the traffic load increase in the network or increase the sending rate of the sensor node When the traffic load low in the network. One can also notice that FTLP with EWBPRC perform well in some rounds to minimizing the packet loss ratio, but it is not better than MSNTLP with EWBPRC because the proposed algorithm use MSN with adaptive learning rate to find μ value and this give us optimum value (μ).

5.3 Average Queue Delay

Delay is defined as the duration since a packet enters a queue of a beginning node until it arrives at the ending node. The definition of beginning and ending nodes depends on the type of delay. Queue Delay is the time the packet need to wait before begin transmit because the queue was not empty when it arrived to queue.

Fig.18 shows a comparison for the average queue delay of the EWPBRC algorithm with $\mu = 0.9$, the FTLP with EWPBRC algorithm, and the MSNTLP with EWPBRC algorithm. Simulation result shows that the NEWPBRC algorithm has an average queue delay smaller than that of the EWPBRC algorithm with $\mu=0.9$ and the (FTLP with EWPBRC) algorithm. The proposed algorithm use MSNC to find optimum values (μ), where the (EWBPRC with a fixed value of μ (0.9)) cannot effectively distribute transmission rate among sensor nodes when the traffic congestion increase. One can also observe that FTLP with EWBPRC perform well in some rounds to minimizing the queue delay, but it is not better than MSNTLP with EWBPRC because the proposed algorithm use SNN with adaptive learning rate to find μ value and this give us optimum value (μ).

3. CONCLUSION

In this paper, MSNTLP with EWPBRC algorithm is implemented in WMSN using the NS2 simulator. Then take average of performance parameters to get a more accurate result. The proposed algorithm enhances the transmission rate and tries to avoid congestion. The proposed algorithm provides good QoS in terms of minimizing queue delay, packet loss ratio and



increasing throughput. The Average queue delay achieved by the proposed algorithm is lower by (4.98%) than that achieved by FTLP with EWPBRC algorithm. The proposed algorithm can be (11.8%) less average packet loss than FTLP with EWPBRC algorithm. The proposed algorithm can be (8.97%), (4.45%) large average throughput than FTLP with EWPBRC algorithm in node1and node2 respectively. And because use Modify Spike Neural Network based on modified spike-pro training algorithm lead to speed up the learning rate of SNN and minimized the error between actual and desired value so the training of SNN does not fall in the local minimum value.

REFRENCES

- Abbas. A. R, Mohammad. H. Y and Amir. M. R, 2014, Optimized Congestion agreement Protocol for Healthcare Wireless Sensor Networks, Wireless Personal Communications An International Journal, Spring, ISSN: 0929-6212, Vol 75, No 1, P.P 11-34
- Huijuan. F, Jiliang, L., and Fei, W, July 2012, Fast Learning in Spiking Neural Networks by Learning Rate Adaptation, Chinese Journal of Chemical Engineering, P.P 1219-1224.
- Si. Y. B, Kyoung. W. P, Sung. K. L and Jin.G. K, 2014, Traffic Control Mechanism Considering Packet Priority in Wireless Multimedia Sensor Network, Contemporary Engineering Sciences, Vol.7, No. 24, P.P. 1363 – 1371.
- Sukhchandan. R, 2014, Research Challenges in Wireless Sensor Network: A State of the Play, Northwest Institute of Engineering & Technology, India.
- Thomas. D, Qing. P, Gordon. W.S and Natarajan. M, 2010, On the Design and Implementation of Wireless Multimedia Sensor Networks, International Journal of Next-Generation Networks, USA, Vol.2, No.3, PP 20-26.
- Yesim. O, Okyay. K and Rahib. A, March 2013, Spiking Neural Networks for the Control of a Servo System, IEEE International Conference on Mechatronics (ICM), Vicenza, P.P 94-98, 1 March 2013.
- Young. L. C and Hung. P. L, 2014, "A fuzzy logical controller for traffic load parameter with priority-based rate in wireless multimedia sensor networks", Applied Soft Computing, Elsevier, P.P. 594–602.

List of symbols

 d^{K} = delay of specific synaptic, msec.

E(t) = error.

 $GOP^{sink} = global priorities of the sink node.$

 GOP^n = the global priority.

h = neuron sequence in input layer.

- i = neuron sequence in hidden layer.
- $m_i(t)$ = membrane potential of hidden layer neurons.



- NH = number of neurons in the input layer.
- $\mathbf{P}_{\mathbf{G}}^{\mathbf{n}}$ = geographical priority.
- $\mathbf{P}_{\mathbf{TR}}^{\mathbf{n}}$ = traffic class priority.

 $P^n_{TS(s)}$ = the traffic source priority S in sensor node n.

REI = real input pattern.

 $\mathbf{R}_{\mathbf{g}}^{\mathbf{n}}(\mathbf{t})$ = rate generating by parent node, Kbit/sec.

 $R_{k (out)}$ = the output rate of the kth child of parent node n, Kbit/sec.

 $\mathbf{R}_{n(out)}$ = the output transmission rate of node n, kbit/sec.

 $\mathbf{R}_{n(in)}$ = the input transmission rate of node n, kbit/sec.

 $\mathbf{R}_{sink_{out}}$ = the output transmission rate of sink node, kbit/sec.

 $\mathbf{R}_{sink_{in}}$ = the input transmission rate to sink node, kbit/sec.

t =current time, msec.

 t_h^f = actual spiking time of neurons at input layer, msec.

 $\mathbf{TP}^{\mathbf{n}}$ = the total priorities of node n.

 w_{hi}^{K} = weight between input and hidden layer.

 y_i^K = unweight contribution of single synaptic terminal.

 μ = traffic load parameter. η = learning rate.

 $\boldsymbol{\vartheta}$ = threshold value for spiking.

 δ_i = delta function.



Table.1 Simulation p	parameters.
----------------------	-------------

Total area	500 meter X 500 meter
Network Model	 Ten Sensor Nodes. One Sink Node.
Transmission Routing	Single Path Transmission.Multi-Hop.Many-to- One.
Traffic Class	 Real time High priority non real time Medium priority non real time Low priority non real time
Traffic Type	Pareto
Packet Size	500 Bytes
Queue Size	Childe Node 50 Packets.Sink Node 100 Packets.
Channel Bandwidth	2 Mbps
Simulation time	100s
Round	30



Sensor Node NO.	RET	NRET1	NRET2	NRET3	P ⁿ _{TR}
	(PW=4)	(PW=3)	(PW=2)	(PW=1)	
Node 1	ON	ON	OFF	OFF	7
Node 2	OFF	ON	OFF	OFF	3
Node 3	ON	OFF	ON	OFF	6
Node 4	OFF	ON	ON	OFF	5
Node 5	ON	ON	OFF	OFF	7
Node 6	OFF	ON	ON	OFF	5
Node 7	OFF	ON	OFF	ON	4
Node 8	ON	ON	ON	ON	10
Node 9	OFF	OFF	OFF	ON	1
Node 10	ON	OFF	OFF	ON	5

Table 2. The state of traffic classes in each sensor node.

Table 3. SNN specification.

Parameter	Value	Unit	Description
Network topology	1,10,1	Unit less	Number of units in Input/Hidden/output
η	0.003	Unit less	Learning rate value initially
A, B, C	1.10 , 1.04 , 0.8	Unit less	Constants of adaptive learning rate
τ	6	msec	Time constant
θ	1.5	Unit less	Threshold value for spiking
D	4	Unit less	Number of delay synapses per connection
Δt	0.5	msec	Step size
W	[0-1]	Unit less	Initial weights of hidden and output layer



Figure 1. Congestion type Omid, et al., 2012.



Figure 2. WMSN model Young, et al. 2014.



Figure 3. Queue model for each sensor node.



Figure.4 MSNTLP traffic class model in WMSN Young, et al. 2014.



Figure 5. Block diagram of MSNTLP.



Figure 6. Structure of MSNTLP with EWPBRC congestion control unit.



Figure 7. Structure of SNN.



Figure 8. Sub-connection consist of four synapses.



Figure 9. Simulation model using NS2.



Figure10. Rate management for the (MSNTLP with EWBPRC) algorithm.



Figure11. Input transmission rate of node1 over rounds by using the (FTLP with EWPBRC) algorithm.



Figure12. The input transmission rate of node1 over rounds by using the MSNTLP with EWPBRC algorithm.



Volume 21 November - 2015

Journal of Engineering

Figure13. Comparisons of input transmition rate of node1 for different algorithms.



Figure14. The input transmission rate of node2 over rounds by using the (FTLP with EWPBRC) algorithm.



Figure15. Input transmission rate of node2 over rounds by using the (MSNTLP with EWPBRC) algorithm.



Journal of Engineering

Volume 21 November - 2015

Figure16. Comparisons of input throughput of node2 for different algorithms.



Figure17. Comparisons of packet Loss Ratio for Different Algorithms.



Figure 18. Compared the Average Queue Delay for Different Algorithms.



تخضير المبانى القائمة في الواقع العمراني العراقي المعاصر/ نموذج إفتراضي أ.د. صبا جبار نعمة الخفاجي م.د. غادة محمد إسماعيل عبد الرزاق كمونة أستاذ مدرس كلبة الهندسة - جامعة بغداد كلبة الهندسة - جامعة بغداد

<u>الملخص:</u>

يُعَد نهج تخضير المباني القائمة ضرورةً مُلِّحة, نظراً لِما تُوفره عمليات التخضير من سرعة وكفاءة مثلى في الأداء البيئي, فضلاً عن مواكبة ثورة العمارة الخضراء العالمية. لذا، أصبح تبنَّي تخضير المباني القائمة في العراق، مهماً للتوجَّه صوب الطاقات المُجدِّدة، بسبب ما مرَّ به العراق من ظروف اقتصادية وأزمات وحروب, أبعدته عن مواكبة العمارة العالمية, فضلاً عن تزايد أزمة الطاقة الكهربائية التي يَعتمد عليها البلد بشكلٍ أساس. من ثم, تمثَّلت المشكلة البحثية بـ: عدم كفاية المعرفة حول أهمية وآلية تخضير المباني القائمة بما له من أبعاد بيئية وإقتصادية, تمثلت بترشيد إستهلاك الطاقة والحفاظ على البيئة. أما هدف البحث فهو : بيان أهمية تخضير المباني القائمة القائمة بيئياً واقتصادياً, مع توفير تجربة إفتراضية لتخضير مبنى رئاسة جامعة بغداد من خلال برنامج حاسوبي متطور . وتوصل البحث الى وجود فرق تمثَّل بتقليل كمية الأحمال الحرارية المصروفة لأغراض التبريد صيفاً والتدفئة شتاءاً من خلال إستخدام البرنامج الحاسبي الى وجود فرق تمثَّل بتقليل كمية الأحمال الحرارية المصروفة لأغراض التبريد صيفاً والتدفئة شتاءاً من خلال إستخدام البرنامج العاسبي الى وجود فرق تمثَل بتقليل كمية الأحمال الحرارية المصروفة لأغراض التبريد صيفاً والتدفئة شتاءاً من خلال إستخدام المرنامج الحاسبي الى موجود فرق تمثَل بتقليل كمية الأحمال الحرارية المصروفة لأغراض التبريد صيفاً والتدفئة شتاءاً من خلال إستخدام البرنامج الحاسبي المن من ثمر أهمية تطبيق نهج تخضير المباني القائمة في العراق، لإعادة العمارة العراقية لمسارها البيئي والمحلي الميني.

كلمات رئيسة: التخضير, العمارة الخضراء, التصميم البيئي المستدام, الطاقة الكامنة, الطاقات المتجددة.

Greening Existing Buildings in Contemporary Iraqi Urban Reality/Virtual Model

Prof. Dr. Saba Jabar Neama Al-Khafaji Professor Engineering College – Baghdad University saba.jabar@yahoo.com Inst. Dr. Ghada M.Ismael Abdul Razzaq Kamoona Instructor Engineering College – Baghdad University ghada2010mi@yahoo.com

ABSTRACT

 \mathbf{T} he approach of greening existing buildings, is an urgent necessity, because the greening operation provides the speed and optimal efficiency in the environmental performance, as well as keeping up with the global green architecture revolution. Therefore, greening existing buildings in Iraq is important for trends towards renewable energies, because of what the country went through economic conditions and crises and wars which kept the country away from what took place globally in this issue. The research problem is: insufficient knowledge about the importance and the mechanism of the greening of existing buildings, including its environmental and economic dimensions, by rationalization of energy consumption and preserving the environment. The research objective is: clarifying the importance of greening existing buildings environmentally and economically, providing a virtual experience for greening the presidency building of Baghdad University, through advanced computer program. The main conclusions is: there is difference representing by reducing the disbursed thermal loads amount for cooling in summer and heating in winter through the use of computerized program (DesignBuilder) and that after the implementation of greening operations on the building envelope, which confirms its effectiveness in raising the energy performance efficiency inside the building. Hence, the importance of the application of greening existing buildings approach in Iraq, to bring back Iraqi architecture to environmental and local track proper.

Key Words: Greening, Green Architecture, Sustainable Environmental Design, Embodied Energy, Renewable Energy.

المقدمــة:

تُعَد عمليات تخضير المباني القائمة من المواضيع المهمة جداً في القرن الحادي والعشرين، فهي تشتمل على العديد من المستويات والإجراءات لجعل المباني القائمة مستدامة بيئياً وقادرة على النهوض من جديد, فضلاً عن المحافظة على صحة الإنسان والتوافق مع البيئة الطبيعية المحيطة به من جهة، والتوافق مع متطلبات العصر والتكنولوجيا الحديثة من جهة أخرى.

وتتطلق ستراتيجيات تخضير المباني القائمة من صُلب الواقع المحلي والبيئي لمعالجة المشكلات القائمة وبشكلٍ أسرع، كما أنها أكفأ إقتصادياً، وتُقلِّل من النفايات والتلوث، فضلاً عن فاعليتها في الحفاظ على المباني المتميزة وإعادة تأهيلها بيئياً.

إن تخضير المباني القائمة رغم وجوده دائماً, إلا أنه أضحى من الموضوعات الحديثة نسبياً وفق مقابيس متطورة عالمياً، لا سيما الوطن العربي بشكلٍ عام، والعراق بشكلٍ خاص لِما مرَّ به من أزمات وحروب متلاحقة وما نجم عنها من دمار أبعدته عن مواكبة العمارة العالمية، فضلاً عن ما لَحِقَ ببيئته الطبيعية من تلوث وأضرار.

وبسبب أن قطاع التعليم العالي يَمتلك الدور الطليعي الأساس في قيادة التغيير، أصبح تخضير المباني الجامعية القائمة مهماً للمضي فيه ليكون النواة الأولى لإنطلاق عمليات التغيير نحو تخضير المباني القائمة.

<u>1-1 مفهوم تخضير المباني القائمة:</u>

يُعَبِّر مفهوم الطاقة الكامنة (Embodied Energy) عن كمية الطاقة المطلوبة لإنتاج جسم ما في كل مراحل تطوره. وهذا يشير الى الطاقة اللازمة لإنشاء المكونات التي تدخل في جسم أو بُنية معينة، وعلى سبيل المثال، الطاقة اللازمة لجعل جميع المكونات تذهب داخل المبنى (Hong, et al., 2007). من ثم, يعكس مفهوم الطاقة الكامنة, وصف للطاقة المُستخدَمة المباشرة وغير المباشرة في إقتناء المواد الخام، وإنتاج المواد، وتجميع تلك المواد في المبنى. ويتضمَّن أي مبنى، الديون البيئية الخاصة به والتي تشمل: إستنزاف الموارد، والطاقة، والصناعة التحويلية الناتجة عن تأثير البناء. والطاقة الكامنة، عبارة عن محاولة لقياس جزء كبير من هذه الديون. لذا، فإن هدم المبنى لن يهدر هذه الطاقة فحسب، بل سيتطلب المزيد من الطاقة،

من ثم، فإن الحاجة المُلِّحة والفورية للحدُّ من إنبعاثات الكربون تجعل من إعادة إستخدام المباني ضرورة حتمية، لأن نفقات الطاقة الكامنة قد تمَّت بالفعل، فضلاً عن عدم إمكانية أكثر المباني الجديدة المُوفِّرة للطاقة من تعويض الطاقة الكامنة لسنوات عديدة. وتُشير تقديرات برنامج الأمم المتحدة للطاقة الى أن الطاقة الكامنة للمبنى هي (20%) إذا كانت مدة تشغيل المبنى (100) عام، والتي هي بحدود (2-4) مرات أكثر من معظم المباني في الولايات المتحدة الأمريكية التي هي في في الخدمة. والمبنى الأقل في عُمر الخدمة، يَمتلِك أكبر نسبة في الطاقة الكامنة الى طاقة التشغيل. في الولايات المتحدة كفاءة في إستخدام الطاقة، تزداد فيها نسبة الطاقة الكامنة الى أن الطاقة الكامنة الم عن من عوري التي هي في المُستخدَمة في عمليات البناء، وإعادة التدوير، وهدم المبنى, والتخلص النهائي من نفايات الهدم (200).

ويَرِد معنى التخضير (Greening) في القاموس الحُرّ بمعنيين، الأول: إعتماد أو المواءمة مع المثل العُليا أو ممارسات الحركة الخضراء. والثاني: عملية صُنع أو أن تَصبَح أكثر وعياً للإعتبارات البيئية، وهذا التعريف يدخل في (العلوم البيئية (Environmental Science) (Environmental Science).

في حين يُعرَّف تخضير المباني القائمة (Greening Existing Building) من قِبَل مجلس المباني الخضراء الأمريكي (USGBC) على أنه: "يتطلب ترقية النظام، وعمليات التعديل التحديثي، والتجهيزات، أو أعمال التجديد، فضلاً عن تنفيذ عمليات التشغيل والصيانة (O&M) لتحقيق أفضل الممارسات والسياسات المستدامة" (Like, 2009). كما تُعرِّف دراسة "كفاءة إستخدام طاقة المبنى (Building Energy Efficiency)" تخصير المبنى والتي تُشير إليها بتحديث المبنى (Building Retrofit) على أنها: "عملية تعديل هيكل المبنى، وفي هذه الدراسة تُشير الى التغييرات التي تزيد من كفاءة إستخدام الطاقة في المبنى" (Hong, et al., 2007).

ومن خلال دراسة العديد من المراجع التي تهتم بموضوع التخضير، لم يرد تعريفاً واضحاً ومُحدَّداً لمفهوم التخضير، غير أن المفهوم تم تفسيره وتوضيحه فيها، حيث تفاوتت تلك المراجع بين وصف المفهوم وذكره بـ : التخضير (Greening)، والتحديث المستدام (Sustainable Retrofit)، والتجديد المستدام (Sustainable Renewal)، والترقية (Upgrade)، وإمكانية الإصلاح المستدام (Sustainable Repairability). من ثم، يجد البحث ضرورة وضع التعريف الإجرائي الآتي لمفهوم التخضير:

"التخضير (Greening): هو مفهوم يُطلَق على تجديد المباني القائمة وبأسلوب يضمن لها أن تصبح مستدامة بيئياً وتحصل على شهادة إعتماد مصادَق عليها بأنها أصبحت "مبنى أخضر". ويتضمن التخضير جميع منظومات المبنى أو جزءاً منها، فضلاً عن تنفيذ عمليات التشغيل والصيانة لتحقيق أفضل الممارسات والسياسات المستدامة بيئياً. كما يُمكن أن تتم عمليات التخضير لأجزاء من المبنى فقط، على أن تتم تكملة باقي عمليات التخضير فيما بعد وعند توفُّر الكُلف المرصودة لتخضير المبنى".

1-2 عمليات تخضير المبانى القائمة:

تُعَد عمليات تخضير المباني القائمة كفوءة من الناحيتين البيئية والإقتصادية, فعملية هدم مبنى قائم وبناء آخر جديد محله, طويلة ومكلفة وقد تتطلب عدة سنوات. فضلاً عن ثمن هدم الهيكل القائم, وتطهير الموقع من نفايات الهدم, وكلف بناء الهيكل الجديد (CBRE, 2011, P. 11).

وقد أكَّدت دراسة "الحفاظ المستدام: تخضير المباني القائمة (Buildings Existing)" لـ جين كارون (Jean Carroon) عام 2010، على كثرة الأنقاض والمخلفات من مواد البناء نتيجةً لعمليات هدم المباني، والتي برغم الزيادة الهائلة التي شهدتها الأعوام الأخيرة لعمليات إعادة تدوير هذه المواد، لكنها ما تزال تُشكَّل جزءاً صغيراً من مواد البناء المُعاد تدويرها سنوياً. أما بقية المواد، فتصل الى مدافن النفايات. لذا، بدلاً من هدم مبنى قائم وإستبداله بمبنى جديد، من الأفضل إعادة إستخدام المبنى القائم وتجنب خلق كُل تلك الأنقاض ومخلفات البناء (Carroon, 2010, P. xi).

وبهذا، تقوم عمليات تخضير المباني القائمة على رفع مستوى أداء الطاقة والمستوى البيئي لأي مبنى, حيث تكمن أهمية تخضير المباني القائمة في حقيقتين رئيسة، هي (Yudelson, 2010):

أيمنتُ المباني القائمة القسم الأكبر من الطاقة المستخدَمة وفي أي وقت.

تَمتلك المبانى القائمة تأثيرات هائلة ليس على إستخدام الطاقة والمياه فحسب، ولكن على حياة الناس الذين يشغلونها.

ويتم تخصير المبنى بإضافة العزل والنوافذ الفائقة، فضلاً عن تثبيت الإضاءة والمعدات المكتبية الكفوءة في إستخدام الطاقة، جنباً الى جنب مع تثبيت التركيبات الصحية المُوفِّرة للمياه. مع تطوير منظومات التدفئة، والتهوية، وتكييف الهواء (HVAC) (Barnett, and Browning, 2007).

من جهة أخرى، يُعَد توظيف إستخدام الطاقة المُتجدِّدة، لا سيما منظومات الطاقة الشمسية الكهروضوئية (Solar ب من الإضافات الفاعِلة لأي عملية تخصير للمباني القائمة (Yudelson, 2010).

ونتضمن عمليات تخضير أي مبنى قائم (Process of Greening Existing Buildings) مجموعة من الخطوات الإجرائية، وفيما يأتي ملخصاً لهذه الخطوات (Green Building Council, 2010):

أولاً/ عملية تقييم المبنى (Assessment)، وتشمل:

- تحليل المشكلات.
- تحديد الخط الأساس لأداء المباني.

- إقامة المقارنة المعيارية (نجمة الطاقة (Energy Star) أو غيرها).
 - تدقيق مستوى مقياس (ASHRAE) الأول.
 - تحليل مستوى الراحة البيئية (Environmental Comfort).
 - تحليل كميات إستهلاك المياه.
 - إنشاء تقرير شامل يتضمن تحليل الكُلفة.

ثانيا/ التخطيط الجماعي (Corporate Planning)، ويشمل:

- مراجعة متعمقة لتقييم المبنى.
 - جلسة للتخطيط العام.
 - مراجعة الأداء والأهداف.
- إنشاء رأس مال لتحسين الميزانية وجدول أعمال المشروع.

ثالثاً/ التنفيذ (Implementation)، ويشمل:

- توفير التدريب للتشغيل والصيانة (للموظفين، والمقاولين، ولشاغلي المبنى).
 - السياسات والبرامج.
 - تحسين رأس المال.
 - تتبع أداء الطاقة.
 - تكليف أطراف المشروع.
 - تدقيق حسابات النفايات.

رابعاً/ التحقُّق من الأداء (Performance Verification)، ويشمل:

- عملية إعادة النظر مع فريق المشروع
- تدقيق الحسابات الداخلية للتخطيط في المستقبل
- مناقشة ما تم الإستفادة منه خلال تخضير المشروع.

بناءاً على ما تقدم، وبعد القيام بتحليل المحاور آنفة الذكر وإعتماداً على المنهج الإستقرائي، إقترح البحث إستنباط قائمة مراجعة لتبنيها في تخضير المباني القائمة، وإعتمادها بمثابة إطار عملي ومرجع للتقييم البيئي لعمليات تخضير إفتراضية على مبنى قائم، بوصفها مدخلاً لوضع أسس تخضير المباني القائمة في العراق ويقية المناطق الحارة الجافة، ووفقاً لإمكانيات البرنامج الحاسبي الذي سيتم إعتماده، والذي يأخذ بحساباته مختلف الجوانب البيئية، ويما يتلاءم مع مفاهيم العمارة الخضراء والتصميم البيئي المستدام, وكما يأتي:

أولاً/ عملية تقييم المبنى، وتشمل:

- تقسيم المبنى الى خمس منظومات رئيسة⁽¹⁾, وهي: منظومة غلاف المبنى, ومنظومة الخدمات الميكانيكية, ومنظومة الهيكل الإنشائي, ومنظومة البيئة الداخلية, ومنظومة الموقع.
 - تشخيص المشكلات لكل منظومة وتحليلها.
 - تحديد معوقات أداء المبنى.

ثانيا/ التخطيط لعملية تخضير المبنى القائم، وتشمل:

مراجعة تقييم المبنى.

⁽¹⁾ تم تقسيم المنظومات الرئيسة للمبنى بحسب تقسيم دراسة "المباني المتكاملة: أسنس منظومات العمارة (Bachman, 2003) (Leonard Bachman) و Bachman, 2003). ل ليونارد باجمان (Leonard Bachman)، عام 2003 (Bachman, 2003).

- مراجعة الأداء والأهداف.
- مراجعة التصور المستقبلي لما ستؤول إليه عمليات التخضير.

ثالثاً/ تنفيذ عمليات التخضير، وتشمل:

- مراجعة عمليات التخضير.
- تحديد المنظومات الرئيسة والمنظومات الفرعية المتضمَّنة فيها والمراد تخضيرها.
 - تتبع أداء الطاقة.

رابعاً/ التحقُّق من الأداء، ويشمل:

- مراجعة كفاءة إستخدام الطاقة في المبنى قبل وبعد تنفيذ عمليات التخضير عليه ومن خلال برنامج حاسبي.
- مراجعة كميات الطاقة المستهلكة في المبنى قَبْل ويعد تنفيذ عمليات التخضير عليه، ثم مقارنتها مع الفوائد الصحية والبيئية.
 - بيان إيجابيات عمليات التخضير على صحة وسلامة شاغلى المبنى والبيئة الطبيعية.

1-3 ستراتيجيات تخضير منظومة غلاف المبنى:

يُعَد تخضير غلاف المبنى المنظومة الأسرع نمواً في مجالي البيئة المبنية والإيكولوجيا، لأنه يُوفِّر فرصة للجمع بين المباني والبيئة الطبيعية بغرض معالجة القضايا البيئية في محيط المناطق الحضرية الكثيفة (Perini, and Magliocco, 2012).

من جهة أخرى، أصبح إستخدام النباتات جانباً أساس في التخطيط الحضري, في مراكز المدن المكتظة في الوقت الحاضر، ويُعَد تخضير غلاف المبنى أحد الإحتمالات لتلبية هذا الطلب (Renterghem, 2013).

إذ تعمل الفوائد البيئية المتعلقة بغلاف المبنى الأخضر ككُل، على مجموعة من المقاييس (مقياس المبنى، ومقياس الحيُّ (وحدة الجيرة) أو المدينة). كما يشمل غلاف المبنى حالياً, المواد المتقدمة أيضاً، وغيرها من التقنيات لتعزيز وظائف البناء المستدام (Perini, and Magliocco, 2012).

من ثم، يُعَد تخضير غلاف المبنى القائم بدلاً من هدمه كلما كان ذلك ممكناً، أمراً بالغ الأهمية، لأن الطاقة الكامنة في المبنى القائم كبيرة، وعند إعادة إستخدامها ستُوفِّر الكثير من الطاقة ونفقات إنشاء المبنى الجديد، وبنفس الوقت إلغاء تكاليف الهدم والتخلص من نفاياته (Barnett, and Browning, 2007).

4-1 أهمية تخضير أبنية التعليم العالى:

يُعَد قطاع التعليم العالي من الوسائل البشرية الأكثر فاعلية في السعي لتحقيق التنمية المستدامة. وفي هذا السياق، تتحمَّل الجامعات مسؤولية خاصة للمساعدة في تحديد وتجسيد أفضل الممارسات. إذ تَمتلك الجامعات الدور الطليعي الأساس لقيادة عمليات التغيير، فهي ليست لتثقيف معظم قادة العالَم وصناع القرار والمعلمين ودفع حدود المعرفة فحسب، بل تلعب دوراً إقتصادياً ووطنياً وعالمياً هاماً، حيث تعمل على توظيف عمالة كبرى فضلاً عن كونها من كبار المستهلكين للسلع والخدمات.

وتتعرَّض الجامعات للضغوط المتزايدة في التعامل والإستجابة مع تغييرات المناخ وقضايا النتمية المستدامة وغيرها من المخاطر والتحديات المُرتبطة بها. ومن المتوقع أن تعمل بمثابة محركات ومراكزاً للإبتكار من أجل النتمية المستدامة من خلال التعليم والتعلم والبحث ونقل المعرفة. والأهم من ذلك، لا ينتهي الدور التربوي للجامعات مع التعليم الجامعي والدراسات العليا فحسب، بل يمتد الى عددٍ كبير من الأنشطة التي تدعم وتُوسِّع التعليم والبحوث الأساس، مثل: إدارة الحرم الجامعي والعمليات، وتخطيط الحرم الجامعي، والتصميم والبناء والتجديد، والمشتريات، والنقل، والمشاركة من قِبَل المجتمع الأوسع. كما ينمو الوعي
ويُعَد سوق البناء التعليمي، من الأسواق الكبرى في قطاع صناعة البناء. علماً أن القسم الأكبر من مجموع الإنفاق (بناء أبنية جديدة وتحديث المباني القائمة) تذهب الى الكليات والجامعات. فالإستدامة هي قضية هامة جداً في الجامعات (Yudelson, 2008).

إجمالاً، يكمن الهدف من تخضير الجامعات في تشجيع وتعزيز مساهمة الجامعات في إستدامة كوكب الأرض. إذ لا يستطيع الأفراد والمؤسسات الأخرى, من خلق عالَم مستدام، في حين تستطيع الجامعات المستدامة, المساعدة في خلق عالَم أكثر إستدامة (UNEP, 2013).

<u>1-5</u> مُجمَّع جامعة بغداد – الجادرية:

تُعَد جامعة بغداد، واحدة من أعرق الجامعات ليس على مستوى العراق فحسب، بل على صعيد الوطن العربي ك كُل. وتقع جامعة بغداد – مُجمَّع الجادرية, في مدينة بغداد – العراق ذات المناخ الحار الجاف⁽¹⁾ قُرب نهر دجلة، وقد وضع التصميم الأساس لها المهندس المعماري الألماني والتر أدولف گروپيس (1883–1969 Walter Adolph Gropius) عام 1957. والذي يُعَد أبرز معماريي القرن العشرين ورائداً عالمياً لحركة العمارة الحديثة (عصام محمد على شاهر, وآخرون، 2011).

ويقع مبنى رئاسة جامعة بغداد – مُجمَّع الجادرية (والذي سيجري تخضيره)، في منطقة مفتوحة من جميع الجهات وسط مُجمَّع الجامعة تقريباً, مما يعنى تعرضه للعوامل البيئية والمناخية خلافاً لبقية مبانى الجامعة المتضامة.

والمبنى عبارة عن مبنى مُتعدَّد الطوابق (برج), شكل مخططه مربع تقريباً بأبعاد (27 × 24,7) م, وبتوجيه شرق – غرب. وبإرتفاع (73 م) موزعة على (20 طابقاً). وتُعَد المساحة السطحية لغلاف المبنى والمعرضة لأشعة الشمس, كبيرة مقارنةً ببقية مباني الجامعة, والتي يتراوح إرتفاعها ما بين (7,8 – 12) م (ا**لشكل 1–1).**

ويحوي الطابق الأرضي للمبنى, بيت المصاعد والسلالم (Core), كما يضم مدخلاً لأحد سُلَمي المبنى. في حين، يضم الطابق الأول بداخله المدخل الرئيس للمبنى فضلاً عن غرفة الصادرة والواردة مع مدخل للسُلَّم الثاني (وهو مغلق في الوقت الحالي). أما الطابق الثاني، فيضم مكتب رئيس الجامعة. في حين يضم الطابق الثالث مكتبي مساعدي رئيس الجامعة العلمي والإداري, وتضم بقية الطوابق أقسام المبنى الأخرى. وتُعد الطوابق من الثاني ولغاية التاسع عشر "نموذجية (Typical)" ما عدا الطابق السابع الذي هو مُخصَص لمنظومة الخدمات فقط. أما الطابق العشرون، فهو بالأساس عبارة عن شرفة تم تغطيتها لاحقاً وتحويلها الى طابق يضم غرفة إجتماعات مجلس جامعة بغداد مع كافتيريا ملحقة بها.

أما سقف المبنى, فيتميَّز بكونه مستوي, مع إحتواءه على عقد (Vault) إستطالته بإتجاه شرق – غرب, ويضم بداخله خزانات المياه وغرف مكائن المصاعد الخاصة بالمبنى.

كان المبنى في الأساس, مُخصَّص ليضم مكاتب أعضاء الهيئات التدريسية في كلية العلوم، غير أن الحاجة إقتضت الى تحويل وظيفته ليصبح مبنى لمكاتب رئاسة جامعة بغداد فضلاً عن الدائرة الهندسية للجامعة (كمونة, 2015).

ويتألف مبنى رئاسة جامعة بغداد من الأقسام الآتية: مكتب رئيس الجامعة, ومكتب مساعد رئيس الجامعة للشؤون العلمية, ومكتب مساعد رئيس الجامعة للشؤون الإدارية, وأمانة مجلس الجامعة, وقسم شؤون الديوان, والشؤون الإدارية, والشؤون القانونية, والشؤون الهندسية, والعلاقات الثقافية, والرقابة والتدقيق الداخلي, والشؤون المالية, وقسم الإعلام والعلاقات العامة, والشؤون العلمية,

⁽¹⁾ يقع العراق ضمن منطقة المناخ الاستوائي وتحديداً بين دائرتي عرض (30–38) درجة شمالاً. وتعد معظم أجزاء العراق ومنها بغداد، ذات مناخ حار جاف صحراوي أو شبه صحراوي، أما جزئه الجنوبي فهو ذو مناخ بحري صحراوي. ويتصف العراق بصيف حار وشتاء معتدل مع فصلي ربيع وخريف قصيرين, كما يُعد واحداً من الأقطار الحارة صيفاً, مع معدل درجات حرارة عظمى عالية نهاراً. وتكون ليالي الصيف أبرد بشكل كبير، ربيع وخريف قصيرين, كما يُعد واحداً من الأقطار الحارة صيفاً, مع معدل درجات حرارة عظمى عالية نهاراً. وتكون ليالي الصيف أبرد بشكل كبير، ويتعذ في وند بناي كبير، ويتعاذ معتدل مع فصلي درجات لذلك يكون مدى العراق العرفي عدار وشتاء معتدل مع فصلي وتبعاً لذلك يكون مدى الحرارة اليومي مرتفعاً, مع معدل درجات حرارة عظمى عالية نهاراً. وتكون ليالي الصيف أبرد بشكل كبير، وتبعاً لذلك يكون مدى الحرارة اليومي مرتفعاً, مع وجود تباين فصلي كبير في درجات الحرارة وإرتفاع عالي لمعدلاتها, فضلاً عن السطوع الشمسي العالي. وتتفاوت كمية الأمطار السنوية كثيراً في جميع أنحاء القطر، ويسقط معظمها شتاءاً وتكون قليلة، ويتصف الصيف أبرد بشكل كبير، وتعالي وتناور اليومي مرتفعاً, مع وجود تباين فصلي كبير في درجات الحرارة وإرتفاع عالي لمعدلاتها, فضلاً عن السطوع الشمسي وتبعاً لذلك يكون مدى الحرارة اليومي مرتفعاً, مع وجود تباين فصلي كبير في درجات الحرارة وإرتفاع عالي لمعدلاتها, فضلاً عن السطوع الشمسي وتبعاً لذلك يكون مدى الحرارة اليومي مرتفعاً, مع وجود تباين فصلي كبير في درجات الحرارة وإرتفاع عالي لمعدلاتها, فضلاً عن السطوع الشمسي العالي. وتتفاوت كمية الأمطار السنوية كثيراً في جميع أنحاء القطر، ويسقط معظمها شتاءاً وتكون قليلة، ويتصف الصيف بجفافه وإنعدام أمطاره مع قلما أله غربية (الشربي 1980).

((___))

وشؤون الطلبة والتصديقات, والدراسات العليا, والدراسات والتخطيط والمتابعة, وقسم ضمان الجودة والأداء الجامعي, وشعبة المتابعة, وقسم التربية الرياضية والفنية, ومديرية الأقسام الداخلية (عصام محمد علي شاكر، وآخرون، 2011).

6-1 أسباب إختيار مبنى رئاسة جامعة بغداد لإجراع عمليات تخضير إفتراضية عليه:

هناك مجموعة من الأسباب دفعت البحث لتبني تخضير مبنى رئاسة جامعة بغداد – مُجمّع الجادرية، هي (كمونة, 2015):

- ليكون المبنى بمثابة خطوة أولى نحو ترسيخ مبادئ العمارة الخضراء والتصميم البيئي المستدام في مباني وفعاليات وأنشطة جامعة بغداد لمواكبة ثورة المباني الخضراء العالمية.
- 2. أهمية وضرورة تعليم وإشاعة مفاهيم وأسس العمارة الخضراء والتصميم البيئي المستدام لتثقيف الآف الطلبة، وأعضاء الهيئة التعليمية، والموظفين، والمستخدمين، في جامعة بغداد لحثهم وتوعيتهم بأهمية هذا الموضوع وأبعاده في تقليل والحدُّ من الآثار البيئية والمحافظة على صحة الإنسان.
 - بغرض تقليل الآثار البيئية السلبية الناجمة عن تشغيل برج جامعة بغداد بشكل خاص، والجامعة كمل بشكل عام.
- 4. جعل المؤسسة التعليمية بشكلٍ خاص وكل مؤسسات الدولة الأخرى تأخذ من نموذج تخضير مبنى رئاسة جامعة بغداد، نموذجاً يُحتذى به للقيام بخطواتٍ مماثلة على صعيد مؤسساتهم ومن ثم بقية المباني الأخرى.
- 5. تحمل جامعة بغداد مكانة ذات صدى علمي بحثي مرموق على مستوى العراق وعربياً وعالمياً, حيث تحتل المرتبة الأولى على الجامعات العراقية وفقاً لتصنيف (Ranking Web of Universities) الإسباني العالمي لشهر آب من عام 2014، وضمن أفضل (50) جامعة عربية.
- 6. يُشكِّل مبنى رئاسة جامعة بغداد أحد الشواخص الحضرية الهامة (Focus Point) على المستوى الحضري ولأفق (Skyline) مدينة بغداد بشكلٍ عام، ولمجمع جامعة بغداد – الجادرية بشكلٍ خاص.
- 7. لأن تصميم مجمع جامعة بغداد مبني على مبدأ التجميع المتضام. من ثم, يُوفَر بذلك تشكيلاً كُتلياً متوافقاً مع مناخ بغداد الحار الجاف، وبهذا تضم جامعة بغداد – مجمع الجادرية, أحد جوانب التصميم الأخضر.
 - 8. أهمية موقع جامعة بغداد, حيث تقع على ضفاف نهر دجلة في منطقة فاصلة ما بين الكرخ والرصافة في بغداد.
- 9. الأهمية المعمارية لجامعة بغداد, والتي تكمن في تصميمها من قِبَل المهندس المعماري الألماني والتر كروپيس (Walter Gropius) عام 1957، من ثم هي تحمل قيمة معمارية عالية.

