



## MODELLING OF DIE-LESS TUBE SINKING PROCESS USING A COMBINED PRESSURE UNIT, THEORETICAL PREDICTIONS

Mohamed. Abdlsameea<sup>1</sup>, M. A. Nwir<sup>2</sup>, Laila Tumi Ramdan<sup>3</sup>

1- Express Train Company , Libyan Roads , Tripoli – Libya

2- Mech. Eng. Dept., College of Engineering Technology, Janzour

3- Chem. Eng. Dept., College of Engineering Technology, Janzour

### Abstract

Inconventional tube sinking process, a tube is pulled through a shaped die, Friction occurs between the tube and the die which leads to the reduction in die life due to wear. There is a new technique using die-less tube sinking in which the smallest die bore size is greater than the incoming tube outer diameter. The tube passes through pressure fluid (polymer melt) inside the pressure unit of different geometry, hydrodynamic pressure is generated due to the pull of the tube through the pressure unit. The deformation of the tube is caused by the combination of pressure occurs and the drawing stress applied to the tube by the pulling force. In this research, a theoretical study of the pressure distribution within a combined unit through, and study of the deformation process of the tube also has been studied . The unit used in this study consists of two parts a parallel bore and tapered bore sections, results will be useful in understating tube sinking using such new technique.

### Nomenclature

- $p'$  Pressure gradient in the pressure unit.  
 $\tau$  Shear stress in the fluid in the pressure unit.  
 $\tau_c$  Shear stress on the tube in the pressure unit.  
 $\sigma_x$  Axial stress in the tube.  
 $P_{step}$  Pressure at the step.  
 $P_{max}$  Maximum pressure in the pressure unit.  
 $Q$  Flow of the fluid in the pressure unit.  
 $u$  Velocity of the fluid.  
 $V$  Velocity of the tube.  
 $h_1$  Initial gap in the first part of the unit.  
 $h_2$  Initial gap in the first part of the unit.  
 $h_3$  Final gap in the second part of the unit.  
 $L_1$  Length of the first part of the unit.  
 $L_2$  Length of the tapered part of the unit.  
 $\mu$  Viscosity of polymer melt.  
 $\bar{h}$  The position of maximum pressure.  
 $P$  Hydrodynamic pressure exerted on the outer surface of the tube.



## 1 INTRODUCTION

Hydrodynamic means dynamics of fluids under certain flow condition, the hydrodynamic action generates very high pressure in the converging gap. This action is caused by existence of viscous fluid ( like polymer melt ) between two surfaces . The moving surface drags the fluid into the gap formed between it and the fixed surface and the relative motion between the moving surface and the fluid gives rise to the pressure [1,2]

The magnitudes of the hydrodynamic pressure are dependent on various parameters, such as the viscosity of the fluid, the geometrical shape of the surfaces as well as the relative speed between the moving and fixed surfaces [3,4]. A number of studies have been carried out applying this phenomenon to plastically reduce the diameter of wires and tubes by drawing through different pressure units. The first attempt to employ hydrodynamic action was described by Christopherson and Naylor [5]. They employed a long tube with very close tolerances, attached to the front end of a conventional die. Investigation of the adherence of polymer coat [6,7]. Further investigation was carried out by Stevens [8] , who designed a hydrodynamic pressure tube coating unit consisting of a pressure tube connected to a conventional die. M. I. Panwher [9,10,11]. In this technique, the wire is pulled through a tubular orifice of stepped and conical bore shape, which is filled with viscous fluid as shown in figure (1). Results have shown that products having comparable dimensional and surface qualities can be achieved using this method. The only limitation observed during this process was the decrease in the reduction of the wire diameter at higher drawing speed[13].

## 2 PRESSURE DETERMINATION

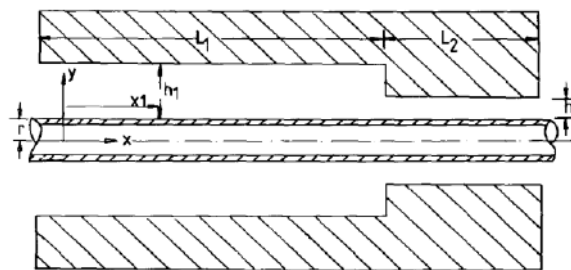


Fig. 1 Combined Unit

The relationship between the pressure and shear stress gradient between the outer surface surface of the tube and the inner surface of

**Polymer zone :**

$$\left(\frac{dP}{dx}\right)_1 = \left(\frac{d\tau_{xy}}{dy}\right)_1 = \left(\frac{d\tau}{dy}\right)_1 \quad (1)$$

The relationship between the shear stress and the rate of the shear for the Newtonian fluid is given by:

$$\tau_1 = \mu \left(\frac{du}{dy}\right)_1 \quad (2)$$



Where  $\mu$  is the viscosity and  $u_1$  is the fluid velocity at a distance  $y$  from the surface of the tube . Integrating equation (1) with respect to  $y$  and noting that  $(dP/dx)$  is constant with  $y$  we have:

$$\tau_1 = p'_1 y + \tau_{c1} \quad (3)$$

Where  $p' = (dP/dx)$  and  $\tau_{c1}$  is the shear stress on the tube surface at  $y = 0$ , substituting for  $\tau_1$  from equation (2) into equation (3) we have:

$$\mu \left( \frac{du}{dy} \right)_1 = p'_1 y + \tau_{c1}$$

Which after integration becomes,

$$\mu u_1 = (p'_1 y^2)/2 + \tau_{c1} y + c_1$$

Dividing by  $\mu$

$$u_1 = (p'_1 y^2)/2\mu + \tau_{c1} y/\mu + c_1/\mu \quad (4)$$

Applying the boundary condition that at  $y = 0$  (at the surface of the tube)  $u_1 = v_1$  we have:  $C_1 = \mu v_1$  so that

$$u_1 = (p'_1 y^2)/2\mu + (\tau_{c1} y)/\mu + v_1 \quad (5)$$

Applying the boundary conditions that at  $y = h_1$  (at the surface of the unit)  $u_1 = 0$  in equation (5) and rearranging we have:

$$\begin{aligned} \tau_{c1} &= -(p'_1 y^2)/2\mu - (\mu v_1)/h_1 \\ \tau_{c1} &= -(p'_1 h_1)/2 - (\mu v_1)/h_1 \quad (6) \end{aligned}$$

The flow of the pressure medium in the *first part* of the unit  $Q_1$ , is given by:

$$Q_1 = \int_0^{h_1} u_1 dy$$

Which upon substituting for  $u_1$  from equation (5) we get:

$$Q_1 = \int_0^{h_1} ((p'_1 y^2)/2\mu + (\tau_{c1} y)/\mu + v_1) dy$$

The above, after integration becomes,

$$Q_1 = (p'_1 h_1^3)/6\mu + v_1 h_1 + (\tau_{c1} h_1^2)/2\mu$$

Substituting for  $\tau_{c1}$  from equation (6) into the above equation we get:

$$Q_1 = -(p'_1 h_1^3)/12\mu + (v_1 h_1)/2 \quad (7)$$



Where  $p'_1 = (dP/dx)$ .

The continuity of fluid flow gives:  $(dQ/dx) + (dQ/dy) + (dQ/dz) = 0$

But  $(dQ/dy) = (dQ/dz) = 0$ , and Hence  $(dQ/dx) = 0$

Therefore, for given  $h_1, h_2$  and  $v_1$ ,  $(dQ/dx)$  in equation (7) must be constant.

Therefore:

$$(dP/dx) = p'_1 = P_{step}/L_1 = \text{constant.}$$

$P_{step}$  Is the pressure at the step and  $L_1$  is the length of the first part of the unit. It is shown that the pressure profile in the first part of the unit is linear.

The pressure at any point  $x_1 < L_1$  is given by:

$$P = \int_0^{x_1} p'_1 dx = (P_{step}/L_1) x_1 \quad (8)$$

$$p = P_{step} \text{ When } x_1 = L_1$$

$$P_{step} = \frac{\left\{ \left[ \left( \frac{6\mu v h_2}{2B} \right) \left( \frac{1}{(h_3)^2} - \frac{1}{(h_2)^2} \right) \right] + \left( \frac{6\mu v}{B} \right) \left( \frac{1}{h_2} - \frac{1}{h_3} \right) \right\}}{\left\{ 1 + \left( \frac{(h_2)^2}{2BL_1} \right) \left( \frac{1}{(h_3)^2} - \frac{1}{(h_2)^2} \right) \right\}} \quad (9)$$

From the geometrical configuration figure (1), the gap between the second part of the unit and the surface of the tube is given by:

$$h = h_2 - Bx_2, \text{ Where } B = \left( \frac{h_2 - h_3}{L_2} \right)$$

Then the maximum pressure equation is obtained by substituting  $h$  for  $h$  in equation (9). Thus,

$$P_{max} = \left( \frac{6\mu v}{B} \right) \left( \frac{1}{2\bar{h}} - \frac{1}{h_3} + \frac{\bar{h}}{2(h_3)^2} \right) \quad (10)$$

Where:

$$\bar{h} = h_1 - \left( \frac{h_1^3 * P_{step}}{6\mu v L_1} \right) \quad (11)$$

The axial stress on the tube at any point distance  $x_1$  from the entry can be obtained by considering the shear force action on the surface of the wire Thus,

$$\sigma_{x_1} = (\tau_{c_1} x_1) / D$$

$$\sigma_{x_1} = \left( -\frac{x_1}{D} \right) \left[ \left( \frac{P_{step} h_1}{2L_1} \right) + \left( \frac{\mu v_1}{h_1} \right) \right] \quad (12)$$



### 2.1 Pressure in the 2<sup>nd</sup> part:

It is necessary to establish the flow equation for the second part of the unit before P step can be predicted. The pressure gradient within the second part of the unit under steady state flow condition may be expressed as,

$$\left(\frac{dp_2}{dx}\right) = \left(\frac{d\tau_2}{dy}\right) \quad (13)$$

The shear stress and the shear rate related by:

$$\tau_2 = \mu \left(\frac{du_2}{dy}\right) \quad (14)$$

Differentiating equation (14) w.r.to  $y$  gives,

$$\left(\frac{d\tau_2}{dy}\right) = \mu \left(\frac{d^2u_2}{dy^2}\right)$$

Substituting for  $\frac{d\tau_2}{dy}$  from equation (10) into the above equation , integrating w.r.to  $y$  gives.

$$\left(\frac{dp_2}{dx}\right)y + c_3 = \mu \left(\frac{du_2}{dy}\right) \quad (15)$$

Where  $c_3$  is constant, the above equation upon integration again w.r.to  $y$  becomes:

$$\left(\frac{dp_2}{dx}\right)\frac{y^2}{2} + \left(\frac{dp_2}{dx}\right)\frac{y^2}{2} + c_3y + c_4 = \mu u_2 \quad (16)$$

Where  $c_3$  and  $c_4$  are constants.

The boundary conditions need to be applied to determine the  $c_1$  and  $c_2$  .Thus,

The boundary condition at the wire surface,  $(a_2)y = 0, u = V$

And at the surface of the unit,  $(b_2)y = h, u = 0$

Where  $V$  is the velocity of the unreformed tube .Substituting condition  $(a_2)$  into the above equation gives.

$$c_4 = \mu V$$

Applying condition  $(b_2)$  gives:

$$c_3 = -\left(\frac{dp_2}{dx}\right)\frac{h}{2} - \left[\left(\frac{dp_2}{dx}\right)\frac{3h}{2}\right] - \frac{\mu V}{h}$$

Substituting for  $c_3$  and  $c_4$  into equation (16) gives.

$$u_2 = \left(\frac{dp_2}{dx}\right)\frac{y^2}{2\mu} - \left(\frac{dp_2}{dx}\right)\frac{hy}{2\mu} - \frac{vy}{h} + V \quad (17)$$

$$u_2 = \frac{1}{2\mu}\left(\frac{dP}{dx}\right)(y^2 - hy) + v_2\left(1 - \left(\frac{y}{h}\right)\right)$$

The flow equation in the second part of the unit is given by:

$$Q_2 = \int_0^h u_2 dy$$



Which after integration becomes:

$$Q_2 = - \left( \frac{dp_2}{dx} \right) \frac{h^3}{6\mu} - \left( \frac{dp_2}{dx} \right) \left( \frac{h^3}{4\mu} \right) + \frac{Vh}{2} \quad (18)$$

Differentiating the above equation w.r.to x and integrating again and noting that  $dQ_2/dx=0$  we have,

$$\left[ \left( \frac{dp_2}{dx} \right) \frac{h^3}{6\mu} \right] + \left[ \left( \frac{dp_2}{dx} \right) \frac{h^3}{2\mu} \right] = Vh + c_5 \quad (19)$$

Where  $c_5$  is a constant

The maximum pressure occurs at the point where  $\left( \frac{dp}{dx} \right) = 0$ , so let  $h = h^-$  be the gap thickness at that point which gives,

$$c_5 = -Vh^-$$

Which after substituting back into equation (19) gives,

$$\left[ \left( \frac{dp_2}{dx} \right) \frac{h^3}{6\mu} \right] + \left[ \left( \frac{dp_2}{dx} \right) \frac{h^3}{2\mu} \right] + V[h^- - h] = 0$$

Rearranging after dividing by  $(h^3/6\mu)$  gives,

$$\left( \frac{dp_2}{dx} \right) = 6\mu v \left[ \frac{1}{h^2} - \frac{h^-}{h^3} \right]$$

Integrating w.r.to x and noting that the shear stress at the tube surface remains constant for a given speed,

$$P_2 = \frac{6\mu V}{B} \left[ \frac{1}{(h_2 - Bx_2)} - \frac{h^-}{2(h_2 - Bx_2)^2} \right] + c_6 \quad (20)$$

Where  $P_2$  is the pressure at any point within the second part of the unit and  $c_6$  is a constant. The boundary condition that may be applied to determine the constant  $c_6$  is,

$$c_6 = \frac{-6\mu V}{B} \left[ \frac{1}{h_3} - \frac{h^-}{2h_3^2} \right]$$

$p_2 = 0$ , at  $x_2 = L_2$  and  $h = h_3$  so that,

$$P_2 = \frac{6\mu V}{B} \left[ \frac{1}{(h_2 - Bx_2)} - \frac{h^-}{2(h_2^2 - Bx_2)^2} \right] - \frac{6\mu V}{B} \left[ \frac{1}{h_3} - \frac{h^-}{2h_3^2} \right] \quad (21)$$



Substituting back for  $c_6$  into the equation (20) we get,

$$p_2 = \frac{6\mu V}{B} \left[ \frac{1}{h} - \frac{1}{h_3^2} + \frac{h^-}{2h_3^2} - \frac{h^-}{2h_2^2} \right]$$

When  $p_2 = P_{step}$ , at  $h = h_2$  this gives,

$$P_{step} = \frac{6\mu V}{B} \left[ \frac{1}{h_2} - \frac{1}{h_3^2} + \frac{h^-}{2h_3^2} - \frac{h^-}{2h_2^2} \right] \quad (22)$$

The continuity of flow gives,  $Q_1 = Q_2$

Equating equation (7) and equation (18) gives,

$$Q_2 = - \left[ \left( \frac{dp_2}{dx} \right) \frac{h^3}{12\mu} \right] - \left[ \left( \frac{dp_2}{dx} \right) \frac{h^3}{4\mu} \right] + \frac{Vh}{2} = Q_1 \quad (22a)$$

For maximum pressure  $(dP_2/dx) = 0$  at  $h = h^-$  so that,

$$Q_2 = \frac{Vh}{2} = Q_1$$

and,

$$h^- = \frac{2Q_1}{V} \quad (23)$$

Referring to figure (2), which represents an element in the continuum of the tube. The maximum and minimum stresses are the axial pulling stress and the hoop stress respectively. Resolving forces in a pressure direction is made to show the stress order, thus

$$P(r + t) d\theta * 1 = 2\sigma_z t \sin \frac{d\theta}{2} * 1$$

For small angles  $\sin (d\theta / 2) = (d\theta / 2)$  in radian. Cancelling and rearranging the above equation, we obtain the following relationship is obtained:

$$P = \left( \frac{t}{r_s + t} \right) \sigma_z \quad (24)$$

Where,  $(\sigma_z)$  is the internal hoop stress,  $(t)$  is the thickness of the tube,  $(r_s)$  is the internal radius of the tube, and  $(d\theta)$  is the radial angle defining the element.

Since  $(t/(r_s + t))$  is less than one, thus  $P < \sigma_z$

Since the pressure and the hoop stress are compressive stresses, then the hoop stress is used in Tresca yield criterion to define where yield commences. The pressure can be represented upon substitution into equation (24), and rearranging yields:

$$\sigma_2 = \frac{(r_s + t)6\mu V}{Bt} \left[ \left\{ \frac{1}{(h_1 - B\chi)} - \frac{h^-}{2(h_1 - B\chi)^2} \right\} - \left\{ \frac{1}{h_1} - \frac{h^-}{2h_1^2} \right\} \right] \quad (25)$$



The analysis of the stress and the drag force in the tube sinking process is the same as in the wire drawing process, after replacing ( $D_1$ ) by ( $D_b$ ) and ( $D_s$ ), thus the axial pulling stress is given by:

$$\sigma_1 = \frac{4Fd}{\pi(D_b^2 - D_s^2)} = \frac{4\mu v D_b}{B(D_b^2 - D_s^2)} \left[ \frac{3h^-}{(h_1 - Bx)} - \frac{3h^-}{h_1} + 4 \ln \left( \frac{(h_1 - Bx)}{h_1} \right) \right] \quad (26)$$

Where, ( $\sigma_1$ ) is the axial pulling stress in the tube, ( $D_b$ ) is the outer diameter of the tube, and ( $D_s$ ) is the inner diameter of the tube.

The pressure at any point (x) within the orifice may be expressed by:

$$P = \frac{6\mu v}{B} \left[ \left\{ \frac{1}{(h_1 - Bx)} - \frac{h^-}{2(h_1 - Bx)^2} \right\} - \left\{ \frac{1}{h_1} - \frac{h^-}{2h_1^2} \right\} \right] \quad (27)$$

### 3 ANALYSIS AT THE DEFORMATION ZONE

The combined effects of the axial stress and the internal hoop stress will cause plastic yielding of the continuum at any point (x), within the orifice as soon as the plastic yield criterion becomes satisfied. In the wire drawing process the flow stress is expressed by:

$$Y = Y_e + A\varepsilon^n \quad (28)$$

Also Tresca yield criterion

$$\sigma_1 + \sigma_2 = Y_e \quad (29)$$

Thus for a known value of ( $Y_e$ ), equation (29) can be solved for ( $x_p$ ) after substituting for ( $\sigma_1$ ) and ( $\sigma_2$ ) from equations (28) and (29) respectively. Once plastic yielding is predicted to commence for given values of ( $\mu$ ), ( $v$ ) and the geometrical dimensions of the orifice, further permanent deformation of the continuum should continue to take place as long as:

$$\sigma_1 + \sigma_2 \geq Y = Y_e + A\varepsilon^n \quad (30)$$

### 4 PRESSURE AND THE HOOP STRESS IN THE DEFORMATION ZONE

The pressure gradient equation which is represented, and the finite difference of wire drawing can be used in tube sinking analysis after replacing ( $D_i$ ) by ( $D_{oui}$ ) and ( $D_{i-1}$ ) by ( $D_{oui-1}$ ). Substituting into equation (24) gives the hoop stress, thus it can be written in a finite difference form as:

$$\sigma_{2i} = \frac{(r_{ini} + t)}{t} + \left[ P_{i-1} + 6\mu\Delta\chi \left( \frac{v_i}{h_i^2} - \frac{v_o h^-}{h_i^3} \right) \right] \quad (31)$$

Where

$$r_{ini} = r_{ini-1} - b_i dx$$



### 5 AXIAL STRESS IN THE DEFORMATION ZONE

Referring to figure (2.a) which show an element of the continuum within the deformed profile of the tube, the increment in axial stress may be expressed as:

$$\frac{d\sigma_1}{dx} = -\frac{\tau_x}{tr_{in}} \left( \frac{t+r_{in}}{\cos\alpha} \right) - \frac{Y \tan \alpha}{r_{in}} \quad (32)$$

But  $\cos(\alpha) \cong 1$  (for small angles) and *since*  $(\tau_x)$  is given by:

$$\tau_x = -\frac{\mu}{h} \left( 4v - \frac{3v_0 h}{h} \right) \quad (33)$$

Then by substituting for  $(\tau_x)$  and  $\cos(\alpha)$  in equations (32) and (33), it becomes:

$$\frac{d\sigma_1}{dx} = \frac{\mu(t+r_{in})}{htr_{in}} \left( 4v - \frac{3v_0 h}{h} \right) - \frac{Y \tan \alpha}{r_{in}} \quad (34)$$

This can be written in finite difference form as:

$$\sigma_{1i} = \sigma_{1i-1} + \frac{\mu\Delta x(t+r_{in})}{h_i tr_{in}} \left( 4v_i - \frac{3v_0 h}{h_i} \right) - \frac{Y_i b_i \Delta x}{r_{in}} \quad (35)$$

Where  $Y_i = Y_e + A \left\{ \ln \left( \frac{D_i}{D_{out}} \right) \right\}^n$

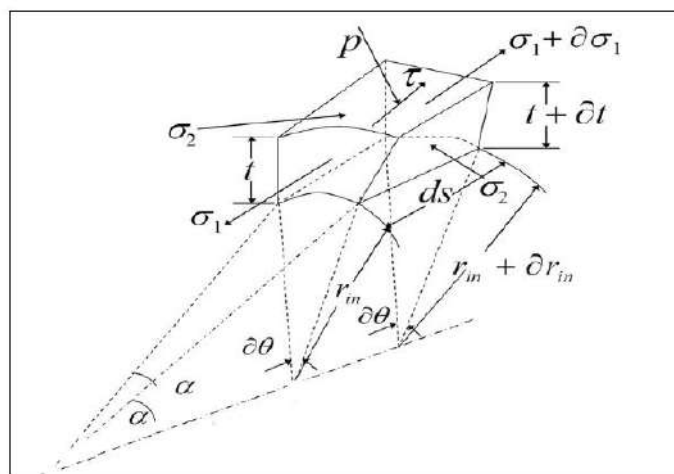


Fig. 2 plasticity zone: (a) the stresses acting on a small element of the tube .

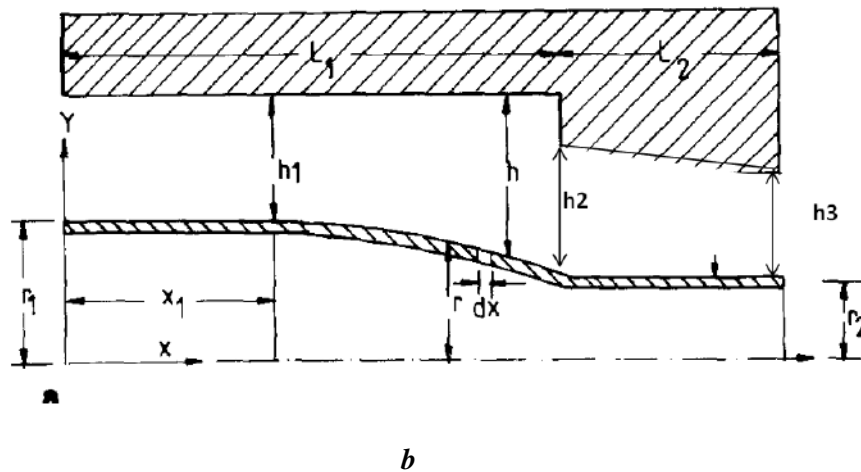


Fig. 2 Plasticity zone: (b) the deformation configuration.

## 6 ANALYSIS AFTER DEFORMATION HAS CEASED:

The deformation of the tube ceases completely at some distance before the exit of the die-less reduction unit, taking a final shape (diameter) to the tube. In order to determine the pressure in this region, the analysis of this region is similar to that before the deformation begins, thus:

$$P = \frac{6\mu v}{B} \left[ \left\{ \frac{1}{(h_1 - Bx)} - \frac{h -}{2(h_1 - Bx)^2} \right\} - \left\{ \frac{1}{h_1} - \frac{h -}{2h_1^2} \right\} \right]$$

## 7 RESULTS AND DISCUSSION

Mathematical model of die-less tube sinking assuming a Newtonian pressure medium through a combined unit is carried out. A finite difference numerical technique is used to determine the pressure distribution, and the resulting non-linear deformation profile of the drawn tube was plotted.

### 7.1 Pressure Distribution

The pressure is a very important parameter in the process of die-less tube sinking, because the pulling action of the tube through the viscous fluid generates hydrodynamic pressure and gives rise to drag force see Figure (3). Depending on the type of the fluid and the unit dimensions, the combined effect of the pressure and the drag force can be sufficient to cause plastic yielding and subsequently to deform the tube permanently.

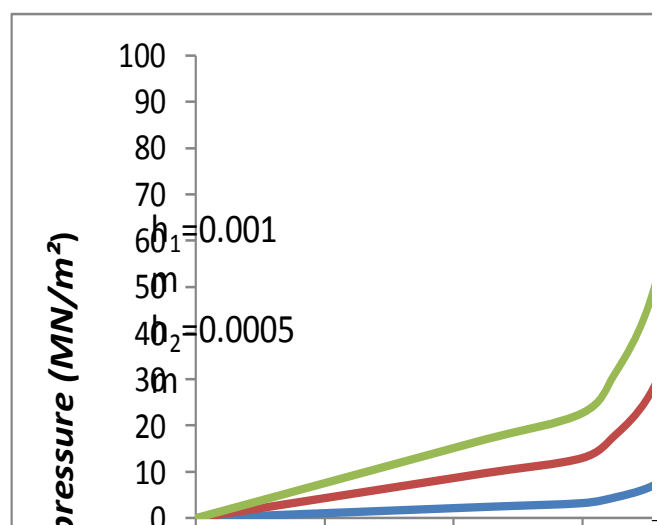


Fig. 3 Theoretical results of pressure distribution

## 7.2 Deformation Profile

Figure (4) illustrates the effect of drawing speed on the deformation tube sinking (1, 1.5, 3) m/s. That as the drawing speed is increased the reduction ratio also increase. ( $v=1\text{m/s}$  ,  $x=0.013\text{m}$  ,  $P=60\text{ MN/m}^2$  , percent reduction in area was 69% ) , ( $v=1.5\text{ m/s}$  ,  $x=0.011\text{m}$  ,  $P=65\text{ MN/m}^2$  , percent reduction in area was 81% ) , ( $v=3\text{ m/s}$  ,  $x=0.008\text{ m}$  ,  $P=71\text{ MN/m}^2$  , percent reduction in area was 92% ) , figure (5) illustrates the effect of viscosity on the deformation. This figure shows the deformation for three different values of viscosity at the drawing speed of 1 m/s and ( $\mu= 50, 100, \text{ and } 150\text{ N.S / m}^2$ ) and illustrates when the viscosity increases, the deformation is increased at ( $x = 0.011, 0.013 \text{ and } 0.017\text{ m}$ ) percent reduction in area was (35 , 47 , 79%) . Another effective parameter affecting the tube deformation is the thickness of tube wall, which is shown in fig. (6). It can be seen that as thickness constant increases the reduction ratio decreases. ( $t=0.001, 0.003\text{ m}$ ). at ( $x=0.08\text{ m}, 0.011\text{m}$ ) , percent reduction in area was ( 90 , 60%) figure (7) shows the variation in percentage reduction in diameter with the drawing speed for different values of  $L_1/L_2$ . This figure shows that for higher values of  $L_1/L_2$ , greater percentage reduction in diameter is obtained at a given drawing speed. Figure (8) shows that variation in percentage reduction in diameter with the drawing speed for different values of the gap ratio. This figure shows that for higher values of  $h_1/h_2$ , greater percentage reduction in diameter is obtained, at a given drawing speed. ( $h_1/h_2=10$  ,  $x=0.014\text{m}$  ,  $h_1/h_2= 6$  ,  $x=0.008\text{m}$ ), percent reduction in area was (69 , 90 %)