<u>1-7 فكرة عمل البرنامج الحاسبي المستخدَم في عمليات التخضير:</u>

تم إستخدام البرنامج الحاسبي (DesignBuilder)، وهو برنامج حديث ومتطور ويمتلك مرونة عالية، فهو يستخدِم محرك المحاكاة الديناميكية (EnergyPlus) لتوليد بيانات الأداء. ويُوفِّر البرنامج (DesignBuilder) مجموعة من بيانات الأداء البيئي، مثل: إستهلاك الطاقة، وأحجام مكونات منظومات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC)، وظروف الراحة الحرارية، والإستنارة (Illuminance)، ودرجات الحرارة في فصلي الصيف والشتاء، وإنبعاثات الكربون.

ويمتاز برنامج (DesignBuilder)، بكونه يأخذ معظم المؤثرات المناخية والبيئية بالحسبان، فضلاً عن معطيات البيئة الداخلية للمبنى، مثل: التهوية، ومعدات وأجهزة التدفئة والتبريد، والإنارة الصناعية، والشاغلين، ... الخ) ويمكن بواسطته الحصول على نتائج متعددة فيما يخص الأداء البيئي للمبنى.

ويتم حساب إجمالي الجهود الحرارية المسلطة على الغلاف البنائي ضمن البرنامج الحاسبي, من خلال توليد بيانات أداء طاقة المبنى (التبريد والتدفئة) على أساس المحاكاة وبإستخدام بيانات الطقس الحقيقية لموقع المبنى (والتي شملت هنا بيانات طقس محافظة بغداد). ثم يقوم البرنامج بعرض محاكاة البيانات بإستخدام محرك المحاكاة الديناميكية (EnergyPlus). ويبدأ البرنامج حساباته من يوم (1 آذار) ولمغاية يوم (31 تشرين الأول)، لحساب أحمال التبريد في فصل الصيف، ومن يوم (1 تشرين الثاني) ولمغاية يوم (28 شباط)، لحساب أحمال التدفئة في فصل الشتاء، وبإعتماد (يوم 15) عن كُل شهر ولجميع ساعات نهار ذلك اليوم، ومنذ الساعة الأولى للشروق وحتى أخر ساعة للغروب في حسابات الأحمال الحرارية.

<u>1-8 آلية عمليات تخضير مبنى رئاسة جامعة بغداد:</u>

سيتم إعتماد مجموعة المؤشرات المُستخلصة في (الفقرة 1-2)، لتنفيذ عمليات تخضير إفتراضية على مبنى رئاسة جامعة بغداد – مُجمَّع الجادرية، بغرض بيان فاعلية عمليات التخضير على الأبنية, وكما يأتي (كمونة, 2015):

1-8-1 عملية تقييم مبنى رئاسة جامعة بغداد:

تشمل عملية تقييم مبنى رئاسة جامعة بغداد الخطوات الآتية:

- تقسيم المبنى الى خمس منظومات رئيسة.
- تشخيص المشكلات لكل منظومة وتحليلها.
 - تحديد معوقات أداء المبنى.

وسيتم التركيز على تخضير منظومة الغلاف مع إجراء تقييم على منظومة الخدمات الميكانيكية لبيان كفاءة الأداء الطاقوي للمبنى قَبَل وبعد تنفيذ عمليات التخضير الإفتراضية عليه، وكما يأتي: أولاً/ تقييم منظومة الغلاف:

- 1. تم إدخال البيانات التعريفية الى البرنامج (DesignBuilder) والخاصة بمدينة بغداد. ثم تم رسم مبنى رئاسة جامعة بغداد، مع إدخال كافة البيانات الخاصة به. وتشمل هذه البيانات (كمونة, 2015):
 - بيانات الطقس الخاصة بمدينة بغداد من الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية والأطلس المناخي العراقي.
 - خطوط الطول والعرض لمدينة بغداد، والتي تقع على خط عرض (33,20° شمالاً)، وخط طول (44,26° شرقاً).
 - الإرتفاع عن مستوى سطح البحر لمدينة بغداد والذي يبلغ (34 م).
 - منطقة التوقيت لمدينة بغداد وهي (GMT + 03.00).
 - معدل درجات الحرارة الشهرية (وابتداءاً من كانون الثاني ولغاية كانون الأول) (الجدول 1-1).
 - حساب أعلى وأدنى معدل درجات حرارة لكل شهر (الجدول 1-1).
 - أعلى وأدنى درجة حرارة للمحرار الجاف (Dry-Bulb Temperature) لكل شهر (الجدول 1-1).
 - درجة حرارة المحرار الرطب (Wet-Bulb Temperature) المتزامنة.
 - معدل تساقط الأمطار .
 - الضغط الجوي بوحدات الميلي بار.
 - سُمك الجدران وإرتفاعاتها وسُمك السقف وشكله، فضلاً عن سُمك الكاسرات الشمسية المثبتة وأبعادها.
 - نوعية المواد المستخدَمة في إنشاء المبنى (الجدران والنوافذ، والسقف), فضلاً عن نوعية مواد الإنهاء.
 - إعتماد مقياس (ASHRAE) إصدار عام 2004.
- المعامل الإجمالي لإنتقال الحرارة (U-value) لمواد المبنى بوحدة (واط/ م². كلڤن) (من مقياس (ASHRAE) إصدار 2004).
- قيم الموصلية الحرارية (Thermal Conductivity Values) لمواد المبنى والمعروفة بـ (k-value)، والتي نقاس بوحدة (واط/ م. كلفن) (من مقياس (ASHRAE) إصدار 2004).
- فَيَم وحدة المقاومة الحرارية (R-value) لمواد المبنى بوحدة (واط/ م². درجة مئوية) (من مقياس (ASHRAE) إصدار 2004).
- قِيَّم معامل الكسب الحراري الشمسي (Solar Heat Gain Coefficient) (من مقياس (ASHRAE) إصدار 2004).
 - بيانات منظومة التكييف (عدد وأحمال أجهزة التكييف) في مبنى رئاسة جامعة بغداد.
 - طبيعة المجاورات المحيطة بمبنى رئاسة جامعة بغداد، مع إنعكاسية السطوح المحيطة به.

إحتساب المدة من (1 آذار) ولغاية (31 تشرين الأول) لفصل الصيف، وإحتساب المدة من (1 تشرين الثاني) ولغاية
 (28 شباط) لفصل الشتاء، مع إلغاء فصلي الربيع والخريف لقصرهما.

متوسط درجات	أدنى درجات حرارة	أدنى درجات	أعلى درجات حرارة	أعلى درجات	الشعر
الحرارة المسجلة	للمحرار الجاف	حرارة مسجلة	للمحرار الجاف	حرارة مسجلة	
14,3	3,2-	3,8	15,5	24,8	كانون الثاني
16,2	2,0-	5,1	18,7	27,3	شباط
20,05	1,0-	9,4	23,2	30,7	آذار
26,25	1,0	14,9	28,7	37,6	نيسان
31,95	8,3	20,3	36,7	43,6	مايس
36,15	14,7	23,6	41,5	48,7	حزيران
37,85	22,1	25,7	44,3	50,0	تموز
37,2	20,6	24,5	43,5	49,9	آب
44,35	15,1	20,2	41,0	47,7	أيلول
27,9	6,3	15,7	33,1	40,1	تشرين الأول
22,0	1,0-	9,1	23,2	34,9	تشرين الثاني
15,05	2,5-	5,0	16,9	25,1	كانون الأول

الجدول (1–1) يوضح: معدلات درجات الحرارة القصوى والدنيا والمتوسطة. المصدر : (كمونة, 2015) إستناداً الى معلومات الهيئة الهامة للأنواء الجوية العراقية لمدينة بغداد.

<u>2</u>. منظومة الجدران:

تم حساب الأحمال الحرارية المُسلطة على مبنى رئاسة جامعة بغداد وفقاً لمعطيات الموقع والبيانات التي جرى إدخالها للبرنامج (DesignBuilder). وبالنتيجة, تُحقَّق أقل مساحة للواجهتين الشرقية والغربية أقل كسب حراري شمسي، وهو ما يُجسده مبنى رئاسة جامعة بغداد حيث الضلع الأطول مواجهاً للواجهتين الجنوبية والشمالية. وهكذا، فإن توجيه المبنى جيداً، غير أنه يحتاج الى بعض المعالجات نظراً لكون بعديه متقاربين الى حدٍ ما (الشكل 1-2) (كمونة, 2015).

وفيما يأتي تقييم لكل واجهة من الواجهات الأربع للمبنى (كمونة, 2015): الواجهة الشمالية: معدل الأحمال الحرارية السنوي عليها قليل جداً, ورغم ذلك تم حمايتها بمجموعة من الكاسرات المركبة. الواجهة الجنوبية: نتحمَّل عبئاً حراراياً سنوياً عالياً يصل الى (50%) من مجمل العبء الحراري المسلط على غلاف المبنى عن طرق الإشعاع المنتشر فقط، وذلك وفقاً لحسابات البرنامج الحاسبي.

الواجهة الشرقية: تستلم أحمالاً حرارية سنوية عالية جداً، لكنها إجمالاً أقل من الأحمال الحرارية المُسلطة على الواجهة الغربية. ويُشكِّل العبء الحراري على الواجهة الشرقية بواسطة الإشعاع المباشر الجزء الأكبر من الأحمال الحرارية لا سيما منذ ساعات الصباح الأولى ولغاية منتصف النهار، في حين يُشكِّل العبء الحراري الناتج عن الإشعاع المنتشر، تقريباً تلث ما يُشكله على الواجهة الجنوبية، وفقاً لحسابات البرنامج الحاسبي.

الواجهة الغربية: تستلم أحمالاً حرارية سنوية عالية جداً تعادل تقريباً ما يتحمله سقف المبنى، ويُشكِّل العبء الحراري عليها بواسطة الإشعاع المباشر الجزء الأكبر من هذه الأحمال لا سيما للمدة من بعد منتصف النهار ولغاية الغروب، في حين يُشكِّل الإشعاع المنتشر، تقريباً ثلث ما شكله على الواجهة الجنوبية، وفقاً لحسابات البرنامج الحاسبي.

<u>3. منظومة النوافذ:</u>

إن النوافذ الموجودة في مبنى رئاسة جامعة بغداد هي مفردة التزجيج، وكما تم ملاحظة التقييم لواجهات المبني.



4. منظومة السقف:

يعد سقف المبنى المصدر الرئيس لنفاذ الحرارة الى داخله, وتختلف نسبة نفاذها بإختلاف المواد المستعملة في انشاء السقف، ويتميز الكونكريت المُستخدم في تسقيف مبنى رئاسة جامعة بغداد بعزله الحراري الكفوء والمناسب للمناطق الحارة الجافة. كما يُعَد العقد (Vault) الموجود في سقف المبنى من المعالجات الكفوءة بيئياً، حيث يُقلل من مساحة السطح التي تتعرض أصلاً الى أعلى حمل حراري صيفاً، كما يفقد سقف المبنى الحاوي على العقد، حرارة أكبر مقارنة بالسقوف المسطحة في المساء حيث تتخفض درجات الحرارة، ليس لأن العقد يمتلك أكبر مساحة سطحية مُعرَّضة للإشعاع الشمسي فحسب، بل لإنه يفقد حرارة أكثر بواسطة الحمل الحراري عندما يهب النسيم، وحتى في الهواء الساكن نسبياً تحدث تغييرات صغيرة في الضغط بسبب حركة الهواء فوق سطح العقد نتيجة وجود جزء منه في الظل وبشكلٍ مستمر حيث تُخلق حركة شبه دورانية حوله تُسرَّع من حركة الهواء. من ثم، تقليل كمية الأحمال الحرارية النافذة للمبنى (كمونة, للمبنى (كونة, المنافي الحرانية).

ثانيا/ تقييم الطاقة المصروفة في المبنى القائم قبل تنفيذ عمليات التخضير:

جرى حساب كميات الطاقة الكهربائية المصروفة صيفاً وشتاءاً على التوالي، لمعرفة كمية إستهلاك الطاقة، وتقييم شدة الإستنارة⁽¹⁾ صيفاً وشتاءاً في طابقين مُنتخبين لبيان كميات الحرارة النافذة للمبنى عِبرَ نوافذ مفردة التزجيج, كما يأتي: <u>1. كمية الطاقة المصروفة لأغراض التبريد صيفاً قبل تنفيذ عمليات التخضير:</u>

تم حساب كمية الطاقة الكهربائية المصروفة ضمن طوابق المبنى القائم وبإستخدام البرنامج (DesignBuilder) ولموسم الصيف، لغرض مقارنتها بكمية الطاقة الكهربائية المصروفة بوحدات (واط) ضمن طوابق المبنى بعد تنفيذ عمليات التخضير عليه، وكما يظهر في (ا**لشكلين 1-3، و1-4**).

أ. حسابات أحمال التبريد:

تم حساب الأحمال المصروفة لأغراض التبريد في مبنى رئاسة جامعة بغداد وبإستخدام البرنامج (DesignBuilder) وفق آلية حساب أحمال التبريد لتصميم المبنى كالآتي:

- يتم حساب درجات الحرارة وتدفقات الحرارة لكل منطقة (Zone) وتحدد قدرات التبريد المطلوبة للحفاظ على مجموع درجات التبريد في كُل منطقة.
- يُحسَب الحدُّ الأقصى لدرجة الحرارة الخارجية للمحرار الجاف الى الحد الأقصى لدرجة حرارة الهواء للمحرار الجاف على مدار اليوم.
- يُحسَب الحدُّ الأدنى لدرجة الحرارة الخارجية للمحرار الجاف على الحد الأدنى لدرجة حرارة الهواء للمحرار الجاف (ليلاً).

تُحسَب درجة حرارة المحرار الرطب عند أقصى درجة حرارة للمحرار الجاف.

من ثم, يتم حساب درجة الحرارة اليومية المُستخدَمة بالملف في حسابات التبريد من القيم القصوى والدنيا بإستخدام المنحني الجيبي (Sinusoidal Curve).

وتمتلك حسابات أحمال التبريد لتصميم المبنى الخصائص الآتية:

- إعتماد درجات الحرارة الخارجية الدورية لمدينة بغداد (إبتداءاً من 1 آذار ولغاية 31 تشرين الأول من عام 2013).
 - تشمل الأحمال الحرارية الشمسية المُسلَّطة على النوافذ فضلاً عن التهوية الطبيعية, مع إفتراض عدم وجود الرياح.

⁽¹⁾ تَعتمد إستتارة ضوء النهار في نقطة معينة وفي مستوى مُحدَد داخل مبنى على الإستتارة الخارجية وتتتاسب معها, وعليه فإن كمية ضوء النهار تَعتمد على إنارية السماء (Sky Luminance) بمثابة مصدر أولي وأساس للضوء, وتَعتمد على السطوح العاكسة بمثابة مصدر ثانوي للضوء من خلال الإنعكاسات. وتُعرَّف شدة الإستتارة (Sky Luminance) بمثابة مصدر أولي وأساس للضوء, وتَعتمد على السطوح العاكسة بمثابة مصدر ثانوي للضوء من خلال الإنعكاسات. وتُعرَّف شدة الإستتارة (Sky Luminance) بمثابة مصدر أولي وأساس للضوء, وتَعتمد على السطوح العاكسة بمثابة مصدر ثانوي للضوء من خلال الإنعكاسات. وتُعرَّف شدة الإستتارة (Sky Luminance) على أنها: كمية الضوء الساقط عمودياً في الثانية الواحدة على وحدة السطوح, وتُقدَّر ب الشمعة/ م² أو لوكس. وتتوقف شدة الإستتارة في نقطة على سطح معين على: أولاً, قوة إضاءة المنبع وتتاسب طردياً معه. ثانياً, البعد بين المنبع وتلك النقطة وتتناسب عكسياً وتتوقف شدة الإنارية في نقطة على سطح معين على: أولاً, قوة إضاءة المنبع وتتاسب طردياً معه. ثانياً, البعد بين المنبع وتلك النقطة وتتناسب عكسياً مع مربع البعد. ثالثاً, جيب تمام زاوية سقوط الضوء. أما قوة الإستتارة, فهي الطاقة الكلية المانبعثة في الثانية الواحدة من مصدر ضوعي وتُعدَّر بالشمعة القيابية. العد بين المنبع وتلك النقطة وتتناسب عكسياً مع مربع البعد. ثالثاً, جيب تمام زاوية سقوط الضوء. أما قوة الإستتارة, فهي الطاقة الكلية المُنبعثة في الثانية الواحدة من مصدر ضوئي وتُعدَّر بالشمعة القيابية (الشمعة: تعادل كمية الإضاءة الني تعطيها شمعة نموذجية, وتُقدَّر الوحدة النموذجية عادةً بـ شمعة/ م² أو شمعة/قد² (شاهين. 1984).

- تشمل الأحمال الحرارية الداخلية: معدات وأجهزة التبريد الميكانيكية (تم إستبعاد الأحمال الحرارية الناتجة عن الإنارة الصناعية والشاغلين).
 - النظر في توصيل الحرارة والحمل الحراري بين المناطق المختلفة داخل المبنى والتي تتضمَّن درجات حرارة مختلفة.

وتتم حسابات التصميم للتبريد لتحديد قدرة معدات وأجهزة التبريد الميكانيكية اللازمة لتلبية أهم الظروف المحتمل مواجهتها في مناخ الموقع لفصل الصيف.

ب. حساب شدة الإستنارة من خلال نوافذ مفردة التزجيج صيفاً قبل تنفيذ عمليات التخضير:

تم إنتخاب طابقين في مبنى رئاسة جامعة بغداد, وهما الرابع والسابع عشر، لحساب شدة الإستنارة في الطابقين قبل تنفيذ عمليات التخضير على غلاف المبنى في فصل الصيف (ليوم 15 تموز الساعة 11 صباحاً), وبإستخدام البرنامج (DesignBuilder)، لبيان كمية الحرارة والضوء الداخلين للمبنى عِبر النوافذ مفردة التزجيج (ا**لشكل 1-5).**

2. كمية الطاقة المصروفة لأغراض التدفئة شتاءاً قبل تنفيذ عمليات التخضير:

تم حساب كمية الطاقة الكهربائية المصروفة ضمن طوابق المبنى القائم وبإستخدام البرنامج (DesignBuilder) ولموسم الشتاء، لغرض مقارنتها بكمية الطاقة الكهربائية المصروفة بوحدات (واط) ضمن طوابق المبنى بعد تتفيذ عمليات التخضير عليه، وكما يظهر في (ا**لشكلين 1-6 و1-7**) (كمونة, 2015).

أ. حسابات أحمال التدفئة:

تم حساب الأحمال المصروفة لأغراض التدفئة في مبنى رئاسة جامعة بغداد وبإستخدام البرنامج (DesignBuilder) وفق آلية حساب أحمال التدفئة لتصميم المبنى كالآتي:

- تُحسَب المناطق التي تم تدفئتها بإستمرار للحصول على نقطة ضبط درجة حرارة التدفئة داخل فضاءات المبنى ولكل طابق، وبإستخدام منظومة تدفئة ذات حمل حراري بسيط.
 - يُؤخذ بالحسان التوصيل الحراري والحمل الحراري بين الفضاءات المختلفة داخل المبنى.
 - حساب الحدُّ الأدنى لدرجة الحرارة الخارجية للمحرار الجاف الى درجة حرارة الهواء الخارجية.
 - حساب سرعة الرياح مع إستبعاد إتجاهها.
 وتمتلك حسابات أحمال التدفئة لتصميم المبنى الخصائص الآتية (كمونة, 2015):
 - إعتماد درجات الحرارة الخارجية الدورية لمدينة بغداد، (من 1 تشرين الثاني عام 2013 ولغاية 28 شباط عام 2014).
 - حساب درجات الحرارة الخارجية لموقع المبنى في فصل الشتاء.
 - لا تُحسَب أحمال الكسب الحراري الشمسى داخل المبنى مع أحمال منظومة التدفئة الميكانيكية.
 - لا تُحسَب أحمال الكسب الحراري من المعدات، والأجهزة، والإنارة الصناعية، والشاغلين، ... الخ.

ب. حساب شدة الإستنارة من خلال نوافذ مفردة التزجيج شتاءاً قبل تنفيذ عمليات التخضير:

تم إنتخاب طابقين في مبنى رئاسة جامعة بغداد, وهما الرابع والسابع عشر، لحساب شدة الإستنارة في الطابقين قبل تنفيذ عمليات التخضير على غلاف المبنى في فصل الشتاء (ليوم 15 كانون الثاني الساعة 11 صباحاً), وبإستخدام البرنامج (DesignBuilder)، لبيان كمية الحرارة والضوء الداخلين للمبنى عبر النوافذ مفردة التزجيج (الشكل 1-8) (كمونة, 2015). ثالثاً/ تقبيم منظومة الخدمات الميكانيكية:

1. منظومة التدفئة، والتهوية، وتكييف الهواء (HVAC):

تم إلغاء منظومات التدفئة، والتهوية، وتكييف الهواء (HVAC) الأصلية في المبنى بسبب تعطلها، فهي تحتاج الى كلفة عالية جداً لإصلاحها وصيانتها، فضلاً عن كون الغازات المستعملة في تبريد مبردات المياه (Chillers Water Cools) في المنظومة والغازات التي تطلقها, هي من النوع غير الصديق للبيئة والذي تم منعه عالمياً. لذا، تم الإستعاضة عنها بوحدات تكييف (Split Units) ومكيفات هواء (Ari Conditions) ولجميع طوابق المبنى. من ثم، فإن كُلف إستهلاك الطاقة الكهربائية في المبنى لأغراض التبريد صيفاً والتدفئة شتاءاً، هي عالية ومُكلفة جداً. والتي مصدرها الشبكة الوطنية للطاقة الكهربائية, فضلاً عن كونها طاقة غير نظيفة (كمونة, 2015).

<u>2. منظومة المياه والتركيبات الصحية:</u>

يتم تجهيز المبنى بالمياه النظيفة من خلال خزانات مياه سعة (60 م³) تقع على سطح المبنى والتي يُغطيها العقد الموجود في السقف كما يغطي غرف مكائن المصاعد (Room Machine). كل خزان مياه مقسوم الى نصفين، يضم القسم الأعلى, منظومة تتقية للمياه ويغذي طوابق المبنى بالمياه النظيفة. أما القسم السفلي، فيضم المياه المخصصة لمنظومة إطفاء الحريق، حيث تم تجهيز المبنى بأكمله بمنظومة إنذار للحريق. ويتم ضخ المياه لمبنى رئاسة جامعة بغداد عبر مضخة تقع أسفل المبنى.

ويتصل الطابق السابع (طابق الخدمات) بطوابق المبنى عِبرَ (Shaft) يُفتَح على جميع الطوابق، والذي تمر خلاله خدمات منظومة التدفئة، والتهوية، وتكييف الهواء (HVAC) الأصلية في المبنى والمُلغاة حالياً، فضلاً عن أنابيب المياه النظيفة، وأنابيب الصرف الصحي، وخدمات الكهرباء (كمونة, 2015).

1-8-2 التخطيط لعمليات تخضين المبنى القائم:

- مراجعة تقييم المبنى.
- مراجعة الأداء والأهداف.
- مراجعة التصور المستقبلي لِما ستؤول إليه عمليات التخضير.

بناءاً على عمليات التقييم التي أجراها البحث على مبنى رئاسة جامعة بغداد وتحديداً على منظومتي الغلاف والخدمات الميكانيكية، وَضع البحث تصوراً أولياً لما ستؤول إليه عمليات التخضير الإفتراضية على غلاف المبنى، والتي ستجري وفق ثلاث مراحل، هي (كمونة, 2015):

المرحلة الأولى/ حساب كمية الأحمال الحرارية المسلطة على غلاف المبنى وفق المعطيات المناخية لمدينة بغداد وبإستخدام البرنامج (DesignBuilder)، بغرض معرفة كمية الأحمال الحرارية المسلطة على كتلة المبنى في المناخ الحار الجاف. **المرحلة الثانية/** حساب كمية إستهلاك الطاقة في المبنى لأغراض التبريد صيفاً, والتدفئة شتاءاً. **المرحلة الثالثة/** تنفيذ عمليات التخضير الإفتراضية على منظومة غلاف المبنى, والتي تشمل الآتي:

- تخضير منظومة الجدران وتحديداً الواجهة الجنوبية بالمزروعات.
- 2. تخضير منظومة النوافذ بإستخدام النوافذ فائقة التزجيج وعلى الواجهات الأربعة للمبني.
 - 3. تخصير منظومة السقف بإستخدام منظومة من الخلايا الكهروضوئية.

1-8-3 تنفيذ عمليات التخضير:

- مراجعة عمليات التخضير.
- تحديد المنظومات الرئيسة والمنظومات الفرعية المتضمَّنة فيها والمُراد تخضيرها.
 - تتبع أداء الطاقة.

أولا/ منظومة الجدران:

الواجهة الشمالية: إضافة النوافذ الفائقة مزدوجة التزجيج اليها ولجميع الواجهات بغرض رفع كفاءة الأداء البيئي للمبني.

الواجهة الجنوبية: على الرغم من معالجتها بمجموعة من الكاسرات المركبة, سيتم تخضيرها كإجراء إضافي لتقليل الأحمال الحرارية المسلطة عليها، وكالآتي:

- تثبيت منظومة الواجهة الخضراء غير المباشرة وبإستخدام صناديق الزراعة على الواجهة الجنوبية، للإرتفاع بالنباتات الى مستويات عالية فضلاً عن إسناد مجموعة كبيرة من النباتات, والتي تساعد على تقليل الأحمال الحرارية المسلطة على هذه الواجهة, مع إضفاء بيئة حيوية ومبهجة لشاغلي المبنى، وترطيب الهواء في البيئة الخارجية المحيطة بالمبنى.
- ستعمل مجموعة الكاسرات المركبة الموجودة على الواجهة الجنوبية، على إسناد صناديق المزروعات. ومن ثم, لا حاجة لإقامة هيكل إنشائي إضافي لإسنادها أو تحوير الهيكل الإنشائي الأصلى للمبنى, وبالتالي الإقتصاد بالنفقات والوقت والجهد.
- سيتم وضع صناديق المزروعات بصورة تبادلية بين كاسرة وأخرى، فضلاً عن وضعها لكل ثلاث طوابق، بسبب قابلية النباتات على التسلق الى إرتفاع ثلاث طوابق. من ثم، يتم تقليل الأحمال على الهيكل الإنشائي للكاسرات.
- ستجرى عملية إرواء صناديق الزراعة مباشرةً لأول مجموعة طوابق (من الطابق الثاني ولغاية الطابق السابع)، من خلال خزان المياه الموضوع قرب مبنى رئاسة جامعة بغداد. في حين سيتم إرواء المجموعة العليا من الطوابق (من الطابق الثامن ولغاية الطابق الأخير) من خلال خزانات المياه الموضوعة أعلى المبنى وقبل تصفية المياه.
- ستجرى عملية إرواء المزروعات بالتنقيط من خلال إنبوبين عمودية (أحدها يخرج مباشرةً من خزان المياه الواقع أسفل المبنى، والآخر يخرج من خزانات المياه الواقعة في أعلى المبنى)، ومن ثم ترتبط أنابيب ثانوية بالإنبوبين العمودية، لتمتد أفقياً عِبْرَ طوابق المبنى, ثم تَرتبِط بدورها بصناديق المزروعات لإرواءها بالنتقيط (الشكل 1–9).

الواجهة الشرقية: نظراً لكون هذه الواجهة صماء تحتوي في منتصفها على نوافذ ولكل الطوابق (عدا الطابق الأرضىي والطابق السابع) وتطل على الفضاء الموجود أمام منطقة المصاعد (فضاء خدمي)، مع حماية هذه النوافذ بكاسرات أفقية، فإن هذه الواجهة لا تحتاج الى معالجة سوى تبديل النوافذ مفردة التزجيج كإجراء إضافي لتقليل الأحمال الحرارية عليها.

الواجهة الغربية: نظراً لكون هذه الواجهة (وكما هو الحال في الواجهة الشرقية) صماء تحتوي في منتصفها على نوافذ ولكل الطوابق (عدا طابق الخدمات السابع)، فإن هذه الواجهة لا تحتاج الى معالجة سوى تبديل النوافذ مفردة التزجيج كإجراء إضافي لتقليل الأحمال الحرارية عليها (كمونة, 2015).

<u>ثانياً/ منظومة النوافذ:</u>

إستبدال نوافذ المبنى بالكامل بنوافذ فائقة مزدوجة التزجيج بإختيار النوع الموائم للمناطق الحارة الجافة وهو النوع الذي يسمح بدخول الكثير من الضوء مع القليل من الحرارة وهذا ما توضحه شدة الإستتارة في فضاءات طوابق المبنى التي لم تتأثر كثيراً من ناحية الضوء، غير أن كميات الأحمال الحرارية النافذة للمبنى قلت كثيراً، ومن ثم تم رفع الكفاءة الادائية الطاقوية للمبنى، فضلاً عن جعل المبنى يواكب التطور التكنولوجي (كمونة, 2015).

ثالثاً/ منظومة السقف:

سيتم إستغلال مساحة السقف المحيطة بالعقد لتركيب الخلايا الكهروضوئية من نوع خلايا السليكون الأحادية البلورية الشمسية (Monocrystalline Silicon Solar Cells)، بسبب إمتلاكها أعلى كفاءة لأنها مصنوعة من السليكون ذو الدرجة العالية, وتتتج أعلى معدلات طاقة مع أقل مساحة فضائية مقارنةً بالأنواع الأخرى من الخلايا الكهروضوئية, فضلاً عن كونها تتتج ما يصل الى أربعة أضعاف كمية الطاقة الكهريائية مقارنةً بالألواح الشمسية الرقيقة. وتتمتع بمجوعة من المواصفات (الجدول 1-2). وستوجَّه الخلايا الكهروضوئية بإتجاه الجنوب، لجعلها تعمل بجودة عالية (عمونة, 2015).

المحدول (Monocrystalline Silicon Solar Cells) المحروضوئية. المصدر: (Sunmodule, 2011, http://pypower.com/uploads/products/solarworld-235-data-sheet.pdf)).

Monocrystalline Silicon Solar Cells SW-235	نوع الخلية الكهروضوئية
(1,56م طول × 1,156م عرض)	أبعاد الخلية الكهروضوئية
21,2 كغم	وزن الخلية الكهروضوئية

وفقاً لِما تقدم، وإعتماداً على الجدول أعلاه, وبعد إجراء عملية حسابية لمساحة السقف مطروحاً منها منطقة العقد، تم إختيار الخلايا الكهروضوية من نوع السليكون الأحادية البلورية الشمسية (Monocrystalline Silicon Solar Cells) بكفاءة (235 واط), وبمساحة للخلية الكهروضوئية الواحدة (1,56م طول × 1,156م عرض) وبوزن (21,2 كغم), وبواقع (64 خلية) للمنطقة الواقعة أمام العقد والمواجهة للجنوب، ووضع (64 خلية) في المنطقة الواقعة خلف العقد والمواجهة للجنوب أيضاً مع رفعها بمسافة (1 متر) عن مستوى سطح السقف, بسبب إرتفاع العقد لتحظى بكميات كافية من الأشعة الشمسية.

من ثم، سيكون إجمالي الطاقة المُستحصّل عليه من مجموع الخلايا الكهروضوئية تقريباً (30080 واط)، والتي تساعد على تقليل عدد وأحمال أجهزة التكييف الميكانيكية في المبنى، فضلاً عن كونها طاقة نظيفة تحافظ على صحة شاغلي المبنى، ناهيك عن فاعلية هذه الخلايا على جعل المبنى يدخل ضمن المباني الخضراء المستدامة بيئياً (كمونة, 2015). ويوضح (الشكل 1-10) مبنى جامعة بغداد بعد إجراء عمليات التخضير الإفتراضية عليه.

<u>1-8-4 التحقُّق من الأداء:</u>

- مراجعة كفاءة إستخدام الطاقة في المبنى من خلال برنامج حاسبي يقوم بحساب التكاليف قبل عملية التخضير وبعدها، لبيان فاعلية عملية التخضير من الناحية الطاقوية.
 - مراجعة كميات الطاقة المستهلكة قَبْل تنفيذ عمليات التخضير وبعدها، ثم مقارنتها مع الفوائد الصحية والبيئية.
 - بيان إيجابيات عمليات التخضير على صحة وسلامة شاغلي المبنى والبيئة الطبيعية.

وقد جرى تقييم الطاقة المصروفة في المبنى القائم بعد نتفيذ عمليات التخضير وبإستخدام البرنامج (DesignBuilder)، من خلال حساب كميات أحمال الطاقة المصروفة صيفاً وشتاءاً على التوالي، لمعرفة كمية إستهلاك الطاقة، وتقييم شدة الإستنارة في طابقين منتخبين صيفاً وشتاءاً لبيان كميات الحرارة النافذة للمبنى من خلال النوافذ الفائقة مزدوجة التزجيج، وكما يأتي: أولاً/ كمية الطاقة المصروفة لأغراض التبريد صيفاً بعد تنفيذ عمليات التخضير :

تم حساب كمية الطاقة الكهربائية المصروفة ضمن طوابق المبنى بعد تنفيذ عمليات التخضير الإفتراضية عليه وبإستخدام البرنامج (DesignBuilder) ولموسم الصيف، وكما يظهر في (الشكلين 1-11، و1-12) (كمونة, 2015). 1. حسابات أحمال التبريد:

تم حساب الأحمال المصروفة لأغراض التبريد في مبنى رئاسة جامعة بغداد وبإستخدام البرنامج (DesignBuilder) وفق آلية حساب أحمال التبريد لتصميم المبنى, وكما تم توضيح ذلك سابقاً. حساب شدة الإستنارة من خلال النوافذ الفائقة (مزدوجة التزجيج) صيفاً بعد تنفيذ عمليات التخضير:

تم إنتخاب طابقين في مبنى رئاسة جامعة بغداد, وهما الرابع والسابع عشر، لحساب شدة الإستنارة في الطابقين بعد تنفيذ عمليات التخضير على غلاف المبنى في فصل الصيف (ليوم 15 تموز الساعة 11 صباحاً), وبإستخدام البرنامج (DesignBuilder)، لبيان كمية الحرارة والضوء الداخلين للمبنى عِبر النوافذ الفائقة مزدوجة التزجيج (الشكل 1-13). ثانياً/ كمية الطاقة المصروفة لأغراض التدفئة شتاءاً بعد تنفيذ عمليات التخضير:

تم حساب كمية الطاقة الكهربائية المصروفة ضمن طوابق المبنى بعد تنفيذ عمليات التخضير الإفتراضية عليه وبإستخدام البرنامج (DesignBuilder) ولموسم الشتاء، وكما يظهر في (الشكلين 1–14، و1–15) (كمونة, 2015). <u>1</u>. حسابات أحمال التدفئة:

تم حساب الأحمال المصروفة لأغراض التدفئة في مبنى رئاسة جامعة بغداد وبإستخدام البرنامج (DesignBuilder) وفق آلية حساب أحمال التدفئة لتصميم المبنى, وكما تم توضيح ذلك سابقاً.

حساب شدة الإستنارة من خلال النوافذ الفائقة (مزدوجة التزجيج) شتاءاً بعد تنفيذ عمليات التخضير:

تم إنتخاب طابقين في مبنى رئاسة جامعة بغداد, وهما الرابع والسابع عشر، لحساب شدة الإستنارة في الطابقين بعد تنفيذ عمليات التخضير على غلاف المبنى في فصل الشتاء (ليوم 15 كانون الثاني الساعة 11 صباحاً), وبإستخدام البرنامج (DesignBuilder)، لبيان كمية الحرارة والضوء الداخلين للمبنى عِبر النوافذ الفائقة مزدوجة التزجيج (ا**لشكل 1-16)**.

1-9 إستنتاجات البرنامج الحاسبي:

بعد تحليل الأحمال المصروفة لأغراض التبريد والتدفئة في فصلي الصيف والشتاء، من خلال إجراء مقارنة قبل وبعد تنفيذ عمليات التخضير الإفتراضية على مبنى رئاسة جامعة بغداد، تم التوصل الى الإستنتاجات الآتية (الشكل 1–17):

- أثبت إستخدام البرنامج الحاسبي (DesignBuilder) وجود فرق تمثّل بتقليل كمية الأحمال الحرارية المصروفة لأغراض التبريد صيفاً والتدفئة شتاءاً بعد تنفيذ عمليات التخضير على غلاف المبنى, مما يُؤكّد فاعلية عمليات التخضير على رفع كفاءة الأداء الطاقوي داخل المبنى.
- فاعلية إستخدام الخلايا الكهروضوئية في عمليات التخضير, فهي طاقة متجددة نظيفة, تُقلَّل من إنبعاثات غاز ثاني أوكسيد الكربون في المبنى, ومن ثم تحافظ على صحة شاغليه وترفع من إنتاجيتهم.
- تساعد الواجهة الخضراء في المبنى على تقليل الأحمال الحرارية المسلطة على الفضاءات الداخلية المُطلة عليها, فضلاً عن توفير بيئة مريحة بصرياً ونفسياً لشاغليها, كما تساعد على تلطيف البيئة الخارجية المحيطة بالمبنى وتقليل درجات الحرارة، لا سيما أن الأرض المحيطة بالمبنى هي مرصوفة بالبلاطات الكونكريتية.

<u>10-1 الإستنتاجات:</u>

- أهمية إستخدام برامج الحاسوب لبيان فاعلية الأداء الحراري لمبنى قائم أو مبنى إفتراضي، بغرض الوصول الى كفاءة الأداء الحراري المثلى من خلال تنفيذ عمليات التخضير الإفتراضية على تلك المباني. من ثم، بيان ما حققته عمليات التخضير من أفضليات في تقليل الأعباء الحرارية, بغرض تحويل عمليات التخضير الى واقع ملموس.
- فاعلية إستخدام الخلايا الكهروضوئية في عمليات تخضير الأبنية القائمة كونها طاقة مُتجدًدة ونظيفة, إذ تُقلِّل من إنبعاثات غاز (CO₂) في المبنى. من ثم, تحافظ على صحة شاغلي المبنى وترفع من إنتاجيتهم.
- يوفر البرنامج (DesignBuilder) دقة عالية في حساباته, من ثم يحقق نتائجاً دقيقة مناسبة لمختلف الأقاليم والمناطق المناخية.