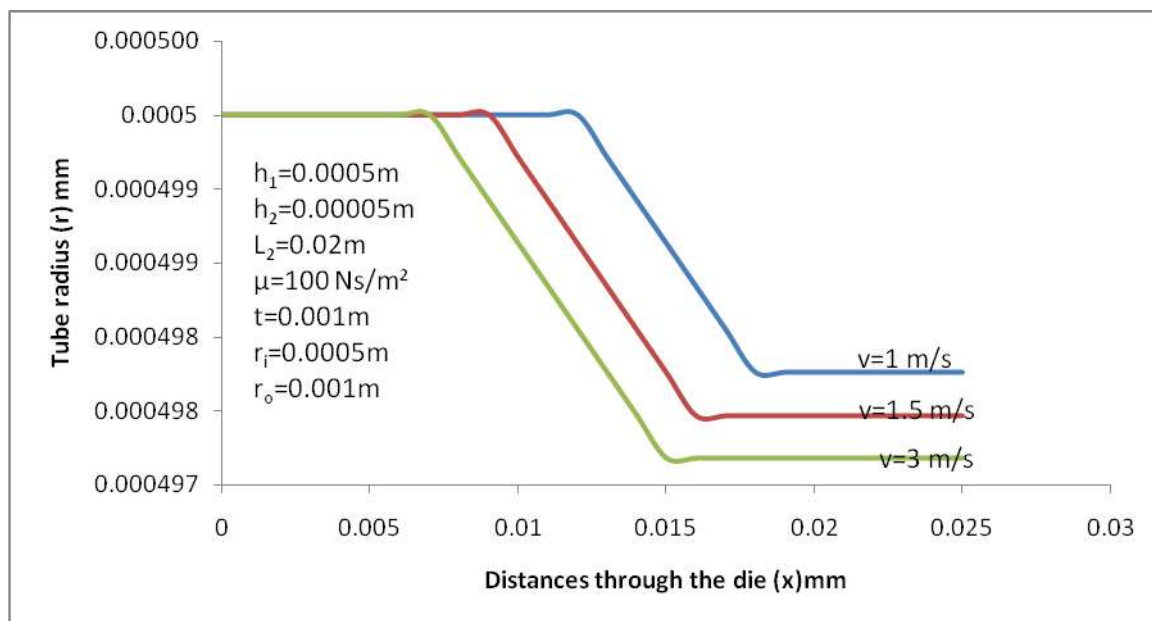


Fig. 4 Theoretical effect of various drawing speed on deformation

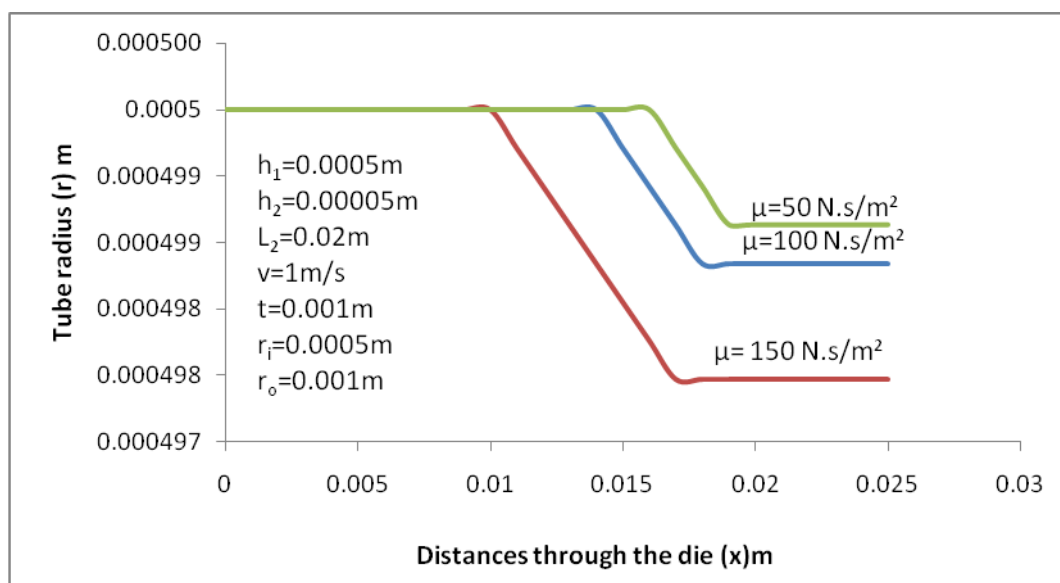


Fig. 5 Theoretical effect of different viscosity values on deformation

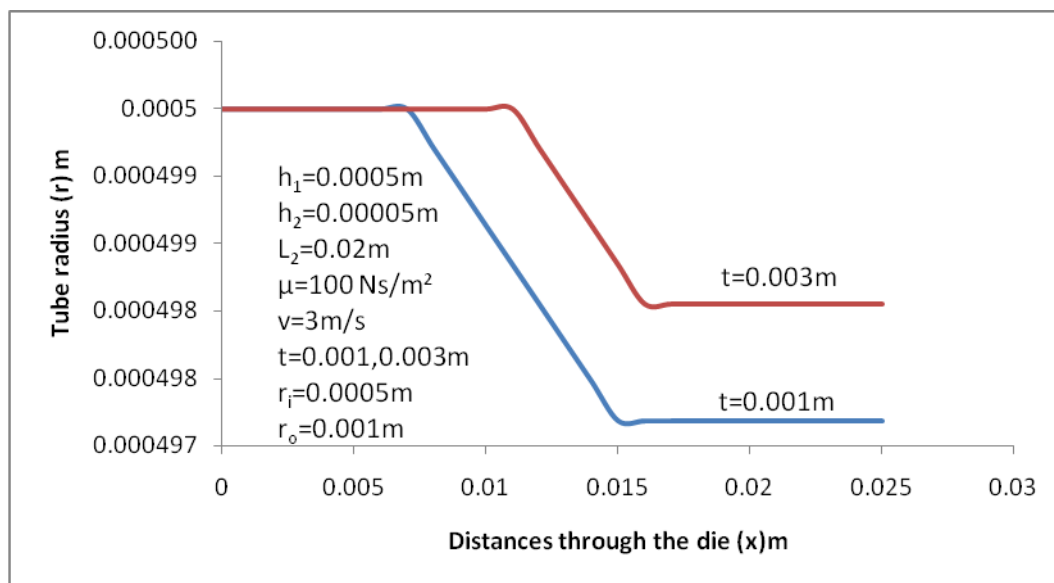


Fig. 6 Theoretical effect of various thickness of tube on deformation

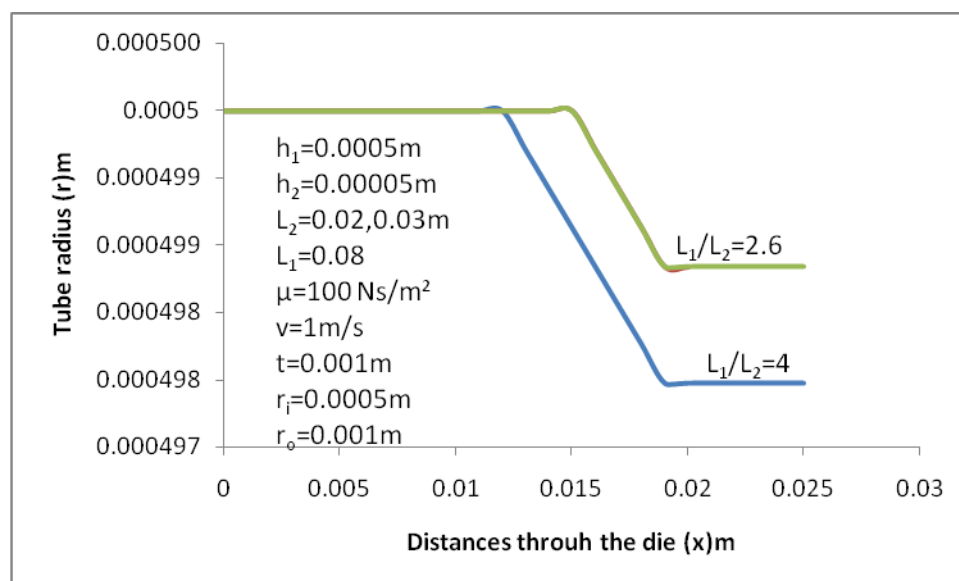


Fig. 7 Theoretical effect of various ratios ( $L_1/L_2$ ) on deformation

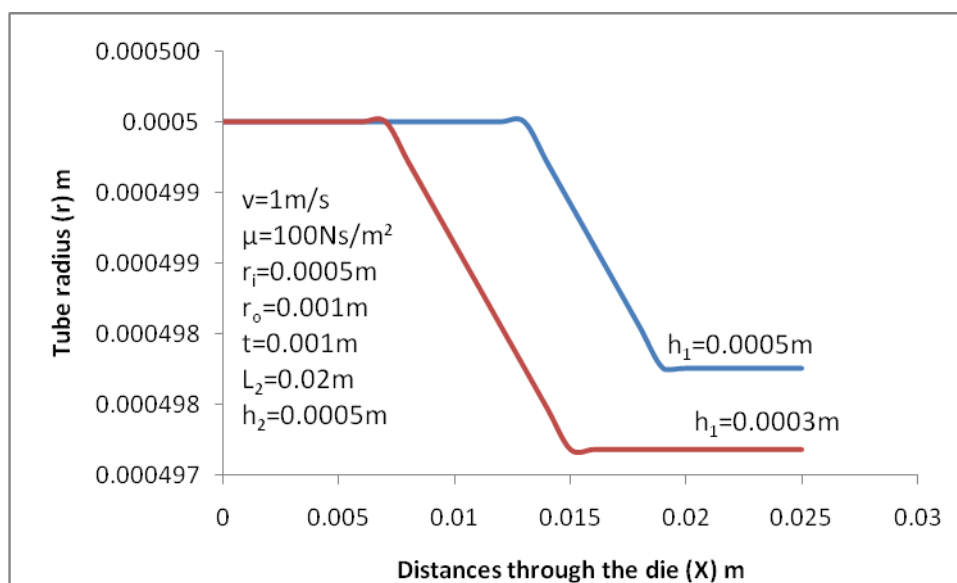


Fig. 8 Theoretical effect of various gap ratios ( $h_1/h_2$ ) on deformation

## 8 CONCLUSIONS

- 1- A theoretical analysis of tube sinking using a novel technique in which a die-less reduction unit ( parallel and tapered) in conjunction with a polymer melt is presented.
- 2- The plastic deformation starts and ends before the pressure reaches its maximum value.
- 3- The deformation profile of the tube is non-linear.
- 4- The deformation starts at a distance from the die entry when Tresca law is obeyed.
- 5- Deformation ends at a distance before the die exit as soon as Tresca Law is not valid .
- 6- As the drawing speed increases the deformation range decreases.
- 7- The drawing stress attained in this technique is less than that obtained using conventional dies.

## 9 REFERENCES

- [1] Al Natour “Plasto-Hydrodynamic Pressure due to the Flow of Viscous Fluid through a Confined Passage” M.Eng Thesis Dublin University, (1989).
- [2] M.A Nwir and M S Hashmi "Plasto-hydrodynamic pressure distribution in a complex geometry pressure unit Exponential results use Borosiloxane as a pressure fluid "Proceedings of Eleventh conference of the Irish Manufacturing Committee, PP 117-125, 1994.
- [3] RamananKartik “Computer aided design of dies for cold drawing process”, PhD Thesis, Ohio University, (1995).
- [4] Gunasekera, I.S. ; Hoshino, S., Analysis of extrusion or drawing of polygonal sections through strictly converging dies, A.S.M.E. Publication, Vol. 104, pp 38-45, 1982.
- [5] D.G. Christopherson And P.B. Naylor,“Promotion of Fluid Lubrication in Wire Drawing”, Proc. Inst. Mech. Eng., 643, (1955).



- [6] AL-Natour and M S J Hashmi "Development of a complex geometry pressure unit for hydrodynamic coating applications", Proceeding of 6th Conference of the Irish Manufacturing Committee, Dublin City University, PP 280-297, August 1989
- [7] M. A. Nwir, M. Alhajaji , H.A. R. Ajannah" Plasto-Hydrodynamic Pressure Modelling Using a Converging Parabolic Coating Unit, Theoretical Predictions., Journal of applied Science & Engineering Research,2017 , College of Engineering Technology /Houn.
- [8] Stvens,A . J. "Aplasto -hydrodynamic investigation of lubrication and coating of wire using a polymer me l t during drawing "Ph .D Thesis ,SHEFFILD city polytechnic , 1979
- [9] M. I. Panwher "A novel technique for tube sinking" Ph.D Thesis, SHEFFIELD city polytechnic (1986).
- [10] G. R. Symmons, A.H. Memon, R. Crampton and M. S. J. Hashmi, "AnExperimental Study of A Plasto-Hydrodynamic Strip Drawing Process of Rigid Non-Linearly Strain Hardening Strip Through A Stepped rectangular Slot" Journal of Process Mechanical Engineering, Proceeding of International Mechanical Engineering, Part-E, Vol.203, Pp.57-65, (1989).
- [11] Hashmi M.S.J., Symmons G.R. and Parvinmehr H., A Novel Technique of Wire Drawing" J. Mech. Eng. Sci., Vol 24, p. 1-4, 1982.
- [12] M.S.J.Hashmi, " A note on the prospects of plasto-hydrodynamic die-less tube sinking ", J.of Mech.Working Tech., Vol.11, PP. 237-242, 1985
- [13] Yassr Y. Kahtan , Talal. Y. M. Al-Naib., Tube Drawing in Die-Less Conical Pressure Unit., International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 6, Issue 12, December-2015. pp1145 ISSN 2229-5518.



## PREDICTION OF FRICTION COEFFICIENT USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Areeg Ahmed Tetewi\* and B.F.Yousif\*\*

\*College of Engineering Technology, Hoon – Libya, Areejmahdy@yahoo.com

\*\*Faculty of Engineering and Surveying, University Southern Queensland, QLD4350,  
Toowoomba, Australia, Belal.Yousif@usq.edu.au

### Abstract:

In the present study, friction coefficient of fibre reinforced polymeric composites is predicted by developing neural network model as a function of several input parameters, i.e. the sliding distance which is (0-50km), the applied load (30-50-70-100) N and the sliding velocity (2.8-1.1-2.1-3.1-3.5) M/S. Data sets of all the process parameters of the studied Kenaf fibre are received from an experimental study consists of 1096 data for the friction coefficient at different operating parameters. Several models are developed and the optimum is selected which is based on two hidden layers and a training function of GDM, and transfer function of Purelin-Tangsig and 40 neurons. 70% of the experimental data is used for the training purposes and the rest was used for the verification. In the verification, the error percentage was 20%. The prediction was performed for parameters different than the experimental ones and the data is collected and presented. The correlation between the ANN result and the experimental data have been recorded as 0.8195 which reflect only 20% of error.

**Key words:** Friction coefficient, Artificial Neural Network, GDM training function.

### 1. INTRODUCTION

It is known that the Mathematical models in research are cannot introduce good correlation with the experimental results because of the complexity of the work. In addition to that, it is consuming a lot of time to estimate such properties in pure mathematical formula.

As alternative, Artificial Neural Network (ANN) has been effective tool to predict many of the tribological properties. ANN is a mathematical model inspired by the biological nerve system. ANN technology is used to solve complex scientific and engineering problems which could be very helpful tool for tribological applications.

The significance of this technology is that ANN models can be trained based on

experimental or real life data to recognize solutions. During the training, the ANN model adjusts itself to establish the relation between the cause (input) and consequence (output). The ANN model does not require any clear formula. Instead it is an implicit model, trained to adopt and adjust itself to perform certain tasks.

The ANN technology is best suited in following conditions:

1. A huge database to train
2. Variability or noise in the database, which cannot be recognized in mathematical equations.
3. Nonlinear relation between input and output [1].



## 2. LITERATURE REVIEW

ANN technology has been efficaciously used to predict the wear behavior of A365/SiC metal matrix composites (mmc) (Rashed and Mahmoud, 2009). That study has confirmed that considerable cost and time could be saved by using ANN technology to predict the outcome. Likewise, ANN model has been developed similar model for metal and silicon carbide MMC (Muthukrishnan and Davim, 2009). Back Propagation model of ANN has been able to predict wear results, with error of 2.4%. The inputs for the ANN model were the metal and silicon carbide weight percentile, and the test duration. This shows that ANN could be professionally used as a prediction method for composite materials. ANN also has been used for automotive friction materials performance prediction (Aleksendric and Duboka, 2006). Also, another work has been completed on temperature sensitivity of friction material or the fading performance (Papalexopoulos et al., 1994). The fading performance of friction material, regarding the manufacturing condition has been simulated by ANN technic. 360 data have been utilized to train 18 ANN models with 5 varieties of training algorithms. The ANN models have predicted the fading performance for unknown variables (manufacturing condition and material property). Relating these input parameters, it has been presented that the developed neural model can be used for predicting the fading performance of the friction materials which composition and manufacturing parameters. Wear loss of Molybdenum coating, which is a strong corrosion resistant, has been studied (Rosen and Silverman, 1992). Mo coating has been applied on ductile iron substrate and the wear rate has been investigated upon environmental plasma spray system. The sliding wear against steel counter body has also been experimented. A double layer ANN model trained with the experimental data has predicted results were reasonably

good compared to the experimental results. Used multiple layered back propagation ANN models have been used to predict the friction co-efficient and wear rate of Short fiber reinforced thermoplastics (Bijwe et al., 1989). A well trained ANN model has been capable of predicting the outcome with unknown input parameter with high accuracy.

The ANN is inspired by the biological nervous system and is used to solve a wide variety of complex scientific problems (LiuJie et al., 2007b). ANN technology is used to solve complex scientific and engineering problems (Nasir et al., 2010). The significance of this technology is that ANN models can be trained based on experimental or real life data to recognize solution (Nasir et al., 2010). All the researchers have emphasized that ANN have the ability to predict mechanical properties. The predictive quality of the ANN increased when enlarging the datasets and by optimizing the network construction (LiuJie et al., 2007b).

D. K. Prajapati and M. Tiwari, have used the (ANN) technique to determining surface parameters, friction and wear during pin-on-disc tribotester. The test was performed using pin on disc apparatus under room temperature condition. The pin (25mm long, 6mm diameter) was made of medium carbon steel (AISI 1038) whereas the disc (165mm diameter, 8mm thickness) is made of high carbon steel (SAE 52100). The experimental results obtained from wear testing are compared with those obtained using artificial neural network (ANN) analysis, and a very good agreement in results suggests that a well-trained neural network is capable to predict the parameters in wear process [9].

Chakradhar B. Et al, have presented an experimental investigation and estimation of surface roughness using optimization techniques -Artificial Neural Network (ANN), Group method data handling (



GMDH) and multiple regression analysis (MRA) in high speed micro end milling of titanium alloy (grade-5). They made a comparative study to know the influence of spindle speed, feed and depth of cut on surface roughness of Ti-6Al-4V-titanium alloy. They concluded that prediction accuracy of neural network is higher than other techniques that is in good agreement with experimental values [10].

M. Akbari et al, (2014) used the artificial neural network (ANN) as a model for friction stir welding (FSW), to predict the correlation between FSW parameters and weld properties. They stated that one of the most challenging problems is choosing appropriate welding parameters in order to produce sound joint. They employed different optimization techniques to determine the optimized output parameters by specifying the relation between the input and output variables. They explained the applications of optimization methods in FSW, and basic principles of these methods, such as Taguchi, genetic optimization and multiobjective optimization methods, were described [13].

### 3. METHODOLOGY

Matlab software was the main equipment used in this research to design the artificial neural network. Generally, basic steps were carried in the methodology as follows:

- Collecting sufficient Tribology data to use in development and training the ANN
- Importing datasets to MATLAB files.
- Building the network.
- Developing the ANN model
- Training the optimal ANN network.
- Comparing the experimental and ANN results.
- Make Simulation and prediction for a new tribology data.

### 3.1 DATA COLLECTION

Large volume of datasets which obtained by experimental work has been used [14]. In previous study, raw Kenaf fibres were studied to investigate the friction coefficient. Composite surface specimens (10 mm × 10 mm × 20 mm) were rubbed against a stainless steel (AISI 304, hardness=1,250 HB, Ra=0.1 μm) counter face under dry/wet contact conditions [14]. A feature of a large data is that it gives more accurate results. More than 1000 inputs in relation with more than 300 target have been used to train the network. These various data exported in Microsoft Excel tables to be able used in Matlab software as shown in Fig (1). Input data were the sliding distance, applied force and the velocity while the friction coefficient was the target. Also, the data would be separated into two parts. Firstly, training data set which used in training the network. Secondly, testing data set that used to test the accuracy of network performance in later steps by making a comparison between ANN result and experimental result. It is important to note that the testing dataset is the data which the network has never seen them during the training process.

### 3.2 IMPORTING DATA IN MATLAB FILES

By choosing Neural Network Tool from MATLAB toolbox, there is an option to import the data from excel file into the workspace of the Matlab.

#### 3.2.1 IMPORTING INPUT TRAINING DATA SET.

Input training imported by clicking on “import” button, where the variables from excel tables will be selected, and this group of variables should be imported as inputs with their own name.



### 3.2.2 IMPORTING TARGET TRAINING DATA SET

Locating the Training input data by click on “import” button then select the variables from excel tables and this group of variables should be imported as target with their own name. Figure (2) display the network data manager where the target and target data can be imported. Also, show other keys that are used when creating the network.

### 3.3 BUILDING THE NETWORK

#### 3.3.1 CHOOSING THE BEST TRAINING FUNCTION

Training and learning functions are mathematical manner consumed in Matlab to automatically correct the network's weights. Variety of training algorithms, are supported by Neural Network Toolbox. These training functions named GDM,

GDA, GDX, LM, OSS, R, RP, and SCG. The objective of the current step is to find the best ANN training function to be used in the ANN developed model. For this reason, all the training functions that available in the Matlab software will be compared. Finally the efficiency of eight different ANN training functions were compared to choose the best function. Table 3.1 shows the configurations of the eight neural network and it can be seen that number of neural were assumed to be 20display in the first layer variety of training.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Input	V (m/s)	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
2	Input	slid dista	0	0.084	0.168	0.252	0.336	0.42	0.504	0.588	0.672	0.756	0.84	0.924	1.008	1.092	1.176	1.26	1.344
3	Input	Load	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
4	Output	frictions	0	0.92	0.85	0.81	0.78	0.77	0.74	0.75	0.72	0.71	0.67	0.65	0.67	0.63	0.61	0.64	0.6
6	Input	V (m/s)	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
7	Input	slid dista	0	0.084	0.168	0.252	0.336	0.42	0.504	0.588	0.672	0.756	0.84	0.924	1.008	1.092	1.176	1.26	1.344
8	Input	Load	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
9	Output	frictions	0	0.9	0.91	0.85	0.81	0.82	0.8	0.8	0.78	0.76	0.73	0.72	0.72	0.7	0.71	0.72	0.7
11	Input	V (m/s)	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
12	Input	slid dista	0	0.084	0.168	0.252	0.336	0.42	0.504	0.588	0.672	0.756	0.84	0.924	1.008	1.092	1.176	1.26	1.344
13	Input	Load	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
14	Output	frictions	0	0.85	0.8	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.77	0.78	0.78	0.77	0.78	0.76	0.78	0.76	0.75
16	Input	V (m/s)	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
17	Input	slid dista	0	0.084	0.168	0.252	0.336	0.42	0.504	0.588	0.672	0.756	0.84	0.924	1.008	1.092	1.176	1.26	1.344
18	Input	Load	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19	Output	frictions	0.00	0.98	0.94	0.90	0.87	0.87	0.85	0.85	0.83	0.83	0.80	0.78	0.80	0.77	0.77	0.78	0.75
22	Input	V (m/s)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1

Fig. 1 Excel tables with three input data and one output

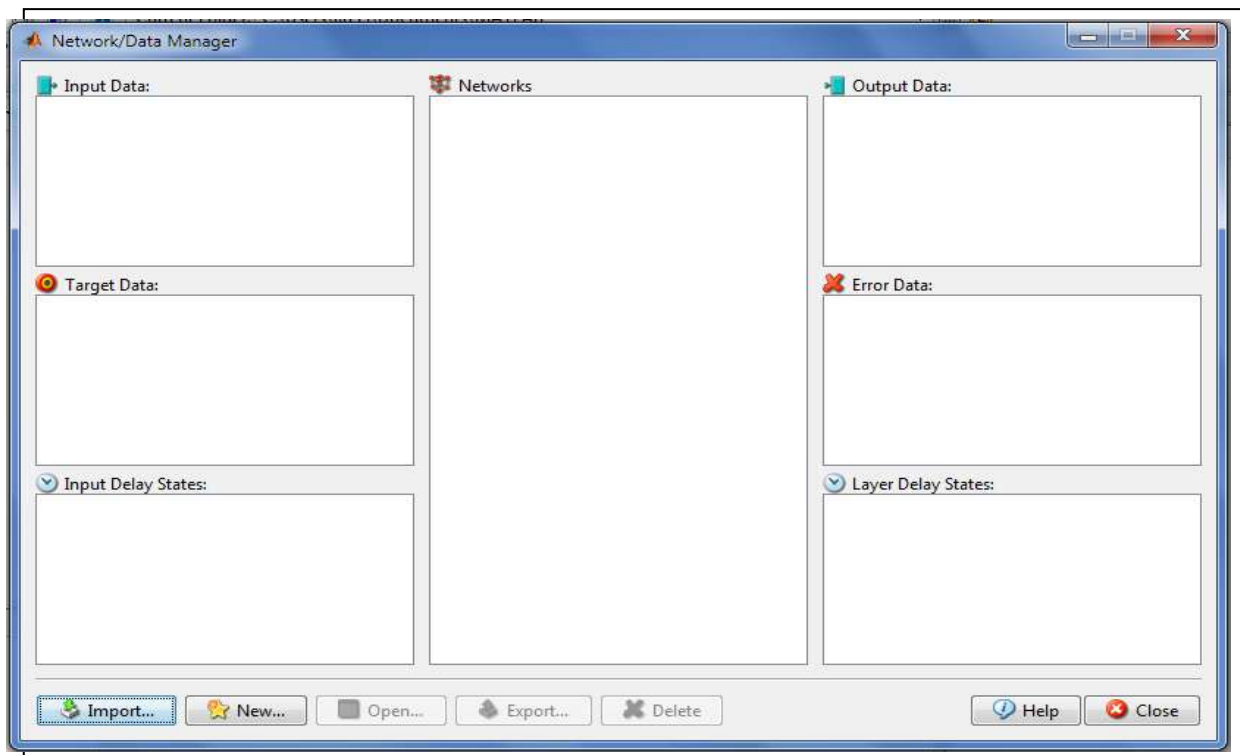


Fig. 2 Print screen of Matlab software

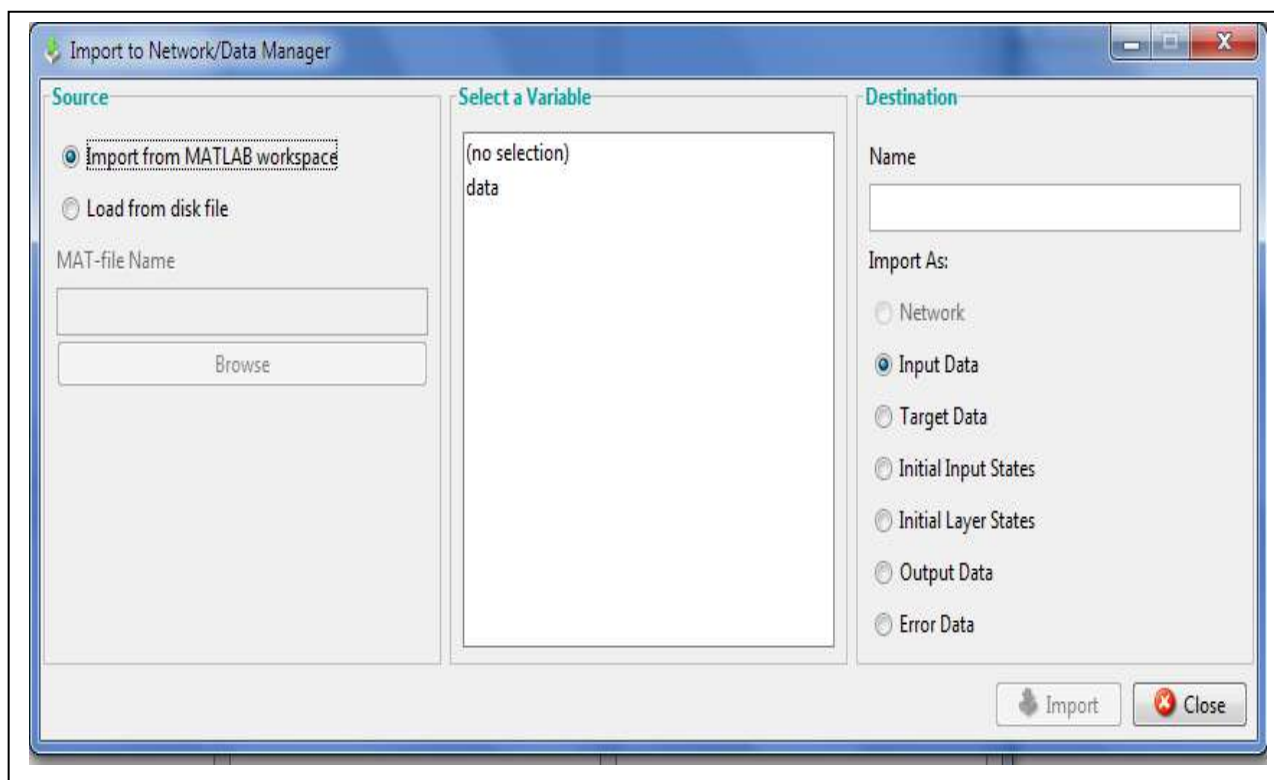


Fig. 3 Print screen of Matlab software.



**Table (1) Different neural network configurations by different training functions.**

S.N	Function performance	Layer 1	layer 2	Network type
ANN1	GDM-MSE	20	Pure line	Feed-forward backprop
ANN2	GDA-MSE	20	Pure line	Feed-forward backprop
ANN3	GDX-MSE	20	Pure line	Feed-forward backprop
ANN4	LM-MSE	20	Pure line	Feed-forward backprop
ANN5	OSS-MSE	20	Pure line	Feed-forward backprop
ANN6	R-MSE	20	Pure line	Feed-forward backprop
ANN7	RP-MSE	20	Pure line	Feed-forward backprop
ANN8	SCG	20	Pure line	Feed-forward backprop

### 3.3.2 CHOOSING THE BEST TRANSFER FUNCTION

Matlab software suggests many inbuilt transfer functions such as like logarithmic sigmoid function (logsig), pure linear function (purelin), tangential sigmoid function (tansig)(Kohli and Dixit, 2005). There are three types of transfer functions, linear, sigmoid, and hyperbolic tangent were utilized in this study. The processes of choosing the best function are achieved by trying to mix all different transfer function and then comparing their performance. In the current research, nine different combinations have been tried.

### 3.3.3 CHOOSING NUMBER OF NEURONS

Selecting the best number of neurons is necessary to reduce the error in both training and testing drops to an acceptable value (Dixit and Chandra, 2003). In order to increase the accuracy two hidden layer were used. Number of hidden layer neurons is increased from three to forty in the first layer. For the selected eight networks configuration, at the end of their individual runs with the same training datasets and Mean square error are compared. The best fitted network is achieved by obtaining the less percentage of rms error.



### 3.3.4 TRAINING THE OPTIMAL NETWORK

The neural network has used the best configuration model to be ready to start training the network. Figure (4) shows the

Matlab screen during the training process and indicates that at the end of the training process, it can get performance, training state and regression plots. In this stage, calculation and statistical results will be plotted to assess the training quality.

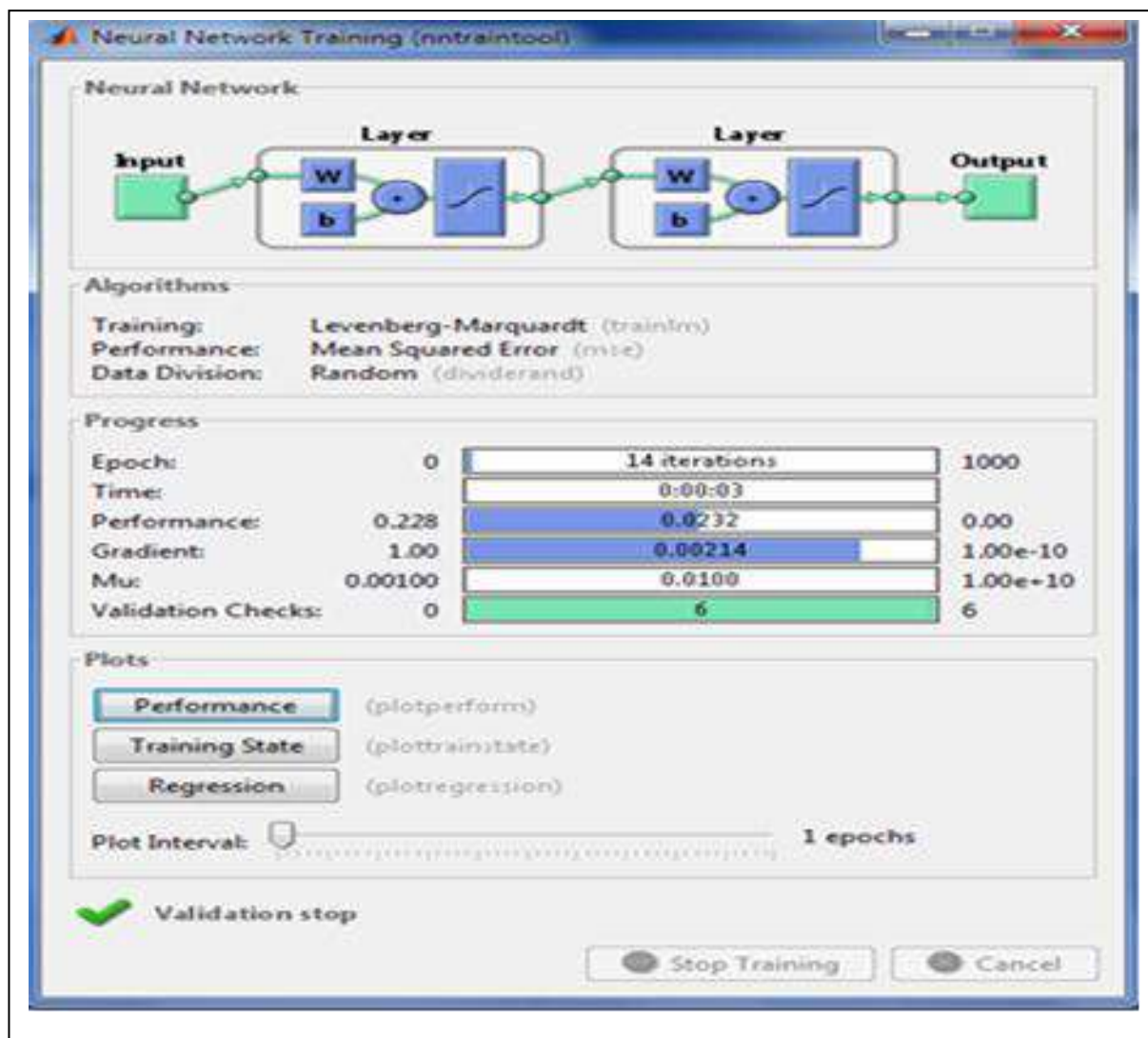


Fig. 4 Neural network apps monitor training progress.

### 3.3.5 TRAINING THE SELECTED MODEL

Firstly, training the optimum ANN model has been carried. Then, testing the model for importing new input data. ANN developed model, can effectively make predictions and new targets are obtained through this model.

The experimental results of these testing data are already defined in Microsoft Excel table. Later, making a comparison between experimental and ANN model will be carried.