- يتميَّز البرنامج (DesignBuilder) بالشمولية إذ أن أغلب برامج التقييم البيئي الأخرى تقيس واحدة أو أكثر من المتغيرات البيئية, والكسب الحراري, والإنارة المطلوبة (طبيعية و/ أو ميكانيكية), أو كمية الطاقة المطلوبة للتكييف. بينما يُعطى هذا البرنامج نتائجاً لجميع هذه المتغيرات وغيرها.
- يُعَد تطبيق نهج تخضير المباني القائمة فاعِلاً من الناحية الإقتصادية كونه يُوفُر الكثير من الأموال المرصودة لإنشاء مبنى جديد، فهو يَعتمد المباني القائمة ويقوم بتجديدها وفق أسس العمارة الخضراء والإستدامة البيئية.
- أهمية تبنِّي نهج التخضير للأبنية العراقية القائمة، لترشيد إستهلاك الطاقة الكهربائية، والمحافظة على الوقود
 الأحفوري, ولتقليل التلوثات البيئية, مع توفير بيئة صحية داخل الأبنية, وبالتالي المحافظة على البيئة الطبيعية.
- يُعَد تبني تطبيق نهج تخضير المباني القائمة في الواقع العراقي مهماً في الوقت الحالي، لإعادة العمارة العراقية الى مسارها البيئي والمحلي الصحيح، لا سيما ما ألَّم العمارة العراقية المعاصرة من تصاميم وتفاصيل غريبة طرأت على جوانبها، فضلاً عن أن العمارة العراقية التقليدية مبنية في الأساس على أسس الإستدامة البيئية.
- أهمية تخضير الأبنية الجامعية لما تحمله هذه المؤسسات العلمية من أهمية في وضع أسس العمارة الخضراء والتصميم البيئي المستدام، فضلاً عن مواكبة التطور العلمي والعالمي في كافة المجالات.
- تم تقليل كمية الأحمال الحرارية المصروفة لأغراض التبريد صيفاً والتدفئة شتاءاً في مبنى رئاسة جامعة بغداد, بعد تنفيذ عمليات التخضير على غلافه, مما يُؤكِّد على فاعليتها في رفع كفاءة الأداء الطاقوي داخل المبنى.
- أهمية الدور الذي يلعبه الغلاف البنائي في عمليات السيطرة الحرارية على البيئات الداخلية للمباني، والذي يمكن من خلاله التوصل الى الأداء الأمثل والأكفأ مناخياً للمبنى.

المصادر:

- شاهين، بهجت رشاد، الإضاءة في المناطق الحارة الجافة، 1988, جمعية المهندسين العراقية، دورة التعليم المستمر،
 الهندسة المعمارية، بغداد العراق, (ص 2-3).
- ١٤٠ الشلش، على حسين، مناخ العراق، 1988, مطبعة جامعة البصرة، جامعة البصرة كلية الآداب، البصرة العراق، ص 61.
- عصام محمد علي شاكر، وآخرون، دليل جامعة بغداد 2011م، 2011, الدار الجامعية للطباعة والنشر، بغداد العراق, (ص 3, 47).
- كمونة, غادة محمد إسماعيل عبد الرزاق, منظومات العمارة الخضراء في التصميم البيئي المستدام, 2015, أطروحة دكتوراه مقدمة الى قسم هندسة العمارة – جامعة بغداد, بغداد – العراق, (ص 226–245).
 - Bachman, L. R., 2003. Integrated Buildings: the Systems Basis of Architecture, John Wiley and Sons, Inc., New Jersey USA, P. 35
 - Barnett, D. L., and Browning, W. D., 2007. A Primer on Sustainable Building, Rocky Mountain Institute (RMI), Green Development Services, USA, P. 54.
 - Carroon, J., 2010. Sustainable Preservation: Greening Existing Buildings, John Wiley and Sons, Inc., USA, P. 7.
 - CBRE, 2011. Retrofitting Existing Buildings: The Low Cost, High Volume Solution to Climate Change, Sustainability Asia Pacific: Environment Matters for Real Estate, Issue 4, CB Richard Ellis, Inc., Australia, P. 11.
 - Green Building Council, 2010. Sustaining Existing Buildings, Green Building Council of South Africa, Green Building Services (GBS), Portland, pp. 272-275.



- Hong, W., Chaing, M. S., Shapiro, R. A., and Clifford, M. L., 2007. Building Energy Efficiency: Why Green Buildings Are Key to Asia's Future, Asia Business Council Book, Hong Kong – China, pp. 276, 278.
- Like, R. V., 2009. The Paid-From-Savings: Guide to Green Existing Buildings, Executive Summary, U.S. Green Building Council, Inc. (USGBC), Washington – USA, P. 1.
- Perini, K., and Magliocco, A., 2012. The Integration of Vegetation in Architecture, Vertical and Horizontal Greened Surfaces, International Journal of Biology, Vol. 4, No. 2, Genoa – Italy, pp. 79, 82.
- Renterghem, Timothy Van, 2013. The Potential of Building Envelope Greening to Achieve Quietness, Building and Environment 61, Elsevier Ltd., USA, P. 34.
- UNEP, 2013. Greening Universities Toolkit, United Nations Environment Program, Nairobi – Kenya, pp. 4-5.
- Yudelson, J., 2010. Greening Existing Buildings, the McGraw-Hill Companies, Inc., USA, pp. 34, 143.
- Yudelson, J., 2008. The Green Building Revolution, U.S. Green Building Council, Island Press, 1718 Connecticut Ave. NW, Suite 300, Washington, USA, P. 106.
- Farlex, 2014. *Greening*, the Free Dictionary. Available at:
- <u>http://www.thefreedictionary.com/greening</u>
- Sunmodule, 2011. *SW 235 mono*, Version 2.0 Frame, P. 1. Available at:
- http://pvpower.com/uploads/products/solarworld-235-data-sheet.pdf



الشكل (1–1): منظور خارجي لمبنى رئاسة جامعة بغداد مع مخطط الطابق المتكرر فيه. المصدر : (كمونة, 2015).



الشكل (1-2): كمية الأحمال الحرارية المسلطة على مبنى رئاسة جامعة بغداد طوال العام. المصدر : (كمونة, 2015).



الشكل (1-3): كمية الطاقة الكهربائية المصروفة لأغراض التبريد صيفاً داخل مبنى ربّاسة جامعة بغداد، قبل تنفيذ عمليات التخضير. المصدر : (كمونة, 2015).



الشكل (1-4): كمية الطاقة الكهربائية المصروفة لأغراض التبريد صيفاً داخل مبنى رئاسة جامعة بغداد، وقبل تنفيذ عمليات التخضير . المصدر : (كمونة, 2015).



الشكل (1-5): شدة الإستنارة داخل فضاءات المبنى عِبْرَ نوافذ مفردة التزجيج صيفاً قَبْل تنفيذ عمليات التخضير. المصدر: (كمونة, 2015).



الشكل (1–6): كمية الطاقة الكهربائية المصروفة لأغراض التدفئة شتاءاً داخل مبنى رئاسة جامعة بغداد، قبل تنفيذ عمليات التخضير . المصدر : (كمونة, 2015).



الشكل (1–7): كمية الطاقة الكهربائية المصروفة لأغراض التدفئة شتاءاً داخل مبنى رئاسة جامعة بغداد, قبل تنفيذ عمليات التخضير. المصدر: (كمونة, 2015).



الشكل (1-8): شدة الإستنارة داخل فضاءات المبنى عِبْرَ نوافذ مفردة التزجيج شتاءاً قبل تنفيذ عمليات التخضير. المصدر: (كمونة, 2015).

Journal of Engineering





الشكل (1-9): مقطع طولي في المبنى من جهة واجهته الجنوبية موضحاً أنابيب الري بالتنقيط مع مُكبَّر. المصدر: (كمونة, 2015).

الشكل (1-10): مبنى رئاسة جامعة بغداد بعد تنفيذ عمليات التخضير الإفتراضية عليه. المصدر : (كمونة, 2015).



الشكل (1-11): كمية الطاقة الكهربائية المصروفة لأغراض التبريد صيفاً داخل مبنى رئاسة جامعة بغداد، بعد تنفيذ عمليات التخضير. المصدر : (كمونة, 2015).



الشكل (1–12): كمية الطاقة الكهربائية المصروفة لأغراض التبريد صيفاً داخل مبنى رئاسة جامعة بغداد, بعد تنفيذ عمليات التخضير. المصدر: (كمونة, 2015).



الشكل (1–13): شدة الإستنارة داخل فضاءات المبنى وعِبر نوافذ مزدوجة التزجيج صيفاً بَعد تنفيذ عمليات التخضير. المصدر: (كمونة, 2015).



الشكل (1-14): كمية الطاقة الكهربائية المصروفة لأغراض التدفئة شتاءاً داخل مبنى رئاسة جامعة بغداد, بعد تنفيذ عمليات التخضير. المصدر: (كمونة, 2015).

v 																			تاءأ بعد	صروفة شا تخضير .	نفيذ الطاقة الم نفيذ عمليات ال	5
	_			4			4	+	Ł	Ł	ŀ	L	Ł	ŀ	ŀ	L		للتعقبة الطير	لمستهاكة شتاط لقرذ حماوات الد	کمیهٔ قطاقهٔ ۱ (W) بعد نا	هلايق	
				- 1					L			L	L		L	L	L		****.67	۱	لطابق الأول	
				-			+	+	t	t	t	t	t	t	t	t	H				لطابق الثاني	
				_ 1															avv4,41	`	طابق الثالث	a
· · · ·				-			+	+-	÷	÷	t	t	t	÷	t	t	H		\$471,A/	`	لطايق الرايع	
				_ 1															0441,71	۱	للبق الغامس	d)
۲۰۰۰	h	-		-			+	-	⊢	÷	+-	Ł	÷	+-	Ł	-	-		a41.,V	<i>(</i>	للېق قىبايس	d)
				- 1															3343,-7	`	لطابق الثامن	a -
۰				_			-	_		4		L	1		L	L	-		3133.51	L .	طابق الناسع	
				_ 1															0921,71	r	طابق العاشر	h
							_		L	ь.									#4V1,41	۱.	ق العادي عشر	ш
	-				-			-	-	-	-	-	-	-	-	-			****	r	بق الثاني عشر	цы
	3	4		1 -	4 3		1	3	Э.	3	а.	а.	а.	а.	3	3	3		****.5		بق الثالث عشر	ι.
	.2	، <u>د</u> ،	ວ .	່ບ	יי C	•• C	0 'D	1.2	10	12	12	12	12	.2	19	19	13		0.4.1.01	۱	بق الرابع عشر	لط
	3	3	3 3	? . :	13	1	1	3	3	2	2	÷.	3	3	3	2	3		***1,41	`	ق القامس عشر	au,
	5	3.1	J .	<u> </u>	3	5 1	2 5	1	5	2	~ J	-	3	3	J.	0	J.		****	•	ق لسانس عشر	ų
									.9	-1	-2	-3	.9	1	-1	-2	1		****	<i>,</i>	ق لسابع عشر	ų,
													5	5					****	<i>(</i>	بق الثامن عشر	u.
																			3.47.43			114

الشكل (1–15): كمية الطاقة الكهربائية المصروفة لأغراض التدفئة شتاءاً داخل مبنى رئاسة جامعة بغداد, بعد تنفيذ عمليات التخضير. المصدر : (كمونة, 2015).



الشكل (1-16): شدة الإستنارة داخل فضاءات المبنى وعِبرَ نوافذ مزدوجة التزجيج شتاءاً بَعد تنفيذ عمليات التخضير. المصدر: (كمونة, 2015).



الشكل (1-17) يوضح: مقارنة بين أحمال التبريد والتدفئة المصروفة قبل وبعد تنفيذ عمليات التخضير. المصدر: (كمونة, 2015).



م. د. امجد محمود البدري [amarch05@yahoo.com]

ماجستير هندسة معمارية كلية الهندسة- جامعة بغداد قسم الهندسة المعمارية

سارة ثائر جعفر [s10_sarah_s3@yahoo.com]

مدرس كلية الهندسة- جامعة بغداد قسم الهندسة المعمارية

الخلاصة:-

يتناول البحث دراسة التغييرات الحاصلة في المتطلبات الفضائية للأقسام التشخيصية والعلاجية (اقسام الاشعة والمختبرات والعلاج الطبيعي) والتي تهدف الى تبني التطورات التكنولوجية الحالية والعمل على خلق بيئة مرنة تساعد على استيعاب التكنولوجيا الحديثة في المستقبل , والتوصل إلى أفكار معمارية جديدة تهدف إلى مرونة التعامل بفضاءات تلك الأقسام , والذي سيكون له اثر كبير على كيفية سير العمل في المستشفى بعموم فضاءاتها , وذلك من خلال دراسة المتطلبات التصميمية الحديثة لتلك الاقسام ودراسة التخمينات لكافة التوسعات المستقبلية .

ABSTRACT

This research study changes in the requirements space for diagnostic and therapeutic departments (radiology, laboratory and physical therapy), which aims to adopt the current technological developments and work to create a flexible environment that helps to absorb modern technology in the future, And reach to the ideas of a new architectural flexibility to deal with those departments, And that had a major impact on the workflow in the hospital and its spaces. Through the study of modern design requirements of those departments and the study estimates for all future expansions.

<u>كلمات رئيسة: –</u> التصوير الطبي ، التكنولوجيا الحديثة ، التصوير الرقمي ، منظومة ارشفة واتصالات الصور ، قسم العلاج الطبيعي . مشكلة البحث: –

وجود قصور معرفي في اثر التكنولوجيا المعاصرة على المنظومة الفضائية للأقسام التشخيصية والعلاجية بشكل عام وطبيعة تحولات تلك المنظومة لاحتواء ذلك التأثير المتتامى بشكل خاص .

<u>هدف البحث: –</u>

طرح مقومات تصميمية جديدة لفضاءات التشخيص والعلاج لاستيعاب الأثر التكنولوجي المعاصر وتوفير القابلية لاستيعاب أي تطور تكنولوجي في التقنيات الطبية .

<u>المقدمة: –</u>

من منطلق الافادة العامة في مختلف ميادين العلوم الانسانية في مجالي العطاء التنظيري والعملي , فإن من اهم ما يمكن التصدي له هو البحث والتطوير لمؤسسة حيوية ذات جذور تأريخية تخدم كل الانسانية الا وهي المستشفى , والتي اصبحت عمارتها تحت ظل الثورة الرقمية المعاصرة في نقطة تحول مستمرة نتيجة للتقدم المتسارع في مجال التقنيات والاجهزة الطبية , الذي خلق نقلة نوعية في مفهوم ابنية المستشفيات اصابت جوهر عمل هذه الابنية بقدر ما اصابت هيكلها وغلافها، مؤدية ال تغيير الكثير من المعطيات التي كانت سائدة في الحقبة الماضية لتتنقل بعدها الى التوجه العصري والذي يتمثل بتطبيق التكنولوجيا الحديثة في المجالات البابولوجية والفيزياوية والضوابط الهندسية الاخرى مثل العلوم الميكانيكية والطبية والتي لعبت دورا مميزاً في طريقة تقديم الرعاية الصحية، فلم يشهد التقدم البشري قفزة علمية تقنية كالتي يشهدها اليوم في مداها الواسع وانفتاحها الشمولي على مختلف المدارك البشرية . وقد شمل التغيير والتطور في ابنية المستشفيات جوانب عدة يتناول البحث والطبية والتي لعبت وانفتاحها الشمولي على مختلف المدارك البشرية . وقد شمل التغيير والتطور في ابنية المستشفيات جوانب عدة يتناول البحث منها ما يخص تقدم العلوم الطبية والتصور في مداها والسع منها ما يخص تقدم العلوم المروبي على مختلف المدارك البشرية . وقد شمل التغيير والتطور في ابنية المستشفيات جوانب عدة يتناول البحث منها ما يخص تقدم العلوم الطبية والتعين والعلاج والذي افضى الى حدوث تغييرات على الاجهزة الطبية ومتطلباتها الوظيفية والتي قد تتطلب تغييراً جزئياً في التصميم لتبني التكنولوجيا والتقنيات الحديثة بما يخدم المرضى وتحسين ومنطلباتها الوظيفية والتي قد تتطلب تغييراً جزئياً في التصميم لتبني التكنولوجيا والتقنيات الحديثة بما يخدم المرضى وتحسين الرعاية المؤينية المقدمة لهم . لذا اتخذ البحث الأفسام التشخيصية والعلاج والذي افضى الى حدوث تغييرات على الاجهزة الطبية ومتطلباتها الوظيفية والتي قد تتطلب تغييراً جزئياً في التصميم لتبني التكنولوجيا والتقنيات الحديثة بما يخدم المرضى وتحسين الرعاية المقدمة لهم . لذا اتخذ البحث الأفسام التشخيصية والعلاجية لتكون المحور الأساسي للدراسة ليكون نقطة البداية لكافة الرعايي أو المتحصين ممن يسعون إلى ما هو أتم وأكمل وأوضح وأجمل للوصول إلى الاقسام التشخيصية والعلاجية المعاريرين أو المتخصين ما يحمن من يسعون إلى ما هو أتم وأكمل وأوضح وأجمل للوصول إلى الاقسام التشخيصية والعلاجية المعاريين أو المتحميزة تكنولوجيا و بشكل أوسع ليكون بذرة من بذرات المستشفى المول إلى الاقسام التشخيصية والملاجية المعاصري .

<u>1 – قسم الاشعة : –</u>

1-1 التكنولوجيا الحديثة في مجال التصوير الطبي :-

أصبحت نظم المعلومات الصحية المحوسبة من الموضوعات الرئيسة التي تحظى باهتمام جميع المهتمين والمطورين في المنظمات الصحية، فقد قامت نظم وتكنولوجيا المعلومات الصحية بتقريب المسافات بشكل لم يعرفه الإنسان من قبل، ومكنت من تخزين البيانات الرقمية والنصية والصوتية والصور، كما وفرت إمكانية معالجة هذه البيانات بسرعة عالية، مما يساعد في توفير معلومات في غاية الأهمية لمتخذي القرارات.واصبح الان من الممكن للأجهزة والمعدات الطبية ان تقصد المريض بدلاً من نقل المريض في جميع انحاء المستشفى . ومن أهم تطبيقات التكنولوجيا الحديثة [Marion J. Ball] :-

<u>Hospital Information System - HIS وهو نظام المعلومات المستشفى Hospital Information System - HIS -</u> وهو نظام المعلومات الشامل والمتكامل الذي يستخدم في إدارة المعلومات الإدارية والسريرية في المستشفيات، ويهدف إلى تمكين المستشفى والعاملين فيها من تقديم أفضل وأسرع رعاية للمرضى, ويمكن تعريفه على انه (مجموعة من النظم المحوسبة الشاملة والمتكاملة التي تم تصميمها لحفظ ومعالجة وتوزيع واستخدام المعلومات المتعلقة بالجوانب الصحية والادارية في المستشفى) [Hannah,] .

Picture Archiving and Communication Systems-PACS يمتاز نظام الأرشفة والتصالات الصور Picture Archiving and Communication Systems-PACS :-يمتاز نظام الأرشفة والاتصالات الإلكتروني بتوفير الخدمة السريعة لمراجعي المستشفيات والمؤسسات العلاجية ، حيث إنه يرسل الصور مباشرة للكمبيوتر الشخصي للطبيب المعالج مع إمكانية قراءة تقرير الأشعة أيضا في الوقت نفسه، وذلك بربطه بالنظم المعلوماتية للمستشفيات وأقسام الأشعة HIS/RIS ، وهذا يساعد في توفير وقت المريض فضلاً عن القيام بتخزين الصور على أقراص صلبة وبذلك يقلل من المساحات الكبيرة المستخدمة سابقاً لتخزين الأفلام وحفظها، كذلك تجنب فقدان أفلام الأشعة . [صحيفة الاقتصاد، الأشعة الرقمية ونظام أرشفة أفلام الأشعة والاتصالات] .

1-2- المكونات الاساسية لقسم الاشعة :-

<u>1-2-1</u> منطقة الفحص: <u>ن</u>يجة للتغير السريع في حجم وتطور ونوع وعدد الاجهزة الموجودة في غرف الفحص ، فان الابعاد والمميزات الفيزياوية ومتطلبات البنى التحتية لغالبية هذه الانواع من الغرف لاتكون ثابتة، والتي تصمم بالتناغم مع سير العمل وحركة كل من المرضى والموظفين والاسنادات , فضلاً عن ان حجم وحركة وموقع الاجهزة ومتطلبات الوصول اليها يؤثر ايضاً في الفعاليات التي تحدث داخل الغرفة وبالتالي على تصميمها[Bill Rostenberg, 2006, p.233]. ولكون تقنيات التصوير ومعداتها تتغير وتتطور مع تقدم التكنولوجيا وتقنياتها, فان هذا يجعل من اللازم تحديث تلك المبادئ التوجيهية وبصوره دورية بالاعتماد على المعلومات التقنية المتوفره لكل نوع , كما يجب الاخذ بعين الاعتبار كون معدات التصوير المتماثلة والمجهزة من مصنعين مختلفين يمكن وغالباً ما تختلف اختلافا كبيراً , لذا على المعماري ان يصمم الفضاءات بمرونة عالية تتاسب مع التغييرات الفجائية في تجهيز تلك المعدات وذلك وفقا لـ [Steven Verderber, 2010, p.26] (شكل -1):-



(شكل - 1) نموذج لغرفة الفحص [Steven Verderber, 2010, p.265]

أ- الاعتبارات التصميمية والتخطيطية لفضاء فحص الاشعة الاساسية (Radiography) (شكل - 2) :-

- توفير وصول سهل ومباشر من قسم الطوارئ ووحدات التمريض الى غرفة فحص الاشعة .

- توفير خط نظر مباشر من منطقة المراقبة الى رأس المريض (يجب الاخذ بعين الاعتبار اذا ما كانت المنضدة مائلة).
 - تصميم غرف مخصصة و كبيرة الحجم يتم من خلالها مراقبة اوضاع المرضى عبر شاشات خاصة وبتغطية مباشرة.

– ينبغي تقديم الحماية من الإشعاع وفقا لتوجيهات خاصة من قبل متخصص بهذا المجال .

- يجب توفير كل الحسابات الانشائية الخاصة بالمعدات المعلقة على السقف او الجدار او المثبتة على الارض .

– ينبغي توفير مساحات الفضاء والمعدات الكافية لتثبيت أو استبدال المعدات الكبيرة والثقيلة .

يفضل ان تكون غرفة الاشعة المخصصة لفحص الصدر قريبة من مقدمة جناح الاشعة باعتبارها ذات فحوصات قصيرة مما
 يجعل عدد المرضى كبيراً كما وتحتاج الى غرف تبديل كثيرة وقريبة منها مع حاجتها الى الحمامات .

يجب ان يكون باب غرفة الاشعة كبير بما فيه الكفاية لادخال واخراج المعدات مع ملاحظة ان الابواب المدعمة بالرصاص
 تكون ثقيلة وتحتاج الى مغالق قوية . [Bill Rostenberg, 2006, p.268,269]، [Jain Malkin, 2002, p.278] .

ب- الاعتبارات التصميمية والتخطيطية لفضاء الفحص بالمنظار والاشعة Fluoroscopy \ Fluoroscopy -:

ان اعتبارات التصميم والتخطيط لوحدة الاشعة مماثلة لتلك المستخدمة في التصوير الشعاعي، مع الإضافات الآتية :-

- إعداد منطقة عمل خاصبة داخل غرفة الفحص الداخلي تمكن العاملين فيها الاستخدام المكثف للمعدات وفي وقت واحد.
 - توفير أجهزة الإنعاش في حالات الطوارئ في المناطق التي يستخدم فيها التطبيب عن بعد.
- توفير المواد العلاجية البسيطة مثل الحقن والمهدئات بالقرب من طاولة المريض وبشكل لا يعرقل الحركة في الغرفة ويتم تثبيتها بطرائق مختلفة .
- يجب ان تلحق الغرفة بمرافق عامة خاصة ثنائية المداخل ، يفتح الاول على الغرفة والثاني على الممر [Jain Malkin,] [2002, p.276,279] ، [Bill Rostenberg, 2006, p.269] .

ج- الاعتبارات التصميمية والتخطيطية لغرفة فحص الثدى Mammography (شكل - 3) :-

– تزويد الغرفة بمخزن خاص بالخزعات التي يتعين القيام بها في غرفة الفحص الداخلي.

– يجب توفير حوض لغسل اليدين داخل الغرفة او خارجها ضمن غرف الخدمة.

بنبغي ان يكون موقع غرفة الفحص والاختبار بمكان يمنع فيه مرور المريض عبر قسم الأشعة بأكمله, وقد يستوجب احياناً
 نقل المريض من الغرفة الى قسم الجراحة عن طريق العجلات او العربات الناقلة , لذلك يجب توفير المساحة اللازمة لذلك .

ان الاضاءة الصناعية غير المباشرة تكون هي الانارة المثالية في هذا النوع من الغرف , مع استشارة الاختصاصي الاشعاعي في عملية تصميم هذه الغرفة كبقية اجهزة التصوير الاشعاعي . [Steven Verderber,2010, p.271]، Jain Malkin, 2002, p.282] .



(شكل – 3) غرفة فحص الثدي [Jain Malkin, 2002, p.282]

(شكل - 2) غرفة الفحص بالاشعة الاساسية [Steven Verderber,2010, p.271]

- ينبغي توفير فضاء كافٍ لتثبيت وصيانة واستبدال المعدات الكبيرة .
- توفير مخزن للعربات التي يتم استخدامها في حالة القيام بالخزعات في غرفة الفحص . [Bill Rostenberg, 2006,] . [p.277]،[Jain Malkin, 2002, p.286].



(شكل – 4) نموذج لغرفة الفحص بالأشعة المقطعية [Bill Rostenberg, 2006, p.277]

- <u>ه- الاعتبارات التصميمية والتخطيطية لغرفة الفحص بالموجات فوق الصوتية (شكل 5) :-</u> ان عملية الفحص بالموجات فوق الصوتية يستخدم كمية كبيرة من الالبسة والمواد ذات الاستخدام لمرة واحدة ، لذا ينبغي توفير فضاءات إمدادات كافية مع مخزن ، كذلك ضرورة توافر أجهزة الصرف الخاصة بذلك , ولهذا يجب على المصمم ما يأتي [Steven] -: [Verderber,2010, p.280
 - توفير حمامات عامة قرب غرفة الفحص مع توفير منطقة مخصصة لخلع الملابس ذات خصوصية عالية.
 - توفير محطات لجلوس التقنيين والاطباء .
 - تكون الغرفة مظلمة وتراكيب الانارة فيها غير مباشرة مع مفتاح للتحكم بشدة الاضاءة .

– نتيجة للتقدم التقني في هذا النوع من الاجهزة , فان هذا قد ميز الجهاز بصغر حجمه , مما مكن الاطباء من حمله معهم طوال الوقت , وجعلهم لا يستغنون عنه في فحص المرضى كما هو حال السماعة الطبية ، اذ يمكنه أن يوفر صوراً حيه لما يحدث في داخل جسم المريض مما يعطي الطبيب قدرة على تشخيص أفضل للحالة خاصة في الحالات الطارئة . وقد يؤدي التطور الى حدوث تغيير كبير في تصميم قسم الاشعة والذي قد يؤدي الى الاستغناء اصلا عن الغرفة مخصصة للتصوير التطور الى من المريض في المريض قدم على تشخيص أفضل للحالة خاصة في الحالات الطارئة . وقد يؤدي التطور الى حدوث تغيير كبير في تصميم قسم الاشعة والذي قد يؤدي الى الاستغناء اصلا عن الغرفة مخصصة للتصوير بالموجات فوق الصوتية .

- تكون الموجات فوق الصوتية غير شعاعية فلا حاجة لاستخدام الحماية ضد الرصاص [Bill Rostenberg, 2006,] . [p.280]



(شكل – 5) غرفة فحص الموجات فوق الصوتية [Bill Rostenberg, 2006, p.280]

و- الاعتبارات التصميمية والتخطيطية للتصوير بالرنين المغناطيسي MRI :- وهي كالاتي (شكل - 6) :-

- تهيأة غرفة خاصبة لخلع ملابس المريض مع توفير مساحة خاصبة للحمامات داخل الجناح .
- ان وحدة التحكم يجب أن تكون مصممة من الناحية التقنية بحيث تكون وجهة النظر والرؤية مباشرة لرأس المريض وبشكل يتيح للأخصائي رؤية كل جسم المريض بصورة واضحة .
- توفير نظام اتصال داخلي بين غرفة التصوير ومنطقة المراقبة، ويجب التأكد من العزل الصوتي للحفاظ على السرية التامة لخصوصيات المرضى.
- تجهيز وحدات خاصة لتخزين الأدوية والغازات الطبية خارج الغرفة. ولابد من تواجد فريق طبي متخصص ومخول لإبداء المساعدة الطبية و الفورية فيما إذا كان المريض يحتاج إليها أثناء الفحص.

- يجب تخطيط جناح MRI بالتزامن مع تخطيط وتصميم المستشفى ليمكن من تحديد آلية دخول الاجهزة اليه وحركتها وازالتها
 وذلك باعتماد مداخل فى السقف او فى الجدار الخارجى .
- من الاعتبارات التصميمية المهمة لغرفة التصوير بالرنين المغناطيسي هو التصميم التقني الهندسي للأبواب والمنافذ الخاصة بالغرفة والتي تستلزم وضع ابواب متأرجحة لكلا الجانبين توضع بشكل يمكنها من الحركة التلقائية والفورية في حالة حدوث ضغط داخل الغرفة .
- عدم استخدام الأجسام المعدنية في غرفة التصوير بالرنين المغناطيسي مما يستلزم توافر أجهزة الكشف عن المعادن , وهي من المبادئ التوجيهية المهمة التي توصي بها منظمة السلامة الدولية العامة .

– هناك عدد من الامور المهمة الواجب اخذها بعين الاعتبار في اختيار موقع جناح الرنين المغناطيسي معتمدة على (تأثير المغناطيس على المحيط حوله وتأثير المحيط عليه ، حجم الممرات والابواب التي يمر من خلالها المغناطيس عند عملية التركيب، العبور التقليدي لاستلام معدات المغناطيس والخدمات حولها ، مساحة تأثير المجال المغناطيسي ، الحماية من التركيب، العبور التقليدي لاستلام معدات المغناطيس والخدمات حولها ، مساحة تأثير المجال المغناطيسي ، الحماية من التركيب، العبور التوليدي لاستلام معدات المغناطيس والخدمات حولها ، مساحة تأثير المجال المغناطيسي ، الحماية من التركيب، العبور التقليدي لاستلام معدات المغناطيس والخدمات حولها ، مساحة تأثير المجال المغناطيسي ، الحماية من التركيب، العبور التلام معدات المغناطيس والخدمات مولها ، مساحة تأثير المجال المغناطيسي ، الحماية من التركيب، والتركيب، العبور المعان المغناطيسي ، الحماية من التركيب، العبور المعان المغناطيسي ، الحماية من التركيب، العبور التقليدي لاستلام معدات المغناطيس والخدمات حولها ، مساحة تأثير المجال المغناطيسي ، الحماية من التركيب، والدربي المعان المغناطيسي ، الحماية والتهوية والتبريد ، الطاقة الكهربائية المطلوبة ، فضلا عن تحمل الارضية والدعم الهيكلي شاملا خزن المواد الاحتياطية والتصميم الداخلي) [–300, p.280, p.280] [282].



(شكل - 6) غرفة الفحص بالرنين المغناطيسي [Bill Rostenberg, 2006, p.280-282]

- المراقبة (شكل 7):- هي الفضاء المخصص للتقني او الطبيب ومساعديهم لمراقبة ورصد المرضى
 Bill Rostenberg, 2006, التاء اجراء الفحص التصويري . ويشترط في تصميم هذه المنطقة مراعاة الاعتبارات الاتية[, Jain Malkin, 2002, p.294,298,299].
- امكانية رؤية المريض والاتصال به من منطقة المراقبة (متضمنة حركة عربة المريض داخل المعدات العملاقة او عند ميلان منضدة المريض باتجاهات مختلفة) , حيث يتم وضع المريض عادة على المنضدة بحيث تكون قدميه باتجاه منطقة السيطرة في الغرف العامة للتصوير الشعاعي والمنظار , وبموجب هذا توجد توجد ثلاث انواع لمناطق المراقبة (ممرات

المراقبة، وحجرات المراقبة، وغرف المراقبة) يشترط في كل منها ان تلبي الاعتبارات العامة لمنطقة المراقبة وان تؤدي الوظيفة الخاصة بها بشكل صحيح .

- امكانية رؤية الغرفة بأكملها للتأكد من عدم وجود شخص اخر بالغرفة اثناء وقت الفحص
 - القدرة على الاتصال مع الموظفين الاخرين من منطقة السيطرة .
- الوصول الفوري للمريض من منطقة المراقبة , مع الحاجة للخصوصية البصرية والعزل الصوتي بين منطقة المراقبة وغرفة الفحص .
- السيطرة المناسبة على الانارة ، والرطوبة، والتهوية، ودرجة الحرارة للفعاليات التي ستحدث والمعدات التي سيتم استخدامها في
 الفضاء .
 - حماية الموظفين من الاشعاع والانبعاثات الاخرى الملازمة لمختلف نماذج التصوير
- التوظيف الصحيح للمعدات التي قد تسبب التشويش للمعدات الاخرى بسبب التاثير الفيزياوي الملازم لمختلف نماذج
 التصوير مثل التداخلات المغناطيسية والتريدات اللاسلكية .
 - الحاجة لما يسمى بالابواب القابلة للغلق لتوفير السيطرة على انتقال العدوى بين منطقة المراقبة وغرفة الفحص



(شكل – 7) نموذج لغرفة المراقبة [Jain Malkin, 2002, p.294,298,299]

<u>1-2-5 مناطق ادارة الصور ومعالجتها وقراءتها:-</u> إن اغلب المستشفيات المعاصرة تحصل على معظم الصور الطبية وتديرها رقمياً , اما المستشفيات التي لم تطبق ذلك حتى الان فانها تعاني من عملية التحويل من الادارة التقليدية الى الادارة الرقمية للصور . وحتى الان لم يختف الفلم التقليدي تماماً , فاحياناً يتم طبع الصور المكتسبة الكترونياً على الفلم , وفي بعض الاحيان يتم الاحتفاظ بالصور السابقة للمريض على الفلم (على الرغم من امكانية رقمنتها الى صيغة الكترونية) . بينما الاحيان يتم الحيان يتم الحديثة تركز على توفير فضاءات الادارة الرقمية للصور (على الرغم من امكانية رقمنتها الى صيغة الكترونية) . بينما المستشفيات الحديثة تركز على توفير فضاءات الادارة الرقمية للصور وبشكل خاص (Soft-copy reading room) مبتعدة عن الفضاءات الادارة الرقمية للصور وبشكل خاص (المعايق في القسم الرقمي يتم القيام عن الفضاءات الحديثة تركز على توفير فضاءات الادارة الرقمية للصور وبشكل خاص (المعايق في القسم الرقمي يتم القيام عن الفضاءات التقليدية (مثل الغرفة المظلمة) مما دى الى اختفاؤها بشكل سريع وكامل . وحالياً في القسم الرقمي يتم القيام بالتصوير التشخيصي اما من خلال التصوير الشعاعي المحوسب و التصوير الشعاعي المحوسب و التصوير الشعاعي المحوسب او التصوير الشعاعي المحوسب او التصوير الشعاعي الماشر . فالتصوير الشعاعي المحوسب او التصوير الشعاعي المحوسب و الماس بن الفضاءات الذلق أ الموسلمان التكنولوجيا المتنقلة التي توظف الفسفور الصاس للضوء القابل لاعادة الاستخدام (اكثر من الفلم) في حامل الحساس بيمثل التكنولوجيا المتنقلة التي توظف الفسفور الحساس للضوء القابل لاعادة الاستخدام (اكثر من الفلم) في حامل الحساس الكنولوجيا المتنقلة التي يوظف الفسفور الحساس للضوء القابل لاعادة الاستخدام (اكثر من الفلم) في حامل الحساس زالكاسيتن الذي يمكن وضعه في الوحدة المستندة على الفام الموجودة حالياً . أما التصوير الشعاعي المباشر فهو التقنية التي تستخدم الكاشف الرقمي (مثل انظمة السايكون غير المتبلور) والتي لا نتطلب وجود الافلام ولا من ملام مولوجيا الواجب توفرها

لكل من الفلم التقليدي والاشعة المحوسبة , كذلك فان اجهزة التصوير الطبي الاخرى مثل الMRI والالح قد تطورت لتمتلك وحدات تلتقط الصور الرقمية بشكل مباشر , اذ ان العديد من تقنيات اللوح الفوسفوري بدأت تُستبدل بنظام الالتقاط المباشر للصور مما جعل الحاجة لالواح القراءة تتلاشى من خلال استبدالها بالحلول التصميمية لشبكات الاتصال , مما جعل غرفة القراءة للاsoft copy اليوم ممكن ان تكون اصغر بكثير وغير مركزية وموزعة في جميع انحاء المستشفى و وهو على النقيض مما كانت عليه الغرف الكبيرة الموجودة ضمن النمط التقليدي لغرف الفلم الشعاعي في اقسام الاشعة لطرز التصميم التقليدي , فالمركزية كان النموذج الشائع لغرفة القراءة للفلم التقليدي لغرف الفلم الشعاعي في اقسام الاشعة لطرز التصميم التقليدية , قراءة مركزية تقع بمحاذاة غرفة خزن الافلام , فغرفة القراءة المركزية والمسببة للضوضاء لم تعد مهمة او مرغوب فيها . اما بموجب النمط الجديد , فان بامكان أطباء الاشعة الان ان يقرأوا صورة الاشعة في اي مكان ومن الممكن لعدة أشخاص فحص يفص الاشعة معاً في نفس الوقت ومن مواقع مختلفة . اذ يفضل بعض اطباء الاشعة قراءة الصور في مكانيهم الخاصة بينما يفضل الاخرون وجود عدد صغير من محطات القراءة متجمعة في غرفة واحدة , مما حتم ان يكون تصميم الخاصة بينما يفضل الاخرون وجود عدد صغير من محطات القراءة متجمعة في غرفة واحدة , مما حتم ان يكون تصميم غرفة قراءة الصور القراءة وقد تصبح جزءا من الجدار ولا يتم بعدها الشات المعزولة او المستقلة ثلاثية الابعاد او الاكثر اهمية في بيئة إلقراءة وقد تصبح جزءا من الجدار ولا يتم بعدها استخدام المائية الابيعاد او اكثر (شكل – 8) .