### 3.3.6 SIMULATION AND REDICTION

Neural Network Toolbox offers a set of bottom for building neural networks simulation. At this point the developed ANN ready in use to predict a new data. The selected ANN model is trained with Train GDM function up to 1000 epochs.

### 4. RESULTS AND DISCUSSION

The data have been collected from previous experimental work. Big volume of experimental data that presented in three input parameters which are applied force, sliding duration and rotation speed in relation with one output which is the friction coefficient. During this investigation ANN developed model has been used to predict the friction coefficient of the CGRP composite in different selection conditions. The neural network method is a powerful approach to make predictions.

For fig (5) the 30N applied load, there is a bit fluctuating in the experimental data that could be occurred from orientation fibre which may has some influence. All figures

showing that there is a linear relation of ANN results compared with experimental data and that it could make other problems.

Figures are developed the result to gives a comparisons between the values of friction confection the abstained from the experimental work and the friction coefficient value that obtained from ANN prediction. The following figures are for different seed (1.1, 2.8, 3.1 and 3.5) m/s and different apply load (30, 50, 70, 100) N. From these figures we can find a very good clarification between the experimental and ANN data. However, there are a bit separation differences between them.

#### 4.1 AT 2.8 M/S

For figure (5) the 30N applied load, there is a bit fluctuating in the experimental data that could be resulted from orientation fibre which may has some influence. All figures showing that there is a linear relation of ANN results compared with experimental data and that it could make other problems.

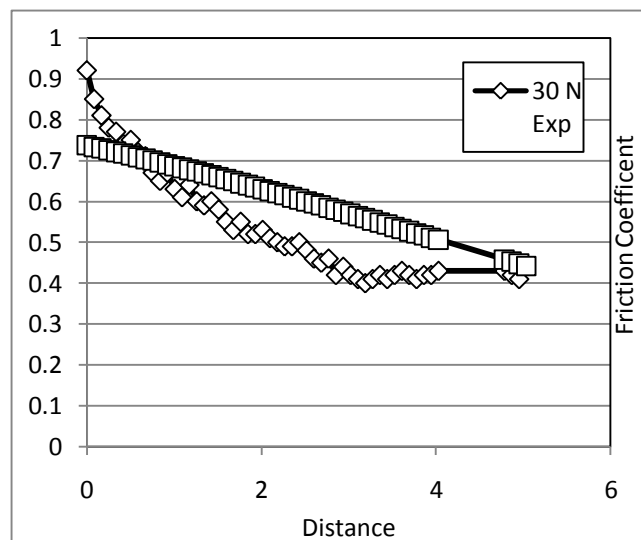


Fig.5 Comparison between experimental data and ANN data at(2.8M/S, 30N).

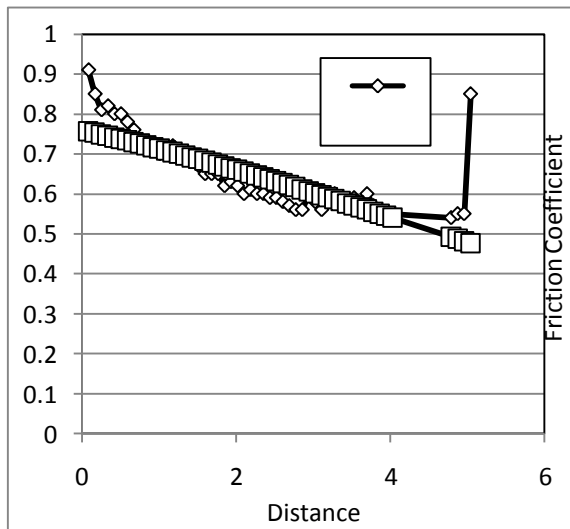


Fig. 6 Comparison between experimental data and ANN data at (2.8M/S 50N).

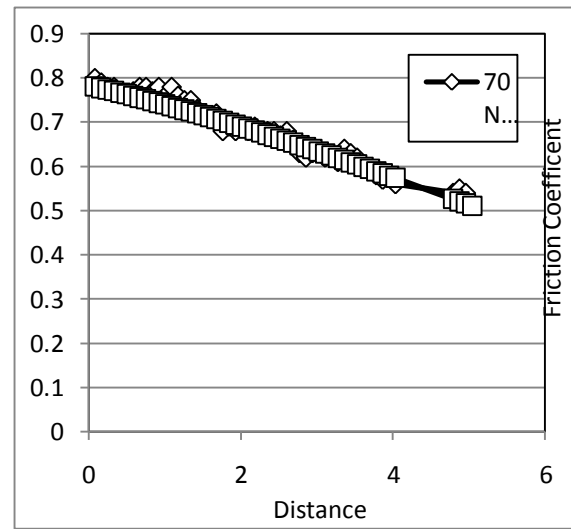


Fig. 7 Comparison between experimental data and ANN data at (2.8M/S 70N).



**4.2 AT 1.1 M/S**

It can see that figure (9) present a good coloration between the experimental data

and ANN result especially with the sliding distance above 0.5km both results are very close to each other.

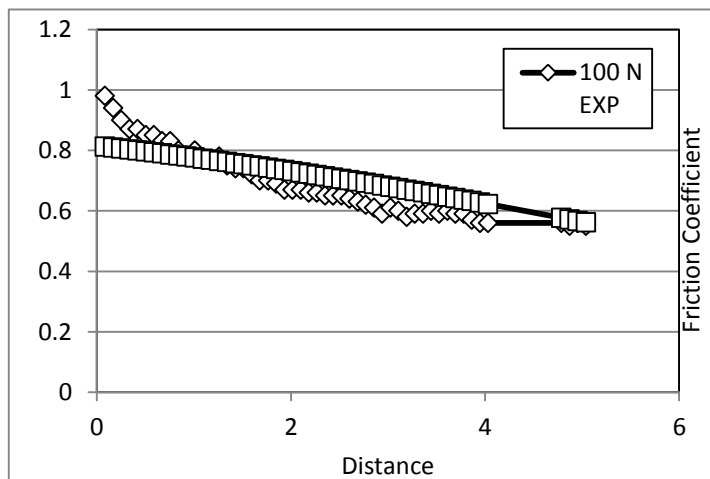


Fig. 8 Comparison between experimental data and ANN data at (2.8M/S 100N).

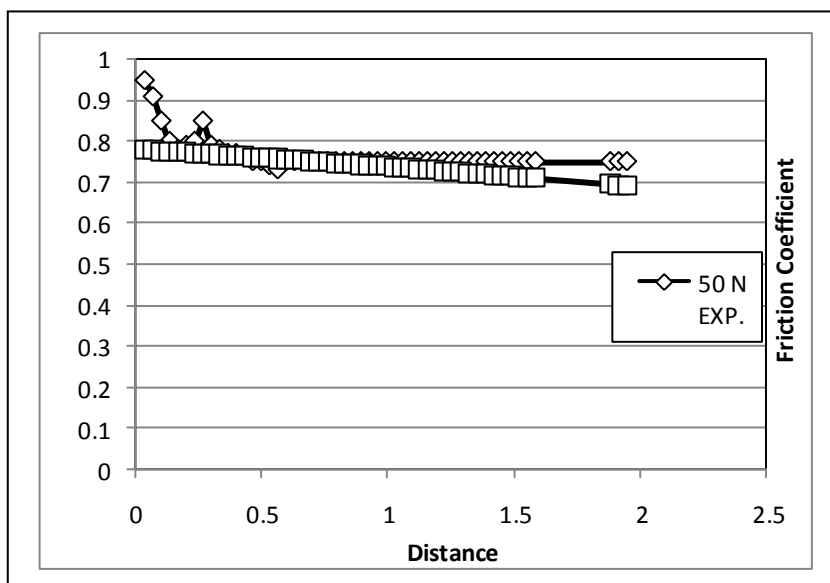


Fig. 9 Comparison between experimental data and ANN data at (1.1M/S,50N).



### 4.3 AT 3.1 M/S3

Figures (10) present the experimental and ANN data at 3.1 m/s sliding speed and 50N applied force. Figure (11) present the experimental and ANN data the different

velocity sliding speed while the applied force is the samewhich is (50N). Both figures actually, do not present a good coloration between the compared results

.

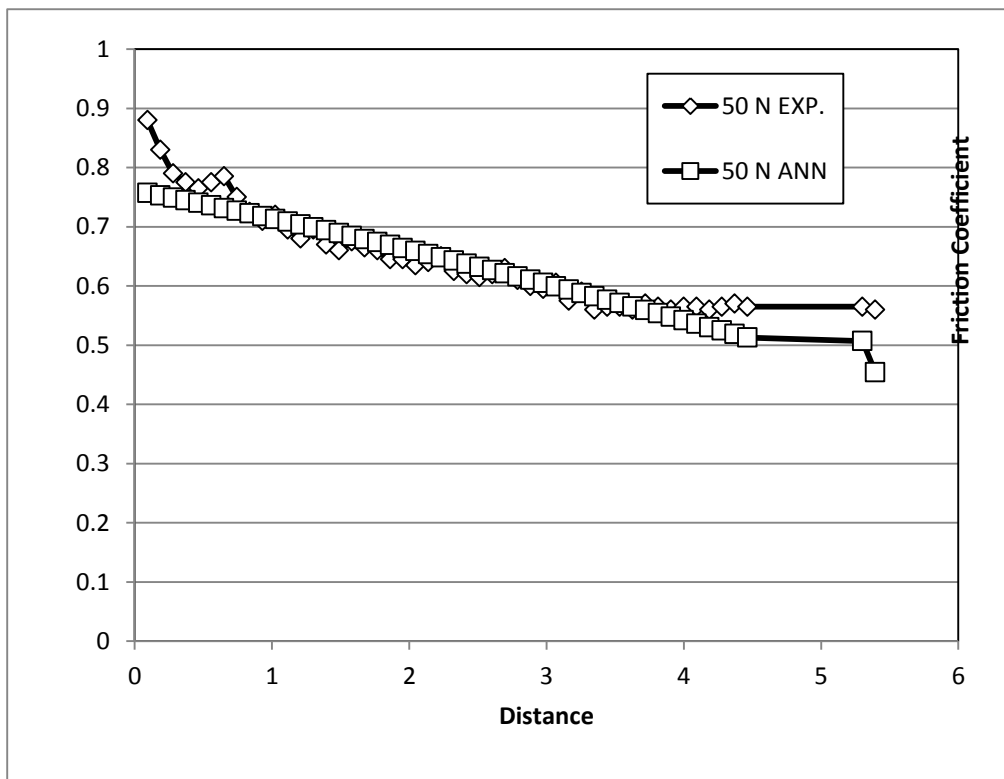


Fig. 10 Comparison between experimental data and ANN data at (3.1M/S, 50N).

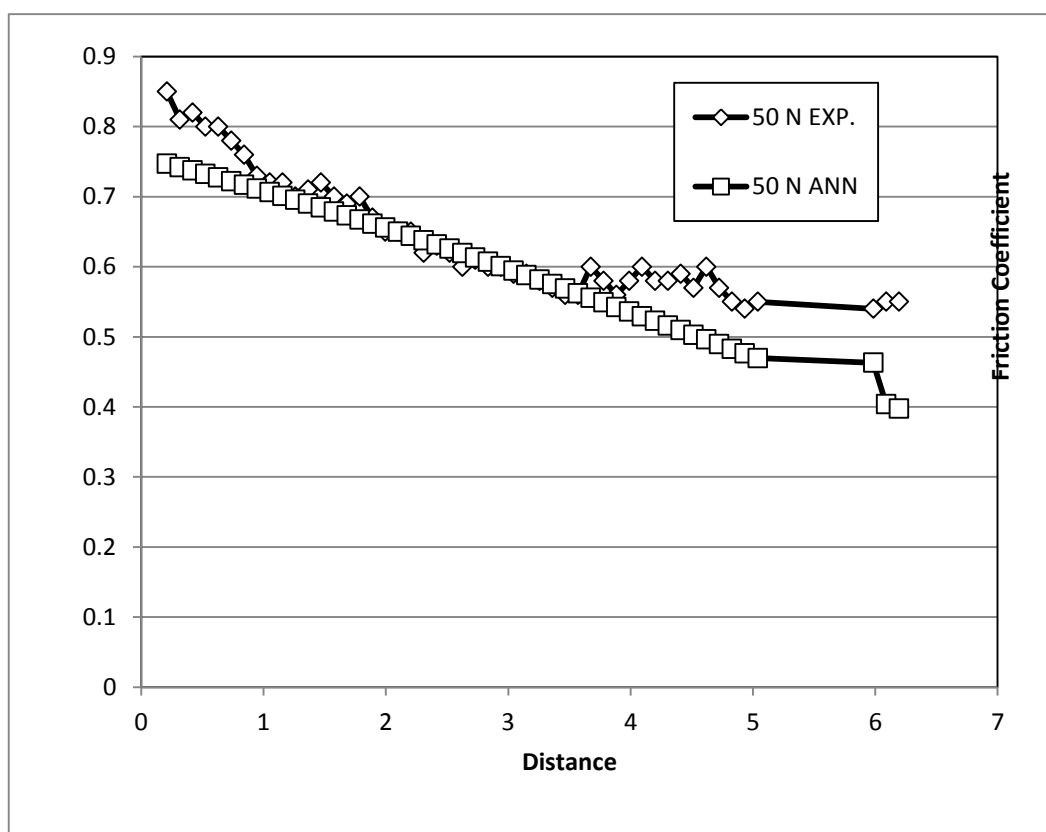


Fig. 11 Comparison between experimental data and ANN data at (3.5M/S, 50N).

## 5. CONCLUSION

- 1) ANN technique can be considered as a good technique for predicting friction factor.
- 2) Applied load, speed and the sliding distance have a considerable effect on the friction coefficient.
- 3) The developed model showed encouraging result in the prediction of friction coefficient.
- 4) Good improvement in results was achieved when using Multi-layer ANN models with large number of neurons.
- 5) The training function showed a significant impact on the ANN performance.
- 6) Training function of GDM achieved the best performance for the current work.

In general good agreement between ANN results and experimental results.

## 6.0 REFERENCES

- [1] GYUROVA, L. A. & FRIEDRICH, K. 2011. Artificial neural networks for predicting sliding friction and wear properties of polyphenylene sulfide composites. *Tribology International*, 44, 603-609.
- [2] GYUROVA, L. A., MINIÑO-JUSTEL, P. & SCHLARB, A. K. 2010. Modeling the sliding wear and friction properties of polyphenylene sulfide composites using artificial neural networks. *Wear*, 268, 708-714.
- [3] HUGHES, T. J. R., Taylor, R. L., Sackman, J. L., Curnier, A. & Kanoknukulchai, W. 1976. A



- finite element method for a class of contact-impact problems. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 8, 249-276.
- [4] KOHLI, A. & DIXIT, U. 2005. A neural-network-based methodology for the prediction of surface roughness in a turning process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 25, 118-129.
- [5] LIM, S. C., ASHBY, M. F. & BRUNTON, J. H. 1987. Wear-rate transitions and their relationship to wear mechanisms. *Acta Metallurgica*, 35, 1343-1348.
- [6] NASIR, T., YOUSIF, B., MCWILLIAM, S., SALIH, N. & HUI, L. 2010. An artificial neural network for prediction of the friction coefficient of multi-layer polymeric composites in three different orientations. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 224, 419-429.
- [7] POPOV, V. L. & PSAKHIE, S. G. 2007. Numerical simulation methods in tribology. *Tribology International*, 40, 916-923.
- [8] RAZI, H. & KOBAYASHI, A. 1993. Delamination in cross-ply laminated composite subjected to low-velocity impact. *AIAA journal*, 31, 1498-1502.
- [9] D. K. Prajapati and M. Tiwari, "Use of Artificial Neural Network (ANN) to Determining Surface Parameters, Friction and Wear during Pin-on-Disc Tribotesting", *Key Engineering Materials*, Vol. 739, pp. 87-95, June 2017.
- [10] Chakradhar Bandapalli, Bharatkumar Mohanbhai Sutaria, Dhananjay Vishnuprasad Bhatt, Kundan Kumar Singh, Experimental Investigation and Estimation of Surface Roughness using ANN, GMDH & MRA models in High Speed Micro End Milling of Titanium Alloy (Grade-5), *Materials Today: Proceedings*, Volume 4, Issue 2, Part A, 2017, Pages 1019-1028.
- [11] Zeng Yuhong, Huai Wenxin, Application of artificial neural network to predict the friction factor of open channel flow, *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, Volume 14, Issue 5, May 2009, Pages 2373-2378
- [12] MozammelMia and Nikhil RanjanDhar, Prediction of surface roughness in hard turning under high pressure coolant using Artificial Neural Network, *Elsevier* Volume 92, October 2016, Pages 464-474.
- [13] M. Akbari, P. Asadi and M.K. Besharati Givi, G. Khodabandehlouie, "Artifi cial neural network and Optimization)), *Elsevier, Advances in Friction-Stir Welding and Processing*, 2014, Pages 543-599.
- [14] Alawad, A. (2013). Response surface methodology Submitted. Toowoomba/AUSTRALIA: USQ.