(شكل - 8) نموذج لغرفة قراءة الصور الرقمية [Bill Rostenberg, 2006, p. 252]

1-2-4- منطقة ارشيف الصور :- يُعد خزن الصور أحد التحديات في حفظ بيانات الاشعة (الصور الشعاعية) فهناك حاجة للخزن قصير الأمد او بعيد الامد فضلاً عن استدعاء الملفات القديمة لمقارنتها مع دراسات التصوير الجديدة لمريض معين، ونتيجة للتقدم التكنولوجي في المجال الطبي يتم حالياً خزن معظم الصور الكترونياً بدلا من خزنها في فضاء مركزي كبير (اما الصور التي تم الحصول عليها من خلال الفلم ستكون قريبا رقمية لتسهيل عملية المقارنة بين الصور القديمة والعديمة والعيمة مع دراسات التصوير الجديدة مركزي كبير (اما الصور التي تم الحصول عليها من خلال الفلم ستكون قريبا رقمية لتسهيل عملية المقارنة بين الصور القديمة والصور الرقمية الحالية عند الحاجة). وتعتمد عملية الخزن للفترة الزمنية المتوسطة على توفير رفوف خدمة تقع داخل كل غرفة بيانات رئيسة في المنشأ, اما عملية الخزن للفترة الزمنية القصير فيمكن ان تكون جزءا من كل جهاز تصوير , وفي كل غرفة بيانات رئيسة في المنشأ, اما عملية الخزن للفترة الزمنية القصير فيمكن ان تكون جزءا من كل جهاز تصوير , وفي كل غرفة بيانات رئيسة في المافات المركزية و ميز موجودة في منشآت المستشفى الجديدة . 2010, p.213

- لفضاءات الساندة :- فضلاً عن غرف الفحص ومناطق المراقبة وغرف القراءة فإن قسم الاشعة يشمل انواع -5-2- الفضاءات الساندة ، وهذه الفضاءات تشمل [Jain Malkin, 2002, p.262] :-
- أ- مناطق تغيير الملابس :- يُشترط في كل قسم من اقسام الاشعة توفير مقصورات خاصة لتغيير ملابس المرضى قبل وبعد اجراءات الفحص، وغالباً ما تكون هذه المقصورات على شكل مجاميع (مجموعة مخصصة للرجال واخرى للنساء)، ويجب ان يتم تخصيص ما لا يقل عن مقصورة واحدة تلبي شروط المعاقين , ولكون مقصورات التبديل صغيرة الحجم فيفضل عادة ان تكون القواطع المحيطة بها غير متصلة بالسقف ولكن فوق مستوى النظر والباب تكون على الحجم فيفضل عادة ان تكون القواطع المحيطة بها غير متصلة بالسقف ولكن فوق مستوى النظر والباب تكون على ارتفاع (0.2-0.3 م) عن مستوى الارضية للسماح بحركة التهوية دون الحاجة الى توفير ساحبات هواء منفصلة لكل ارتفاع (0.2-0.3 م) عن مستوى الارضية للسماح بحركة التهوية دون الحاجة الى توفير ساحبات هواء منفصلة لكل غرفة, كما يجب تغطية ارضية غرف التبديل بالسجاد حيث من الممكن ان يكون المريض حافي القدمين، فضلا عن غرفة, كما يجب تغطية ارضية غرف التبديل بالسجاد حيث من الممكن ان يكون المريض دافي القدمين فضلا عن ارتفاع رامني المقصورة بابعاد واسعة وتجهزها بمقعد جلوس كبير ثابت في الجدار لتخدم المريض ذي الحالة الصحية السيئة الصميم المكن ان يكون المريض حافي القدمين، فضلا عن فيرفة, كما يجب تغطية ارضية غرف التبديل بالسجاد حيث من الممكن ان يكون المريض خافي المحمورة السيئة الممكن ان يكون المريض دافي القدمين، فضلا عن المويم المقصورة بابعاد واسعة وتجهزها بمقعد جلوس كبير ثابت في الجدار لتخدم المريض ذي الحالة الصحية السيئة او المرضى الذين يستعملون الكراسي المتحركة . (شكل 9) [Jain Malkin, 2002, p.263,264]
- ب- مناطق الانتظار :- يجب ان يتم اختيار موقعها بحيث يسمح لموظفي الاستقبال من مراقبتها بالكامل، فضلاً عن اهمية توفير الاضاءة الطبيعية والاطلالة الى الخارج , مع الاخذ بنظر الاعتبار توفير الحواجز والتظليل في حالة كون النوافذ او الاضاءة السقفية تسمح بمرور ضوء الشمس بشكل مباشر , كما يجب توفير مناطق انتظار معزولة للمرضى النوافذ او الاضاءة السقفية تسمح بمرور ضوء الشمس بشكل مباشر , كما يجب توفير مناطق انتظار معزولة للمرضى النوافذ او الاضاءة السقفية تسمح بمرور ضوء الشمس بشكل مباشر , كما يجب قوير مناطق انتظار معزولة للمرضى النوافذ او الاضاءة السقفية تسمح بمرور ضوء الشمس بشكل مباشر , كما يجب توفير مناطق انتظار معزولة للمرضى النوافذ او الاضاءة السقفية تسمح بمرور ضوء الشمس مع مرائر مباشر , كما يجب توفير معاورة لغرفة الفحص. ونتيجة لاستخدام الذين يرتدون ملابس الفحص في حالة كون غرف تبديل الملابس غير مجاورة لغرفة الفحص. ونتيجة لاستخدام الذين يرتدون ملابس الفحص في حالة كون غرف تبديل الملابس غير مجاورة الغرفة الفحص. ونتيجة لاستخدام الذين يرتدون ملابس الفحص في حالة كون غرف تبديل الملابس غير محاورة لغرفة الفحص. ونتيجة لاستخدام الذين يرتدون ملابس الفحص في حالة كون غرف تبديل الملابس غير محاورة لغرفة الفحص. ونتيجة لاستخدام الذين يرتدون ملابس الفحص في التي ساهمت في زيادة سرعة اجراء الفحص والذي افحى الى زيادة عدد التقنيات الرقمية في التصوير الطبي والتي ساهمت في زيادة لمرعة اجراء الفحص والذي افحى الى زيادة عدد الفوصات، ستكون هناك حاجة لعدد أكبر من المقاعد لكل غرفة فحص مع تكبير صالات الانتظار .(شكل 10) الفحوصات، يتكون هناك حاجة لعدد أكبر من المقاعد لكل غرفة فحص مع تكبير صالات الانتظار .(شكل 10) الفحوصات، ستكون هناك حاجة لعدد أكبر من المقاعد لكل غرفة فحص مع تكبير صالات الانتظار .(شكل 10) الفحوصات، ستكون هناك حاجة لعدد أكبر من المقاعد لكل غرفة فحص مع تكبير صالات الانتظار .(شكل 10) الفحوصات، الفولة من الفولة فحص مع تكبير مالات الفري الول الفحول الفري الفول الفول الفول الفول الفول الفول الفول الفول ال
- ج- مناطق الحمامات العامة :- ان توفير هذه الفضاءات هو امر اساسي في قسم الاشعة كما ويجب ان تكون بالقرب من انواع معينة من غرف الفحص (مثل المنظار والفحص بالموجات فوق الصوتية والـMRI والتصوير المقطعي) . ويجب توفير الخصوصية الصوتية في فضاءات الحمامات العامة المجاورة لغرف الفحص والتي يمكن تحقيقها من خلال استخدام انظمة العزل الصوتي وحتى انظمة الموسيقى لمنع المريض الموجود داخلها من سماع المناقشات التي يتم اجراؤها داخل غرفة الفحص وبالعكس. [Bill Rostenberg, 2006, p.264] .



(شكل-9) غرف التبديل[Jain Malkin, 2002, p. 264] (شكل-10) انتظار المرضى [Jain Malkin, 2002, p. 264]

ف

<u>2</u> قسم المختبرات :-

1-2 - المكونات الاساسية لقسم المختبر :-

<u>2-1-1- الفضاءات الادارية :-</u> لابد من توفير فضاء يشمل الاقسام الادارية والتنظيمية للمختبر والتي تضم مكاتب التقنيين ومكاتب العمل والاستعلامات والاستقبال واستراحة فريق العمل وفي بعض المختبرات الكبيرة يوجد مكاتب خاصة لمدير المختبر. وهذه المساحة يجب ان تكون في المنطقة المركزية وبالقرب من مناطق المرضى لارتباطها الوظيفي معها وان تكون بعيدة عن المختبر. وهذه المساحة يجب ان تكون في المنطقة المركزية وبالقرب من مناطق المرضى لارتباطها الوظيفي معها وان تكون معيدة عن المختبرات الكبيرة يوجد مكاتب خاصة لمدير المختبر. وهذه المساحة يجب ان تكون في المنطقة المركزية وبالقرب من مناطق المرضى لارتباطها الوظيفي معها وان تكون بعيدة عن المنطقة الفنية لمنع التلوث . ولقد اثر التطور التقني التكنولوجي المعلوماتي على كيفية تنظيم الفضاء الاداري وذلك من خلال ربط الادارة العامة مع مكاتب الاطباء والاستشاريين والمختبرات وكافة ردهات المستشفى بشاشات الكومبيوتر واجهزة الاتصال اللاسلكي لقيادة كافة العمليات وتوزيع المهام على الشاغلين مما ادى الى تقليص حجم المكاتب الادارية من خلال للاسلكي لقيادة كافة العمليات وتوزيع المهام على الشاغلين ما ادى الى تقليص حجم المكاتب الادارية من خلال الاتصال اللاسلكي لقيادة كافة العمليات وتوزيع المهام على الشاغلين ما ادى الى تقليص حجم المكاتب الادارية من خلال الاتصال اللاسلكي لقيادة كافة العمليات وتوزيع المهام على الشاغلين مما ادى الى تقليص حجم المكاتب الادارية من خلال اخترال بعض الاعمال الوظيفية التي تحتاج الى مكاتب منفصلة مثل مكتب السكرتارية، والتسجيل، والارشفة وغيرها . [K., Laboratory design for today's technology,2002, p.1

<u>2-1-2-</u> الفضاءات التقنية :- يحوي المختبر انواعا مختلفة من الفحوصات والاجهزة المختبرية والتي قد تختلف عن بعضها او تتشارك بالمعدات والاجهزة اللازمة لإجراء الفحوصات الدقيقة للعينات , لذا يجب ان يصمم على اسس نموذجية قابلة لاستيعاب التغييرات المستقبلية، تتوفر فيها الخدمات الهندسية والبيئية والامنية لضمان سير العمل. ولقد صممت الشركات المصنّعة في السنوات القليلة الماضية معدات اوتوماتيكية للتحليلات الطبية الالكترونية والتي اصبحت تستعمل بشكل واسع حتى في المحتبرات المحتبرة والاي والتي قد تختلف عن المصنّعة في المنوات القليلة الماضية معدات اوتوماتيكية للتحليلات الطبية الالكترونية والتي اصبحت تستعمل بشكل واسع حتى في المختبرات الصغيرة ساعدت على زيادة كفاءة وسرعة التحليلات الطبية، الالكترونية والتي اصبحت مستعمل بشكل واسع حتى في المختبرات الصغيرة ساعدت على زيادة كفاءة وسرعة التحليلات الطبية، الالكترونية والتي اصبحت منتعمل بشكل واسع حتى في المختبرات الصغيرة ساعدت على زيادة كفاءة وسرعة التحليلات الطبية، الالكترونية والتي اصبحت مستعمل مشكل واسع حتى في المختبرات الصغيرة ساعدت على زيادة كفاءة وسرعة التحليلات الطبية، الالكترونية والتي اصبحت منتعمل بشكل واسع حتى في المختبرات الصغيرة ساعدت على زيادة كفاءة وسرعة التحليل الطبية، الالكترونية والتي المنية بوحدات عمل التي تحتاج الى مختلف الاختبارات الصغيرة العدة الاجهزة بجهاز واحد وبوقت قصير وبمساحة اقل . وقد يتم تصميم الفضاءات التقنية بوحدات عمل مشتركة او منفصلة حسب سياسة عمل القسم واحتمالية التلوث وتشمل الفضاءات التقنية ما يأتي (شكل – 11) مشتركة او منفصلة حسب سياسة عمل القسم واحتمالية التلوث وتشمل الفضاءات التقنية ما يأتي (شكل – 11)

(فضاء فحص الدم / فضاء التحاليل الكيمياوية / فضاء فحوصات الادرار / فضاء تحليل الاحياء المجهرية والمصلية / فضاء تحليل الانسجة) .

<u>-1-2</u> فضاءات الخدمات المساعدة :-

وهي مجموعة الفضاءات المخصصة للخدمات التقنية والعامة وتشمل ما ياتي [Jain Malkin 2002 p.307]:-

<u>_</u>1

<u>ضاء سحب الدم :-</u> يتم سحب الدم من الوريد من خلال جهاز يوضع في غرفة صغيرة يكون بشكل صندوق مثبت على طاولة او يكون بشكل كرسي مجهز بشكل كامل ضمن فضاء يوفر الخصوصية ، وفي حالة عدم امكانية توفير غرف منفصلة فيمكن وضع الحواجز لمنع رؤية الاشخاص في منطقة الانتظار عملية سحب الدم ، وقد يكون ضمن مساحة الفضاء امكانية توفير مساحة كبيرة كافية لوجود سرير او طاولة لسحب دم المريض الذي يشعر بالرهبة او الخوف (كما الحال بالنسبة للاطفال والصغار) , فضلا عن اشتراط توفير منطقة للاستعلامات والاستقبال والتسجيل وغرفة لفحص المانح وغرفة لمعالجة الدم ومصله يلحق بها منفذ لغرف الثلاجة والتجميد (مصرف وفحوص الدم).(شكل – 11),(

22'-6"

غرفة الانتظار

غرفة الانتظار



كتابة والطباعة

الثلاحة

(شكل-11) مختبر الدم[PETSTUP 1979, P. 439] (شكل- 12) وحدة سحب [PETSTUP 1979, P. 437]

<u>ب- فضاء الانتظار :-</u> نتيجة للتقدم المتسارع في مجال الاجهزة والتكنولوجيا الطبية فان عدد الفحوصات في الساعة الواحدة ازداد بشكل ملحوظ فبعضها يمكن ان يجري الاختبار له (200) عينة بالساعة الواحدة كما في جهاز اله (Auto Biochemistry Analyzer) ، وهذا يعنى زيادة بعدد المرضى في الساعة الواحدة مما يستلزم توفير فضاء انتظار اكبر من نظيره في المختبرات التقليدية التي تكون فيها الاجراءات يدوية وهذا اعتمادا الى الطاقة الاستيعابية للمستشفى . وكبقية فضاءات الانتظار في المستشفى يجب توفير متطلبات الراحة والخصوصية للمرضى وعوائلهم بتوفير المقاعد المريحة وترتيبها بشكل يحافظ على الخصوصية، فضلا عن توفير العناصر التصميمية الجمالية التي تساعد في تقليل القلق والشد الذي يصيب المريض اثناء وقت الانتظار.

ج – فضاءات التبديل والاستراحة لمستخدمي المختبر : – يحوي المختبر فضاءات خدمية تشمل الخزانات ومساحة تبديل ملابس التقنيين وكذلك المرافق او الحمامات الخاصبة بفريق العمل ، وقد ترتبط غرفة التبديل مع جناح استراحة فريق العمل، وحيث انه لا يمكن وضع الطعام او تناوله في المختبر لذا من الضروري جدا توفير مساحة تستعمل من قبل فريق العمل اثناء الاستراحة وتتاول وجبة الطعام , مسبوقة بفضاء مخصص ليسمح للعاملين بخلع صداري المختبر قبل دخولهم لتتاول الطعام. .[Laboratory design & construction guidelines 2010]

<u>د– فضاءات المرافق الصحية الخاصة بالمرضى :–</u> ان الحمامات الخاصة لأخذ عينات الادرار والخروج يكون فيها فتحة صغيرة في الجدار تفتح الى طاولة المساحة الطبية ليتمكن التقني من اخذ عينة الادرار دون الحاجة الى حمله من قبل المريض. ويجب ان تكون الحمامات مصممة بشكل يسمح بحركة المعاقين مما يستلزم ان تكون ابوابها تسمح لمرور كرسي متحرك. [Time saver 1980, p. 433].

<u>ه - فضاءات تعقيم وغسل الزجاجيات :-</u> نتيجة لاستخدام المستلزمات لمرة واحدة فان الحاجة الى غسل الزجاجيات وتعقيمها قد اصبح محدود جدا ، لذا يجب ان تحوي هذه الوحدة على جهاز تعقيم بالبخار وجهاز تعقيم بالهواء الجاف وفرن جاف وغسالة، بالاعتماد على حجم فحوصات المختبر والمعالجات المختلطة . وان خزن الزجاجيات للاستعمالات الكيمياوية يكون داخل حاويات ، كما يجب توفير فتحة تهوية فوق جهاز التعقيم . [Laboratory design & construction guidelines 2010].

<u>و - فضاء معدات غسل العين ودوش الامان لحالات الطوارئ :-</u> قد تتعرض العين او جسم الانسان في اماكن العمل بالمواد الكيمياوية الحارقة أو التالفة إلى مخاطر , مما يتطلب توفير وسائل مناسبة للغسل السريع للعين او الجسم ضمن مساحة العمل ويجب اتخاذها بشكل مباشر وطارئ . وان محطة الغسل يجب تجهيزها في كل المساحات التي تستعمل المواد الكيمياوية , مع مراعاة ان يكون زمن الوصول اليها لا يزيد عن (10 ثواني) وذلك يعادل مسافة بمقدار (30 متر) , اي انها الحد الاقصى لطول اي فضاء [Karen K., Laboratory design for today's technology,2002 p.3,4]

ز - فضاء الغرفة الباردة :- تستخدم هذه الغرفة لخزن شرائح الوسط المزروع وخزن الدم ويجب ان تكون جيدة العزل وبمساحة كافية وبدرجة حرارة مناسبة ، وان تجهز الغرفة بضوء تحذيري عند فتح الباب ومحرار خارجي لقياس درجة حرارة الغرفة. [www.pranavalab.tradeindia.com] .

<u>ح</u>- فضاء مخلفات مواد الاستعمال الخطرة حيويا :- يجب توفير مساحة للنفايات الناتجة عن عينات الفحص المختبري وتجهيزات المواد ذات الاستعمال لمرة واحدة والابر وبقية المستلزمات الطبية التي قد تلامس عينة المريض المختبرية . [Jain Malkin 2002 p.308] .

<u>ط- فضاء خزن التقارير :-</u> بعد دخول تكنولوجيا المعلومات في انظمة المختبرات اصبح الان من السهل خزن الاف النقارير الطبية على اجهزة الحاسوب او الاقراص المضغوطة بدلا من مساحات الخزن الورقية الكبيرة , مما ساهم في توفير هذه المساحات ليتم استخدامها للتكيف مع اي متغيرات تطرا على الاجهزة والمعدات وغيرها .

<u>ي- منطقة استلام وتسجيل العينات:-</u> يجب ان يكون المختبر بمساحة كافية لتستوعب اخذ العينات واجراء الفحوصات واصدار التقارير , والتي قد تكون تقاريرا يدوية او بواسطة الكمبيوتر ، فاذا كانت يدوية فيجب توفير مساحة للاعمال الكتابية , اما اذا كانت بواسطة الكومبيوتر فيجب توفير الفضاء المناسب لوضع الكومبيوترات والاجهزة الملحقة بها , وقد يحتاج المختبر الى مساحة للعينات التي تفحص لاحقا , والتي تستوجب توفير جهاز الثلاجة لحفظها او ان ترسل الى مختبرات خارجية . [Karen K., Laboratory design for today's technology,2002, p.8]

2-2 الاعتبارات العامة لتصميم المختبر :-

ان الهدف الاساسي لتصميم المختبر هو توفير الحماية البيئية للعاملين فيه لمواصلة عملهم ، مع السماح بأقصى مرونة للقيام بالإجراءات بالشكل الصحيح دون الحاق الضرر بالعاملين ، لذلك يجب معالجة كل العوامل التي تسبب المخاطر على الصحة والامان بعناية ويجب اعتماد معايير حماية كافية في التصميم تؤمن ادائيته جنبا الى جنب مع تحقيق المقدار الاكبر والامثل في استخدام الوسائل الممكنة لتحقيق الامان للعاملين . وان الاعتبارات العامة التي سيتم ذكرها تحدد بعض القواعد الاساسية لعناصر الامان والصحة البيئية ليتم تضمينها في تصميم المختبرات الجديدة او عند اعادة تأهيل المختبرات القديمة القائمة , [Stanford Laboratory Standard & Design Guide 2006] <u>Ceneral health & Safety والسلامة والسلامة والسلامة General health & Safety :-</u> يجب ان تُصمم المختبرات بحيث يكون اختيار وترتيب المعدات والاجهزة الطبية بموجب المواصفات القياسية (مثل منقيات (فلاتر) الهواء ، ومنظومة التكييف ، ومنظومة الغازات الطبية ، ومعدات عدم تسرب الابخرة الكيميائية) لتحقيق الامان لشاغلي المختبر. ويجب على المعماريين والمهندسين ان يتاكدوا من ان وسائل الصحة والامان متوفرة في التصميم الهندسي لاي مبنى حديث الانشاء او الذي يعاد تاهيا وفي كل مرحلة من منويات المعاريين المعادين المعاريين . ومنظومة التكييف ، ومنظومة التكييف ، ومنظومة العارات الطبية ، ومعدات عدم تسرب الابخرة الكيميائية) لتحقيق الامان لشاغلي المختبر. ويجب على المعماريين تامهندسين ان يتاكدوا من ان وسائل الصحة والامان متوفرة في التصميم الهندسي لاي مبنى حديث الانشاء او الذي يعاد تاهيله وفي كل مرحلة من مراحل التنفيذ من خلال التباحث مع الاستشاري المتخصص بالصحة البيئية والامان فيما يخص

<u>أ- العلاقات الوظيفية :-</u> ان العلاقات الوظيفية بين المختبر والفضاءات المختلفة في المستشفى تؤثر بشكل واضح على كلٍ من المرضى والموظفين . وترتبط فضاءات المختبر بشكل كبير مع اقسام الطوارئ والاقسام الجراحية ووحدات العناية المركزة والردهات , وبموقع قريب من التجهيزات والاسنادات والمواقع الخدمية .

<u>ب الحركة :</u> تقسم الحركة بالمختبر الى ثلاث انواع مترابطة فيما بينها تشمل (حركة المرضى، وحركة الموظفين، وحركة العينات) وان التصميم الافضل لتلك الانواع من الحركة يساهم في تحقيق التصميم المثالي للمختبرات الطبية ونجاح الاجراءات المختبرية. وتهدف التقنيات التكنولوجية الحديثة الى التقليل من مسار الحركة (ويشكل خاص للتقني) مما يساعد على اعطاءه المزيد من الحرية في اداء الفعالية .

<u>ج- المرونة :-</u> يجب ان يصمم المختبر بحيث يوفر امكانية للتكيف المرن مع التغييرات التقنية التكنولوجية، واشارت دراسات مختلفة الى ان المخطط بتصميم (المركز المفتوح) يكون اكثر سهولة في التكيف مع المعدات والاجراءات الجديدة اذ انه يجعل المختبر مستعداً لقبول الاجراءات والمعدات وتغييرات الموظفين الناتجة من التقدم التكنولوجي. ويفضل وضع التخصصات التي تتطلب توسيع بشكل مستمر في نهاية قسم المختبر بحيث يسمح بسهولة التمدد المستقبلي والذي يساهم في تقليل الكلف اللازمة لتبني التكنولوجيا الحديثة. [Karen K., Laboratory design for today's technology,2002 p.3,4]

<u>-2-2-8- اعتبارات ترتيب اثاث ومعدات المختبر Laboratory furniture & Equipment :-</u> يشترط عند تصميم المختبرات مراعاة الاعتبارات الاتية [Laboratory design & construction guidelines 2010]:-

- ان تكون سطوح العمل من نوع سهل التنظيف ومقاومة للمواد الكيمياوية .

توفير ساحبات الابخرة الكيمياوية التي تعمل على طرد الغازات السامة خارج فضاء المختبر ويشترط في تصميمها ان يتم
 ربطها بمنظومة التهوية في المبنى (شكل – 13) .

- توفير خزانات لحفظ المواد الكيمياوية القابلة للاشتعال مع توفير حماية لها ضد الحريق .

توزيع مطافئ الحريق في كافة فضاءات المختبر وبشكل خاص في المناطق المتوقع حدوث الحريق بها بشكل اكبر



(شكل – 13) نموذج لساحبات الابخرة الكيمياوية [Laboratory design & construction guidelines 2010]

2-2-4- الانهاءات المعمارية والمواد Architectural finishes & Material :- يجب ان يتمتع التصميم المستقبلي واختيار المواد للمختبر بالمرونة ومن مواد قابلة للتنظيف والصيانة وامنة من الحريق وغير قابلة للاكتساب والانبات الجريومي وذات مقاومة للتاكسد وانعدامية التفاعل مع المواد الكيمياوية المستعملة في المختبر , وان تكون قادرة على خلق الراحة وذات مقبولية للشاغل وتساعد في زيادة الانتاجية وحماية بيئة العمل . [Laboratory design & construction guidelines 2010] .

<u>2-2-5- التهوية Ventilation :-</u> ان انظمة منقيات (فلاتر) الهواء ذات الكفاءة العالية هي احدى المتطلبات الوظيفية للمختبرات ، اذ ستؤمن توفير امكانية التخلص من الابخرة والروائح والتلوث للهواء الداخلي ، متداخلة مع ضرورة توفير ساحبات للأبخرة الصاعدة وخفض الحرارة المتولدة في المختبر , مما يحتم ان تمتاز المنظومة بالديمومة والاستقرار وان لا تتقطع عن العمل لضمان ان تحقق المنظومة ضعطا نسبيا مختلفا بين الفضاءات وبكفاءة عالية بكلا الجانبين لتحقيق عملية جريان الهواء المعلم من الابخرة والروائح والتلوث المنظومة بالديمومة والاستقرار وان لا تتقطع عن العمل لضمان ان تحقق المنظومة ضعطا نسبيا مختلفا بين الفضاءات وبكفاءة عالية بكلا الجانبين لتحقيق عملية جريان الهواء من المناطق النظيفة (ذات الضغط السلبي المسيطر عليها) . وعلى اعتبار ان منظومة فلاتر المنظومة منعط الايجابي) الى المناطق الملوثة (ذات الضغط السلبي المسيطر عليها) . وعلى اعتبار ان منظومة فلاتر الهواء من مصادر الضوضاء الموجودة في المختبر , لذا يجب ملاحظة ذلك بالعمل على خفض الصوضاء الى المستويات المعتومة والايتوات المنوضا المتورا المتولية (ذات الضعط السلبي المسيطر عليها) . وعلى اعتبار ان منظومة فلاتر الهواء (ذات المنظومة فلاتر الهواء من مصادر الضوضاء الموجودة في المختبر , لذا يجب ملاحظة ذلك بالعمل على خفض الصوضاء الى المستويات المعتمدة (شكل – 14).[Jain Malkin 2002 p.309] .



(شكل – 14) حركة الهواء بين فضاءات المختبر [Jain Malkin 2002 p.309]

<u>2-2-6- الإعمال الصحية Plumping :-</u> على اعتبار ان تجهيز السوائل في المختبر يتم من خلال الانابيب الرئيسة والتي تكون بدرجة حرارة وضغط وحجم مناسب لتحقيق وظائف المختبر , فان هذا يستلزم ان يتم تنسيق المنظومات الصحية مع تخطيط المختبر ، ويُشترط ان تُصمم طريقة توزيع الانابيب (الرئيسية، العمودية، والخطوط الفرعية) لتقدم اسهل خدمة من ناحية العزل والصيانة على ان تقلل تعارضها مع اعمال المختبر الى الحد الادنى , كما يجب الاخذ بنظر الاعتبار في التصميم التصميم التصميم التصميم التصميم المختبر ، ويُشترط ان تُصمم طريقة توزيع الانابيب (الرئيسية، العمودية، والخطوط الفرعية) لتقدم اسهل خدمة من ناحية العزل والصيانة على ان تقلل تعارضها مع اعمال المختبر الى الحد الادنى , كما يجب الاخذ بنظر الاعتبار في التصميم التوسع المستقبلي وكذلك صمامات العزل الاضطرارية في حالة الطوارئ عند تقريغ الخطوط لقطع وبصورة سريعة اي تسرب قد يحصل , مما سيعطي مرونة عالية لتوفير امكانية التكيف اثناء تبني التكنولوجيا الجديدة في العمل, فضلا عن الزام تسرب قد يحصل , مما سيعطي مرونة عالية لتوفير امكانية التكيف اثناء تبني التكنولوجيا الجديدة في معال المختبر الن تكون خطوط تقطع وبصورة سريعة اي التصميم التوسع المستقبلي وكذلك صمامات العزل الاضطرارية في حالة الطوارئ عند تقريغ الخلوط لقطع وبصورة سريعة اي تسرب قد يحصل , مما سيعطي مرونة عالية لتوفير امكانية التكيف اثناء تبني التكنولوجيا الجديدة في العمل, فضلا عن الزام ان تكون خطوط تصريف مياه مجاري المختبر معزولة عن المجاري العامة ، مع تجهيزها بنقاط معالجة في مناطق خارج المني يسهل الوصول اليها[Laboratory design & construction guidelines 2010] .

3-2- المتطلبات التصميمية للمختبر الطبي :-

لقد تاثرت المختبرات كبقية الفضاءات في المستشفيات بالثورة المعلوماتية التقنية الذكية، فاصبح من الممكن اجراء اغلب الفحوصات المختبرية في المكاتب الطبية باستخدام ما تم تطويره في السنوات القليلة الماضية من معدات واجهزة طبية حديثة معاصرة مثل الجهاز اليدوي (I-STAT) . بدلا من اجراء تلك الفحوصات في المختبرات العامة في المستشفى . وان النجاح في تصميم المختبرات يعتمد على الفهم والادراك الكلي لكل المتطلبات التي يجب ادخالها في التصميم سواء كانت وظيفية ام فضائية , والتي تشمل ما ياتي [Stanford Laboratory Standard & Design Guide, 2006],[Jain Malkin 2002 p.308] :-

أ- تنطبق فضاءات المختبر من حيث الحركة والفعالية بالاعتماد على المعدات المطلوبة ، والتي تكون على ثلاث مساحات (الادارية، والتقنية، والخدمات المساعدة).



- ج- استعراض القياسات والمواصفات لأكبر حجم من قطع المعدات وبشكل خاص المعدات الحديثة، وتسجيل ارتفاعات اعلى وأوطأ فضاء يحتاجه المختبر لكل فقرة ، وملاحظة المتطلبات المهمة.
- د- تقسيم المساحات التقنية الى وحدات متخصصة مثل وحدات فحص الدم او الفحوصات الكيمياوية والاحياء المجهرية وتحليل الادرار , مع تحديد اي الفحوصات التي ترتبط بنفس مساحة العمل او التي تحتاج الى مساحات اضافية , كذلك تحديد حجم الفحوصات في كل وحدة متخصصة لغرض احتساب عدد المحطات المطلوبة للتقني .
- ه- عزل فعاليات المختبر عن الفعاليات الاخرى غير المرتبطة به ، وذلك لمخاطر الانفجار او التلويث او التسرب التي ترافق عملية نقل وخزن المواد الخطرة .
- و تصميم وتقريب المخازن ذات التجهيزات التي تستعمل بشكل يومي في كل الاقسام النقنية ، خصوصا تلك التي تستخدم لخزن المواد الكبيرة والتجهيزات واسعة الاستخدام .
- ز تحديد الاعتبارات البيئية مثل التهوية والاضاءة والصحيات والانهاءات والعزل والسيطرة على التلوث , مع الاخذ بعين الاعتبار كافة العوامل المحيطة مثل (التهوية، والانارة، وعزل المعدات) التي قد تسبب الضوضاء والتي تولد الحرارة عند الاستعمال , مع التقليل من استخدام الشبابيك لغرض السيطرة على الحرارة والرطوبة والتلوث .
- ح- توفير مساحة كافية من الجدار لترتيب وتوزيع مناضد العمل وتنظيم المختبر , مع ضرورة احتواء المختبر على ممرات
 للطوارئ بعرض مناسب مقابل ابواب الخروج والعبور بحيث لا تتعارض طاولات واثاث المختبر معها (شكل 15) .



(شكل - 15) نموذج لمخطط مختبر يوضح المكونات الاساسية فيه [Jain Malkin 2002 p.308]

<u>4-2 تأثير التكنولوجيا على المختبرات الطبية :-</u>

ان التطور التكنولوجي والنقدم السريع للتقنيات خصوصا في مجال ادارة البيانات جعل من المختبر مصدرا مهما للحصول على معلومات التشخيص في المجال الطبي . وبموجب عامل الاستجابة السريعة للتغييرات التكنولوجية في مجال الرعاية الصحية للمختبر فان المصممين قد خصصوا جزءا كبيرا من اهتمامهم لعمل تصاميم مرنة للمختبرات الطبية وتنفيذ انشطة وفعاليات محددة لإتمام التحسينات العملية والتشغيلية والتي تتمثل بـ [Dina Pattisto, Implications, 2005 p.2] :-

*- الحد من وقت الحركة والتي تشمل كلا من حركة المريض والتقني والعينة والمعدات.

*- الاستجابة للتغييرات الحاصلة في فعاليات الفحص المختبري .

ومن التطبيقات المهمة التي اثرت بشكل خاص على التطور التكنولوجي للمختبرات هي [Jain Malkin 2002 p.306] :-

<u>أ- المحلل الآلي Automated Analyzers</u>- يتميز بكونه واسع في قابلياته التحليلية , اذ يقوم بالتحليل السريع وبشكل الي بالكامل مما يمنح العاملين بعض الحرية للحركة واداء الفعاليات الاخرى المتداخلة اثناء قيامه بالتحليل , وهذا سيؤثر بشكل مباشر على تصميم فضاء المختبر من حيث توفير حرية اكبر لمسار حركة التقني فيه، كما وافضى اختزال المعدات الصغيرة ذات المهام المنفردة في جهاز واحد الى توفير مساحة اكبر توفر قدراً من المرونة يمكن استغلاله لمهام اخرى , فضلا عن ان زيادة سرعة اجراءات الفحص ستتطلب توفير ردهات للانتظار اوسع من نظيراتها التقليدية.

<u>ب التصميم الداخلي Interior Design :-</u> لقد كانت المختبرات تصمم وفقا لالية اختيار الالوان الطبية لكون العكم التكاسات الالوان تجعل من الصعب على النقني معرفة الوان نواتج التحليل بالشكل الصحيح , اما اليوم ومع الاجهزة الالية الحديثة , فان الالوان القياسية للتحليل يتم الكشف بالمعدات ، لذا فان الوان جدران وسطوح ومحطات العمل اصبحت ذات مرونة تضفي البهجة بشكل اكبر وبشكل جذاب باستخدام الوان مختلفة ومن المواد المخصصة لها (شكل – 16).



(شكل – 16) نموذج للتصميم الداخلي للمختبرات الحديثة [Jain Malkin 2002 p.306]

ج- التغيير في البنى التحتية :- اخذت المختبرات تحت ظل الثورة المعلوماتية بالتطور والتوسع وتغير بنيتها التحتية مع اجراء العديد من التغييرات على الانظمة الداخلية لوحداتها لنتبنى تلك التكنولوجيات . وتشير بعض الدراسات الى ان التغييرات التي ادخلت على نظام التهوية مثلا (وهي الاكثر كلفة بين الانظمة) تكون اكثر شيوعا في الوحدات التي تتعامل مع الامراض المعدية (وحدات الاحياء الدقيقة وامراض الدم والمناعة) ، او في وحدات استخدام المواد الكيميائية الخطرة في التحاليل . [Alexander K. Wing, Laboratory Automation and Optimization: the role of architecture 2000].

> <u>3- قسم العلاج الطبيعي :-</u> <u>1-3- مكونات قسم العلاج الطبيعي :-</u> وتشمل على [Guidelines for design and construction of hospitals and health] :-

<u>3−1−1− وحدات العلاج الرطب :-</u> تنطوي المعالجة المائية على غمر الاطراف وفي بعض الاحيان الجسم بالكامل في الماء وقد يكون حوض الماء متحرك يتم ملأه وتفريغه باستخدام الخراطيم او ثابت (الذي يتطلب وجود الماء بشكل مستمر مع ارتباطه بأنابيب خاصة لتصريف المياه) , وعادةً ما يتوافر الحوض الثابت بشكل اكثر شيوعا من المتحرك في اقسام العلاج الطبيعي في المستشفيات , وتشمل هذه الفضاءات ما يأتي [Guidelines for design and construction of hospitals] - and health

- <u>أ- الفضاءات الخاصة ببرك المعالجة المائية :-</u> تحتوي على حوض ماء مبني او احواض صغيرة متحركة للذراع او الساق، يتم ربطها بأنابيب خاصة تساعد في ملئ وتفريغ الماء لكل مريض ويشترط فيها توفير ممر حول البركة لا يقل عن 3 م لحركة الكراسي و الناقلات، وتوفير درابزين حول البركة لتسهيل حركة المعاق و يفضل أن تكون هناك رافعة لتساعد على الحركة (شكل – 17).
- <u>ب- الفضاءات الخاصة باحواض المعالجة المائية (الحمامات العلاجية) :-</u> تكون الاحواض بمساحات مختلفة موزعة في غرف منفصلة ومحاطة من ثلاث جهات بحوائط عازلة للرطوبة , وقد تشتمل قاعة العلاج بالماء على حوض لا يتجاوز ارتفاعه 40 سم من الماء والذي يقوم بتدليك الجسم في وضع النوم، وكذلك يوجد حمام سباحة توجد به سلالم يقوم المريض بالصعود والنزول داخل الماء لاستخدام مقاومة الماء في تقوية العضلات (شكل 18).
- ج- الفضاءات الخاصة بحمامات التعرق (الساونا) :- وهي عبارة عن غرف صغيرة مصنوعة من الألواح الخشبية و المبطنة و المعزولة تماما من الخارج ، حيث يتم تسخين المياه فيها عبر عدة مراحل بمدى حراري يتراوح ما بين (شكل – 18). (شكل – 18).
- <u>د- فضاءات العلاج بالطين :-</u> وفيها يتم استخدام احواض خاصة لهذا الغرض توضع في غرف شبيهة بغرف المعالجة المائية , ومرتبطة معها على اعتبار ان هذا النوع من العلاج يتطلب وجود شبكة للصرف والتنظيف مرتبطة مع فضاءات العلاج المائي لتسهيل امكانية تنظيف الاحواض المستخدمة فضلاً عن وجود حمام للمرضى لغرض الاغتسال بعد القيام بالعلاج .



(شكل – 17) نموذج لوحدات حمامات التعرق (الساونا) [Guidelines for design ... facilities , 2000 ،p.397]


(شكل – 18) مكونات وحدات العلاج المائي [Guidelines for design ... facilities , 2000 ، p.396]

3-1-2− وحدات العلاج الجاف :- نتم عملية العلاج بصورة بعيدة عن أي شيء يتعلق بالمياه حيث يتم في هذه الوحدة استعمال أجهزة تعمل على الميكروويف أو الموجات القصيرة و الأجهزة التي تصدر إشعاعات، حيث تسلط على الجزء المراد علاجه وترفع درجة حرارة الجسم أو العضو المسلط عليها . وتشمل الفضاءات الآتية [Guidelines for design and . وتشمل الفضاءات الآتية construction of hospitals and health care facilities , 2000]

- <u>أ- صالة التمارين الرياضية :-</u> تشتمل على عدد كبيرة من فعاليات العلاج الطبيعي التي تستخدم المعدات الرياضية , مما يستلزم توفير غرفة تمارين كبيرة لتلك الاجهزة التي بعضها يكون معلق وبعضها يكون مستند على الارض . ويجب تحديد مواقع الاجهزة المعلقة الى السقف قبل ان يبدأ بناء المبنى لمعرفة مقدار القوة والاسناد اللازم توفيرها لتحمل الوزن الاضافي ويشترط وجود جدار بمرآة عملاقة يتم وضعها بحيث يمكن للمرضى رؤية انفسهم اثناء قيامهم بالتمارين , ولتحقيق الرؤية البصرية بكل الاتجاهات داخل الفضاء والتي تعد امر اساسي لتحقيق الكفاءة والسلامة في منطقة العلاج الطبيعي (شكل – 19).
- <u>ب غرف المعالجة :-</u> تحتاج كل غرفة معالجة الى مساحات قياسية محددة خادمة بطاولة علاج لشخص واحد تقع في مركز الغرفة ، والتي تكون جوانبها مبنية مع ستارة معلقة بالسقف على الجانب الرابع ، او قد تكون مقصورات العلاج مجموعة في غرفة كبيرة (كل واحدة مفصولة عن الاخرى بستارة معلقة بالسقف) , وهناك العديد من انماط العلاج الطبيعي تقدم في هذه المقصورات وتشمل (التدليك، العلاج بالموجات فوق الصوتية، العلاج بالشد، العلاج بالتحفيز الكبري أشكل 20).