## إنتاج خرسانة خفيفة الوزن وصديقة للبيئة بتوظيف مخلفات الإطارات والفلين المتوفرة محلياً

أ. محمد بشير أبوهدمة\*  
m.abohedmh@ceh.edu.ly  
د. عمر السنوسي فلغوش\*  
o.falagush@ceh.edu.ly  
أ. إبراهيم حسين بلاش\*  
a.blash@ceh.edu.ly  
د. فرحات غريبي فرحات\*  
Farhat.g.Farhat@gmail.com

كلية التقنية الهندسية – هون

### الملخص

إن الهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير إضافة مخلفات الإطارات والفلين المستهلكة إلى الخرسانة للحصول على خرسانة خفيفة الوزن وعازلة للحرارة وصديقة للبيئة، وقد تم إضافة مخلفات الفلين والإطارات معاً كبديل جزئي للركام الكبير وبنسب وزنية ( 0.25% ، 0.50% ، 1% ) على شكل قطع بمقاس 2 سم ، وإجراء كل من اختبار الضغط والشد والكثافة الجافة والرطوبة ونسبة الامتصاص وسرعة الموجات فوق الصوتية للعينات الخرسانية . أظهرت النتائج انخفاض في مقاومة الضغط ومقاومة الشد وانخفاض في الكثافة مقارنةً بالخرسانة القياسية المرجعية ، كما أظهرت النتائج أن نوعية الخرسانة جيدة ومرنة ويمكن استخدامها في الأرصفة والأرضيات وخاصة في رصف الطرق لما للإطارات من مرونة عالية وقدرة على امتصاص الصدمات، وبإضافة هذه المخلفات نستطيع أن نساهم في الحفاظ على البيئة والتقليل من أسباب التلوث البيئي .

**الكلمات المفتاحية :** الخرسانة ، مقاومة الضغط ، مخلفات الإطارات ، مخلفات الفلين ، البولي ستارين ، البيئة .

### Abstract

The aim of this project is to study the influence of adding wastes of tires and polystyrene to concrete mixture to obtain ecological lightweight thermal insulating one. Polystyrene and tire elements were added both with 2cm size with different percentages (0.25% , 0.5% , and 1% ) of coarse aggregate weight. Different tests were applied to the specimens which are compression test, tensile test, determination of density and absorption and ultrasonic pulse velocity.

Results show a loss in compression and tension force, and density too. But have got a concrete with high ductility which can be used in pavement, sidewalk and roads because of tires properties which have good impact absorption. With this practice we participate in saving nature by using these wastes instead of letting them making pollution.

**Keywords:** concrete, compressive strength, tires wastes, polystyrene wastes, environment.

### 1. المقدمة

تعتبر الخرسانة أكثر المواد الإنشائية شيوعاً واستعمالاً في عصرنا الحديث وذلك لسهولة تواجدها والرخص النسبي للمواد المكونة لها وأيضاً لسهولة ورخص تصنيعها [1]. وقد مرت الخرسانة بعدة مراحل سواء في طرق الصناعة أو في طرق التشكيل وهي مادة حديثة من حيث الصناعة والإنشاء إلا أن لها أصولاً عميقة عبر التاريخ. ولا يمكن أن نتقدم أي صناعة دون التقدم البحثي فيها [2].

ولقد أتجه الباحثون في السنوات الأخيرة إلى إنتاج خرسانة اقتصادية وصديقة للبيئة وهي ما تعرف بالخرسانة الخضراء وذلك عن طريق تدوير المخلفات البيئية والاستفادة منها في المباني والأعمال الإنشائية. ومن أهم هذه الملوثات البيئية هي مخلفات الفلين والإطارات. إن الفلين مهم في كافة نواحي الحياة العملية نظراً للمميزات العديدة التي يتمتع بها ومن أهمها سهولة ضغطه وتصنيعه بما يتلاءم مع حاجات الإنسان اليومية والحياتية ، وكان من النتائج السلبية في صناعة الفلين هو تراكم كميات كبيرة من مخلفاته المستهلكة ، وبما أنه لا يتحلل بسرعة فقد أسهمت فضلاته بطريقة محسوسة في تلوث البيئة ، ولم يكن باستطاعة الباحثين إتلاف هذه المادة ، فتراكمت هذه المخلفات الصناعية وأخذت تهدد صحة الإنسان وكافة عناصر البيئة [3] .

ومن الملوثات البيئية أيضاً مخلفات مطاط الإطارات فقد أدى التطور الكبير في وسائل النقل والزيادة الهائلة في أعداد السيارات بشكل كبير ومتسارع إلى ظهور مشاكل مختلفة أهمها التلوث البيئي . فقد خلف إحراق ملايين الأطنان من نفايات الإطارات مشاكل خطيرة جداً كالغازات الكيميائية الضارة مثل ثاني أكسيد الكبريت وتوزيع جزيئات الكربون في الهواء ، وعلى سبيل المثال في سنة 1990 أكثر من 240 مليون إطار مستهلك تم رميها في الولايات المتحدة ، وفي العراق خمن مليوناً إطار يرمى في البيئة في السنة [4] .



شكل 1 الغازات السامة الناتجة من حرق الإطارات [3]

إن العالم يصنع أكثر من 800 مليون إطار جديد سنوياً ، تتجاوز أوزانها أكثر من 15 مليون طن، ويعتبر هذا الرقم أحد التحديات البيئية الرئيسية التي تواجه العالم بصفة عامة وليبيا بصفة خاصة ، علاوة على أن المطاط غير قابل للتحلل بسهولة حتى بعد مدة طويلة من فترة المعالجة في موقع دفن النفايات ، وينتج عن حرقها أخطر المركبات المؤثرة سلباً على البيئة والتربة [5] .

ولذلك سعت العديد من البحوث للتخلص من هذه المواد بدون أن تكون لها أضرار جانبية على البيئة من خلال دفنها في الخرسانة عن طريق استخدامها كإضافات للخلطة الخرسانية.

## 2. أهداف الدراسة

- بيان تأثير الإطارات المطاطية المستهلكة والفلين المضافة إلى الخلطات الخرسانية كبديل جزئي من وزن الركام الكبير على خواص الخرسانة.
- استعمال الإطارات المستهلكة والفلين في صناعة مواد البناء لإنتاج خرسانة خفيفة ذات عزل حراري جيد لما تتمتع به هذه المواد من خصائص مناسبة مثل المقاومة العالية للأحوال الجوية وامتصاص منخفض للماء ووزن خفيف مع التركيز على الجانب الاقتصادي في إنتاج هذا النوع من الخرسانة من مواد متوفرة وبأقل كلفة ممكنة .
- تخليص البيئة من هذه النفايات (الإطارات المستهلكة والفلين) ولتفادي التأثير الخطر من الغازات الكيميائية السامة والملوثة للبيئة الناتجة من عملية إحراق الإطارات مثل غاز ثاني أكسيد الكبريت  $SO_2$  السام والملوث للبيئة .

## 3. المواد المستخدمة

- الأسمنت :

تم استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي Portland Cement طبقاً للمواصفة الليبية ( 1997/340 ) [6] المنتج من قبل مصنع البرج بمدينة زليتن والشائع استخدامه محلياً وإجراء الاختبارات اللازمة وتبين أن الإسمنت مطابق للمواصفات الأمريكية ASTM والجدول 1 يبين نتائج اختبارات الإسمنت .

### جدول 1 : نتائج اختبارات الأسمنت

الاختبار	المواصفات	النتيجة	الحدود
صلاحية الإسمنت في الموقع	ASTM C150 [7]	صالح للاستعمال	-
القوام القياسي للعجينة الإسمنتية	ASTM C187 [8]	33 ملم	33 – 35 ملم

• الركام الكبير ( الخشن ) :

مصدر هذا الركام هو إحدى الكسارات الواقعة في مدينة سوكنه بمنطقة الجفرة وتم إحضاره بمقاسات مختلفة والجداول 2 ، 3 ، يبين نتائج الاختبارات للركام الكبير .



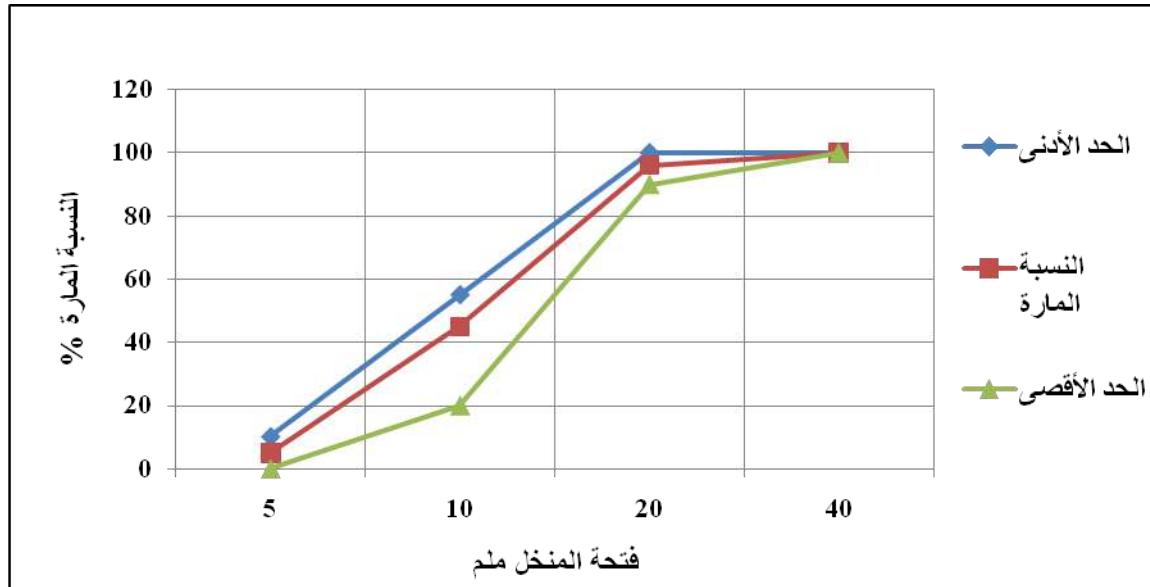
شكل 2 مصدر الركام الكبير

جدول 2 نتائج اختبارات الركام الكبير

الحدود	النتيجة	المواصفات	الإختبار
2.8 – 2.5	2.69	ASTM C127 <sup>[9]</sup>	الوزن النوعي
-	1381 كجم / م <sup>3</sup>	ASTM C29 <sup>[10]</sup>	الوزن الحجمي
-	% 35.13		نسبة الفراغات
-	% 1.68	ASTM 1585 – 04 <sup>[11]</sup>	نسبة الإمتصاص

جدول 3 نتائج اختبارات التحليل المنخلي للركام الكبير [12]

النسبة المارة (%)	النسبة التراكمية المحجوزة (%)	نسبة المحجوز (%)	وزن المحجوز (كجم)	فتحة المنخل (ملم)
100	0	0	0	40
96	4	4	0.1458	20
45	55	51	1.85895	10
5	95	40	1.458	5
	500		0.18225	Pan
	654		3.645	المجموع



شكل 3 التدرج الحبيبي للركام الكبير

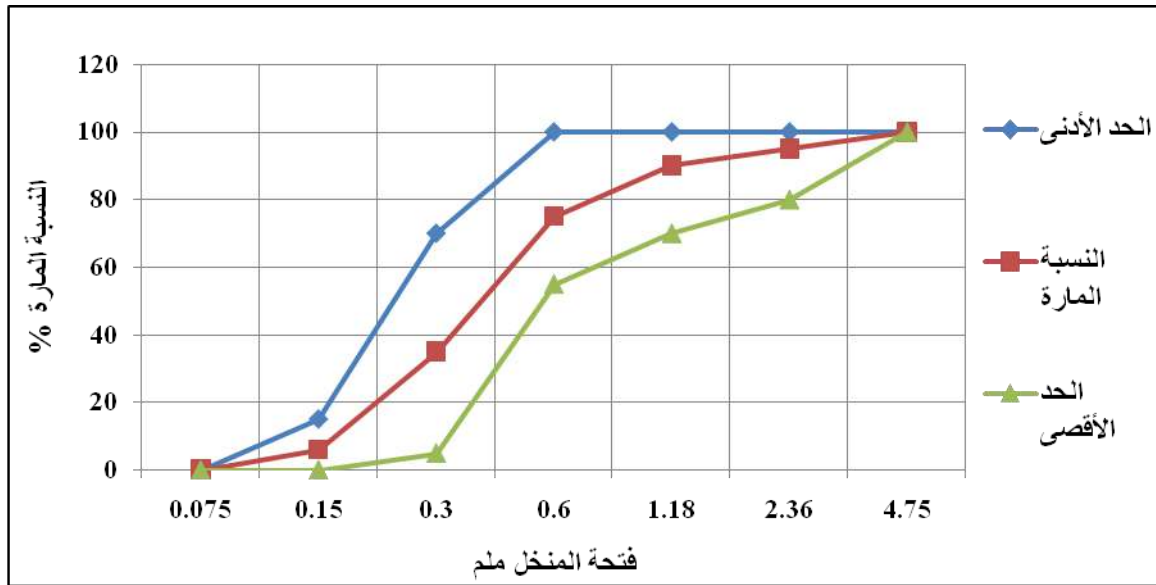
• الركام الصغير ( الناعم ) :

مصدره مدينة زلة وتم جلبه من أحد محاجر مدينة هون بمنطقة الجفرة ، والجدول 4 يبين نتائج الاختبارات للركام الصغير .  
جدول 4 نتائج اختبارات الركام الصغير

الاختبار	المواصفات	النتيجة	الحدود
الوزن النوعي	ASTM C128 [13]	2.7	2.5 – 2.8
الوزن الحجمي	ASTM C29 [10]	1036 كجم / م <sup>3</sup>	-
نسبة الفراغات		% 19.2	-

جدول 5 نتائج اختبارات التحليل المنخلي للركام الصغير [12]

فتحة المنخل (ملم)	وزن المحجوز (كجم)	نسبة المحجوز (%)	النسبة التراكمية المحجوزة (%)	النسبة المارة (%)
4.75	0	0	0	100
2.36	0.091125	5	5	95
1.18	0.091125	5	10	90
0.6	0.273375	15	25	75
0.3	0.729	40	65	35
0.15	0.528525	29	94	6
0.075	0.10935	6	100	0
المجموع	1.8225		299	



شكل 4 التدرج الحبيبي للركام الصغير

• البولي ستايرين (الفلين) :

تم استخدام حبيبات البولي ستايرين المعروف محلياً بالفلين وهو من المواد المتوفرة بشكل كبير في النفايات البشرية حيث يستخدم في تغليف البضائع والأجهزة المنزلية وتم تقطيعه بمقاس 2 سم .



شكل 5 يوضح قطع الفلين المستخدم في الدراسة

• الإطارات :

تم استخدام مخلفات الإطارات المرمية بجانب الطرقات العامة والموجودة في النفايات البشرية وتم تقطيعها بمقاس 2 سم بعضها باليد بواسطة أداة حادة والبعض الآخر بواسطة سكين قطع كهربائي نظراً لوجود أسلاك معدنية بهذه الإطارات .