أ- صالة المدخل والانتظار والتي تعتبر الموزع الرئيس الذي يستطيع المريض من خلاله الوصول إلى جميع عناصر الأقسام الداخلية بدون أي صعوبة .
 ب- غرفة فحص تحتوي على سرير ومكتب للطبيب الذي يقوم بفحص المريض وتحديد البرنامج العلاجي الخاص به .
 ب- غرفة فحص تحتوي على سرير ومكتب للطبيب الذي يقوم بفحص المريض وتحديد البرنامج العلاجي الخاص به .
 ج- محطة لعمل المعالج والتي توضع في غرفة التمارين الكبيرة بحيث تحافظ على رؤية المعالج بشكل عام .
 د- صالة لاسترخاء المريض بعد التمارين تزود بالعناصر اللازمة لتحضير الوجبات والمشروبات الصحية وما الى ذلك .
 ه- غرفة خاصة بأعمال النظافة وغسيل الملابس مع فضاء خزن مناسب للملابس النظيفة والمتسخة .
 و - مساحات تخزين على أن يكون موقعها قريبا بحيث يسهل استعمالها.

ز – توفير خزائن أو دواليب مغلقة بجوار كل منطقة عمل لحفظ الأغراض الشخصية للموظفين والمرضى كل على حدة.





شكل- 19) صالة تمارين (شكل) [Guidelines for design ... facilities , 2000 ،p.398]

(شكل- 20) غرف معالجة (شكل- 20) [Guidelines for design ... facilities , 2000 ،p.399]



(شكل – 21) يوضح تحقيق الرؤيا البصرية في صالة التمارين [Guidelines for design ... facilities , 2000 ، p.399]

<u>-2-3 العوامل المؤثرة على تصميم قسم العلاج الطبيعي :-</u>

هناك العديد من العوامل المؤثر على تصميم القسم وتشمل [Guidelines for design and construction of hospitals and] -: health care facilities , 2000]

- <u>أ- العامل الموقعي :-</u> ان وحدة العلاج الطبيعي تستخدم لكل من المرضى الداخليين والخارجيين، لذلك يجب ان توضع في مكان مناسب يسهل وصول المرضى اليه , اذ يجب ان يضع المصمم نصب عينه اهمية ان يكون وصول المريض من خارج المستشفى الى الوحدة بنفس سهولة الوصول من داخلها دون عرقلة خدمات العيادة الخارجية او اي قسم اخر , لذلك يفضل ان تكون وحدة العلاج الطبيعي في الطابق الارضي وان تكون قريبة الى مواقف السيارات لتسهيل الحركة بالنسبة للقادمين من خارج المستشفى , كما ويشترط في اختيار الموقع توفير المرونة في امكانية التوسع المستقبلي .
- <u>ب العامل الوظيفي :-</u> ويمكن تحقيق نجاح تصميم هذا القسم من خلال توفير المساحات الكافية والواسعة على اعتبار حاجة المعاقين داخل أي فضاء وظيفي لمساحات اكبر خاصة بهم من حيث المقاييس وفراغات الحركة وذلك بسبب طبيعة تتقلهم من مكان لآخر مستخدمين الادوات الخاصة بهم مما يستلزم تحقيق الوضوح و التسلسل الجيد بين الفراغات .
- <u>ج- العامل الاقتصادي:</u> إن تحقيق نجاح هذا العامل يكون من خلال توفير البساطة في التشكيل المعماري و الإنشائي من خلال استخدام مواد البناء المحلية البسيطة والتبسيط في تشكيل الكتل والفراغات , مع التنظيم الصحيح والوظيفي الفعال في تجميع الوظائف بطريقة قوية وصحيحة من خلال إيجاد محاور تصميمية محددة وواضحة تؤكد على الوظيفة والنتاج الشكلي مستثمرة للعوامل البيئية من اجل توفير الطاقة مع امكانية تصميم الفضاءات بطريقة تسمح بالتوسع المستقبلي باقل الشكلي مستثمرة مرد من المعام والفراغات . مع مع من خلال أيجاد محاور محميم الفراغات , مع التنظيم الصحيح والوظيفي الفعال في تحميع الوظائف مع المتنفية والنتاج المحلية والنتاج المحلية وسحيحة من خلال إيجاد محاور محميمية محددة وواضحة تؤكد على الوظيفة والنتاج الشكلي مستثمرة للعوامل البيئية من اجل توفير الطاقة مع امكانية تصميم الفضاءات بطريقة تسمح بالتوسع المستقبلي باقل قدر ممكن من الكلف .[Jain Malkin, 2002, p.390]

2 - 2 - 14 - 22 (شكل - 22) تتحقق هذه الاعتبارات من خلال (شكل - 22) . [Guidelines for design and construction of hospitals and health care facilities , 2000]:-

- أ- يجب ان تكون مناطق انتظار المرضى معزولة عن حركة السير مع اتخاذ التدابير اللازمة لحركة الكراسى اليدوية المتحركة وغيرها من الادوات التي يستخدمها المعاقون .
- ب- توفير ممر قريب للوصول الى غرفة عمال النظافة وحوض الخدمة لاستخدام مواد وأدوات النظافة دون اجتياز فضاءات القسم العلاجية .
 - ج- توفير ممر قريب يؤدى الى دورات المياه وقاعة الانتظار الخاصة بالموظفين .
- د- تكون ابعاد ممرات الحركة بعرض مناسب لا يقل عن (2.4م) لتسهيل حركة المرضى على الكراسي المتحركة او العربات.
 - ه- يجب استخدام المنحدرات او المصاعد في حال وجود اي فرق بالمنسوب ، وبنسبة لا تقل عن (15/1).
- و- يجب ان تزود غرف العلاج الفيزيائي بصالة للانتظار والاستراحة بمساحة كافية ، مع غرف لتغيير ملابس المرضى وللجنسين مع دورات المياه ومكتب للأشراف والتنظيم .
- ز يجب ان تحتوي الصالة الرياضية على فضاء كافي مفتوح لتوفر امكانية الرؤيا الواضحة للمرضى من قبل المعالجين، وتوفير اماكن مناسبة للأجهزة والادوات اللازمة لقيام المرضى بالتمارين بشكل مريح، ويفضل توفير صالة اضافية متعددة الاستعمالات لتحقيق التكيف مع التوسعات المستقبلية , كما يجب وضع القاعة المتعددة وصالات التمارين بالقرب من المداخل الخارجية لسهولة الوصول , ويجب مراعاة توجيه هذه الصالات نحو الخارج لتوفير الإضاءة والتهوية الكافية.

ح- يجب فصل الفضاءات التي قد تصدر الضجة كصالات التمارين عن الفضاءات الهادئة مثل غرف الفحص و العلاج .
 ط- يجب ان يتم حساب قيمة الاسناد الهيكلي للأجهزة القائمة بحد ذاتها وخزانات العلاج الطبيعي (اذا كانت كبيرة) واضافتها الى احمال الارضية .



(شكل - 22) اهم مكونات النموذج المثالي لقسم العلاج الطبيعي [Guidelines for design ... facilities , 2000 ،p.400]

<u>-4-3 اثر التكنولوجيا على تصميم قسم العلاج الطبيعي :-</u>

تعتبر التكنولوجيا الحديثة المتسارعة من اهم العوامل الاساسية التي تؤثر في مهنة العلاج الطبيعي , فنقديم العلاج الطبيعي من قبل الروبوت الآلي ما هو الا مثال على التكنولوجيا المتقدمة التي تستمر في احداث التغيرات في مرافق الرعاية الصحية , والتي تتطلب قدرا كبيرا من التخطيط والبناء والخبرات المتخصصة وذلك بسبب المتطلبات اللازمة لإدخال واستثمار وتوظيف المعدات المتطورة , كحال قيام الروبوت الآلي بعمل المعالج الفيزيائي , مما يجعل امكانية لتقليل مساحة غرف وتوظيف المعدات المتطورة , كحال قيام الروبوت الآلي بعمل المعالج الفيزيائي , مما يجعل امكانية لتقليل مساحة غرف الفحص من خلال الاستغناء عن مساحة العمل المطلوبة للمعالج . كما وان التقدم الهائل في الاجهزة الطبية ادى الى حدوث الفحص من خلال الاستغناء عن مساحة العمل المطلوبة للمعالج . كما وان التقدم الهائل في الاجهزة الطبية ادى الى حدوث المتحص من خلال الاستغناء عن مساحة العمل المطلوبة للمعالج . كما وان التقدم الهائل في الاجهزة الطبية ادى الى حدوث الفحص من خلال الاستغناء عن مساحة العمل المطلوبة للمعالج . كما وان التقدم الهائل في الاجهزة الطبية ادى الى حدوث التغييرات كبيرة في سير العمل في قسم العلاج الطبيعي، فقد ادى التطور التقني الى انتاج اجهزة تقوم بوظائف متعددة يمكن استبدالها بعدد كبير من الاجهزة التي تقوم بأعمال منفردة , وهذا سيؤدي ايضا الى زيادة الاختزال في المساحة المطوبة من استبدالها بعدد كبير من الاجهزة التي تقوم بأعمال منفردة , وهذا سيؤدي ايضا الى زيادة الاختزال في المساحة المطوبة من استبدالل استبدال مجموعة اجهزة بجهاز واحد (ومن هذه الاجهزة هو جهاز الـ (musti والعالي والذي يمكنه القيام بعدد كبير من التبريان المتوحة) ولمن المتوعة) , فضلاً عن انتاج انواع من الاجهزة منها جهاز العلاج بالموجات التصادمية والذي يعتبر من أحداث التعارين المتوحة) والذي يستماس والعظام والنظام والنظام والذي يعتبر من أحداث فرات ولين التقدينة ، والذي يمت التمارين المتوعة) والمنونة منها جهاز العلاج بالموجات التصادمية والذي يعتبر من أحداث فقط بدلا من الاجهزة التي تستغرق جلسات المفاصل والعظام والنظام والنكسات العظمية خلال ثلاث إلى مساحة فرائمان والعظام والنكاسات العظمية خلال ثلاث إلى مساحة من الحاب ولسات اكثر , مما سيساهم بشكل ايجابي في تحسين تقديم العلاج الطبيعي التقاي الحاس فقط بدلا من الاجهزة التقاي





(سَحَل - 25) يوضح نمودج الروبوت الالي الذي يعوم بالعلاج العيزياني [www.onlinemedicine4all.com] 4- الإستنتاج :-

ان التقدم التكنولوجي المتسارع قد احدث نقلات نوعية في مفهوم ابنية المستشفيات , تجلت في :-

- 1- احدث التطور التقني للأجهزة الطبية ظهور زيادة نسبية في مساحات بعض الفضاءات نتيجة لاستخدام الاجهزة الطبية الحديثة (كبعض انواع غرف الفحص ، فضاءات الانتظار) ، في نفس الوقت الذي اظهر فيه اختزال كبير لحجم فضاءات اخرى او الغائها (مثل فضاءات الخزن والارشفة، فضاءات معالجة الفلم التقليدي الغرفة المظلمة، غرف المعالجة الفيزيائية) , مما يعني تغيرا نوعيا في المساحات .
- 2- التحول من التمركز (المركزية) الى اللامركزية في تصميم قسم التشخيص التصويري ، فبالتناقض مع نمط الغرف الكبيرة المركزية الذي وجدناه مع غرفة القراءة للفلم الشعاعي في اقسام الاشعة التقليدية، فإن غرفة القراءة لله (soft copy) المركزية الذي وجدناه مع نمط الغرام. الصبحت اليوم اصغر بكثير وغير مركزية وموزعة في جميع انحاء المستشفى , وذات امكانية ترابط مع انحاء العالم.
- 3− ساعد تسخير البنى التحتية بقوة للوصول الى اقصى حد من المرونة في استيعاب كافة التغيرات المستحدثة لاحقاً وخاصة فيما يخص نظم الاتصال وبشكل كبير واساسى .
- 4- ساهم التطور الكبير للتقنيات في التوجه للعمل بلا ورق , مما ادى الى اختزال فضاءات المستشفى حيث يتم خزن المعلومات بدءاً بالتخلص من جميع السجلات الورقية الطبية بعد تصويرها وبناء نظام تسجيل الكترونى كبير للمرضى .
- 5- ان تجميع وحدات التشخيص (المختبرات ، التصوير الطبي) لتكون ضمن مجاميع تقنية مرنة مفتوحة سيجعلها نموذجا تصميميا مثاليا لتقديم الخدمات الطبية الموسعة ، متداخلا مع استخدام تكنلوجيا المعلومات لتفادي الحركة غير الضرورية من قبل المرضى (انظمة تصوير رقمية نقالة، فحص العناية، الفحص عن بعد) وتزايد الخدمات اللامركزية .
- 6– على اعتبار ان الاجهزة الطبية المستخدمة في تطور دائم مستمر , فان هذا جعلها تؤثر في وظائف المستشفى واسس تصميمها وتوجهاتها المستقبلية .
- 7- تؤشر المستشفيات الحديثة ارتفاعاً في قدرة الكوادر المؤهلة للقيام بأعمال تلك المستشفيات على اتم وجه نتيجة لتطبيق نظم الاتصالات والسيطرة والحاجة لصيانتها, والذي افضى بدوره الى تغير الفضاءات في ارجاء الاقسام التشخيصية والعلاجية على وجه العموم لاحتواء تلك الكوادر وبحسب اختصاصاتها .
- 8- ظهور تأثير واضح للتكنولوجيا الحديثة على نظم الحركة في المستشفى من خلال الحد من حركة الكادر اللازمة لمعالجة الصور ونقلها وخزنها والاعتماد على منظومة ارشفة واتصالات الصور, مما قلل جهد الموظفين وحسن ادائيتهم .



وبالرغم من ان التطور التقني والتكنولوجي ادى الى اختزال بعض فضاءات الاقسام التشخيصية والعلاجية الا ان هناك فضاءات ثابتة لابد من وجودها في اي مستشفى سواء كانت محلية ام عالمية – تقليدية ام معاصرة (مثل الاستعلامات والتسجيل والانتظار والخدمات والمرافق العامة) فتلك الفضاءات مع اختلاف مساحاتها بين مستشفى واخر الا ان وجودها امر حتمي وضروري في كل مستشفى .

<u>5- المصادر :-</u>

- > Alexander K. Wing " Laboratory Automation and Optimization: the role of architecture"/2000.
- Bill Rostenberg, 2006, the architecture of medical imaging\ designing healthcare facilities for advanced radiological diagnostic and therapeutic techniques.
- \succ Guidelines for design and construction of hospitals and health care facilities , 2000.
- Hannah, Kathryn J. Ball Marion J., (2003) "Health Informatics", Springer Inc., New York, USA
- ➤ Karen K., Laboratory design for today's technology,2002
- Implication vol. 3 issue 9 / 2005 "Changing in clinical labs in hospital " A Newsletter by InformeDesign. A Web site for design and human behavior research
- ➤ Jain Malkin, 2002, Medical and dental space planning, 2002''
- Laboratory design & construction guidelines / university of south Carolina / department of environmental health &safety – issue date: 03/01/2010.
- > Rehabilitation Research and Development, Vol. 37 No. 6, November/December 2000.
- Stanford Laboratory Standard & Design Guide/ version 2. 2006.
- > Stephen Verderber, , 2010, Innovation in Hospital Architecture.



مقومات المنشأ الفعال في النتاج المعماري المعاصر

أنس حميد مجيد الجبوري

مدرس مساعد جامعة بغداد/ كلية الهندسة / قسم هندسة العمارة

الخلاصية

يعد المنشأ بصيغته العلمية مفهوماً من مفاهيم إكمال الصورة المعمارية التي تسعى إلى إخراج منشأ فعال وجذاب في النتاج المعماري المعاصر لاسيما بان المنشأ – وبصورة عامة- يمثل ناحية المتانة إضافة إلى عاملي البهجة والمنفعة الوظيفية بحسب نظرية فيتروفيوس الثلاثية, مما جعل دور المنشأ يعتمد على جعل رصيده الفني قادراً على إعطاء مفهوم الفعالية ضمن النتاج المعماري. يأتي ذلك من خلال إعتماد آلية فكرية لوسائل وتفاصيل المنشأ حكل وكأجزاء- والعمل على تسليط الضوء على المنشأ ضمن النتاج بشكل يداعب حاجات المتلقي وغاياته الفنية والحسية والجمالية إضافة إلى عاملي عمل على تسليط الضوء النتاج المعماري. يأتي ذلك من خلال إعتماد آلية فكرية لوسائل وتفاصيل المنشأ حكل وكأجزاء- والعمل على تسليط الضوء على المنشأ ضمن النتاج بشكل يداعب حاجات المتلقي وغاياته الفنية والحسية والجمالية إضافة إلى دوره الأساس في ثبات النتاج المعماري التقنيات الحديثة –على مستوى التصميم والتنفيذ- ساعدت وبشكل فعال على حل الرموز الشكلية والمنشأية للنتاج المعماري المعاصر. ومن هنا تتضح الفجوة المعرفية في فهم قصدية مقومات وتأثير المنشأ الفعال وتكامل عناصره

يهدف البحث إلى تسليط الضوء على المفاهيم المنشأية التي يرتكز عليها النتاج المعماري ومفاهيم التصميم التي تساعد على إبتكار منشأ فعال بعناصره ومفرداته وصولاً إلى تحديد مقومات فاعلية المنشأ المعمارية والتي تمثل المنظومة القيمية المعمارية للإبداع المنشأي المعاصر. **الكلمات الرئيسة: النظام المنشأي, البنية الإنشائية_، التكوين المنشأي.**

The Constituents of Active Structure in Contemporary Architectural Products

Anas Hameed Majeed Al-Jubori Assistant Instructor Baghdad University/College of Engineering/ Architectural Department E-mail: anas_arch2005@yahoo.com

ABSTRACT

The structure is considered in its scientific formula one of the concepts which complete the architectural image that seeks to take out an effective and attractive structure in contemporary architectural production, especially that the structure -in general- represents strength in addition to delight and functional benefits according to Vitruvius trinity. So, the role of structure depends on making its aesthetical properties able to give efficiency within architectural product. That has come through adoption of intellectual mechanism of structural means and details –as a whole or parts- and focused on structure with the recipient's needs, aesthetical, and sensory purposes in addition to its fundamental role of stability, especially that the modern technology –in design and construction- has helped effectively to solve the formal and structural symbols of contemporary architectural product. Hence, it is necessary to put a knowledge gap to understand the constituents' intention and effective impact of structure beside the integration of the functional, sensual and aesthetical vocabulary, which represents a research problem.

This research aims to highlight the potentials of structural connotations -which support the architectural products- and design connotations -which cooperate to create an active structure by its parts and vocabulary in order to determine the factors of architectural structure effectiveness which represent the architectural value system for contemporary structural creative.

Keywords: Structural System, Constructional Structure, Structural composition.



مقدمة البحث:

يمثل تطور العمارة إنعكاساً لتطور النظم المنشأية وتنامي القدرات التعبيرية للأفكار بواسطة التقنية, واكتساب هذه القدرات خصائص جمالية نتيجة هذا التطور, ليتحول الفكر المنشأي من نظام إنشائي ناتج من تراكم الخبرة إلى نظام إنشائي فني يعكس جمالية المنشأ ككل أو كأجزاء في فعالية إظهار المبنى. فالإنشاء الفني يرتبط بشكل وثيق بمفهوم النظام الإنشائي والبنية الإنشائية.

فالجوانب المنشأية مع الطابع الجمالي تمثل النتيجة النهائية للمبنى الذي يجتمع فيه الفكر المنشأي والتقني مع الفكر الفني والإبداعي لاسيما وأن النتاج المعماري المعاصر يشهد تتافساً معمارياً كبيراً وبأشكال تمتاز بمنشآءاتها المبدعة فمنها ما يتناغم مع الطبيعة وطبوغرافيتها ومنها ما يتحدى الإرتفاعات الشاهقة أو البحور الشاسعة وبمساعدة المواد الجديدة والمتطورة والتقنيات الحديثة المرتبطة بالحاسوب.

<u>مشكلة البحث:</u>

وجود نقص معرفي في فهم قصدية مقومات وتأثير المنشأ الفعال وتكامل عناصره ومفرداته الوظيفية والحسية والجمالية في تكوين النتاج المعماري المعاصر والتي لا بد من الإهتمام بها وعدم تجاهلها منذ المراحل الأولى لعملية التصميم. تولدت هذه المشكلة نتيجة وجود فرق واضح بين النتاج المعماري المبدع والنتاج التقليدي كون إعتماد الأول على مفاهيم منشأية أساسية بالتزامن مع مفاهيم التصميم التي تسعى لإبتكار منشأ فعال وبمساعدة آليات التعامل مع القوى المسلطة على المبنى.

<u>هدف البحث:</u>

يهدف البحث إلى سد النقص المعرفي في فهم قصدية مقومات وتأثير المنشأ الفعال وتكامل عناصره ومفرداته الوظيفية والحسية والجمالية في تشكيل النتاج المعماري المعاصر من خلال تسليط الضوء على:

- آليات التعامل مع القوى المسلطة على الشكل.
 العلاقة بين البنية المنشأية والبنية التصميمية.
 المفاهيم المنشأية الأساسية كركيزة أساسية للنتاج المعماري المعاصر.
 - 4. مفاهيم التصميم التي تساعد على إبتكار منشأ فعّال.
 - وصولاً إلى تحديد مقومات فاعلية المنشأ المعمارية.

الكلمات الدالة والتعاريف:

المنشأ الفعال: هو المنشأ العاكس لتطور النظم المنشأية وتنامي القدرات التعبيرية للأفكار بواسطة التقنية والمواد
 الحديثة واكتسابه خصائص جمالية نتيجة التطور, ليتحول الفكر المنشأي إلى نظام منشأي فني يعكس جماليته
 مستنداً إلى مفاهيم منشأية أساسية بالتزامن مع مفاهيم التصميم. [الباحث].

 النظام المنشأي: مجموع العناصر المنشأية الحاملة للمبنى التي تضم المبادئ والطرق التي تترابط وفقها هذه العناصر. [Engel, 1977, P:15].

البنية الإنشائية: الخصائص والملامح الأساسية لإنشاء محدد أو لنظام منشأي أو لمادة البناء الأساسية. إنوبي، 2009، ص:12].

التكوين المنشأي: هي الآلة الأولية الوحيدة لإدارة الشكل والمساحة والوسيلة الأساسية التي ترسم البيئة المادية.
 يستند التكوين المنشأي إلى المادة المتمثلة بقوانين العلوم الطبيعية مشكلة قاعدة أساسية من القوى التكوينية للرسم الهندسي المعماري, ليشخص التكوين المنشأي الهدف الإبداعي في توحيد الشكل والمادة والقوى لذا فهو وسيلة جمالية وحديثة لمختلف أنواع الأبنية.

1- آليات التعامل مع القوى المسلطة على الشكل:

يتعرض الشكل المادي إلى قوى تتحدى قدرة تحمّله وتهدد بالتالي هدفه ومعناه, يمكن تخطي هذا التهديد عبر إعادة توجيه القوى العاملة إلى طرق تتحدى الشكل والمساحة. إن آلية هذه العملية تعرف بالتكوينات المنشأية, حيث أن إعادة توجيه القوى هي قوى التكوينات المنشأية وجوهرها. عادة ما يكون التعامل مع القوى المسلطة على الشكل – الطبيعية والإصطناعية- عبر عدد من الآليات التي تمثل أسس نموذجية بمميزاتها الجوهرية الكامنة والتي تواجه الإنسان يومياً في تعامله مع القوى ويتعلم من خلالها –بقصد أو بدونه- كيفية تحملها والتعامل معها والسيطرة عليها: [Engel, 1977, P:20]

- 1-1 تعديل القوي.
- 1-2 توزيع القوي.
- 1-3 حصر القوى وتحديدها.
 - 1-4 إنتشار القوى.
- 1-5 جمع القوى وتأريضها.

ويمثل الجدول (1) تصنيفاً للآليات الخمس المذكورة أعلاه مع تحديد التكوينات والأنظمة المنشأية الخاصة بكل آلية والإجهاد ونوع القوى التي تتعامل معها.

نوع القوى	الأنظمة / الإجهاد	الأنظمة المنشأية	التكوينات المنشأية العاملة	الآلية
قوى ضاغطة أو قوى شد	أنظمة أحادية الإجهاد	ذات "التكوين المقاوم"	بواسطة الشكل المادي	تعديل القوى
قوى ضاغطة وقوى شد	أنظمة متعاونة الإجهاد	ذات "المتجهات المقاومة"	عبر تركيب العناصر المشدودة	توزيع القوى
			والمضغوطة.	
القوى الجانبية	أنظمة ذات الإجهاد	ذات "المقاطع المقاومة"	داخل القطاع وعبر تواصل	حصر القوى
	المنحني		المواد.	
قوى الطبقة الرقيقة	أنظمة ذات الإجهاد	ذات السطوح النشطة"	تمديد السطح وشكله.	إنتشار القوى
	السطحي			
بدون حالة إجهاد خاصة	أنظمة ذات الإرتفاع	ذات "الإرتفاع المقاوم"	كمرسل للأحمال الأفقية.	جمع القوى
	المقاوم			

الجــــدول (1): آليات التعامل مع القوى المسلطة على الشكل

(الباحث إستناداً على Engel, 1977, P: 20).

2- البنبة المنشأبة والبنبة التصميمية:

إن العلاقة بين البنيتين المنشأية والتصميمية من النواحي التي يرتكز عليها البحث, فبصورة عامة يكون التعامل بين البنيتين إما إظهار العناصر المنشأية واستخدامها في التكوين – وهو ما سيركز عليه البحث– أو التراجع بها واحاطة الواجهات الخارجية بجدران مغلقة الصفر، 2010]. ومن أجل أستعلام البينة التصميمية التي يشترط فيها وجود التكوين الفنى النابع من عملية التصميم فلا بد من فهم هذه العملية – اي عملية التصميم – بإعتبارها مجالاً من مجالات الخبرة البشرية والمهارة المعرفية التي تهتم بقدرة الإنسان على رؤية التكوين والنظام والقيمة والهدف والمعنى في أشياء ومجموعات تحيط به ويدمجها مع بعضها لتلائمه بدرجة اكبر .[حجازي، 1999، ص:48]. يوضح المخطط (1) العلاقة بين البنية المنشأية والبنية التصميمية ودورها في خلق النتاج المعماري المعاصر.



كما يعد التصميم عملية خلق وابداع وابتكار بإستعمال عناصر مرئية بنائية كالنقطة والخط واللون والملمس وربطها بالأسس التصميمية كالوحدة والتكرار والتناسب وغيرها التى تعد أساسأ لتشكيل التصميم وتنظيم العناصر الفنية والبنائية -المنشأية- وذلك لتحقيق عمل فني يتسم بالنفعية فضلاً عن الجمالية الوظيفية. [حتى، 2014، ص:8].

كما يرى هاينو أنجل Heino Engel بأن التصميم الهندسي هو فن فيزيائي طبيعي يهدف إلى حل النزاع القائم بين الإنسان وبيئته, فعلى الرغم من أن العملية معقدة الا أن الحل الطبيعي سهل التحديد إذ أن بيئتنا تتكون من عوامل متعددة ومتنوعة مثل الإستمرار التاريخي والظروف المحددة للموقع إلى جانب حاجات المجتمع المادية والنفسية والإبتكارات المنشأية والمساعدات التكنولوجية والشكل والمساحة الإبداعية. [Engel, 1977, P: 3].

وتشتمل عملية التصميم على ثلاث مراحل: [بنداري، 2008، ص: 65].

- 1-2 التحليل analysis: تقسيم المشكلة إلى أجزاء صغيرة لغرض التكامل لا لغرض التجزئة.
 - 2-2 التركيب synthesis: وضع تلك الأجزاء مع بعضها وصياغتها بعلاقات جديدة.
 - 3-2 التقييم evaluation: اكتشاف مواءمة النظام الجديد مع الوظيفة من خلال الممارسة.

فالاحساس بذلك الفضاء – الناتج من المنشأ المكون له – يتكون عند تحقيق علاقة اداركية معينة بين الانسان ومحيطه، تتسع هذه العلاقة لتشمل حواس الانسان المختلفة معطية له الاساس اللازم لتشكيل كتلي وفراغي متكامل وتفاعل مكاني متواصل, حيث تتبنى مراحل الإدراك هذه ثلاث حلقات تتمثل بالإدراك الحسي Perception والإدراك المعرفي Cognition ومن ثم التقييم Evaluation . العاجم،1993، ص:76.

وعليه, يكون من الضروري أن يكون المنشأ –بمبادئه وعناصره– حاضراً كعنصر أساسي في مرحلة التحليل ليتكامل مع منظومة التصميم ومن ثم يدخل ويقوة في مرحلة التركيب والصياغة ليأتي بعد ذلك دور المصمم الإنشائي لتقييم مدى فاعليته ليكون ملائماً مع الوظيفة المطلوبة.

3- المفاهيم المنشأية الأساسية الركيزة الأساس للنتاج المعماري المعاصر

تمثل مفاهيم الإنشاء الركيزة الأولى للتوصل إلى نتائج جمالية عالية المستوى (حسب رأي المعماري الإيطالي Pier Luigi Nervi), من أهم المفاهيم المنشأية للنظام المنشأي المعماري ما يأتي:

1-3 الإتزان Equilibrium:

هو المعادلة بين الفعل ورد الفعل, وهو إحساس فطري شعر به الإنسان منذ أيامه الأولى فهو يقف بإتزان ستاتيكي ويتحرك بإتزان ديناميكي, فلابد أن يكون التكوين المنشأي متزناً إستاتيكياً وديناميكياً تحت تأثير جميع أنواع القوى الممكن توقعها (حية, ميتة, رياح, تربة, زلازل وغيرها) الجبوري،2007، ص:١٥], ومن الضروري أن يكون الإتزان واضحاً ومحسوساً من قبل المصمم. ويمكن تحقيق مبدأ الإتزان من خلال:

- 1-1-1 الإتزان التراكمي: المنشأ متزن نتيجة تراكم أجزائه وكتله, نتيجة الوزن الناتج من قوى جاذبية الأرض (الفعل) والقوى المعاكسة له من الأرض (رد الفعل). حيث ينتقل الوزن عن طريق التراكم كما في النظام المنشأي المصمت. شكل (1)
- 5-1-2 الإتزان الجاسيء: المنشأ المتزن نتيجة جساءته Stiffness, وذلك من خلال جساءة (قوة) المنشأ ذاته وتماسكه الكتلي الذي يحول القوى من وسط المنشأ على قواعده وبالتالي إلى الأرض. يمكن تسمية هذه العملية بالإستمرارية المادية. أي أن أجزاء المنشأ تكون مجموعة متماسكة ومتكاملة تقاوم بمكوناتها العملية بالإستمرارية على أجزائها وتقلل من قطاعاتها segments وتعمل على نقل الأحمال (الأفقية والعمودية) إلى الأرض كما هو الحال في النظام المنشأي الهيكلي الجبوري،2007، ص:17]. شكل (2)
- 3-1-3 الإتزان المنساب: المنشأ المتزن بإنسيابية أجزائه وكتله. من خلال إندماج وحدات المنشأ هندسياً في وحدة واحدة مستمرة هندسياً وبدون قطاعات segments, حيث تتحول الأحمال الأفقية والعمودية إلى إجهادات محورية نتساب داخل قطاع المنشأ ثم تنتقل إلى الأرض وتقاوم برد فعل منها كما هو الحال في النظام المنشأي السطحي (أو القشري) [Trebilcock, 2004, P:34]. شكل (3)

3-1-4 الإتزان المرن: المنشأ المتزن بمرونة الشكل. ويتحقق من خلال مرونة وليونة المنشأ مقارنة بجساءته, حيث يتلقى بذلك الإجهادات المحورية وبأنسب الأوضاع لتسري خلاله بالضغط أو الشد ثم تنتقل إلى الأرض كما هو الحال في النظام المنشأي القابلوي والأغشية المشدودة. شكل (4) لأف، 1997، ص:41].

وعليه, فإن إعتماد أحد أنواع هذا المبدأ –أي الإتزان– أو دمج نوعين مع بعضهما ويصورة مدروسة وغير تقليدية يؤدي إلى إنتاج معماري يكون المنشأ فيه فعالاً وبارزاً للمتلقي بكافة أجزائه وعناصره.

2-3 الإستمرارية Continuity:

هي نظرية نتص على توفير الكفاءة في الطاقة المنشأية والتي تتحق من خلال كفاءة إستعمال المادة المنشأية التي تسعى نحو إلغاء عزوم الإنحناء وتحويل الإجهادات إلى محورية بالشد والإنضغاط ونحو تحقيق تضافر كل جزء من أجزاء المنشأ في مقاومة الأحمال المنشأية. ويمكن تحقيق مبدأ الإستمرارية من خلال: [Engel, 1977, P: 24]

- 3–2–1 الإستمرارية الهندسية: هي إجهادات محورية يكون فيها فرق المماس بين نقطة وأخرى فرقاً لا متناهياً في الصغر, وتكون الأستمرارية منعدمة في منشأ مضلع ويحوي على زوايا قائمة أو حادة, ويكون المنشأ في هذه الحالة أما منشأ دائري بإتجاه واحد أو كروي بإتجاهين. شكل (5)
- 3–2–2 الإستمرارية المادية: هي أن يكون المنشأ متماسكاً بكافة أجزائه بشكل يضمن عملها كجسم واحد مهما اختلفت الإتجاهات وتسمى monolithity كالمنشأ الخرساني المسلح أو منشأ فولاذي متراص باللحام والأربطة والألواح ووصلات التقوية bracing. شكل (6) ويتعامل المنشأ مع شقى هذا المبدأ بثلاث طرق: [الباحث إستاداً إلى 25 :6 [Engel, 1977, P: 25]
 - هندسی مادی خطی (one-dimensional). شکل (7)
 - هندسی مادی بإتجاه واحد (two-dimensional). شکل (8)
 - هندسی مادی باتجاهین (three-dimensional). شکل (9)

وعليه, يكون المصمم المعماري أمام خيارات واضحة مناسبة لبرنامجه المنشأ ي-المعماري ليقف عند درجة الإستمرارية الهندسية أو المادية التي تحقق أهدافه الحيزية والفنية والإقتصادية والتي من شأنها ان تترك الأثر الفعال في نفس المتلقي. يوضح المخطط (2) المفاهيم المنشأية الأساسية (الإتزان والإستمرارية) التي يرتكز عليها -وبصورة أساسية- النتاج المعماري المعاصر.





4- مفاهيم التصميم التي تساعد على إبتكار منشأ فعّال:

يمكن للمصمم أن يرتكز على حدسه وقدرته الخيالية في عمله بمساعدة الآراء العملية والمادية والتحليلية وإن كانت تتلائم مع المنطق الميكانيكي ومع الأشكال والإمكانيات التي تصدر عنه, لتخطي القيود المتعلقة بالتكوينات المنشأية المتميزة في تتوعها مع إستخلاص أشكال جديدة تتتاغم مع روح العصر.

لاتمثل هذه الأشكال تكوينات منشأية يمكن إدخالها في أي مخطط دون إختيار سابق, إنما هي أنظمة منشأية بحد ذاتها. لذا يمكن القول بأن التكوينات المنشأية هي " أ**مثلة ووسائل لتطبيق التصميم**" أما الأنظمة المنشأية فهي " أوامر ومبادئ التصميم", وعليه: تكون التكوينات المنشأية هي جزء من نظام أمني واسع. _{الك}1997، ص:76].

كما أن تأثير مواد وطرق الإنشاء في الفكر التصميمي يعد من الأمور المصاحبة للتطور الذى حدث في مفاهيم عملية التصميم المعماري للمباني المختلفة، والتي مثلت في مجملها تغييراً كبيراً في طبيعة التصميم المعماري للفضاء الداخلي وعلاقته بالفضاء الخارجي، وأيضاً التطور الذى حدث في الهيئات الخارجية للمباني سواء في الارتفاعات أو في التشكيل المعماري لعناصر المبنى أو هيئة المبنى في مجملها.

ومن هذه المفاهيم التصميمية التي تطورت في النتاج المعماري المعاصر والتي ارتبطت بالتطور في مواد البناء وطرق الإنشاء: (المرونة الوظيفية – الاتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي – تطور إرتفاعات المباني – البحور الواسعة – اللغة المعمارية الجديدة).

4-1 المرونة الوظيفية:

يتمثل تصميم المباني في السنوات والعقود التي سبقت تطور التقنية والمواد الإنشائية بمسقط المبنى (مخطط المبنى) الذي يتشكل من مجموعة من الأحياز والفضاءات مفصولة عن بعضها البعض بعناصر منشأية عمودية متمثلة بالمينى) الذي يتشكل من مجموعة من الأحياز والفضاءات مفصولة عن بعضها البعض بعناصر منشأية عمودية الممتئلة بجدران وقواطع وفواصل وعناصر منشأية أفقية متمثلة بالسقوف والأرضيات، ولا يتحقق الاتصال بين الفضاءات الداخلية سوى عن طريق فتحات الأبواب وبأبعاد وأعداد محددة ومقيدة بسبب مواد البناء المستخدمة في تشكيل هذه العناصر (أي الجدران) وفقاً لنظام البناء بالجدران الحاملة Bearing walls بسبب مواد البناء المستخدمة في تشكيل هذه العناصر (أي الجدران) وفقاً لنظام البناء بالجدران الحاملة Bearing walls المتمثل بمواد البناء ذات المودات المتكررة كالطابوق Brick ولكتل الخرسانية Concrete Blocks وغيرها في عملية البناء شكل (10). مع تطورات إلى المواد الحديثة وخصوصاً الحديد والخرسانة المسلحة أمكن التوصل إلى طرق (نظم) إنشائية جديدة والعران المواد الحديثة وخصوصاً الحديد والخرسانية المسلحة أمكن التوصل إلى طرق (نظم) إنشائية جديدة ولغرات إلى هذال الهيكل الإنشائي عمود الحرسانية Skeleton Construction إلى طرق (نظم) إنشائية جديدة والغرات إلى عار ولي الحديث ولغا العديد والخرسانة المسلحة أمكن التوصل إلى طرق (نظم) إنشائية جديدة والعران المواد الحديثة وخصوصاً الحديد والخرسانية المسلحة أمكن التوصل إلى طرق (نظم) مبنى Bis Rue الهيكل الإنشائي Concrete Peret من عمرية المورات إمعيكل الإنشائي مع من عال العمورات إلى مال الهيكل الإنشائي ومساحات حرة وطليقة شكل (11). كما حقق Porbuse لي النظام مبنى المرونة الوطيفية من خلال اليكن ما عاري الموان ما موائل هذا النظام مبنى المرونية واطع جدارية غير حاملة ويمساحات حرة وطليقة شكل (11). كما حقق Porbuse الحديث أوران ما موان عارمان ما مارون الوزين ما المون مع مرعة الوظيفية من خلال هديكل الدومينو ماحات حرة وطليقة شكل (11). كما حقق Porbus عادران في أي مكان مع مرعة الوظيفية من خلال هديكل الدومينو ما الحري إلى الالذي مل وال التحول على مواد البناء وبالتالي على طرق الوظيفية من خلال النمول الغالة، كمنشآءات وردات وبالتالي على طرق الإنشاء التي حمل الي يا الإنشاء الخري العالة، كمنشاءات وحديت الحري والع مالي الري الماح الفعالة، كمنشآءات الحد



Universal Space. ومن المشاريع الحديثة The Dali Museum للمجموعة HOK حيث يمكن ملاحظة الهيكل الخرساني ذي مخطط لأعمدة حرة وبمساحات شاسعة تتناغم مع المرونة الوظيفية العالية التي تنسجم مع صفة المتحف, إضافة الى اللمسة الزجاجية ذات الشكل المرن التي تعد إنعكاس للقباب الجيوديسية بنظام عشوائي مغاير لنموذج القبة إقابة إيراني 2004, 2004.