شكل 6 قطع الإطارات المستخدمة في الدراسة

#### 4. تصميم الخلطة الخرسانية

تم تصميم الخلطة الخرسانية باستخدام طريقة الحجم المطلق والجدول 6 يوضح أوزان المواد لجميع الخلطات الخرسانية:

جدول 6 أوزان المواد لجميع الخلطات الخرسانية

الإثنان معا (كجم)		الإطارات (كجم)	الفلين (كجم)	الماء (لتر)	الزلط (كجم)	الرمل (كجم)	الإسمنت (كجم)	الخلطة الخرسانية
الإطارات	الفلين							
0	0	0	0	5.151	26.164	13.082	11.446	القياسية
0.03	0.03	0	0	5.251	26.098	13.082	11.446	الإثنان معا 0.25%
0.06	0.06	0	0	5.251	26.033	13.082	11.446	الإثنان معا 0.5%
0.13	0.13	0	0	5.351	25.902	13.082	11.446	الإثنان معا 1%

#### 5. نتائج إختبارات الخرسانة الطازجة ومناقشتها

• إختبار الهبوط :

تم إجراء الإختبار وفقاً للمواصفة الأمريكية ASTM C143 [14] وتبين من خلال النتائج أن قوام جميع الخلطات الخرسانية بما فيها الخلطة القياسية تقع ضمن التصنيف اللدن .



جدول 7 نتائج اختبار الهبوط لجميع الخلطات الخرسانية

وصف القوام	مقدار الهبوط (ملم)	نوع الخلطة
لدن	45	القياسية
لدن	58	الاثنان معا 0.25%
لدن	61	الاثنان معا 0.5%
لدن	71	الاثنان معا 1%

• اختبار كرة كيلبي :

تم إجراء الاختبار وفقاً للمواصفة الأمريكية ASTM C360 [15] وتبين من خلال النتائج أن قوام جميع الخلطات الخرسانية بما فيها الخلطة القياسية تقع ضمن التصنيف اللدن .

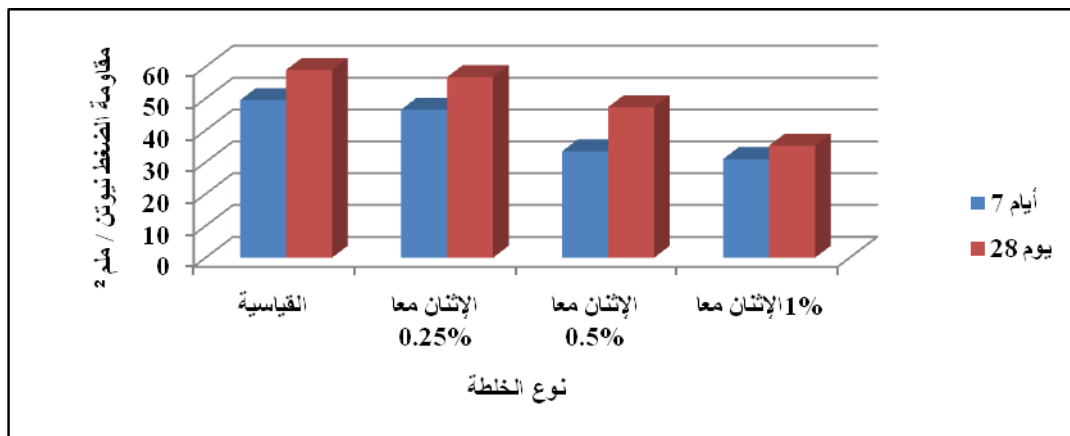
جدول 8 نتائج اختبار اختراق كرة كيلبي لجميع الخلطات الخرسانية

وصف القوام	مقدار الاختراق (ملم)	نوع الخلطة
لدن	22	القياسية
لدن	27	الاثنان معا 0.25%
لدن	29	الاثنان معا 0.5%
لدن	33	الاثنان معا 1%

6. نتائج إختبارات الخرسانة المتصلدة ومناقشتها

• اختبار مقاومة الضغط :

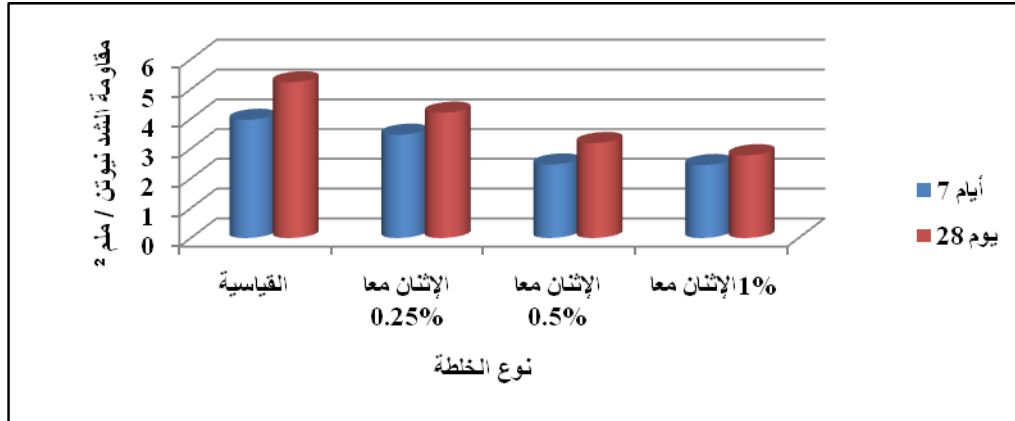
تم إجراء الاختبار وفقاً للمواصفة البريطانية BS 1881 [16] ونلاحظ انخفاض في مقاومة الضغط بالنسبة لجميع الخلطات مقارنةً بالخلطة القياسية المرجعية ، وهذا يعني أن إضافة هذه المخلفات تؤثر على مقاومة الضغط للخرسانة بشكل سلبي ، ولكن عند إضافة هذه المخلفات بنسب قليلة لا تتأثر مقاومة الضغط بشكل كبير ، والذي يعود إلى انخفاض أوزان هذه المواد مقارنةً بالركام الكبير .



شكل 7 مقاومة الضغط لخرسانة الإطارات والفلين بعمر 7 و 28 يوم

• اختبار مقاومة الشد الغير مباشر :

تم إجراء الاختبار وفقاً للمواصفة ASTM C496 – 86 [17] نلاحظ أن هناك انخفاض في مقاومة الشد عند إضافة مخلفات الفلين والإطارات معاً في الخلطة كبديل جزئي للركام الكبير لجميع الخلطات مقارنةً بالخلطة القياسية المرجعية ، الأمر الذي يدل على ضعف مقاومة هذه المواد للشد وبالتالي تأثيرها السلبي على مقاومة الشد للخرسانة .



شكل 8 مقاومة الشد لخرسانة الإطارات والفلين بعمر 7 و 28 يوم

• اختبار سرعة الموجات فوق الصوتية :

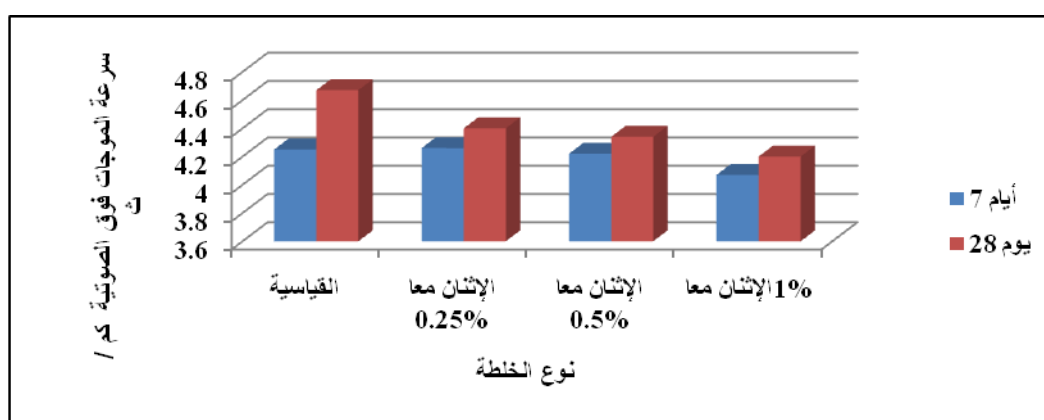
تم إجراء الاختبار وفقاً للمواصفة الأمريكية ASTM C597 [18] تبين النتائج أن جودة الخرسانة جيدة في عمر 7 أيام لكل الخلطات، وفي عمر 28 يوم زادت جودة الخرسانة بالنسبة للخلطة القياسية المرجعية وأصبحت ممتازة، بينما باقي الخلطات زادت جودتها ولكنها بقيت في حدود الخرسانة الجيدة ولم تصل إلى الممتازة ، وهو نتيجة طبيعية نظراً للتأثير السلبي لهذه المواد على كثافة الخرسانة بسبب زيادة الفراغات في الخلطة.

جدول 9 الحدود العامة لسرعة الموجات لأنواع مختلفة من الخرسانة [2]

حدود سرعة الموجات (كم / ثانية)	جودة الخرسانة
أكثر من 4.58	ممتازة
4.57-3.66	جيدة
3.66-3.05	مقبولة
3.05-2.14	ضعيفة
أقل من 2.14	ضعيفة جدا

جدول 10 نتائج جودة الخرسانة المصنوعة في الدراسة

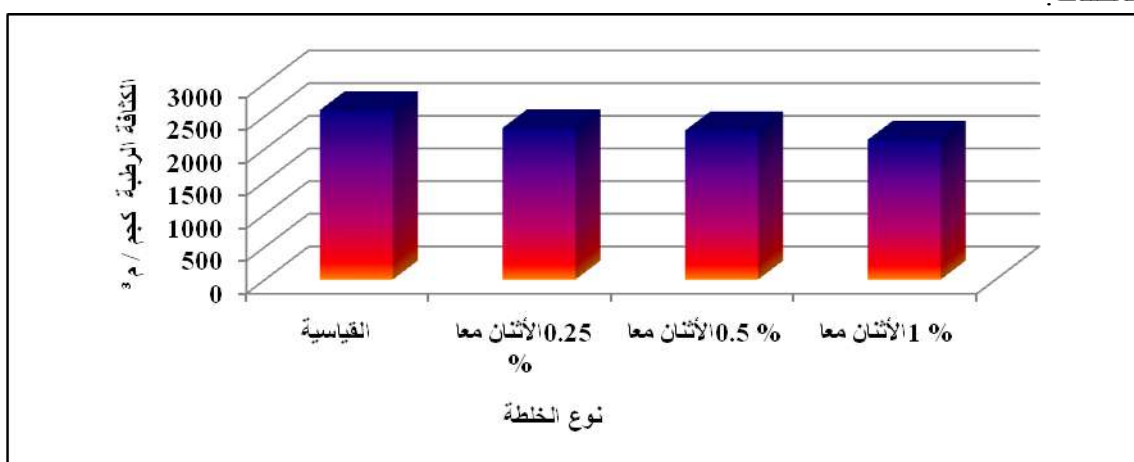
جودة الخرسانة عند عمر		نوع الخلطة
28 يوم	7 أيام	
ممتازة	جيدة	القياسية
جيدة	جيدة	الاثنان معا 0.25%
جيدة	جيدة	الاثنان معا 0.5%
جيدة	جيدة	الاثنان معا 1%



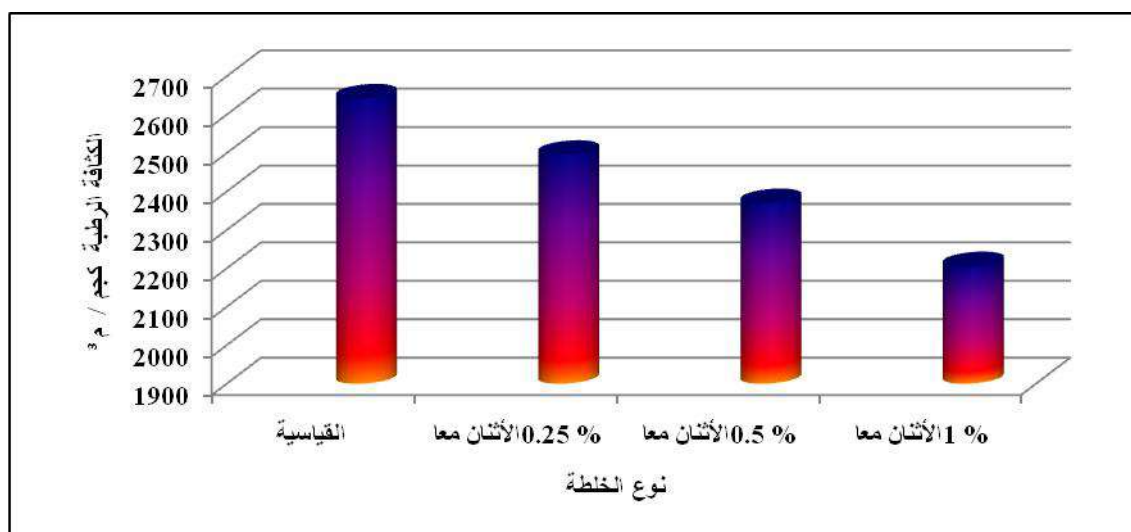
شكل 9 سرعة الموجات فوق الصوتية لخرسانة الإطارات والفلين بعمر 7 و 28 يوم

#### الكثافة الرطبة :

تم إجراء الاختبار وفقاً للمواصفة الأمريكية 13 – ASTM C642 [19] نلاحظ أن هناك انخفاض في الكثافة الرطبة لجميع الخلطات الخرسانية مقارنةً بالخلطة القياسية المرجعية ، وهذا الانخفاض في الكثافة يزداد بزيادة نسبة هذه المخلفات.



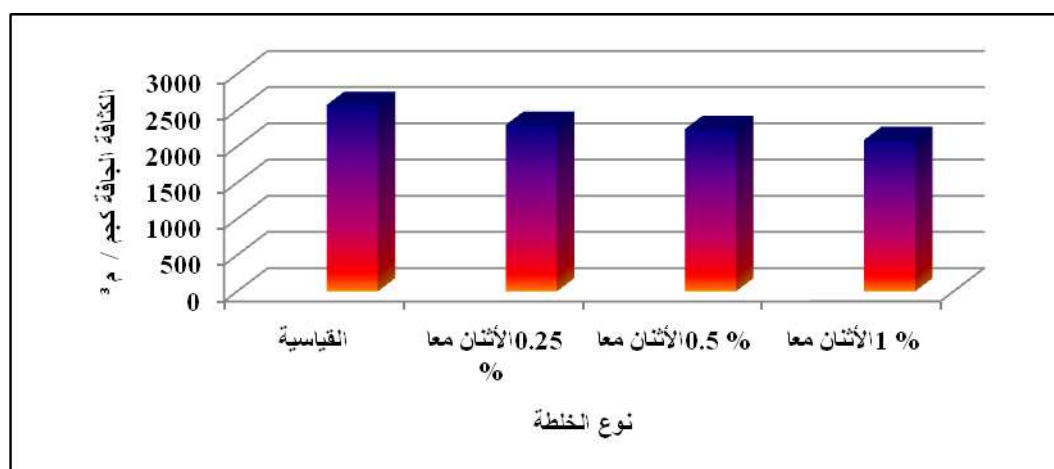
شكل 10 الكثافة الرطبة للمكعبات بعمر 28 يوم



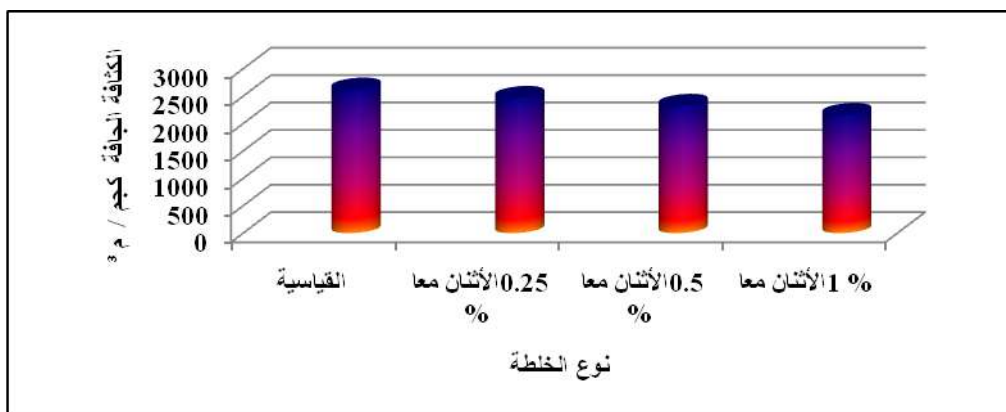
شكل 11 الكثافة الرطبة للاسطوانات بعمر 28 يوم

#### • الكثافة الجافة

تم إجراء الاختبار وفقاً للمواصفة الأمريكية ASTM C642 – 13 [19] نلاحظ أن هناك انخفاض في الكثافة الجافة لجميع الخلطات الخرسانية المضاف إليها مخلفات الفلين والإطارات والأثنان معاً مقارنةً بالخلطة القياسية المرجعية، وهذا الانخفاض يزداد كلما زادت نسبة إضافة هذه المخلفات في الخرسانة، وحدث هذا الانخفاض بسبب أن الوزن النوعي للفلين والإطارات أقل بكثير من الوزن النوعي للركام الكبير، وأن الكثافة الرطبة لجميع الخلطات الخرسانية للمكعبات والاسطوانات بما فيها الخلطة القياسية المرجعية أعلى من الكثافة الجافة.