وعليه, يمكن القول بأن النظامين الهيكلي والقشري هما الأكثر ملائمة مع مفهوم المرونة الوظيفية مقارنة بالنظام المصمت, لاسيما بأن الدمج بين النظامين –الهيكلي والقشري– معاً يوفر إمكانية أكبر في تحقيق مفهوم المرونة الوظيفية. كما أن الإنشاء بالأسطح الفعالة بدلاً من الإتشاء الخطي يوفر مدى أوسع لتحقيق هذا المفهوم.

4-2 الاتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي:

كانت العلاقة بين الفضاءات الداخلية والفضاء الخارجي في الأنظمة المصمتة تتم من خلال فتحات خارجية محدودة المساحة والعدد بسبب مواد البناء وطرق الإنشاء التقليدية، فكان الإحساس بالفضاءات يوحى بالانغلاق. ولكن تطورت هذه العلاقة في بداية القرن العشرين وانتشرت بحلول القرن الواحد والعشرون حيث اتجهت التصاميم المعمارية – بسبب بروز الأنظمة المنشأية الهيكلية– نحو اندماج الفضاء الداخلي مع الخارجي، وازدادت مناطق الاتصال والتداخل بينهما مع عدم الإفراط بخصوصية الفضاء الداخلي وهيئته المعمارية. فظهر مبدأ الفضاء الداخلي الاتصاميم الاتصال والتداخل بينهما مع عدم الإفراط بخصوصية الفضاء الداخلي وهيئته المعمارية. فظهر مبدأ الفضاء الداخلي الاتصال والتداخل بينهما مع عدم الإفراط بخصوصية الفضاء الداخلي وهيئته المعمارية. فظهر مبدأ الفضاء الداخلي والتصال والتداخل بينهما مع عدم الإفراط بخصوصية الفضاء الداخلي وهيئته المعمارية. فظهر مبدأ الفضاء الداخلي والتصال والتداخل بينهما مع عدم الإفراط بخصوصية الفضاء الداخلي وهيئته المعمارية. فظهر مبدأ الفضاء الداخلي والتصال والتداخل بينهما مع عدم الإفراط بخصوصية الفضاء الداخلي وهيئته المعمارية. فظهر مبدأ الفضاء الداخلي والتصال والتداخل بينهما مع عدم الإفراط بخصوصية الفضاء الداخلي وهيئته المعمارية. فظهر مبدأ الفضاء الداخلي والتصال والتداخل والفاد في بيورة المعاد الداخلي والتمان مع عدم الإفراط بخصوصية الفضاء الداخلي وهيئته المعمارية. ويمكن ملاحظة هذا المبدأ بصورة واضحة في العديد من المشاريع الحديثة التي يكون فيها الاتصال بين الداخل والخارج على المستوبين الأفقي –من واضحة في العديد من المشاريع الحديثة التي يكون فيها الاتصال بين الداخل والخارج على المستوبين الأفقي مان خلال الوظيفة والمشهد الحدائقي والشوارع المجاورة– والعمودي –من خلال وظيفة المبنى والسماء والأبنية العالية والضحة في الماه من المنشاء هذا المداري المورة والمودي ومن خلال وظيفة المبنى والسماء والأبنية العالية والشاهقة المباورة لواري لي مالموري والمودي والمودي والماه والأبنية معاري من أماني مالمودي مع الإلمودي والمودي مع خلال ولؤيفة المبناء من أبنية هذا المبذأ والمودي مع الإلمانية والأبنية وينها الرئيس لمشروع معماري مع الإنشاء ولي المودي المبار ألمبا

وعليه, يمكن القول بأن فكرة الفضاء المنساب الناتج من التداخل والإتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي من الأفكار التي يمكن ملاحظتها في النتاج المعماري المعاصر بشكل يؤمن مبدأ الخصوصية والواجهة الخارجية. ويعد النظام القشري هو الأكثر ملائمة لتطبيق فكرة الفضاء المنساب, ويليه النظام الهيكلي الذي يحقق هذه الفكرة على المستوى الأفقي والعمودي. ليأتي بعد ذلك النظام المصمت الذي يختزل فكرة الفضاء المنساب نتيجة لعناصره المنشأية وقلة أحجام وأعداد الفتحات. كما أن الدمج بين النظامين –الهيكلي والقشري–يوفر إمكانية أكبر في تحقيق مفهوم الإتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي.

4-3 تطور ارتفاعات المبانى:

حققت المواد والتقنيات المتطورة بإمكانياتهما العالية طموح الإنسان في الانطلاق بالأبنية لإرتفاعات شاهقة وبأشكال إبتعدت عن المألوف بمساقطها المربعة أو المستطيلة، وأدت الخرسانة دوراً في ذلك إلا أن الفولاذ قد كان له الدور الأهم بسبب صغر مقاطع عناصره وقدرته العالية على تحمل قوى الشد ومساهمته في جعل العناصر المغلفة للهيكل خفيفة الوزن، وخصوصاً بالاندماج في عملية الإنشاء مع كل من الألمنيوم والزجاج. إعلا سعِد، 2010، ص:38].

ومن هذه المشاريع مبنى شركة التأمين Home Insurance Company في شيكاغو كأول ناطحة سحاب من الفولاذ بإرتفاع عشرة طوابق بتصميم المهندس 1883 William Le Baron Jenney، شكل (17), وتطورت ارتفاعات المباني وأصبحت تتدرج في العدد والإرتفاع. ومن هذه المشاريع Bank of China Tower لمجموعة Bank of China Tower لمعمارية شكل (18) ومبنى معد والإرتفاع. ومن هذه المشاريع معراية يشكل (19) وبرجي التجارة العالمية في المعمارية شكل (18) ومبنى Turning Torso للمعمار Santiago Calatrava شكل (19) وبرجي التجارة العالمية في البحرين 2008 بمخطط مغزلي وبرجين مفصولين متصلين بممرات زجاجية كعناصر تقوية من قبل مجموعة البحرين Atkins (20)

وعليه, فإن المصمم المعماري يمتلك خيارات متعددة ومتنوعة يمتزج فيها البرنامج المعماري للوظيفة متعددة الطوابق ذو المساقط المتباينة مع البرنامج المنشأي لعملية نقل الأحمال لتلك الطوابق مع مراعاة درجة الإستمرارية ونوع الإتزان لتحقيق الأثر الفعال لمنشأ المباني المرتفعة.

4-4 البحور الواسعة:

وكما هو الحال في تطور إرتفاعات الأبنية سبقتها محاولات جادة لتحقيق بحور أوسع, فلم يكن في الإمكان فى ظل إمكانيات المواد التقليدية أن تتسع بحور المباني رغم محاولات توظيف الأحجار عن طريق العقود والقباب في تغطية مساحات أبعادها معقولة في ذلك الوقت. فبدخول الخرسانة مجال الإنشاء تطورت البحور وبدأت في معبد البانثيون لتصل إلى 43.44 متراً (150 قدم) شكل (21), وأتسعت بتطور إمكانيات الخرسانة كما في أعمال Pier البانثيون لتصل إلى 43.44 متراً (150 قدم) شكل (21), وأتسعت بتطور إمكانيات الخرسانة كما في أعمال vervi البانثيون لتصل إلى 43.44 متراً (150 قدم) شكل (21), وأتسعت بتطور إمكانيات الخرسانة كما في أعمال revi البانثيون لتصل إلى 60 متراً في قصر الرياضة بروما Palazetto dello Sport, Rome **شكل (22)**, ويثورة تصنيع الحديد الزهر والمطاوع والصلب دخلت البحور الواسعة مجالاً جديداً باستخدام المنشآءات الفراغية والقابلوية ومنشآت الخيم ومن هذه المشاريع والصلب دخلت البحور الواسعة مجالاً جديداً باستخدام المنشآءات الفراغية والقابلوية ومنشآت الخيم ومن هذه المشاريع والصلب دخلت البحور الواسعة مجالاً جديداً باستخدام المنشآءات الفراغية والقابلوية المعماري معظم مشاريعه- بشكل يخطف الأنفاس من خلال خفة المنشأ المؤلف لتلك المشاريع شكل (23). ومن المعماري المعاصرة الداعمة لهذا المبدأ مشروع 2007-2013 والعابلوية المية المؤلف لميان المقارية المعار ومن المعماري المعاصرة الداعمة لهذا المبدأ مشروع 2007-2013 وما المؤلف لتلك المشاريع شكل (23). ومن المعاريع المعاصرة الداعمة لهذا المبدأ مشروع 2007-2013 معادات المؤلف لتلك المشاريع شكل (23). ومن المعاريغ المعاصرة الداعمة لهذا المبدأ مشروع 2003-2017 والمنشاً المؤلف لتلك المشاريع شكل (23). ومن المعاريع المعاصرة الداعمة لهذا المبدأ مشروع 2003-2013 والمنشأ المؤلف لتلك المشاريع أكسار (24). ومن المعاريع المعاصرة الداعمة لهذا المبدأ مشروع 2003-2013 ولائية المنشأ المؤلف لتلك المشاريع ألمادي ولكما.

وعليه, فإن تطور المواد المنشأية من الخرسانة -وإمكانيات تشكيلها- والفولاذ -وكفاءة إدائه- مكن من تطبيق المفاهيم المنشأية بمدى أوسع وبإتجاهات ثلاثية البعد ليسمح بذلك بنشر السقوف والأسطح لمسافات شاسعة وبدون مساند وسطية. كما أن العديد من المشاريع المعمارية المعاصرة تتمتع بمنشأ متميز يكون هو المسؤول في تحقيق بحورها الواسعة.

4-5 اللغة المعمارية الجديدة:

يمكن إدراج المفاهيم الأربعة السابقة (المرونة الوظيفية, الاتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي, تطور إرتفاعات المباني, البحور المتسعة) على إنها عوامل إدخال يراد منها الوصول إلى مخرجات لغة معمارية جديدة تتسم بلغة العصر, لاسيما مع تواجد مواد وطرق البناء الحديثة بتناغم مع تقينة الحاسوب وبرامجها التطبيقية التي تمثل مفردات جديدة في مجال التصميم والتشكيل المعماري في القرن الحالي بصفة خاصة، مما أمكن تسميتها باللغة المعمارية الجديدة والتي تضم اللغة التعبيرية واللغة البصرية.

إمتازت هذه اللغة بمفردات خاصة من أهمها المساحات المسطحة الزجاجية كمحطة Berlin Hauptbahnhof امتازت هذه اللغة بمفردات خاصة من أهمها المساحات المسطحة الزجاجية كمحطة Voestalpine AG تصميم في ألمانيا شكل (25)، ومنشآءات الفضاء الناتئ Dietmar Feichtinger Architectes تصميم الواجهات التشكيل الحر والمتنوع في الواجهات الخارجية كمبنى UFA Cinema Center في ألمانيا الخارجية كمبنى الحديثة. إدبي، 2009، صنية.

إن توفر التقنيات الحديثة لإنتاج منشأ معاصر بمواد الإنشاء الجديدة أنتجت إمكانيات غير محدودة للتكوينات المنشأية ومنها الناتئة Cantilevered Compositions التي لم تكن ممكنة في السابق، حيث أصبح الامتداد الأفقي على الأنهار والشوارع بطريقة لا تتقاطع مع المحاور البصرية أو الحركية ضمن حدود الرغبة والإمكان بعد أن كانت إمكانيات الوحدات البنائية كالأحجار لا تتعدى المتر أو جزء منه. فالمواد القابلة للضغط والشد جعلت القابوات تمتد إمكانيات الوحدات البنائية كالأحجار لا تتعدى المتر أو جزء منه. فالمواد القابلة للضغط والشد جعلت القابوات تمتد ومكانيات الوحدات البنائية كالأحجار لا تتعدى المتر أو جزء منه. فالمواد القابلة للضغط والشد جعلت القابوات تمتد ومكانيات الوحدات البنائية كالأحجار لا تتعدى المتر أو جزء منه. فالمواد القابلة للضغط والشد جعلت القابوات تمتد ومسافات طويلة وبصورة رشيقة وخفيفة وأنيقة تعطي لتلك المنشآءات سمة التطور وروح العصر [Trebilcock, 2004, P:32]. ويلاحظ ذلك جلياً في الكثير من مشاريع المعماري Bohl Bus and Tram Stop في سويسرا 1996 شكل (20).

وعليه, تتسم اللغة المعمارية الجديدة للنتاج المعماري بأشكال ذات جماليات رمزية وتعابير بصرية بواسطة مفرداتها المشكلة للمنشأ مما يجعلها من أقوى النماذج المميزة للعمارة المعاصرة. فالمنشآت ذات الأكساءات الزجاجية ومواد الأياف الزجاجية والبلاستيكية والرشاقة ودقة الضبط بين مركباتها المنشأية عكست اللغة المعمارية بعناصرها البصرية التي تثير الأعجاب الإنشائي مع أشكال الفضاءات ذات البحور الكبيرة المتفردة والمباني ذات الارتفاعات الشاهقة لتكون بذلك نتاجات مختلفة في التعبير والتأثير.

5- مقومات فاعلية المنشأ المعمارية (المنظومة القيمية المعمارية للإبداع المنشأى).

بعد التطرق للمفاهيم المنشأية الأساسية التي تمثل الركيزة الأساس للنتاج المعماري المعاصر ومفاهيم التصميم التي تساعد على إبتكار المنشأ الفعال, فلابد من التعرف على المنظومة القيمية المعمارية التي تهدف إلى إبداع منشأي يكون فيها حدس المعماري هو النواة الأساس لإبتكار منشأ فعال لعمارة مبدعة إيونس ستار،2008. ليأتي بعد ذلك التدقيق والتحقيق الإنشائي لدعم الفكرة أو دحضها. بمعنى تعامل المعماري مع العناصر والوحدات المنشأية لا من وجهة نظر الكفاءة المنشأية فقط ولكن يعمل على تحويرها لتكون حاملة وموصلة للغة فنية معمارية إنوبي، 2009، ص:43]. فإذا ما إفترضنا بأن المفاهيم المنشأية الأساسية ومفاهيم التصميم لإبتكار المنشأ الفعال هي مدخلات فإن النتائج والمخرجات تمثل مقومات فاعلية المنشأ المعمارية, والتي يمكن تحديدها بما يأتي:

1-5 توافق المنشأ مع الكتل الجمالية المعمارية -على مستوى التصميم الداخلي أو على مستوى الكتلة الخارجية أو كليهما-.

يعد المنشأ العنصر الرابط والبارز والماسك للشكل المعماري المتميز والجزء المسؤول عن إنتاج وإخراج الكتلة المعمارية. حيث يعمل على منح الشكل المعماري عدم تماثل إنشائي في عملية تدرج وإنتقال الأحمال معتمداً على مبدأ التوازن ولكن بشكل غير مالوف –أي عدم تفريغ الأحمال بصورة التدرج الهرمي – وبوضع أكثر وضوحاً. كما أن بروز السقوف والأسطح إلى الخارج بعيداً عن نقاط الإسناد هو في ذاته تحدٍ جديد بسبب الضغط على عناصر الإسناد الطرفية حفاظاً على توازنها. هذا وقد تحرر المنشأ المعاصر بالإستمرار الهندسي والمادي من أي قيود على الشكل الخارجي ليجعل المنشأ المتماسك المستمر مبدأً جديداً مغايراً عن المنشأ التقليدي.

لذا, فإن إدراك الإمكانيات الجديدة لمواد الإنشاء وطرق تجميعها والتعامل معها -مع إنسياب الأحمال والإجهادات- قد مكن المعماري من الوصول عن طريق الإنشاء إلى أشكال معمارية بديعة ملائمة للتقنيات الجديدة مع توسيع لإمكانياتهم النفعية. ومن تلك المشاريع التي تعكس هذا التوجه مشروع Milwaukee Art Museum في ولاية وسكنسون الأميريكية 2001 من تصميم المهندس المعماري Santiago Calatrava. شكل (30)

2-5 توافق المنشأ مع ديناميكية الفضاءات النفعية المعمارية المطلوية, من خلال:

- 5-2-1 طرق ونظم وآليات تكرار البحور الصغيرة بشكل غير تقليدي: من خلال التلاعب ببحور الفضاءات بشكل ينتاسب مع الوظيفة المطلوبة وبشكل مختلف عن الطرق والنظم التقليدية للفضاءات وجسورها الهيكلية ضمن النظام الهيكلي –كالتراصف العرضي, الترابط الطولي المزدوج, الجسور الطرفية, والشبكات المربعة كأن تكون بشكل مائل متعرج, جسور متشعبة محورية, جسور قطرية ونصف قطرية, التقاطعات والشبكات المائلة. إن جميع هذه النظم تقع ضمن محور المقاطع الفعالة (هي جزء من عدة محاور تضم التكوينات المؤليات).
- 2-2-5 إستخدام الأنظمة المفتوحة للبحور المتوسطة والكبيرة: إن التعامل مع المساحات الواسعة الخالية من المساند من الأمور التي سعى المعماري لتحقيقها بشكل يتعدى حدود إمكانياته الإنشائية ليعزز بذلك الإحساس بالسقف الواحد الشامل, كالأرضيات المسطحة التي تعمل على توزيع الأحمال بإتجاهين دون جسور طرفية, أو الأرضيات المرفوعة على مسند وسطي ذو وسادة تعمل على تحويل الأحمال السطحية إلى نقطية, او الأرضيات المرفوعة على مسند وسطي ذو وسادة تعمل على توزيع الأحمال المطحية إلى نقطية, او الأرضيات المرفوعة على مسند وسطي ذو وسادة تعمل على مع تحويل الأحمال السطحية إلى نقطية, او الأرضيات المرفوعة على مسند وسطي ذو وسادة تعمل على تحويل الأحمال السطحية إلى نقطية, او الأرضيات المرفوعة على مسند وسطي ذو وسادة تعمل على تحويل الأحمال السطحية إلى نقطية, او الأرضيات التي تعمل الأحمال المرفوعة على مسند وسطي ذو وسادة تعمل على تحويل الأحمال السطحية إلى نقطية, او الأرضيات المرفوعة على مسند وسطي ذو وسادة تعمل على تحويل الأحمال السطحية إلى نقطية, او الأرضيات المرفوعة على مسند وسطي ذو وسادة تعمل على تحويل الأحمال السطحية إلى نقطية, او الأرضيات المرفوعة على مسند وسطي ذو وسادة تعمل على تحويل الأحمال السطحية إلى نقطية, او الأرضيات المرفوعة على مسند وسطي ذو وسادة تعمل على تحويل الأحمال السطحية إلى نقطية, او الأرضيات التي تعمل الأضلاع بإتجاه واحد وبإتجاهين 1008 الأرضيات التي تعمل إلى الألي إلى الذون الأرضيات التي تعمل الأصلاع بإنجاه واحد وبإنجاهين الواحد المالي إلى الألي إلى المالي إلى إلى القلية المالي إلى الم

5-2-5 التلاعب بالمساند العمودية وطرق إنشائها: هي واحدة من الطرق التي تعد عاملاً مكملاً المقومات السابقة لاسيما في المباني العالية وناطحات السحاب من خلال آلية التعامل مع عناصر الإسناد توزيعاً وتنفيذاً وكيفية التعامل مع الأحمال وتجميعها وتوزيعها وتفريغها للأسس, ومنها: [الباحث إستاداً إلى Engel, 1977, P:288,289].

- Free Span System (نظام الأنبوب) Free Span System: نقاط تجميع الأحمال موزعة على الإطار الخارجي للمبني.
- 5-2-5-12 النظام الناتئ (نظام النواة) Cantilever System: نقاط تجميع الأحمال مركزة في منتصف المبنى.
 - Bays System نظام الفسح Bays System: نقاط تجميع الأحمال موزعة في فسح Bays المبنى.
- Free Span System with Central Support يتجه المسند المركزي Free Span System with Central Support: يتجه جزء من الأحمال في كل طابق نحو الوسط والجزء الآخر نحو الإطار الخارجي للمبنى.
- Wide Cantilever System with Central النظام الناتئ العريض مع المسند المركزي Support: يتم نقل الأحمال داخلياً نحو نقاط نظام مركزي.
- Free Span with Cantilever System الناتئ الممتد الواسع Free Span with Cantilever System: يتم نقل الأحمال نحو نقاط القسم الداخلي من الوسط والجانبين.
- 5-2-5-7 **نظام الإمتداد غير المتناظر Assymmetrical Bays System:** يتم نقل الأحمال بشكل غير متساو إلى نقاط التجميع. شكل (33).

5-3 مرونة التعديل والتغيير (الحذف أو الإضافة):

يعد عامل المرونة بشقيه التعديل والتغيير سمة من سمات العمارة المعاصرة بواسطة الحذف والإضافة متماشياً وموازياً للغة العصر التي تمتاز بالسرعة والتغيير مقارنةً بعامل الزمن, وينتاغم مع ما يتم طرحه من التقنيات الحديثة وبرامج الحاسوب المتطورة التي تسعى إلى تكييف المبنى للتغير والتطوير والتعديل وعلى المستقبل القريب أو البعيد. حيث تلعب المرونة دوراً أساسياً وبارزاً في النظام الهيكلي وينسب عالية قياساً بالنظامين المصمت والقشري, الذي له دور كبير في تغيير وصياغة أدائية الفضاءات الداخلية, متطلباً منظومة معمارية منشأية مفتوحة النهايات المعرور بدور كبير في تغيير وصياغة أدائية الفضاءات الداخلية, متطلباً منظومة معمارية منشأية مفتوحة النهايات الم معدور كبير في تغيير وصياغة أدائية الفضاءات الداخلية, متطلباً منظومة معمارية منشأية مفتوحة النهايات الم المقطع والواجهة دون تعطيل أو تشويه لجوهر المبنى الفت، 1997، ص:2014. كما هو الحال في مشروع Research المقطع والواجهة دون تعطيل أو تشويه لجوهر المبنى الفت، 1997، ص:2014. كما هو الحال في مشروع الالمكانيات المقطع والواجهة دون تعطيل أو تشويه لجوهر المبنى الفت، 1997، ص:2014. في مشروع الكانيات المقطع الواجهة دون تعطيل أو تشويه لجوهر المبنى الفت، 1997، ص:2014. من (1926) معمارية مثرافي الإكانيات المقطع الواجهة دون تعطيل أو تشويه لجوهر المبنى الفت، 1997، من 1926، من 1926، من (1926) المكانيات المقطع والواجهة دون تعطيل أو تشويه لجوهر المبنى الفت، 1997، من 1926، من 1926، من 1926، من 1926، من 1926، المكانيات الإمتداد المستقبلي عام 1992 وهو من المشاريع عالية التقنية بسقوف مشدودة وواجهات الألياف الزجاجية شكل الإمتداد المستقبلي عام 1992 وهو من المشاريع عالية التقنية بمقوف مشدودة وواجهات الألياف الزجاجية شكل الإمتداد المستقبلي عام 1992 وهو من المشاريع عالية التقنية بمنوف مشدودة وواجهات الألياف الزجاجية شكل الإمتداد المستقبلي عام 1992 وهو من المشاريع عالية التقنية بمنوف مشدودة وواجهات الألياف الزجاجية شكل منهما أحمال الكتل والأجزاء المضافات بنظر الإعتبار منذ الخطوات الأولى للتصميم لحساب الأسس المطلوب هذا العامل الإرتباط بالتوجيد القياسي عن طريق شبكة موديول منشأية من مضاعفات الموديول المعاري كما في مشروع عادي المعار الأرتباط بالتوجيد القياسي عن طريق شبكة موديول منشأية من مضاعفات الموديول المعاري كامشروع.



التعبير والإبداع المعماري جانبان متلازمان تنقلان العمارة من مجرد التعبير عن مواد وكتل صماء إلى أعمال حية متفاعلة يعيش من خلالها المستخدم الإحساس بفن العمارة, فعمل المنشأ على إشباع الاحتياجات الإبداعية للعمارة منذ القدم، لتبرز هنا أهمية القرار المنشأي وما يفرضه كنمطٍ للإبداع المعماري وصولاً للكفاءة المنشأية المطلوبة. فحسب دراسة Herbert Read يمر الإحساس بالجانب التعبيري بثلاث مراحل: **الأولى** هي تمييز التصورات المادية كالألوان والحركات وغيرها، والثانية هي تنظيم هذه التصورات في أشكال وصور ممتعة، أما الثالثة فتكون بتطابق التنظيم للتصورات مع حالة الشعور أو الإحساس الذي قد نال (تعبيراً) عنها. [Read, 1986, P: 41].

وتعد تعبيرية المنشأ من الأمور الأساسية التي تعطى للعمارة المعاصرة تصوراً متميزاً ومرآة إنعكاس للتطور والتقدم الحاصل في مجال التقنيات الحديثة, فقد لعب المنشأ دوراً بارزاً في عمارة ستينيات القرن المنصرم كبادرة تحرر من تعبيرية عشريناته ذات التيار الوظيفي الطاغي ليشهد كنوع من التشكيلات المختلفة المتنوعة. ومنها مبنى شركة طيران TWA في مطار كندي قرب نيويورك 1963 للمعمار Ero Saarinen شكل (36), مستوحياً من هيئة طائر ضخم مبتعداً عن أشكال أبنية المطارات العادية والمألوفة. واعتمد تسقيف المبنى على منظومة منشأية من أربعة أقبية قشرية خرسانية، تمتد الجانبية منها بعيداً خالقةً تطليعتين بارزتين ممتدتين ومستندتين على مساند مزدوجة تحصر بينهما الأقبية القشرية الوسطية. يبدو شكل المبنى نحتيًّا اكثر منه بنائياً نتيجة لرغبة المعمار نحو تأكيد وحضور الجانب الفني والتعبيري المنشأ للمبنى. استطاع Saarinen ان يداخل في الشكل الجديد كل الفضاءات المخصصة للمسافرين والأمتعة والخدمات. وهنا، ليست وظيفة المبنى هي التي أوجبت تحديد الشكل، وإنما النزعة لتأكيد ذلك الإحساس أو "التعبيرية" التي أتاحتها التقنيات المنشأية.

كما ويمكن ملاحظة هذا التوجه واضحاً في العمارة الحديثة المعاصرة التي كانت لغتها الداخلية معتمدة على التعبيرية المنشأية والتقنية المتطورة من خلال إبراز دور المنشأ وما ترتب عليه من انعكاسات على الشكل الخارجي. وبالتالي الاعتماد في تعبيراتها الشكلية على تقنيات الإنشاء والمنشأ كما في محطة ليون للمعمار Calatrava شكل (37) التي استُغلت فيها الإمكانيات التي أتاحتها التطورات التكنولوجية في عالم المنشأ مع التركيز على إمكانيات التعبيرية المنشأية والخروج بالمحصلة بمشاريع تتميز باستخدام تكنولوجيا التعبير للمنشأ.

6- إستخلاص الجانب النظرى:

وفي ضوء ما تم طرحه من المفاهيم المنشأية الأساسية ومفاهيم التصميم لإبتكار المنشأ الفعال كمدخلات يراد منها إستحصال ا**لمخرجات** التي تمثل مقومات فاعلية المنشأ المعمارية التي تسعى لفهم قصدية مقومات وتأثير المنشأ الفعال وتكامل عناصره ومفرداته الوظيفية والحسية والجمالية في تكوين النتاج المعماري المعاصر وبمساعدة آليات التعامل مع القوى المسلطة على المبنى والبنيتين المنشأية والتصميمية. يوضح المخطط (3) إستخلاص الجانب **النظري لمدخلات ومخرجات مقومات فاعلية المنشأ المعمارية** التي سيتم من خلالها تحليل أمثلة الجانب التطبيقي.



7- الجانب التطبيقي / المشاريع المنتخبة:

وفي ضوء ما تم طرحه في المخطط (3) الخاص بإستخلاص الجانب النظري لمقومات فاعلية المنشأ المعمارية والتي سيتم من خلالها تحليل أمثلة الجانب التطبيقي.

1−7 مشروع Milwaukee Art Museum في ولاية وسكنسون الأميريكية 2001 من تصميم المعماري . Santiago Calatrava.

سيتم تحليل المشروع وفق جدول إستخلاص الإطار النظري لأهمية المشروع الذي يضم عدد من المقومات التي يمتلكها منشأه الفعال وكونه أحد نتاجات العمارة المعاصرة في ولاية وسكنسون الأميركية, حيث تم تأسيس العديد من



المنظمات من أجل تحقيق معرض فني لهذه المنطقة. ويمثل الجدول (2) تحليلاً للمشروع وفقاً لمستخلص الإطار النظري لمقومات فاعلية المنشأ المعمارية.

آلية التعامل مع القوى:					
آلية توزيع القوى , فالتكوين المنشأي متكون عبر تركيب العناصر المشدودة والمضغوطة. النظام المنشأي ذو متجهات المقاومة المتعاونة, ويتعامل مع					
وقوی شد.	قوى إنضغاط				
ة والبنية التصميمية:	البنية المنشأي				
بنيتين من خلال إظهار العناصر المنشأية واستخدامها في التكوين , وإستعمال عناصر مرئية بنائية كالخط واللون وربطها بأسس التصميم	التعامل بين ال				
ىب والتي تعد أساساً لتشكيل التصميم وتنظيم العناصر التصميمية ⊣لمنشأية لتحقيق عمل يتسم بالنفعية فضلاً عن الجمالية الوظيفية.	كالوحدة والنتاس				
مأية الأساسية (الركيزة الأساس)	المفاهيم المنث				
إعتماده على نوعين من ا لإتزان ه ما المرن والمنساب وبعناية أدت إلى نتاج معماري ذي منشأ فعال وبارز بكافة أجزائه وعناصره. فهو	_				
متزن بإنسيابية أجزائه وكتله –بإندماج وحدات المنشأ لكتلته الزجاجية في وحدة واحدة مستمرة هندسياً وبدون قطاعات–, كما هو متزن	الإنتران				
بمرونة شكله –بمرونة المنشأ وإلتقاء الإجهادات المحورية لجناحي المدخل وبأنسب الأوضاع لتسري خلاله بالضغط أو الشد.					
فالمنشأ ذو مخطط مغزلي بإتجاه واحد يمتاز بكفاءة إستعمال المادة المنشأية لإلغاء عزوم الإنحناء وتحويل الإجهادات إلى محورية بالشد					
والإنضغاط, كما أنه متماسك بكافة أجزائه بشكل يضمن عمله كجسم واحد مهما اختلفت الإتجاهات معتمداً مبدأ الهندسية والمادية على					
أنه هندسي مادي بإتجاه واحد.					
يتكون جناح كوادرانتشي Quadracci Pavilion –المدخل الرئيس الخادم لزائري المتحف– من الفولاذ والزجاج الجاثم على جسر	نع.				
خرساني حلقي concrete ring beam في الجزء الجنوبي للمتحف. يتكون السقف من 17 إطاراً بشكل حرف اله (A) تتراوح أطولها من	تتمرار				
8.25 إلى 29.75 متراً شكل (38) بعد ان صممت بواسطة الحاسوب وتم تتفيذها من الأسلاك والفولاذ, ومن ثم شُكَلت ورُكَبت في	١Å٣				
الموقع لتعطي بمجموعها الشكل والمتانة والشفافية. قُطّعت مكونات هذه الأطر من لوحات فولاذية كبيرة big sheets of steel plate					
ولُحمت ببعضها. تم تحديد أشكالها رقمياً بواسطة الحاسوب من خلال نموذج محوسب للجناح ومنشأه الأساس, وقد تم وضع الأطر على					
جسر حلقي بيضوي الشكل ومن ثم إدراج الألواح الزجاجية, يلي ذلك عمود فقري فولاذي من ثلاث قطع يتقوس لرفع الأطر .					
يم المساعدة في إبتكار المنشأ الفعّال:	مفاهيم التصم				
يضم المشروع عدد من الوظائف التي تمتاز بمرونتها كمعرض للأعمال الفنية المؤقتة ومتجر ومطعم ومقهى. تعكس هذه الوظائف مبدأ	ني نيا مور				
المرونة من خلال ا لتحرر من الجدران وكأنها ضمن الفضاء الخارجي. ربط المبنى بالمدينة من خلال جسر معلق يعزز هذا المبدأ.	المرو الوظيا				
الإتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي من خلال حركة الجناحين الإنسيابية, على المستوى العمودي من خلال ترابطه بالسماء	ي بي				
وعلى المستوى الأفقى من خلال الجسر الرابط مع المدينة.	ال بين ن الداذ ارجي				
	الإتص فضائير والخ				
	11				
ريط المسروع القديم بالجديد حيث النفاعل مع لغة الحاسوب والنفتيات المنظورة لإنتاج ا لقصاءات الساسعة والبحو ر الواسعة المنسابة.	ليجور أواسعة				
$t \neq a = t_1 = t_1 = t_2 = t_1 = t_1 = t_2 = t_1 = t_2 = t_1 = t_1 = t_2 = t_1 = t_$	-				
التملل لعنه المعمارية بصفاع اللون الأبيض للكن الصماع واللون الأررق للسطوح الرجاجية والإمدادات للحجوم النابلة الحرة والتسخين	اللغة عماريا جنيدة				
الحر والمنوع للواجهات مما جعلت المشروع حاضعًا للمقاهيم النصميمية التي مكتبة من ميرة المنشأ الفعال. تربيب أيد بيناً بدر من من معالية من من معان من	<u> </u>				
له المنشا المعمارية (المنظومة القيمية المعمارية للإبداع المنشاي)	مقومات فاعلي				
عمل التكوين المنشاي للمشروع على تفعيل وتتشيط الفكرة التصميمية ليظهر المنشا مفهوما من مفاهيم إكمال النتاج المعماري الساعي	منشا متل رية				
الإبراز منشا فعال وجداب ممتلا ناحية المتانة إضافة إلى عاملي البهجة والمنفعة الوظيفية ومعتمدا على جعل رصيده الفني قادرا على ا	وإفقى ال مح الذ الجما				
إعطاء مفهوم الفعالية ضمن النتاج. حيث يضم المنشا مقاطع عائمة بشكل صليب مع اجزاء ناتشة ويشكل جريء.	L.				
المبنى سقف زجاجي بارتفاع 27.5 مترا شكل (39) بشكل مشابه للهرم ليتوافق بذلك مع ديناميكية ما تحته من الوظانف النفعية وهي ا	مع ما تقعید ما تقعید				
معرض للأعمال الفنية المؤقتة ومتجر ومطعم ومقهى. كما يرتبط المبنى بالمدينة من خلال جسر معلق يلعب دورا بارزا في موازنة	المنثُ ناميكي وات ا				
	E - + r				



المشروع مرن ليس من خلال التعديل والتغبير, وانما من خلال تغيير الطابع العام والشكل الخارجي, فخلال النهار تكون الإضاءة طبيعية وخلال الليل تكون الإضاءة صناعية من خلال إضاءة مشعة وُضعت أسفل الجسر الحلقي الخرساني ليبدو المشروع وكأنه مصدر للإشعاع والضوء والفن لتلك المدينة.	مرونة التعديل والتغيير (الحذف أو الإضافة)
عمل المصمم على تصميم مصباحٍ متوهجٍ للمدينة ذات الواجهة النهرية وبكل الإتجاهات, كما وأستند إلى جعل فضاء الإستقبال الزجاجي بشكل القارب الشفاف شكل (40) ومواجهاً للحافة النهرية بجناحين ضخمين ضد أشعة الشمس لتعزيز ونتشيط وظيفة المبنى. شكل	المتصعيمية
جناح كوادراتشي نحتي رشيق ذو بناء كاتدرائي رائع بسقف يتأرجح في الفضاء . طول الجناح الواحد 66 متراً يفتح بفترة النهار ويتقوس بفترة الليل وأثناء العواصف وبزمن مقداره أربع دقائق حيث أصبحت هذه الأجنحة رمزاً لهذه المدينة شكل (41). وفوق ذلك تعمل أثنين	منشأ للمعايير
من الأعمدة الفقرية الدوارة على إسناد الأجنحة المتحركة الواقية مع أشعة الشمس ويشكل يسمح أو يمنع دخولها, حيث عمل ذلك على إبراز دور الضوء وأهمية في الفكرة التصميمية وفعالية جناح كوادراتشي.	مراعاة ال

الجدول (2): تحليل المشروع وفقاً لمستخلص الإطار النظري لمقومات فاعلية المنشأ المعمارية (الباحث).

2-7 مشروع Dola-2007 , Haydar Aliyev Cultural Center - Baku, Azerbaijan بالمعمارية Zaha Hadid.

سيتم تحليل المشروع أيضاً وفق جدول إستخلاص الإطار النظري لأهمية المشروع الذي يضم عدد من المقومات التي يمتلكها منشأه الفعال وكونه أحد نتاجات العمارة المعاصرة في مدينة باكو – اذربيجان ضمن مسابقة تهدف إلى تصميم مركز ثقافي لتلك المدينة, ليكون المبنى الرئيس للبرامج الثقافية للبلاد لكسر حدية ونحتية وضخامة العمارة السوفيتية التي سادت في تلك المدينة بشكل يعبّر عن الثقافة الأذرية (الأذربيجانية) بتفائل نحو المستقبل. يضم المشروع قاعة مؤتمرات (1200 كرسي) ومتحف ومكتبة بثمانية طوابق. ويمثل الجدول (3) تحليلاً للمشروع وفقاً لمستخلص الإطار النظري لمقومات فاعلية المنشأ المعمارية.

لقوى المسلطة	آليات التعامل مع ا			
آلية إنتش ار ا لقوى , فالتكوين المنشأي متكون عبر تمديد السطح وشكله . النظام المنشأي ذو السطوح النشطة أي أنظمة ذات إجهاد سطحي , ويتعامل				
نَيْفَة.	مع قوى الطبقة الرذ			
نية التصميمية	البنية المنشأية والب			
ل من خلال إظهار العناصر المنشأية واستخدامها في التكوين, حيث ا لنظام والقيمة والهدف والمعنى من خلال نظامين منشأيين	التعامل بين البنيتيز			
concrete skeleton syste وسطحي فولاذي إطاري فضائي single space frame system مع مفاصل حركة مفردة single	هيکلي خرساني m؛			
.movement joints				
المفاهيم المنشأية الأساسية (الركيزة الأساس)				
لمنشأ المشروع نوعين من الإتزان تبعاً للهيكل المكون له, فهو متزن نتيجة لجساءته المتأتية من تحويل القوى من وسطه لقواعده				
بعملية الإستمرارية المادية جاعلاً أجزاء المنشأ بشكل كلٍ متماسك يقاوم بمكوناته الأحمال الواقعة على أجزائه ويقلل من قطاعاته	Ŀ			
وينقل الأحمال إلى الأرض. كما أن منشأ القشرة السقفية (غطاء المبنى) متزناً بإنسيابية أجزائه وكتله من خلال إندماج وحدات	<u>г</u> ч			
المنشأ في وحدة واحدة مستمرة هندسيا ُ وبدون إنقطاع, نتيجة إنسياب الإجهادات المحورية داخل قطاع المنشأ ثم إلى الأرض.				
عمل المعماري على وضع خيارات واضحة تتناسب مع برنامجه المنشأي- المعماري حسب درجة الإستمرارية الهندسية أو المادية				
التي تحقق أهداف المشروع الحيزية والفنية لتترك الأثر الفعال في نفس المتلقي, من خلال إعتماد المادة المنشأية لقشرة السقف التي				
تسعى نحو إلغاء عزوم الإنحناء وتحويل الإجهادات إلى محورية بالشد والإنضغاط. فتم إعتماد هذه القشرة بأكثر من إتجاهين وبشكل	ية بال			
اقرب لسرج الحصان لجعل فرق المماس بين نقطة وأخرى لهذه الإجهادات المحورية فرقاً لا منتاهياً في الصغر . كما يضم المشروع	لإستم			
على منشأ خرساني مسلح متماسك بالجزء المغطى بالقشرة السقفية بشكل يضمن عمله كجسم واحد مع اختلاف الإتجاهات ليكون	-			
المشأ خاضعاً للإستمرارية الهندسية المادية وياتجاهين.				



المعالي المدرع على قاعة مؤتبرك (200) ومتصا ومكتفة بثمائية طوايق، فني المستقبل البعيد أو القريب يعكن تغيير وطرقة سبيب سماع متشاه الغلال في احداث التغيير. على لتسمير المدروع على إشاء علام أسبيلية بين السامة الملطية ويتكل بفرك، ويحدُد مساحلة مخدمسة المعام الحلائية ويتكل بفرك، ويحدُد مساحلة مخدمسة المعام الحلائية ويتكل بفرك، ويحدُد مساحلة مخدمسة المعام الحلائية ويتكل بفرك، ويحدُد مساحلة مختصة المعارية على المعامرة على (20). علت تعريدات وطرات وطرات الساحجة المحرمي المدرد، بين المناح المداور على الثناء بعد التي معاري بعدل على عائية مهمة الترجيب والاحتصان والترجيبة نحر الداخلة المعاري في المعامرة على (20). علت تعريدات وطرات والراحات المحترية، بين عن على تأثية والمعالي وعلى العلمان وطرات والمالية المعامرية والمعام المعارية والراحات المحترية، بين عائية والموالي ولل والمات المعادي وطرات والمات المحادي في التقاس المعانية والإلغان المعادية والراحين التي يعبدون فيها. المعام وعن المعامر على (البيئة الميزية) والبينية العارة المعامي في العامر وطري في والغام، بقدا المعادي والراحات المي ميلون فيها. المعام وعلي المعامر ولينا المعان التقل حجم الارتفاعات بقلم معلمي في والاي والمات المعادية والمعادية والمعادية والدي معائية والمي معامي والدي والمات المعادية والمعادية والمعادية والمعادية والدي معائية بغام علمي في والدي والمات المعادية والمعادية والمعادية والمعام والدالمي والمعادية المعادية والمعادية والمعان العندان المعادة والمعادية والمعاد معادية والمعادية والمعادية والمعادية والمعادية والمعادية والمعادي	مفاهيم التصميم المساعدة في إبتكار المنشأ الفعّال:				
الج الج البلغة بسبب سماح منشاء الفعال في إحداث التغيير . على تسعير المشروع على إنشاء علاقة السيابية بين السلمة الملطة بالعيني وداخله. هذه السامة غير مسبحة وسامة معصمة المحتل وداخله. وداخل المعاهرة الخلي ويشكل بنون ويحذ مساحلت معصمة على المحتلة المعاهرية المن الساحة المحلطة بالعيني وداخله. هذه الساحة غير مستودات محتلي المدينة. تشكل السلحة الملاطة، ويشكل بنون ويحذ مساحلت معصمة على المحتلة المعاورية الشرائيات الساحة على عرمستودات محتلية السيزويات الى مثيد حدالتي مماري بعدل عنها والاراحين الرائدية المدينية عن المحلوبي البناة السراح بين (البناة المدينية). وين المحلح المحلوبي البنان البنان المحلوبي المحلوبية والاراحين الساحة على عدالتي معيد المرجب الإحتمان راتدروبة لمدين المعادية والاراحين الرائدين المحلوبية والاراحين الرائدين المحلوبية والاراحين الرائدين المحلوبية والاراحين الساحة على عادة المحلوبية والاراحين المحلوبية والعامة علاقات عدم التميز بين العاصر المعادية والاراحين الرائية العليوبية). وين المحلة المحلوبية والعامية والاراحين المحلوبية والعامية علاقات عدم التميز بين العاصر العمادية والاراحين الساحة العربين العام الإستهاد العربي (الاحلامي والدار المدارية الربط ليالة العم التارية للمارة من حال وضع القدين المحلوبية والعامية والاراحين المحلوبية البعل للما المحلوبية البعل للمادة التروب للمارية والدون فعادية المحلوبية العامية عداد المحين العامة والاراحين المحلوبية المعادية من حلال وضع القدير المعادية المعادية المعادية والمعادية المحلوبية المحلوبية العادية من حال وضع القدير المعادية المعادية المعادية من الاستادة المحلوبية البعل للعادة من حلال وضع القدير المعادية المعادية منه المعادية المعادية من المعادية المعادية المعادية المعادية من العادة من حل معلمية والعامية المعادية والمعادية المعادية المعا	يحتوي المشروع على قاعة مؤتمرات (1200 كرسي) ومتحف ومكتبة بثمانية طوابق, ففي المستقبل البعيد أو القريب يمكن تغيير	نية قد ي			
المعالية المعالية بإن الساحة المحوطة بالعنى وداخله. هذه الساحة فر مسجة ومتاحة العبسع كجزه من السبع الحضري للمزنة. تقديم الساحة بشكل يحقض المساحة الذلقية ويتكل يتزف ويجذ مساحات مخصصة للجذهات المحاهرية الأثرية الثلاثية ماهم وساحة شكل (24). عدت تموجها وتشعبات وطاحات الشاحة على عبر مستوات متفقة السؤرات إلى مثبع حدائقي معاري يعل طي تأثية مهمة الترجيب والاجتضان والترجيد نحر العلق التكثة والسطح، بين الذلك والخارج. مما عل على قابة علاقات عمر البينة السبية إلى النبية المعني والمحتفان والترجين التي يعيثون فيها. التكثة والسطح، بين الذلك والخارج. مما عل على قابة علاقات عمر البين المعارية والأرض التقريب والجمن التي يعيثون فيها. التكثة والسطح، بين الذلك والخارج. مما عل على قابة علاقات عمر النبيز بين العاصر المعارية والأرض التي يعيثون فيها. التقاص المعربة بالغاف الخارج. منا عل على قابة علاقات عمر الزوار بيترية إنسي فضاعا، العناقي، والترفي لقان يعيثون فيها. التقاص المعربة بالغاف الخارج ونظام الجزان المتزوار بيترية إنسية الغضاء الداخلي. والتحقي ذلك تم إثابة العاص المعربة بالغاف الخارج ورنظام الجزان التنا للقائي لعمارة من خلار وضع التضر المعاصر بتدة ما يمكن فيها المنافية المعارية الإستوادة العمارة التعام العارة المنطقة ماهم في دم المؤة المعارية في الإستفاد التقال المعربة التعارية المعارية البعا لغالهم التاريخ للمازة المنطقة ماهم في دم المكرة المعارية على البقادة المنافي معارية المعارية المعارية العالية العام التاري والمانية وحول المؤة وعلى المؤة المعارية عدن الإستفادة المعلون المعارية المعارية المعارية العمارة لمعارية معلى خريران ورسطعى فولان والغالية المعارية في المعارية المؤل العالية ويكن الشرري حمادة المعارية المعارية العناقي معلى خريرا وسطعى فولان والغام المعارية عمارية في المؤر المؤل ولحزاة المنقادة وعن من معارية على الخل الطعاري من الثناء مثلين معلى خريرا وسطعى فولان القامي العادي العارية على العرق المؤرة وين معرف المعارية المعارية من القاد الغاني منازية معالية معرا مع من عن وليز المعارية في معاري المعاري المعارية المي و ومين لمعري العالية الخرس من ولغاء منا	وظيفته بسبب سماح منشأه الفعال في إحداث التغيير.	المرب الوظر			
قوال كوز من النسيج الحضري المذينة، تقدرج الساحة بشكل وخلفين المسلحة الداخلية ريشكل يرزف ريحذد ساحات مخصصة الاختراك الجماهرية الأثرية التقليبة منها والمعاصرة تكل (42)، علت تموجات وشيات وطيات والتوامات الساحة على عبر مسلويات مخلفة السترايات إلى مفيد حالتي معماري وعمل على ثابية مهية الترجيب والإختصان الترجيه ندر الاختر والسطح، بين الداخل والخارج، مما على على الفية علاقات عبر النبيز بين العاصر العمارية والرض التي يعينون فيها. على ذكر الملح بين الداخل والخارج، مما على على الفية علاقات عبر النبيز بين العاصر المعارية والرض التي يعينون فيها. على ذكر الملح، بين الداخل والخارج، مما على على الفية علاقات عبر النبيز بين العاصر المعارية والرض التي يعينون فيها. على ذكر الملح، بين الداخل والخارج، مما على على الفية علاقات عبر النبيز بين العاصر المعارية والرض التي يعتبون فيها. على نكر الملك، والتدفيق من الإسان القليل حجم الإرتفاعات يشكل ملام. ولنا العاصر بيندة ما يمكن فيماً التقل العصرية بالغلال الخارص ونظام الجران الستائية العاطة ما على وعلى وعلى وعلى وعلى فيما الأولية المنا في معرارت السير ومراقف النبزات تحت الأرض دن الحاجة إلى العاض وليا العاصر بشدة مما يمكن فيماً المنية في ممرات المير ومراقف العبران المتلاق على على فيما قلي وطلي وعلى وعلى وعلى وعلى الماصر بشدة ما يمكن فيماً المنوز المنظورة المعارية بدينا لمار المنافي معلى فرساتي وسلمي فولاي والزي فضائي مع مافصل مركة مادول المنوز الشريسة الذائية المراسة العبران على المن دول الحاجة إلى العار أولية المنافية المعارية حيث تم الإستداد منها في ممرات المير ومراقف العبران من طبعة فرساتي وسلمي فولاي والغلي معاصر بشدة ما يمكن فيها المعاصر بشدة ما يمكن فينوز الشريس المبكة المندانية المعارية معلى فرساتي وسلمي فرائية الماصرية ومن المعاصر بشدة ما يمكن فينوز الشريس الملاقة العبينية الغيران (43)، من المنذا الثلاوي وشرية القربي التعيم في الإسلية الغيرة المؤمسة في المبكة المنداية المسلمية فيعارية ولمان من إلغان الثلاوي وعلي فرساني والتولي ماليعتبونية المرو ويشكل مؤوس وعم غانت البران المنادية ولين معلية فرساتي وسلمي فالاني والغينة الملوم ويشكل مؤوس وعمة الخلية المعادي وعلية منها مع معادي وور نتاة المعان وسلمي والاي وسلي وتني والتي ور القومي ويني المون وو	عمل تصميم المشروع على إنشاء علاقة إنسيابية بين الساحة المحيطة بالمبنى وداخله . هذه الساحة غير مسيجة ومتاحة للجميع			ŝ	
المنتخفات الماهرية الأثرية التقليدة منها والمعاصرة شكل (42)، عملت تمرجلت وشعبات وطيت والإدامات السلحة على تحفيلها من ساحة مختلفة المستريات إلى مثبد حدائتي معماري يعل على ثانية مهمة الترجب والإحتصان والترجب نحر الداخل عمر مستريات حخلفة، لبتم الداخل والفاتي، مما عمل على ثانية الطبيعية)، بين الغلاف السناي والرض التي يعيثون غيها. عن ذكر أنها حيث يعندم الشراع مكنة بثعانية طوابق معلاة ينظم سطحي فولافي واطاري فضالي والمرض التي يعيثون غيها. عن ذكر أنها حيث يعندم الشراع مكنة بثعانية طوابق معلاة ينظم سطحي فولافي واطاري فضالي والمحمد التحديثة، بين كان ذكر أنها حيث يعندم الشرارع مكنة بثعانية طوابق معلاة ينظم سطحي فولافي واطاري فضالي العنجية في في المعادية التحديثة مع التي والرئين المتاتري عليها معادي المعلم العرف المناح معرفيان الإنسان القليل حجم الإرتفاعات بشكل ملاتم. عن على ألك البنت الشاء حيز كبير خلل من الأعدة لإنتها العروبة النزول البترية البناية الفضاء الداخلي، والتحقق ذلك تم إذابة المتروعة معادي المناح معرفيان الأرض الناتج عن طبوغرافية المنطقة ساهم في دعم الفكر العمارية حيث تم الإستادة معنها عن مرات السروم علية الديرة المعارية للإيداع المنازية معلمة في دعم الفكر المعارية حيث تم الإستادة معنها معمرات فاطية المعارية الإعداع المناني من الشاء مثار من خلال وحيا المزي المعارية حيث تم الإستادة معنها معرمات السروم على ذكر المنتوع المعارية للإيداع المتاني من طول وعن العلم في دعم الفكر المعارية حيث تم الإستادة معنويات فاطية المعارية المعادية الإعدان المعاني من وز العاج إلى العار أول الغربي المعارية حيث تم الإستادة معنها المعارية المعارية العربية المعارية الإعدانية العادة المان وحولت المؤدي ومانت المعارية وعادة المؤدية المؤدي المؤدي المؤدي منتون المعارية المعارية المؤدية الفيرية المؤدي معان وعران المازي وحولت المؤدية المؤدية المؤدية المؤدية المؤدة المؤدية منتون المعن وحليا المعارية المؤدي الذهان المثاري معالية على المؤدي المؤدي المؤدي المؤدي المؤدي المؤدية المؤدية المؤدية المؤدية المؤدية المؤدة المؤدية المؤدية المؤدية المؤدية المؤدية المؤدي المؤدي المؤدي المؤدا المغارية ومنادية من معادي مؤدي ومزم	كجزء من النسيج الحضري للمدينة . تتدرج الساحة بشكل يحتضن المساحة الداخلية وبشكل يعّرف ويحدّد مساحات مخصصة			Ę	
المعارة النبية من ساحة مختلفة الستويات إلى مشهد حدائتي معاري يعل على تأدية مهمة الترجيب والإحتضان والتوجيه نحو الداخل عر مستويات مختلفة الستويات إلى شهد حدائتي معاري إيعل (ليبيئة الطبيعة)، بين الغلاف البيني والمساحات الحضرية، بين التلكة والسطح، بين الداخل والخارج، مما عل على إقامة علاقات عدم التمييز بين الحاصر المعارية والأرض التي يعيثون فيها. التلكة والسطح، بين الداخل والخارج، مما عل على إقامة علاقات عدم التمييز بين الحاصر المعارية والأرض التي يعيثون فيها. التلكة والسطح، بين الداخل والخارج، مما على على القامة علاقات عدم التمييز بين الحاصر المعارية والأرض التي يعيثون فيها. التلكة والسطح، فين الداخل والخارج، مما على التمان عدم التميز على ملاحة، من على مارك. التلية المعارية الثلاث الخارج، وينظام الجران الستائرية العارية، من خلال وطليع القلم، الترول المعارية، ويتحقق اللغلم، على وينظام الجران الستائرية العادية، من خلال وطلع، الفي ويتطام الجران الستائرية العادية، من خلال وطلع، والفي مغلق والفي مغلق والغلم، على والغلم، فيه أدرط العيد ورمائقى العرارية العادية، من خلال وحلك الفي والغلم، في عامية المعارية المتقادة المعارية وليا فضائي معارية والغلم، فضاية معارية المعارية المتقادة المعارية والمعارية المعارية المعادية المعارية المعادية المعارية المتقادة المؤدة المنظم والغلم والغلم، في الغلم الحران الستادية المعارية المعارية المعارية المعارية المعارية المعارية المتولية من منكان المعارية المعارية المعارية المعارية المعارية المعارية المعارية المعارية المعارية المؤدة المؤدين المعارية المؤدة المؤدين المعارية المؤدة المؤدين المعارية والغرائية، من حمان المعارية معادي والغلم معلم ولغرائي المعارية المولي المعارية المؤدة المؤدين المعارية المؤدين المعارية المؤدين المعارية المؤدين المعارية المؤدين المعارية والغرائية المعارية المعارية المعادية والمعادية المعارية المؤدين المعارية المؤدين المعارية المؤدين المعادية والمعادية والمعادية المعارية المعارية المعارية المعارية المعارية والغلم المعارية والغلم المعارية المغلم معارية المعارية المعارية المعادية والغلة	للإحتفالات الجماهيرية الأذرية التقليدية منها والمعاصرة شكل (42). عملت تموجات وتشعبات وطيات وإلتواءات الساحة على				
قَلَى عبر مسئوبات مختلفة. ليتم إلغاء الصراع بين (البيئة المبينة) و(البيئة الطبيعة). بين الغلاف المبنى والمساحلت الحضرية، بين الكلفة والسطح، بين الداخل والخارج. مما عمل على إقامة علاقات عدم التمبيز بين العاصر المعمارية والأرض التي يعيّرون فيها. على ذكر آنفا حيث يضم المشروع مكتبة بثمانية طوابق مغطاة بنظام سطحي فولاني إفلاري فضائي يعيّرون فيها. على ذكر آنفا حيث يضم المشروع مكتبة بثمانية طوابق مغطاة بنظام سطحي فولاني إفلاري فضائي system على ذكر آنفا حيث يضم المشروع بنية الربط ليذا الفيم الثارية منذاور بتجرية إنسيابية القضاء. الداخلي. وانتحقق ذلك تم إذابة المناصر بشدة مما يعكن فيما أخرى المنازور التحرية إنساني القصار المورية المنازور التريتونية إنسيابية القضاء. الداخلي. وانتحقق ذلك تم إذابة المناوية منذا والمناوعة المشروع بنية الربط ليذا الفيم الثارية عن طبرغرافية المنطقة مادم في دعم الفكرة المعارية حيث تم الإستفادة الخارجي ونظام الجزان المتازية عن طبرغرافية المنطقة مادم في دعم الفكرة المعارية حيث تم الإستفادة المنازور المنازورية المنازورية المنازورية المنازورية المنازورية المنازورية المنظومي المنازورية المنظومي والية المنازورية المنظومي والية المنطعي فيلاني والتم ورحات الموق من سمة سليبة على إديابية ليتورون التمارية عربة المعارية ليزيا والمتشأيني على عرم عزية الرفي لمنازور والتي وسطحى فيلاني والذي والتي ما يعاري فضائي مع ماصل حركة مؤدة المؤوات فاعن المنازورية المنازورية المنورية المقربية المنازورية المنورية المؤورية المنورية المؤورية المنازورية مرز المؤورية المؤورية المؤورية المؤورية المؤورية المؤورية المقربية المنورية المنازورية من المانية المرابة المؤوات المؤورية منازور والتورية من المنازور والتعامان مع معامان ولورية المؤورية المنازور والتعامان مع معادا وروروالتعاما من ما معاد ولوروالتوالمؤورية المؤورية المؤوري	تعديلها من ساحة مختلفة المستويات إلى مشهد حدائقي معماري يعمل على تأدية مهمة الترحيب والإحتضان والتوجيه نحو الداخل				
 الكلة والسطح، بين الداخل والخارج. مما عمل على إقامة علاقات عم التبييز بين العناصر المعمارية والأرض التي يعشون فيها. عالم المعلم بين الداخل والخارج. مما عمل على إقامة علاقات بشكل ملاتم. عالم المعلم بين الداخل والمعلم. عالم المعلم المعروب المعلم المراح مكتبة بثمانية طوابق مغلاة بنظام مطعى فولادي إطاري فضائي system عالم المعن المعاصر المعربية بالمعاصر عمر الإسان لتقليل حجم الإرتفاعات بشكل ملاتم. عالم المعاصر المعربية بالمعاصر المعاربة والنطام الجران المتاترية عاملة الزوار بتجربة إنسابية القضاء الداخلي. والتحقيق ذلك تم إذابة المعاصر المعربية بالمعاصر بشدة مما يمكن فيماً العاصر المعاربة والراحل المتارية حيث تم الإركان المتارية عديث تم المعكن فيماً المعاصر المعاربة والمنظمة المعاربة والنائج عن طبوغرافية المنطقة ماهم في دعم الفكرة المعامرية حيث تم الإستادة المعامر بشدة مما يمكن فيماً المعارت المعاربة السلارات تحت الأرض دون الحاجة إلى الحفر أو الدن وحدت الموقع من سمة صليبة على إلجابية أعرض على يعرفون المعاربة والمنظرم على الإركان التم عالمة عن دون الحاجة إلى الحفر أو الدن وحلت المؤل عن المعاصر بشدة مما يمكن فيماً بنقادة المعاربة في المعاربة المعامر من الذاع المعذ ما يمكن المعاربة والمعاني مع مناسل معاربة المعاربة المعاربة المعامر معان المعاربة ولمعان على إلحابية المعاربة المعاربة المعامر المعاربة ولمان عالمة المعاربة المعاملة مع معامل حرك مغرزة المعربة المعربة المعربة المعربة المعربة المعربة المعربة ولمان عمر المعان معاربة المعربة المعاربة والمعانية مع معربة المعان معاربة معالم عمر مع فولا والو من على معربة المعربة المعربة المعربة ولمان المعربة المعربة المعاربة والمعانة مع معارم المعاملة وعربة المعربة المعامل حركة معربة المعالم مع معاملة المعربة المعربة المعربة المعربة المعربة المعربة المعربة المعربة المعربة المعارب المعابة ووربة المعاربة وطنات المعالم وركه المعا	عبر مستويات مختلفة, ليتم إلغاء الصراع بين (البيئة المبينة) و(البيئة الطبيعية), بين الغلاف المبني والمساحات الحضرية, بين		بر تصال		
 عافل المعادية المناحين عنم المشروع مكتبة بثمانية طوابق مغطاة بنظام سطحي فولاذي إطاري فضائي system عافل عن عن عن عن عن عن عن عن الإنسان لتقليل حجم الإرتفاعات بشكل ملاتم. عافل عن المعادية بالغلاف الفارجي ونظم الجران الستانية الفرصة للزوار بتجربة إنسيابية الفضاء الداخلي. وانتحقيق ذلك تم إذابة العاصر العمودية بالغلاف الفارجي ونظم الجران الستانية العمادة، من خلال وضع التفسر المعارية حيث تم إذابة المعادية بالغلاف الفارجي ونظم الجران الستانية العمادة، من خلال وضع التفسر المعارية حيث تم إذابة المناصر العمودية بالغلاف الفارجي ونظم الجران الستانية العمادة، من خلال وضع التفسر المعارية حيث تم الإستادة عن معنوكات الأرض الثالثة عن طيوغ[لية المنطقة ماهم في دمم الفكرة المعارية حيث تم الإستادة عن عليوة ألية المنطقة ماهم في دمم الفكرة المعارية حيث تم الإستادة عن عليوة ألية المنطقة ماهم في دمم الفكرة المعارية حيث تم الإستادة عن عليوة ألية المنطقة ماهم في دمم الفكرة المعارية حيث تم الإستادة عن عليوة ألية المنطقة ماهم في دمم الفكرة المعارية حيث تم الإستادة عن عليوة ألية المنطقة ماهم في دمم الفكرة المعارية حيث تم الإستادة عن عليوة ألية المنطقة ماهم في دمم الفكرة المعارية حيث تم الإستادة عن عليوة النها المعارية للإيداع المتان على الحوارة المعارية في الإستادة المعارية الإستادة المعارية للإيداع المتاني ويكلي خرماني وسطحي فولافي إطاري فضائي مع مفاصل مركة مفردة مؤدة المؤسنة المعارية عرز المنابة عبر تقلين معلى خرمان (62)، من المنذا القاني عمانية مع مفاصل مركة مفردة مؤدة المؤسنية المعارية المعارية عن حلول منشاية عربة المعارية منذا المعارية. تم اختلى المعارية الموسيد، تما ولافي من المنان الفارجي والعادة المام من المغاني والغينية المؤسنية المؤسنية الفارة الفضرة المؤسنية الفارية الزولية المناء من الأولي (16)، من الناتي وعلينية الفرة المؤسنية المؤسنية الفي المؤسنية المؤسني ولابي الخبار الفضاني والز المان ورافية المنامية ورز تقلية المؤرفي الفارجي ذات المعارية. تم اختار الحرية المؤسنية ألفي النهاية الفاني والمان معامانية وطرية التفلية الفارجي ذا المعارية من المين الموسية المولية مزالة المنوية المنونية والما مان مع مانية الولي وزالية المؤسنية المزلي النها وولمن مانا والمن ما مع من ون المؤالي العارية ورانية	الكتلة والسطح, بين الداخل والخارج. مما عمل على إقامة علاقات عدم التمبيز بين العناصر المعمارية والأرض التي يعيشون فيها.		ĮŶ		4
 المجلس المعروبة بتلما مع مقياس الإنسان لتقليل حجم الإرتفاعات بشكل ملائم. كان الهنف إنشاء حوز كبير خال من الأحمدة لإتاحة الفرصة للزوار بتجربة إسبابية الفضاء الداخلى. وانتخفق ذلك تم إذابة العاصر الصوبية بالغلاف الخارجي ونظام الجران الستانية العارة، من خلال وضع التغيير المعاصر بشدة معا يعكن فهما المعاصر الصوبية بالغلاف الخارجي ونظام الجران الستانية العمارة، من خلال وضع التغيير المعاصر بشدة معا يعكن فهما منها في مرا التكانية المنظة ماهم في دعم الفكرة المعاربة حيث تم الإستادة المعادن المعادية حيث تم الإستادة على معنوات الأرض الثالثة عن طبوغرافية المنظة ساه في دعم الفكرة المعاربة حيث تم الإستادة من خلال وضع التغيير المعاصر بشدة معا يعكن فهما معنى فهما منه في مرات العبر ومواقف السيارات تحت الأرض رن الحاجة إلى الحفر أو الذان وحولت الموقع من سمة سلبية على يجابية على معاومات فاعلية المنشا المعاربة (المنظومة المعاربة للإيداع العنشاي) معومات فاعلية المنشا المعارية (المنظومة القيمية المعاربة للإيداع العنشاي) يتكن الشروع –كما ذكر أنذا– من نظامين منشابين موعلى خرساني وسطعى فولافي إطاري فضائي مع مفاصل حركة مفردة مقردة مكنية المنشا المعاربة (المنظومة الفيرية العنهاني من إنشاء شكل حر مع توفير الوقت من خلال سرعة انجازه وتشريد، تمز كلئة السطح ويتكن المدوع الدول الفضائي من إنشاء شكل حر مع توفير الوقت من خلال سرعة انجازه وتشريد، تمز كليوس لعلاقي الفطرة العقوسة المعاربة غير تقليدة حيث تم إلغال الفضائي والذي المعاربة على المنانية عرر تقليدة حيث تم إبدان المنازية خرعائية المؤرافية المنوبة مرية المقوسة منذي المنعاني من بنها لذي المعاربية. تم امتنان المعاربية المعاربة النهاية ويتما الحران المالان والغال من أولاني النظرية الغرار الماني والمعاني من فردة (16)، من الغال مرية المعانية المرية الإلغان والما والمينا الفاني والماني من كل ورب شكل (16)، من المناع واليان التقابي مع عائي معرو الفق المونية القومة الموابية من المغل، الفولية المؤولية من فقرسة ويتمان والما وراز الماني والماني والماني والمان مع ممانة المعاربية. تم امتنال الموبي الماني الزيانية المعاربة والماني والماني والماني والماني والماني والماني والما عاربية والمن مانية المالي والما والمولي الفالي والمولي الفاري والما ما والمعال مع	ما ذكر أنفاً حيث يضم المشروع مكتبة بثمانية طوابق مغطاة بنظام سطحي فولادي إطاري فضائي steel space frame			s Ŀ,	
النوانية الذاتية لذاتية الموادية بنا من الأعدة لإتاحة الفرصة الزوار بتجربة إنسيابية الفضاء الداخلى. ولتحقوق ذلك تم إذابة العناصر العودية بالغلاف الخارجى ونظام الجدران الستاترية Name في دعم الفكرة المعارية حيث تم الإستادة التفكرة في تجسيم المشروع بنية الربط لهذا الفهم التاريخى للممارة، من خلال وضع التفسير المعاصر بشدة مما يعكن فهماً انكثر ذفتة. هذا الاختلاف في مستويات الأرض الناتج عن طبوغرافية المنطقة ساهم في دعم الفكرة المعارية حيث تم الإستاداة انكثر ذفتة. هذا الاختلاف في مستويات الأرض الناتج عن طبوغرافية المنطقة ساهم في دعم الفكرة المعارية حيث تم الإستادة حدمات الفكرة التصميمية. شكل (43). مقومات فاعلية المتشار المنظومة الفهمية المعارية للإيداع المتشاري) عنكون المشروع حكما ذكر أنفأ- من نظامين منتأليين هيكلى خرساني وسطحي فولافي إطاري فضاني مع مفاصل حركة مفردة عنكون المشروع حكما ذكر أنفأ- من نظامين منتأليين هيكلى خرساني وسطحي فولافي اطاري فضاني مع مفاصل حركة مفردة عنكون المشروع حكما ذكر أنفأ- من نظامين من أنشا بشكل حما عنوبر الوقت من خلال سرعة الجازه وتشيدهد. تعزز كثلة السطح عنكون المشروع حكما ذكر أنفأ- من نظامين من أنشاء شكل حر مع توفير الوقت من خلال سرعة الجازه وتشيدة النولي عنكرة البحث من حلول منشأبة غير تقاريتية, حيث تم إستمال جسور نائنة وعرز المقوسة عنكر المحرض من جهة الشرق شكل (45). مكن المنشأ الثانوي والعالية من منطق النولية بين الشيوة الدرياجية (GRP) المنافي وطبقات التظوف الخارجي ذات الجدران الستادية. تم اختيار الحرسانة السلح ين يالي الزياجية المنشأبة الجند المناني وطبقات التظوف الخارجي ذات المتادي إلى المنوبية. تما للاسلح بين الشيوة مختلفة جدا شكل (74). عن على عنوبي مختلفة المعنوي مخلفان الغازوي الفعلي ولي يذا المنوية. من خلائي الاسلح بين البي الزياجية المنطفة والذى المنوقة منانة الخبرية المسلح بالأليات الاحسان بن يالي الزياجية ألمنظة المنوي منانية الإدران المتاذوي والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المساحة ولي الاستجابة عن ع الميؤولية المنظة والذي مندوق مناوي اللغراي مان	system بشكل يتناسب مع مقياس الإنسان لتقليل حجم الإرتفاعات بشكل ملائم.		تطور إرتفاع المبان		تطور
	كان الهدف إنشاء حيز كبير خال من الأعمدة لإتاحة الفرصة للزوار بتجربة إنسيابية الفضاء الداخلي. ولتحقيق ذلك تم إذابة		ي ا		
كانت الفكرة فى تجسيم المشروع بنية الربط لهذا الفيم التاريخي للعمارة، من خلال وضع التفسير المعاصر بشدة مما يمكن فهماً أكثر دفتة، هذا الاختلاف في مستويات الأرض الناتج عن طبوغرافية المنطقة ساهم في دعم الفكرة المعارية حيث تم الإستفادة منها في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة إلى الخفر أو الذي وحولت الموقع من سمة سلبية على إيجابية خدمت الفكرة المتصميمية. شكل (43) مقومات فاعلية المتشار المعقومة القيمية المعارية للإبداع المثناي) مقومات فاعلية المتشار المعقومة القيمية المعارية للإبداع المثناي) مقومات فاعلية المنشروع حكما ذكر أنفأ- من نظامين منذابين هوكلي خرساتي وسطحي فولاني إطاري فضائي مع مفاصل حركة مفردة شكل (44). مكن منشأ الأطار الفضائي من إنشاء مثكل حر مع توفير الوقت من خلال سرعة إنجازه وتشيده. تعزز كتلة السطح فذكرة البحث عن حلول منشأية غير تقليبة، حيث تم إدغال أعمدة منحزية مال حلال فعقائي مع مفاصل حركة مفردة المطحية الذائبة للأرض من جبة الشرق عدن تما وطبقات التقليف المعارية المقوسة المطحية الذائبة للأرض من جبة الشرق الجاسنة لرطار الفضائي وطبقات التقليف المعارية المقوسة ويشكل مقوس يدعم غلاف المبنى من جبة الشرق شكل (46). مكن المثنا الثانوي عالماتي فلمائي مع مفاصل حركة مفردة ويشكل مقوس يدعم غلاف المبنى من جبة الشرق شكل (46). مكن المثنا الثانوي عالمي الغربة المعارية ويشكل مقوس يدعم غلاف المبنى من جبة الشرق شكل (46). مكن المثنا الثانوي عالية الزجاجية (الحيانة السلحة ويشكل مقوس يدعم غلاف المبنى من جبة الشرق الجاسنة لبطرا الفضائي وطبقات التقليف الخارجي ذات الحرانة السلحة ويشكل مقوس يدعم غلاف المبنى الخطرا الفضائي وطبقات التقليف الخارجي ذات المحران الستادية. تم اختيار الخرسانة السلي مقروبة منتفاية الجلسنة لبطرا الفضائي وطبقات التقليف الخاري والي الماتوي وشرقية النهاية من من خلال استغروا ورافعيات مسطحة تعال عن توزيع الأحمال بإتجاهين دون جسرر طرفية. من خلال استروع مرونة عالية تطبية أمبذا الحمان مع مساحات واسعة خليفة. من المساند التوزيز بالأصان من خلال استروع مرونة عالية تطبيعاً لمبذا الحمال مع مساحات واسعة خليفة. م من خلال المسروع مرونة عالية فورغي المم في دم الفكنان وراعية. م من خلال الستعدام والزضاية من مين علين من أهمية المشروع بل مار الجاهي دون الحاجة لي ي ع علي أو النفي ورانية المن	العناصر العمودية بالغلاف الخارجي ونظام الجدران الستائرية Curtain wall system.		لوا	į	2
المجد المعدارية الاختلاف في مسئويات الأرض الثانج عن طبوغرافية المنطقة ساهم في دعم الفكرة المعمارية حيث تم الإستفادة منها في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة إلى الحفر أو الدفن وحرات الموقع من سمة سلبية على إيجابية خدمت الفكرة التصميمية. شكل (43) معتومات فاعلية المتشا لمعمارية الإبداع المتشاوين بيكون المشروع حكما ذكر أنفا- من نظامين مشأبين ويكلي خرساني وسطحي فولادي إطاري فضاني مع مقاصل حركة مفردة شكل (44). مكن منشأ الأطار الفضائي من الشماء شكل حر مع توفير الوقت من خلال سرعة إنجازه وتشيده. تعزز كثلة السطح فكرة البحث عن حلول منشأبة غير تقليدية. حيث تم إدخال أعمدة منحنية وسلحي فولادي إطاري فضاني مع مقاصل حركة مفردة شكل (44). مكن منشأ الأطار الفضائي من إنشاء شكل حر مع توفير الوقت من خلال سرعة إنجازه وتشيده. تعزز كثلة السطح ويشكل مفوس يدءم غلاف المبنى من جبة الشرق شكل (45). وتم إستعمال جسور ناتئة المعادية من تأسيس لعلاقة مرئة بين الشبكة المنشأبة الجاسنة للإطار الفضائي من إنشاء شكل (45). مكن المنشأ الثانوي عاليه من مناسيس لعلاقة مرئة بين الشبكة المنشأبة الجاسنة للإطار الفضائي وطبقات التظيف الخارجي ذات الجدران الساترية. تم اختيار الخرسانة المسلحة بين الشبكة المنشأبة الجاسنة للإطار الفضائي وطبقات التظيف الخارجي ذات الجدران السلح بالألياف الزجاجية (GFRP) من خلال إستخراجة المعاورة (GFRP) كمواد الكسوة مثالية للجدران السائرية لأنها تسمح العالية المبنى في الاستجابة المتطلبات وظيفية مختلفة جدأ شكل (74). بالأليف الزواجية (GFRP) كمال مع مساحات واسعة خلية من المسانة المعنوي بذلك المعنوبي بنائية الجدران السائرية لأنها تسمح ورفية الزواني الجريانة المسلحة المنيا عن الشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ ولائما منون عالم ون وزيع الأحمل باتجاهين دون جسور من خلال استخرو مرونة عالية تطبيق أميدة ولائتامل مع مساحات واسعة خلية من المسانو السائسة وطبيفية المنطقة والذي ساهم في دون عقليل من أمعية المشروع بل بالعكن نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض بي عن السقد ولواد الشامل وبارضيات مسطحة تعمل على توزيع الأحمل باتجاهين دون حسور طرفية. الم عن خلال المعروي والقالم المؤم ورضيات المطبق قون تقليل من أمعية المعرارية في ممرات السرر ومواقف المران دو	كانت الفكرة في تجسيم المشروع بنّية الربط لهذا الفهم التاريخي للعمارة، من خلال وضع التفسير المعاصر بشدة مما يعكس فهماً				
 يقم عن معرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة إلى الحفر أو الذفن وحولت الموقع من سمة سلبية على إيجابية خدمت الفكرة التصميمية. شكل (43) مقومات فاعلية المتشا المعمارية (المنظومة القيمية المعمارية للإبداع المنشاي) مقومات فاعلية المتشا المعمارية (المنظومة القيمية المعمارية للإبداع المنشاي) شكل (44). مكن منشأ الأطار الفضائي من الشاء شكل حر مع توفير الوقت من خلال سرعة إنجازه وتشييده. تعزز كتلة السطح فولاذي الطري فضائي مع مالصل حركة مفردة فكرة المحرسة شكل (44). مكن منشأ الأطار الفضائي من الشاء شكل حر مع توفير الوقت من خلال سرعة إنجازه وتشييده. تعزز كتلة السطح في فكرة المحرسة المعوسة فكرة المعرفين المعروبة حيل فكرة المحرسة مع مالصل حركة مفردة فكرة للمؤسنة فكرة المحرسة معن الفضائي من الشاء شكل حر مع توفير الوقت من خلال سرعة إنجازه وتشيده. تعزز كتلة السطح في في المحرسة النعوسة فكرة المحرسة عن حلول منشأية غير تقليدية. حيث ثم إنخال أعمدة منحنية Read boot columna مستدفة النهاية في الشعوبية المعوسة النائية المؤسن من جهة الغرب شكل (45)، وتم إستعمال جسور نائنة معن من عالميس لعلاقة مرئة السطحية الذائية المؤسنة الجرض من جهة الغرب شكل (45)، وتم إستعمال جسور نائنة معن المعوسة. ويشكل مقوس يدم علاف المنون وطبقات التقليف الخارجي ذات الجدران الستائرية. تم اختيار الخرسانة المسلحية الفياية المعنوبية الموافقية المعاقي وطبقات المعلق وطبقات التقليف الخارجي ذات الجدان المتائرية. تم اختيار الخرسانة المسلحة الأليات الخرجية (GRR) وطبقات المعلقية وطبقات التقليف الخري ولنا المتائرية. تم اختيار الخرسانة المسلحة الأليات وطبقية معرانة المنوع مرونة عالية تملينا مع مساحات واسيعة عليقا والريات المعاني وطبقية معن (74). من خلال إستخدام الأنظمة المقتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من الماسلح الإحساس من خالي المعروم مرونة عالية تطبيقا لمبدأ الإضافة دون تقليل من أهمية المشروع بل الغيات في مستويات الأرض والنه ومن الخران المتائرية والمعان والمية. يقبع عن على على ومرونة الموقوم من سمة مليرة على تولي والمية المشروع بل المعار موري المان الغارية وينابع عن أوض في من أوض الفي الوض في المؤمن والميات مسلح في دعما ولي توزي مان أممان ووبي والميان والمي في مالماساد	أكثر دقة. هذا الاختلاف في مستويات الأرض الناتج عن طبوغرافية المنطقة ساهم في دعم الفكرة المعمارية حيث تم الإستفادة		معارييًا مع يدة		-
ست خدمت الفكرة التصميمية. شكل (43) مقومات فاعلية المتشا المعمارية (المنظومة القيمية المعمارية للإبداع المتشاي) مقومات فاعلية المتشا المعارية (المنظومة القيمية المعارية للإبداع المتشاين هيكلي خرساتي وسطحي فولاني إطاري فضائي مع مفاصل حركة مفردة شكل (44). مكن منشأ الأطار الفضائي من إنشاء شكل حر مع ترفير الوقت من خلال سرعة إنجازه وتشييده. تعزز كتلة السطح في تركز كتلة السطح الذائبة للأرض من جية الغرب شكل (45). مكن منشأ الأطار الفضائي من إنشاء شكل حر مع ترفير الوقت من خلال سرعة إنجازه وتشييده. تعزز كتلة السطح في تذكر المعرف. بين الشروع حكما نكر من جية الغرب شكل (45). وتم إستعمال جسور ناتئة Reade من تأسيس لعلاقة مرئة السطحية الذائبة للأرض من جية الشرق شكل (45). وتم إستعمال جسور ناتئة Reade من تأسيس لعلاقة مرئة بين الشريطة مالياتي الخطريف من جية الشرق شكل (45). وتم إستعمال جسور ناتئة Reade من تأسيس لعلاقة مرئة بين الشريطة المنابي الإلياف الزجاجية (GRRC) معن المعارية في منابي الخريف الخرص من جية الشرق شكل (64). مكن المنشا الثانوي المعائيلية الدرسانة المسلحة الالقصائي والميثاني والغوار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدران الستائرية. تم اختيار الخرصانة المسلحة الإلياف الزجاجية (GRRC) معارية الجدران الستائرية لأنها تسمع المونية المبنى في الأسيان الخياجية (GRRC) معارية الجدران الستائرية لأنها تسميم العالية المبنى في الإستجابة أبها أبها المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المساند التجابية أبها أبي	منها في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة إلى الحفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلبية غلى إيجابية	الم الم		*	
مقومات فاعيد المنشأ المعارية (المنظومة القيمية المعارية للإبداع المنشأي) بتكون المشروع -كما ذكر آنفاً من نظامين منشأيين هيكلي خرساتي وسطحي فولاذي إطاري فضائي مع مفاصل حركة مفردة شكل (44). مكن منشأ الأطار الفضائي من إنشاء شكل حر مع توفير الوقت من خلال سرعة إنجازه وتتسييده. تعزز نكتلة السطح فكرة البحث عن حلول منشأية غير تقليدية, حيث تم إدفال أعمدة منحنية colume لتحقيق القشرة السقوسة فكرة البحث عن حلول منشأية غير تقليدية, حيث تم إدفال أعمدة منحنية dot العرف التقوية القشرة السقوسة بين الشبعة المائية للأرض من جية الغرب شكل (45). وتم استعمال جسور ناتئة contilevered boot columns بين الشبعة المنشأية الجامنة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدران الستانرية. تم اختيار الخرسانة السلحة بين الشبعة المنشأية الجامنة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدران الستانرية. تم اختيار الخرسانة المسلحة بين الشبعة المنشأية الجامنة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدران الستانرية. تم اختيار الخرسانة المسلحة بين الألياف الزجاجية (GFRC) معادرة (GFRC) والبوليستر المسلح بالألياف الزجاجية (Glass (GFRP). م من خلال إستخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خلية من المن في الإسباب وطبيقة عنائي أي أن أن م من خلال إستخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خلية من المساند التوزيز بذلك الإحساس م من خلال إستخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خلية من المساند التريز بذلك الإحساس م من خلال إستخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خلية من المساند التريز بذلك الإحساس م السقيات وطبيغة مختلفة والذي ساهم في دعم الفكرة المعارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة ي أن بين بي بي بي بي بي الشبق وولت الموقع من سمة سلية غلى إلجابية خدمت الفكرة التصميية. بي بي بي بي بي بي بي من مع من منطقة تشتير بالرياح العائية ويسمى المعارية في مستوية الأرض دون الحاجة بي بي بي بي بي بي بي المنور وولت الموقع من سمة سلبية غلى إلجابية خدمت الفكرة التصمييية. المن بي الحفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلبية غلى إلجابية خدمت الفكرة التصميية. المائي النور أو الذفن وحولت الموقع من مسمة سلبية على إلجابية منمي المروع إلمياح الخاصعة	خدمت الفكرة التصميمية. شكل (43)				-
بيتكون المشروع حكما ذكر آنفاً- من نظامين منشابين هيكلي خرساني وسطحي فولاذي إطاري فضائي مع مفاصل حركة مفردة شكل (44). مكن منشأ الأطار الفضائي من إنشاء شكل حر مع توفير الوقت من خلال سرعة إنجازه وتشييده. تعزز كتلة السطح فذكرة البحث عن حلول منشأية غير تقليبية, حيث تم إمخال أعمدة منحنية curved boot columns لتحقيق القشرة المقوسة فذكرة البحث عن حلول منشأية غير تقليبية, حيث تم إمتعال جسور ناتئة substructure مستدقة النهاية ويشكل مقوس يدعم غلاف المينى من جهة الغرب شكل (46)، وتم إستعمال جسور ناتئة substructure منتي مني علاقة مرئة بين الشبعة المنشأية الجامئة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدران الستائرية. تم اختيار الخرسانة المسلحة بين الشبعة المنشأية الجامئة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدران الستائرية. تم اختيار الخرسانة المسلحة بين الشبعة المنشأية الجامئة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي وذات المسلح بالألياف الزجاجية (GRRS) ويشعل مقوس يدعم خلاف المين من جهة الغرر المستائرية لأنها تنصع لمرونة التصميم العالية للمبنى في الألياف الزجاجية (GFRC). من خلال استخدام الانظمة المفتوحة بيحور الكبرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المسات التعزيز بذلك الإحساس لمتطلبات وظيفية مختلفة جدأ شكل (74). من خلال استدوم وطرفية المنظمة المفتوحة بيحور الكبرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المساتد التعزيز بذلك الإحساس ي أنه أن أن عن مي بينا أنه المشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون نقليل من أهمية المشروع بل بالعكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض الناتج عن طبوغرافية المنطقة والذي ساهم في دعم الفكرة المعمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحار الي الحفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة ملبية على إيجابية خدمت الفكرة التصميمية. المناتة، كما تعد هذه المنطقة تشير بالرياح العائية والذي الجارية وعام محدي مزدوج. يستمد الدارض دون الحاجة ي أن ي ي اللي الحفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة ملبية على إيجابية خدمت الفكرة التصميمية. المنذ من منطقة تشكير بالرياح العائية وتسمى المنطقة أحون نقليل من أهمية المشروع بل بالعكس نتيجة الأرض دون الحاجة ي ي ي ي ي ي ي ي ي الحف وحولت الموقع من سمة ملبية على إيجابية خدمت الفكرة التصميمية. المنذر علي من منطقة تشتير بالرياح العائية وتسمى معنداي المنورع	نشأ المعمارية (المنظومة القيمية المعمارية للإبداع المنشأي)	ة الم	اعليا	ت ف	مقوما
ممكل (44). مكن منشأ الأطار الفضائي من إنشاء شكل حر مع توفير الوقت من خلال سرعة إنجازه وتشييده. تعزز كتلة السطح فذكرة البحث عن حلول منشأية غير تقليدية, حيث تم إدخال أعدة منحنية curved boot columns لتحقيق القشرة المقوسة السطحية الذائبة للأرض من جهة الغرب شكل (45), وتم إستعمال جسور ناتئة substructure مستدقة النهاية ويشكل مقوس يدعم غلاف المبنى من جهة الشرق شكل (46). مكن المنشأ الثانوي substructure من تأسيس لعلاقة مرنة بين الشبكة المنشأية الجاسنة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدان الستائرية. تم اختيار الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية (GFRC) عمادة ولاقات التغليف الخارجي ذات الجدان الستائرية. تم اختيار الخرسانة المسلحة بين الشبكة المنشأية الجاسنة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدان الستائرية. تم اختيار الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية (GFRC) والقدى وGFRC) والبوليستر المسلح بالألياف الزجاجية (GFRC) والعدة مختلفة جداً شكل (46). من خلال إستخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المساند التعزيز بذلك الإحساس لمتطلبات وظيفية مختلفة جداً شكل (47). من خلال إستخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المساند التعزيز بذلك الإحساس بينا ين علي في المشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون تقليل من أهمية المشروع بل بالمكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض بينا علي في السقت الواحد الشامل وبأرضيات مسلحة تعمل على توزيع الأحمال بإتجاهين دون جسور طرفية. بينا ين المشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون تقليل من أهمية المشروع بل بالمكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض النائج عن طبوغرافية المنطقة والذي ساهم في دعم الفكرة المعمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة بينا ينا علي النائة منطقة والذي ساهم في دعم الفكرة المعادية في ممارت السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة بينا ينا علي الي الحفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلية غلى الجابية ونسمي المنروع أمام تحدي مزدوج. وسائل في مدار المناذ كما تحد هذه المنطقة من الماطق الزلزالية جاعلة من مهندسي المشروع أمام تحدي مزدوج. وسائل أوص دول الفكرة التصميمية. المعارية أو النفع من الماطق الزلزالية جاعلة من مهندسي المشروع أمام تحدي مزدوج. وسائل أول والشكل الحر من الفكرة التسميمي المع	يتكون المشروع –كما ذكر أنفاً– من نظامين منشأيين هيكلي خرساني وسطحي فولاذي إطاري فضائي مع مفاصل حركة مفردة				
 فكرة البحث عن حلول منشأية غير تقليدية, حيث تم إدخال أعدة منخنية curved boot columns لتحقيق القشرة المقوسة السطحية الذائبة للأرض من جهة الغرب شكل (45), وتم إستعمال جسور نائتة curved beams ممتدقة النهاية ويشكل مقوس يدعم غلاف المبنى من جهة الشرق شكل (46). مكن المنشأ الثانوي substructure من تأسيس لعلاقة مرنة بين الشبكة المنشأية الجامنة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدران الستائرية. تم اختبار الخرسانة المسلحة الزابية للإرض من جهة الشرق شكل (46). مكن المنشأ الثانوي substructure من تأسيس لعلاقة مرنة بين الشبكة المنشأية الجامنة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدران الستائرية. تم اختبار الخرسانة المسلحة بين الشبكة المنشأية الجامنة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدران الستائرية. تم اختبار الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية (Glass (GFRP) والبوليستر المسلح بالألياف الزجاجية (Glass (GFRP) من حموا المولية للجدران الستائرية لأنها تسمح لمرونة التصميم العالية للمبنى في الاستجابة من من خلال إستخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المبنى في الاستجابة عن على من خلال إستخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المبنى الإحساس أن عن عن على على أن عن المعنوبة المعارية في من المساند لتعزيز بذلك الإحساس أن عن عن عن على المعام واسعة خالية من المساند لتعزيز بذلك الإحساس أن على أن على عن على المعارية في من المساروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون تقليل من أهمية المثروع بل بالعكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض الن عن على الغان عن علي غرافي أوران مناه وبارت مسلحة في دون تعليه من أهمية المروع بل بالعكس نتيجة الاختلاف في من الحاساس أوليا عن على أوليانا المشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون تقليل من أهمية المروع بل بالعكس نتيجة الأرض في المعارجي المعارجي الخاسي الأرض دون الحاجة عن على أوليا الترفن عالية علي على المعان إوليا على أوليا مناه وبارية خاصا بلاوع والم علي أوليا المعارية في مرات السير ومواقف السارات تحت الأرض دون الحاجة أولي على عن أوليا المعارية في ممرات السير ومواقف السارات تحت الأرض دون الحاجة أولي على على أوليا أوليا أوليا معارية أولي من هم في والمعارية أولي من أوليا من عالي من معانية المعارية الحمن ومام	شكل (44). مكن منشأ الأط ار الفضائي من إنشاء شكل ح ر مع توفير الوقت من خلال سرعة إنجازه وتشييده. تعزز كتلة السطح			Ľ,	
 إلى السطحية الذائبة للأرض من جهة الغرب شكل (45), وتم إستعمال جسور ناتئة substructure مستدقة النهاية ويشكل مقوس يدعم غلاف المبنى من جهة الشرق شكل (46). مكن المنشأ الثانوي egشكل مقوس يدعم غلاف المبنى من جهة الشرق شكل (46). مكن المنشأ الثانوي egmكل مقوس يدعم غلاف المبنى من جهة الشرق شكل (46). مكن المنشأ الثانوي egmكل مقوس يدعم غلاف المبنى من جهة الشرق شكل (46). مكن المنشأ الثانوي egmكل مقوس يدعم غلاف المبنى من جهة الشرق شكل (46). مكن المنشأ الثانوي الستائرية. تم اختيار الخرسانة المسلحة بين الثبيكة المنشأية الجاسئة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدان الستائرية. تم اختيار الخرسانة المسلحة بين الثياف الزجاجية (Glass (GFRP) والبوليستر المسلح بالألياف الزجاجية (Glass (GFRP) والبوليستر المسلح بالألياف الزجاجية (Glass أوليك موافقات التغليف الخارجي لأنها تسمح لمرونة التصميم العالية للمبنى في الاستجابة المتطلبات وظيفية مختلفة جداً شكل (74). من خلال إستخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المساتد لتعزيز بذلك الإحساس بيعاني بين بينا بيني التي الزجاجية (140). من خلال إستخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المساتد لتعزيز بذلك الإحساس من خلال إستغدام الوبلرية التحامية والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المساتد التريز بذلك الإحساس بيخا بيني بي بيناك المشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون تقليل من أهمية المشروع بل بالعكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض ألى أن ألى بي بيناك المشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون تقليل من أهمية المشروع بل بالعكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض ألى ألى ألى ألى ألى ألغاني ألى ألى ألى ألى ألى ألى ألى ألى ألى ألى	فكرة البحث عن حلول منشأية غير تقليدية, حيث تم إ دخال أعمدة منحنية curved boot columns لتحقيق القشرة المقوسة	المعما			
 ويشكل مقوس يدعم غلاف المبنى من جهة الشرق شكل (46). مكن المنشأ الثانوي substructure من تأسيس لعلاقة مربة بين الشبكة المنشأية الجاسئة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدران الستائرية. تم اختيار الخرسانة المسلحة والعوليستر المسلح بالألياف الزجاجية (Glass (GFRP)) Glass Fibre Reinforced Concrete (GFRC) Glass Fibre Reinforced Polyester والعولي المنطق واليوليستر المسلح بالألياف الزجاجية (GRPC) وGlass Fibre Reinforced Concrete (GFRC) من خلال استخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المساند لتعزيز بذلك الإحساس بي ينفي ألم من خلال استخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المساند لتعزيز بذلك الإحساس بي ينفي ألم بين المشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون تقليل من أهمية المشروع بل بالعكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض بي ينفي ألم بين المنطقة والذي ساهم في دعم الفكرة المعمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة إلى المناحة والذي ساهم في دعم الفكرة المعمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة ألم بينا إلى الحفر أو الدفن وحرات الموقع من سمة سلبية غلى إلى بينا الفرج بي بالعكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض بي ألم بي المعام المناحة والذي ساهم في دعم الفكرة المعمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة أبي إلى الخر أو الدفن وحرات الموقع من سمة سلبية غلى إليجابية خدمت الفكرة التصميمية. بي ألم بي المندة بكو ضمن منطقة تشتهر بالرياح العاتية وتسمى المنطقة "حضر بالرياح" الحامية دون الحاجة أبي أبي ألم بي المعام إلى من المعارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة أبي بي المعامية. بي ألم بي المعارية أو الدفن وحرلت الموقع من سمة منولية بي ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة أبي بي أبي بي الم بي المعام إلى الحار أو الدفن وحرلت الموقع من سمة البية وتسمى المعارية المعارية ألمعاري إلى المعارية أو الدفن وحرلت المؤقة من المناقة الزالية جاعلة من ميندي مامروع أمام تحدي مزدوج. يستمد المنال الحر من أو المذكرة التصميمية المعارية ذات السطح الواحد النبق من منطقة ا	ا لسطحية الذائبة للأرض من جهة الغرب شكل (45), وتم إستعمال جسو ر ناتئة cantilevered beams مستدقة النهاية		الكتل الجماليا		
 بين الشبكة المنشأية الجاسئة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدران الستائرية. تم اختبار الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية (Glass Fibre Reinforced Concrete (GFRC) والبوليستر المسلح بالألياف الزجاجية (Glass) (GFRP) والبوليستر المسلح بالألياف الزجاجية (Glass Fibre Reinforced Concrete دوات المستائرية لأنها تسمح لمرونة التصميم العالية للمبنى في الاستجابة بينا بينا بينا في المسلحات وظيفية مختلفة جداً شكل (47). تقطلبات وظيفية مختلفة جداً شكل (47). من خلال إستخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المساند لتعزيز بذلك الإحساس من خلال إستخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المساند لتعزيز بذلك الإحساس بينا بينا بينا بينا بينا بينا بينا بينا	ويشكل مقوس يدعم غلاف المبنى من جهة الشرق شكل (46). مكن المنشأ الثانوي substructure من تأسيس لعلاقة مربة				
قاله المعالي الزجاجية (GRass Fibre Reinforced Concrete (GFRC) والبوليستر المسلح بالألياف الزجاجية (GRass (GFRC) محواد الكسوة مثالية للجدران الستائرية لأنها تسمح لمرونة التصميم العالية للمبنى في الاستجابة المتطلبات وظيفية مختلفة جداً شكل (47). المتطلبات وظيفية مختلفة جداً شكل (47). المتطلبات وظيفية مختلفة جداً شكل (47). المعالي المساح المالية المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المسائد لتعزيز بذلك الإحساس المعالي المشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون نقليل من أهمية المشروع بل بالعكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض المعالي المشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون نقليل من أهمية المشروع بل بالعكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض المعالي المشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون نقليل من أهمية المشروع بل بالعكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض المعارفية المنطقة والذي ساهم في دعم الفكرة المعمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة (لحاجة للخالي الخافي دول الحابي دون الحاجة الخافي دول الحابي دون الحاجة الخافي المحابي دون الحاجة الما الحفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سليبة على إيجابية خدمت الفكرة التصميمية. المعارفية المنطقة تشتهر بالرياح العائية وتسمى المناطقة "حيث تضرب الرياح" الخاضعة لأحمال رياح عالية على مدار الحر من أو الدفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سليبة على إيجابية خدمت الفكرة التصميمية. المعارفية المنامة الرزازالية جاعلة من مهندسي المشروع أمام تحدي مزدوج. يستمد المنشأ فو الشكل الحر من أو الفكرة التصميمية المعارية أو الدفرة والملعل الواحد لتبني مختلف المتطوي أو المؤكرة الحمال رياح عالية على مدار أو الفكرة الحريي أو الحد المنطقة من الماط	بين الشبكة المنشأية الجاسئة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدران الستائرية. تم اختيار الخرسانة المسلحة		نق المنشأ مع		
 	بالألياف الزجاجية (Glass Fibre Reinforced Concrete (GFRC) والبوليستر المسلح بالألياف الزجاجية (GFRP)				
لمتطلبات وظيفية مختلفة جداً شكل (47). من خلال إستخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المساند لتعزيز بذلك الإحساس من فلا إستف الواحد الشامل وبأرضيات مسطحة تعمل على توزيع الأحمال بإتجاهين دون جسور طرفية. م من خلال المشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون تقليل من أهمية المشروع بل بالعكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض الناتج عن طبوغرافية المنطقة والذي ساهم في دعم الفكرة المعمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة الناتج عن طبوغرافية المنطقة والذي ساهم في دعم الفكرة المعمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة الى الحفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلبية على إيجابية خدمت الفكرة التصميمية. السنة. كما تعد هذه المنطقة تشتهر بالرياح العاتية وتسمى المنطقة "حيث تضرب الرياح" الخاضعة لأحمال رياح عالية على مدار السنة. كما تعد هذه المنطقة من المناطق الزلزالية جاعلة من مهندسي المشروع أمم تحدي مزدوج. يستمد المنشأ نو الشكل الحر من الفكرة التصميمية المعمارية ذات السطح الواحد لتبنّي مختلف المتطلبات الوظيفية شكل (48).	Fibre Reinforced Polyester كمواد الكسوة مثالية للجدران الستائرية لأنها تسمح لمرونة التصميم العالية للمبنى في الاستجابة	je.			
 	لمتطلبات وظيفية مختلفة جداً شكل (47).				
 بالسقف الواحد الشامل وبأرضيات مسطحة تعمل على توزيع الأحمال بإتجاهين دون جسور طرفية. بالسقف الواحد الشامل وبأرضيات مسطحة تعمل على توزيع الأحمال بإتجاهين دون جسور طرفية. بالمن المشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون تقليل من أهمية المشروع بل بالعكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض الناتج عن طبوغرافية المنطقة والذي ساهم في دعم الفكرة المعمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة بالغابية بعد الفكرة المعمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة بالغابية بين الناتج عن طبوغرافية المنطقة والذي ساهم في دعم الفكرة المعمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة الى العانية بين العام المعارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة بالى العفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلبية على إيجابية خدمت الفكرة التصميمية. بالم العفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلبية على إيجابية خدمت الفكرة التصميمية. بالم العفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلبية على إيجابية خدمت الفكرة التصميمية. بالم العن أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلبية على معمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة بالى العفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلبية على ما الفكرة التصميمية. بالم العفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلبية على المنطقة "حيث تضرب الرياح" الخاصعة لأحمال رياح عالية على مدار السلية. كما تعد هذه المنطقة من المناطق الزلزالية جاعلة من مهندسي المشروع أمام تحدي مزدوج. يستمد المنشأ ذو الشكل الحر من الفكرة التصميمية المعمارية ذات السطح الواحد لتبني مختلف المتطلبات الوظيفية شكل (48). 	من خلال إ ستخدام الأنظمة المفتوحة ببح ور ا لكبيرة والتعامل مع مساحات وإسعة خالية من المساند لتعزيز بذلك الإحساس	۲	•م.	Ĩ.	
يمتلك المشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون تقليل من أهمية المشروع بل بالعكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض الناتج عن طبوغرافية المنطقة والذي ساهم في دعم الفكرة المعمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة إلى الحفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلبية على إيجابية خدمت الفكرة المتصميمية. تقع مدينة باكو ضمن منطقة تشتهر بالرياح العاتية وتسمى المنطقة "حيث تضرب الرياح" الخاضعة لأحمال رياح عالية على مدار السنة. كما تعد هذه المنطقة من المناطق الزلزالية جاعلة من مهندسي المشروع أمام تحدي مزدوج. يستمد المنشأ ذو الشكل الح ر من الفكرة التصميمية المعمارية ذات السطح الواحد لتبنّي مختلف المتطلبات الوظيفية شكل (48).	بالسقف الواحد الشامل وبأرضيات مسطحة تعمل على توزيع الأحمال بإتجاهين دون جسور طرفية.	التقعيا المعمار	النفع	الفضاء	توافق الا مح ديناه
الناتج عن طبوغرافية المنطقة والذي ساهم في دعم الفكرة المعمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة المعنى المعنى الفكرة التصميمية. المعنى المعنى المعنى المعنى المعنى من منطقة تشتهر بالرياح العاتية وتسمى المنطقة "حيث تضرب الرياح" الخاضعة لأحمال رياح عالية على مدار السنة. كما تعد هذه المنطقة من المناطق الزلزالية جاعلة من مهندسي المشروع أمام تحدي مزدوج. يستمد المنشأ فو الشكل الحر من الفكرة التصميمية المعمارية ذات السطح الواحد لتبنّي مختلف المتطلبات الوظيفية شكل (48).	يمتلك المشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون تقليل من أهمية المشروع بل بالعكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض		(a)	Ę.	ţ.
الى الحفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلبية غلى إيجابية خدمت الفكرة التصميمية. الى الحفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلبية غلى إيجابية خدمت الفكرة التصميمية. التقع مدينة باكو ضمن منطقة تشتهر بالرياح العاتية وتسمى المنطقة "حيث تضرب الرياح" الخاضعة لأحمال رياح عالية على مدار السنة. كما تعد هذه المنطقة من المناطق الزلزالية جاعلة من مهندسي المشروع أمام تحدي مزدوج. يستمد المنشأ ذو الشكل الحر من الفكرة التصميمية الفكرة التصميمية. المندية المعمارية ذات المسطح الواحد لتبني مختلف المتطلبات الوظيفية شكل (48). الفكرة التصميمية المعمارية ذات المسطح الواحد لتبني مختلف المتطلبات الوظيفية شكل (48).	الناتج عن طبوغرافية المنطقة والذي ساهم في دعم الفكرة المعمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة		الإضاف	<u>ال</u> ۲	نية التع
تقع مدينة باكو ضمن منطقة تشتهر بالرياح العاتية وتسمى المنطقة "حيث تضرب الرياح" الخاضعة لأحمال رياح عالية على مدار بقط على السنة. كما تعد هذه المنطقة من المناطق الزلزالية جاعلة من مهندسي المشروع أمام تحدي مزدوج. يستمد المنشأ ذو الشكل الحر من الفكرة التصميمية المعمارية ذات السطح الواحد لتبنّي مختلف المتطلبات الوظيفية شكل (48).	إلى الحفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلبية غلى إيجابية خدمت الفكرة التصميمية.		أو)	ولغ	مرو
ع المسنة. كما تعد هذه المنطقة من المناطق الزلزالية جاعلة من مهندسي المشروع أمام تحدي مزدوج. يستمد المنشأ ذو الشكل الحر من ع الفكرة التصميمية المعمارية ذات السطح الواحد لتبنّي مختلف المتطلبات الوظيفية شكل (48).	تقع مدينة باكو ضمن منطقة تشتهر بالرياح العاتية وتسمى المنطقة "حيث تضرب الرياح" الخاضعة لأحمال رياح عالية على مدار		<u>ب</u> ه، ۲		نظ
من الفكرة التصميمية المعمارية ذات السطح الواحد لتبنّي مختلف المتطلبات الوظيفية شكل (48).	السنة. كما تعد هذه المنطقة من المناطق الزلزالية جاعلة من مهندسي المشروع أمام تحدي مزدوج. يستمد المنشأ ذو الشكل الحر من		تصميه	للمعاييز	عاة الم
	الفكرة التصميمية المعمارية ذات السطح الواحد لتبنّي مختلف المتطلبات الوظيفية شكل (48).		5	-	à

الجدول (3): تحليل المشروع وفقًا لمستخلص الإطار النظري لمقومات فاعلية المنشأ المعمارية (الباحث).



إستنتاجات البحث:

- ضرورة سد النقص المعرفي في فهم قصدية مقومات وتأثير المنشأ الفعال وتكامل عناصره ومفرداته الوظيفية والحسية والجمالية في تشكيل النتاج المعماري المعاصر.
- تسليط الضوء على المفاهيم المنشأية التي يرتكز عليها النتاج المعماري ومفاهيم التصميم التي تساعد على إبتكار منشأ فعال بعناصره ومفرداته وصولاً إلى تحديد مقومات فاعلية المنشأ المعمارية والتي تمثل المنظومة القيمية المعمارية للإبداع المنشأي المعاصر.
- التعرف على آليات التعامل مع القوى لتحديد التكوينات والأنظمة المنشأية الخاصة بكل آلية والإجهاد ونوع القوى التي تتعامل معها.
- 4. تمثل المفاهيم المنشأية الأساسية الركيزة الأساس للنتاج المعماري المعاصر من خلال مبدأي الإتزان والإستمرارية. فإعتماد أحد أنواع الإتزان (التراكمي, الجاسيء, المنساب, المرن) أو دمج نوعين مع بعضهما وبصورة غير تقليدية يؤدي إلى إنتاج معماري يكون المنشأ فيه فعالاً وبارزاً بكافة أجزائه. كما توفر الإستمرارية الهندسية أو المادية وطرق التعامل معها (هندسي مادي خطي, هندسي مادي بإتجاه واحد, هندسي مادي بإتجاهين) خيارات مناسبة للبرنامج المنشأي المعماري تبعاً لدرجة الإستمرارية أو المادية والإستمرارية فيه فعالاً وبارزاً بكافة أجزائه. كما توفر الإستمرارية الهندسية أو المادية يؤدي إلى إنتاج معماري يكون المنشأ فيه فعالاً وبارزاً بكافة أجزائه. كما توفر الإستمرارية الهندسية أو المادية وطرق التعامل معها (هندسي مادي خطي, هندسي مادي بإتجاهين) خيارات مناسبة للبرنامج المنشأي المعماري تبعاً لدرجة الإستمرارية لتحقيق الأهداف الحيزية والفنية والفنية رات الأثر الفعال.
- 5. تساعد مفاهيم التصميم على إبتكار المنشأ الفعّال من خلال (المرونة الوظيفية, الاتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي, تطور ارتفاعات المباني, البحور الواسعة, اللغة المعمارية الجديدة).
- 6. تمثل مقومات فاعلية المنشأ المعمارية المنظومة القيمية المعمارية للإبداع المنشأي والتي تتم من خلال (توافق المنشأ مع الكتل الجمالية المعمارية, توافق المنشأ مع ديناميكية الفضاءات النفعية المعمارية المطلوبة, مرونة التعديل والتغيير, مراعاة المنشأ للمعايير التصميمية).

<u>توصيات البحث</u>

- يظهر البحث النظرة إلى المنشأ كعنصر معماري مثير وبشكل يتكامل مع الفكرة التصميمية. تعمل المساهمة الجمالية للمنشأ على تحفيز الحواس وإشراك العقل والعواطف, فالطاقة التحويلية للمنشأ تكون من خلال قوة وطاقة التكوين المعماري.
- تتشيط وتفعيل وتعزيز فعل التصميم من خلال التكوين المنشأي لإنه يمثل الوجود على أرض الواقع بتحليل المنشأ معمارياً أكثر من منشأياً بواسطة رصده وقراءته بعين المعماري أكثر من النظرة الحسابية لعين الإنشائي.
- إبراز دور المنشأ كعنصر معماري وضمن رصيده الفني (النواحي التعبيرية والجمالية) من خلال إستكشاف المنشأ بواسطة تفاصيله المنشأية المساقة ضمن فعل التصميم.
- 4. تشجيع المعماريين على تطوير موقف إستباقي للمنشأ ضمن الفكرة التصميمة بدلاً من الإبتعاد عن سلوكه ومواده وإعتباره عنصراً مساعداً نفعياً فقط, من خلال الإستفادة منه كهيئة خالية من التفاصيل يليه تتشيط المخططات بالتفاصيل المنشأية.



المصادر الأجنبية:

- 1. Engel, Heino, *Structure Systems*, 4th Editions, Suddautsche Veriagsanstalt, Germany, 1977.
- 2. Lisborg, Niels, *Principles of Structural Design*, Academy Editions, 1993.
- 3. Philip Jodidio, Architecture Now, Vol:2, 2009.
- 4. Read, Herbert, *The Meaning of Art*, Faber Editions, 1986.
- 5. Trebilcock, Peter, Architectural Design in Steel, Spon Press, London, 2004.
- 6. https://en.wikipedia.org
- 7. http://www.archiii.com/designs/museum/
- 8. http://www.dezeen.com
- 9. www.galinsky.com.
- 10. www.google.com/image
- 11. www.greatbuildings.com

مصادر العربية:

- 12 التميمي, أسامة عبد المنعم, المنظومات التكنولوجية المتكاملة وتعبيرية العمارة/ أطروحة دكتوراه غير منشورة/ قسم الهندسة المعمارية، جامعة بغداد، 2012.
- 13 الجبوري, أنس حميد مجيد, قوى الشد في العمارة –دراسة تحليلية لواقع العمارة المعاصرة-/ رسالة ماجستير غير منشورة/ قسم الهندسة المعمارية, جامعة بغداد, 2007.
- 14 الحاجم, مازن احمد, اثر البيئة الحضرية في الإحساس بالمكان/ رسالة ماجستير غير منشورة/ قسم الهندسة المعمارية، جامعة بغداد، 1993.
- 15 الصقر، إياد محمّد، التكنولوجيا المعاصرة وتأثيرها على القيم الجمالية، مقال منشور، الشبكة الدولية، 2010. http://communication.akbarmontada.com/t823-topic
 - 16 بنداري, ياسر سعيد محمد, اعتبارات في تصميم وإنتاج الأثاث الزجاجي للعمارة الداخلية/ أطروحة دكتوراه غير منشورة/ كلية الفنون التطبيقية / جامعة حلوان, 2008.
 - 17 حجازي, محمود حلمي, أساسيات التصميم, كلية الفنون التطبيقية/ جامعة دمياط, مصر 1999.
 - 18 حقى, سامى إبراهيم, دراسات في أسس التصميم, وزارة الثقافة- دائرة الفنون التشكيلية 2014.
 - 19 رأفت, على أحمد, ثلاثية الإبداع المعماري, قسم العمارة/ جامعة القاهرة, 1997.
 - 20 عادل سعيد هادي، أثر التطور التكنولوجي على البنية الشكلية للأبنية العالية، بحث منشور، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 28، العدد 1، 2010.
- 21 نوبي, محمد حسن، الفكر المعماري الإنشائي، محاضرات في نظرية العمارة، قسم العمارة وعلوم البناء كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، الرياض، 2009.
- 22 هوشيار قادر رسول، العمارة والتكنولوجيا: دراسة تحليلية للفعل التكنولوجي في العمارة، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية الهندسة، جامعة بغداد، 2003.
 - 23 يونس ستار، مقدمة في مفهوم المنظومة، ورقة منشورة في موقع ستوب الهندسي، الشبكة الدولية، 2008. http://forum.stop55.com/361

Journal of Engineering











- **شكل (25)** مشروع Berlin Hauptbahnhoft في ألمانيا حيث إمتازت اللغة المعمارية بمفردات خاص المساحات المسطحة الزجاجية, المصدر :
 - http://jbdowse.com/eur/pix/hbf-reichstag/4213.JPG + تصوير الباحث



http://www.arcspace.com/architects/feichtinger/voestalpine/voestalpine.html



شكل (27) مشروع مبنى UFA Cinema Center في ألمانيا 1998 حيث إمتازت اللغة المعمارية بمفردات منشأ التشكيل الحر إلمنتوع في الواجهات الخارجية. لمصدر : تصوير الباحث

شكل (28) مشروع Oriente Station في لشبونة, البرتغال Santiago Calatrava /1998 وفرت التقنيات الحديثة إمكانيات غير محدودة للتكوينات النائثة, المصدر : http://www.galinsky.com/buildings/oriente/index.htm

Journal of Engineering



شكل (33) ألية التعامل مع عناصر الإسناد توزيعاً وتنفيذاً وكيفية التعامل مع الأحمال وطرق تجميعها وتوزيعها وتفريغها للأسس. المصدر: [Angel, 1977, P:288,289].

Journal of Engineering

Volume 21 November - 2015









تُعْلَى (42) مشروع .Zaha Hadid للمعمارية 2007 Haydar Aliyev Cultural Center – Baku مشروع . حيث عمل تصميم المبنى على إنشاء علاقة إنسيابية مستمرة بين الساحة المحيطة بالمبنى وداخله. المصدر : http://www.dezeen.com/2013/11/14/zaha-hadid-heydar-aliyev-centre-baku/

شكل (43) مشروع Haydar Aliyev Cultural Center حيث ساهمت طبوغرافية المنطقة بدعم الفكرة والإستفادة منها كممرات سير ومواقف سيارات تحت الأرض. المصدر: http://www.dezeen.com/2013/11/14/zaha-hadid-heydar-aliyev-centre-baku/



شكل (44) مشروع Haydar Aliyev Cultural Center حيث المنش الخرساني والفولاذي مع مفاصل الحركة, المصدر : www.dezeen.com/2013/11/14/zaha-hadid-heydaraliyev-centre-baku



تُنكل (45) مشروع Haydar Aliyev Cultural Center تم إدخال أعمدة منحنية لتحقيق القشرة المقوسة السطحية من جهة الغرب المصدر : www.dezeen.com/2013/11/14/zaha-hadid-heydaraliyev-centre-baku



شكل (46) مشروع Haydar Aliyev Cultural Center إستعمال جمور نائتة مستدقة النهاية مقوسة يدعم غلاف المبنى من جهة الشرق. المصدر :

www.dezeen.com/2013/11/14/zaha-hadid-heydaraliyev-centre-baku



نُمكُل (47) مشروع Haydar Aliyev Cultural Center الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية (GFRC) والبوليستر المسلح الألياف الزجاجية (GFRP) كمواد كسوة مثالية للجدران الستائرية. المصدر : www.dezeen.com/2013/11/14/zaha-hadid-heydar-aliyev-centre-baku



شكل (48) مشروع Haydar Aliyev Cultural Center حيث يظهر جلياً منشأ الشكل الحر ذو السطح الواحد, المصدر : www.dezeen.com/2013/11/14/zaha-hadid-heydar-aliyev-centre-baku