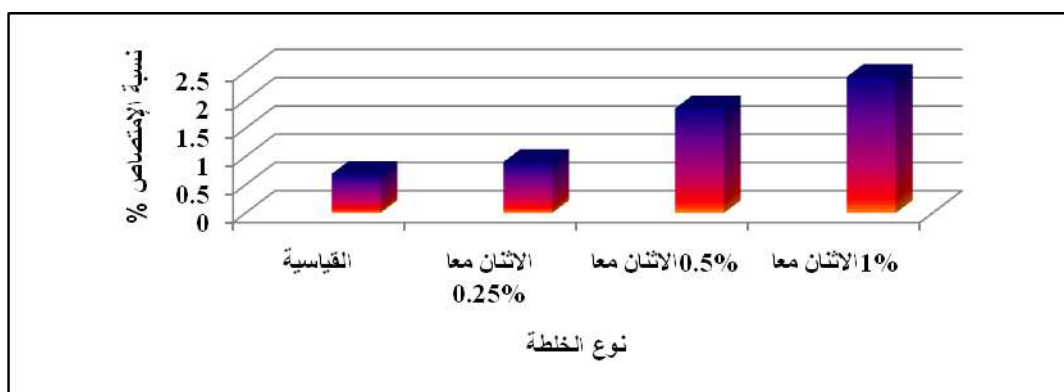
شكل 12 الكثافة الجافة للمكعبات بعمر 28 يوم



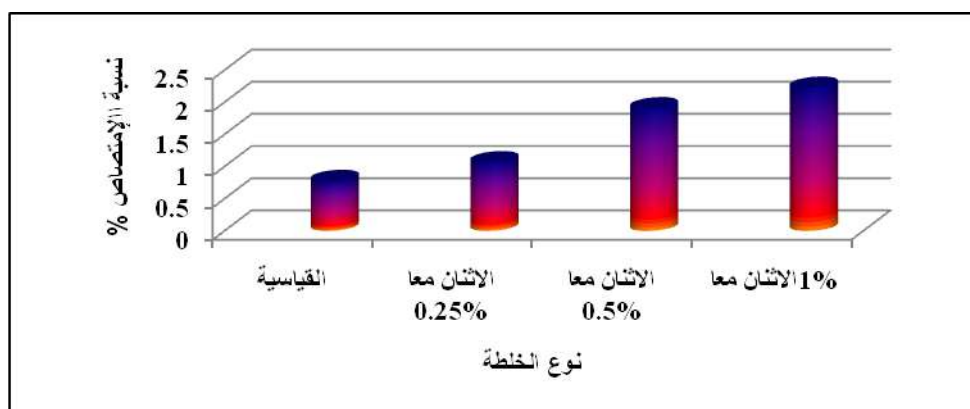
شكل 13 الكثافة الجافة للأسطوانات بعمر 28 يوم

• نسبة الامتصاص

تم إجراء الاختبار وفقاً للمواصفة الأمريكية ASTM C1585 [11] من خلال النتائج نلاحظ أن نسبة الامتصاص للماء في الخرسانة تزداد بزيادة مخلفات الفلين والإطارات معاً في نفس الخلطة الخرسانية مقارنةً بنسبة الامتصاص للخلطة الخرسانية القياسية المرجعية .



شكل 14 نسبة الامتصاص للمكعبات بعمر 28 يوم



شكل 15 نسبة الامتصاص للأسطوانات بعمر 28 يوم



## 7. الخلاصة

1. تبين لنا من دراستنا الحالية أنه يمكن استخدام هذه المخلفات في صناعة خرسانة تساهم في الحفاظ على البيئة.
2. عند إضافة مخلفات الفلين والإطارات معاً في نفس الخلطة الخرسانية فإن مقاومة الضغط ومقاومة الشد تنخفض وتزداد في الانخفاض كلما زادت كمية إضافة هذه المخلفات.
3. إضافة مخلفات الفلين والإطارات معاً في نفس الخلطة الخرسانية يقلل من كثافتها فكلما زادت الكمية المضافة من هذه المخلفات كلما قلت الكثافة وأصبحت الخرسانة خفيفة الوزن.
4. مخلفات الفلين والإطارات تسبب في زيادة نسبة الامتصاص في الخرسانة بزيادة الكمية المضافة من هذه المخلفات.
5. تبين من نتائج اختبار سرعة الموجات فوق الصوتية أن جودة الخرسانة جيدة ومرنة لكل أنواع الخلطات باستثناء الخلطة القياسية فهي ذات جودة ممتازة .
6. استخدام الإطارات والفلين معاً في الخرسانة سوف يكون أفضل وأكثر جدوى في صنع خرسانة صديقة للبيئة .

## 8. التوصيات

من خلال النتائج المتحصل عليها في الدراسة فإننا نوصي بالتالي :

1. إجراء بحوث مستقبلية بإضافة نسب أعلى من الإطارات والفلين معاً وبأحجام مختلفة كبديل جزئي من الركام الكبير والصغير.
2. إجراء اختبارات أخرى على هذه الخرسانة مثل مقاومة الانحناء والتوصيل الحراري وغيرها من الاختبارات.
3. إدخال هذه المخلفات في صناعة الخرسانة لكي تساهم في الحفاظ على البيئة وتقليل مسببات التلوث البيئي وخاصةً أن هذه الخرسانة تتميز بخفة الوزن والعزل الحراري.
4. استخدام هذه الخرسانة في الأرصفة والأرضيات لتقليل التكلفة وللحفاظ على البيئة.

## 9. المراجع

- [1] محمود إمام ، " الخرسانة ، الخواص، الجودة والاختبارات " ، الإصدار الأول ، 5 - 50 - ISBN 977-5069 ، جامعة المنصورة ، مصر ، 2002 .
- [2] د. أحمد على العريان ، د. عبد الكريم محمد عطا ، " تكنولوجيا الخرسانة " ، الطبعة الثانية ، الجزء الأول ، عالم الكتب ، مصر ، 1974 .
- [3] د. إياد عبد الرزاق مطر- كلية العلوم، د. عبد القادر إسماعيل عبد الوهاب الحديثي – كلية الهندسة .
- [4] إنتصار قدوري جمعة ، عيبر فؤاد حسين ، بيداء قتيبية ، " تأثير مفروم الإطارات المطاطية على بعض خواص الخرسانة " ، معهد تكنولوجيا ، العراق ، 2010 .
- [5] هشام أسامة كامل ، حذيفة خالد ، محمد حمدي ، " استخدام بقايا الإطارات المعاد تدويرها في الخرسانة " ، كلية الهندسة - جامعة البحرين ، البحرين ، 2014 .
- [6] المركز الوطني الليبي للمواصفات والمعايير القياسية، " المواصفة القياسية الليبية رقم 340 للإسمنت البورتلاندي " ، ليبيا، 1997 .
- [7] America Society for Testing and Materials, " ASTM C150: Standard Specification for Portland Cement " , 2007.
- [8] America Society for Testing and Materials, " ASTM C187 : Standard Test Method for Amount of Water Required for Normal Consistency of Hydraulic Cement Paste " , 2002.
- [9] America Society for Testing and Materials, " ASTM C127: Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregates " , 1985.
- [10] America Society for Testing and Materials, " ASTM C29: Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Concrete " , 1985.
- [11] American Society for Testing and Materials, " ASTM C1585 : Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Concrete " , London , 2004 .



- [12] British Standard Institution, " BS 882 : 1992 , Specification of Aggregate from Natural Sources for Concrete " , London , 1983 .
- [13] America Society for Testing and Materials, " ASTM C128: Standard Test Method for Testing for Specific Gravity and Absorption Capacity of Fine Aggregates " , 1985.
- [14] America Society for Testing and Materials, "ASTM C143: Standard Test Method for Slump of Hydraulic - Cement Concrete " , 2003.
- [15] America Society for Testing and Materials, "ASTM C360: Standard Test Method for for Ball penetration in Freshly Mixed Hydraulic Cement Concrete " , 1992.
- [16] British Standard Institution, " BS 1881 Part 116: The Compressive Strength of Cubic Concrete Specimens " , London , 1983.
- [17] America Society for Testing and Materials, "ASTM C143: Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens " , 1998.
- [18] America Society for Testing and Materials, " ASTM C597: Standard Test Method for Pules Velocity Through Concrete " , 2016.
- [19] American Society for Testing and Materials, " ASTM C642 : Standard Test Method for Density , Absorption, and Voids in Hardened Concrete " , London , 2013.



## المحتويات

الصفحة	أسم الباحث	أسم البحث	ت
2	Yousf A. Hammad and Salah A. M.Sultan <sup>2</sup>	SOFTWARE PACKAGE FOR POLYMERIC POWER CABLE SYSTEM	1
13	Gumaa Abdelaziz Hasan, Mohammed Ali Abdalla Elsageer, Hamed Suliman Abulaaj, Ibraheem Mohammed Emaiteeg, AbdAlhadi Omar Bin hander	THE EFFECT OF HEAT ON THE CONCRETE STRENGTH	2
21	Ahmed A. B. Alarabi and khaled A. Hassan	VISUAL DETERMINATION OF CAVITATION DEGREES IN HIGH ENERGY CENTRIFUGAL PUMPS	3
36	أ. محمد بشير أبو هدمة وأ. إبراهيم حسين بلاش و د. فرحات غريبي فرحات و محمد صلاح أبو هدمة و مراد أبو بكر الأغا وهبة على حامد	دراسة تأثير الاستبدال الجزئي للإسمنت بغيره الرخام على مقاومة الضغط للخرسانة	4
47	Mohamed. Abdlsameea, M. A. Nwir, Laila Tumi Ramdan	Modelling Of Die-Less Tube Sinking Process Using A Combined Pressure Unit, Theoretical Predictions	5
61	Areeg A. Tetewi and B.F.Yousif	Prediction Of Friction Coefficient Using Artificial Neural Network	6
74	أ. إبراهيم حسين بلاش وأ. محمد بشير أبو هدمة و د. فرحات غريبي فرحات و د. عمر السنوسي فلغوش	إنتاج خرسانة خفيفة الوزن وصديقة للبيئة بتوظيف مخلفات الإطارات والفلين المتوفرة محلياً	7



## كلمة مدير التحرير

بسم الله الرحمن الرحيم

والصلاة والسلام على سيد الخلق أبو القاسم محمد صلى الله عليه وعلى آله بيته الطيبين الطاهرين وبعد...

يسر أسرة هيئة تحرير مجلة البحوث الهندسية والعلوم التطبيقية بكلية التقنية الهندسية – هون أن تطلبعدها السادس – المجلد الأول ديسمبر 2018، والذي يغطي بعض المواضيع العلمية في مجالات الهندسة والعلوم التطبيقية.

إن البحوث المنشورة في هذا المجلد قد قام بتقييمها عدد من الأساتذة المشهود لهم بالقدرة والكفاءة في اختصاصهم، ونحن ننتهز هذه الفرصة لنتقدم بالشكر الجزيل للإخوة مؤلفي الأوراق البحثية والمقيمين وكل من ساهم في استصدار هذا المجلد. كما نؤكد أن الأفكار والآراء الواردة في الأوراق البحثية لا تعبر بالضرورة عن رأي أسرة التحرير وتبقى محتوياتها تخص مؤلفيها، ونرحب من جهتنا بأية ملاحظات بالخصوص. ونحن إذ نقدم هذا المجلد فإننا نأمل أن يكون مصدرا هاما ومفيدا للمعلومات في مجاله، ودفعا لمزيد من الدراسة والبحوث والفائدة، وندعو كافة الإخوة الأساتذة والباحثين لدعم استمرارية المجلة بالبحوث القيمة لما فيها من فائدة وتطور وتقدم المسيرة العلمية بلدنا الحبيب ليبيا وسائر أقطار الأمة العربية. ونرجو من الله العلي القدير أن يوفقنا لتكون هذه المجلة منهلًا ودليلاً نيرا في مجال البحوث والدراسات العلمية، كما ننتهز هذه الفرصة لنتقدم بالشكر للأخ د. عميد الكلية والأخ رئيس مكتب الشؤون العلمية ورؤساء الأقسام العلمية وكذلك الأخوة أعضاء أسرة التحرير على دعمهم المعنوي اللا محدود وحرصهم على صدور هذه المجلة.

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

أ. د. أحمد السنوسي العربي

مدير التحرير



## كلمة عميد الكلية

بسم الله الرحمن الرحيم

إن مسيرة أكثر من ربع قرن من الزمن لم تكن عبثا ولا هدرا بل عطاء متجددا مستمرا وتألقا رائعا وإبداعا متميزا. عطاء متجددا مستمرا تمثل في الدفعات المتعاقبة من الخريجين والخريجات في مجالات الهندسة الكهربائية والميكانيكية والمدنية وهندسة السلامة والذين تجاوز عددهم أكثر 1500 خريج وخريجة.

إن تألق هذه المنارة العلمية يتمثل فعلا فيما يغدقه عليها خريجوها من سمعة زكية طيبة عاما بعد عام والتي صارت بحمد الله غير خافية على أحد حيث اثبت هؤلاء جدارتهم في جميع المواقع التي ارتادوها وان تقلدهم للمواقع المتقدمة في مؤسساتنا الصناعية والخدمية المختلفة وفي مقدمتها قطاع الكهرباء والنفط والنهر الصناعي العظيم هو خير دليل على ذلك.

يسعدني ويشرفني إن أقدم لكم العدد السادس لمجلة البحوث الهندسية والعلوم التطبيقية الصادرة عن كلية التقنية الهندسية بهون لكل الباحثين والمهتمين في مجالات الهندسة والعلوم التطبيقية المتنوعة الشيقة أملا أن يجدوا في ما يحويه هذا الإصدار جوابا لسؤال أو تقييدا لمعلومة أو شرحا توضيحيا لظاهرة. نقدم هذا الجهد المتواضع مساهمة من هذا الصرح العلمي في نشر العلم والمعرفة بين أبناء هذا المجتمع الوفي. وإتاحة للفرصة وفتحاً لباب المشاركة والمساهمة لكل الراغبين في القيام بهذه المهمة الشريفة، فإننا ندعو كافة الإخوة الباحثين في الجامعات والمعاهد العليا والمراكز المتقدمة والمؤسسات البحثية والعلمية المشاركة بأوراقهم البحثية والدراسية لنتمكن من مواكبة النهضة العلمية والثقافية في بلدنا الحبيب ليبيا.

كما يسرني أن أتقدم بالشكر الجزيل لأسرة تحرير هذه المجلة على جهودهم وعملهم الدؤوب وعلى كل حبة عرق تقصدت عنها جباههم الكريمة والى أسرة هذه المؤسسة العريقة من أعضاء هيئة التدريس والموظفون والطلاب والى وكل من دعمنا ومد يد العون والمساعدة ولو بكلمة طيبة في إصدار هذا العدد راجين من الجميع الاستمرار في التعاون والتواصل لتستمر أعداد هذه المجلة في الصدور.

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

د. السنوسي عبد الرحمن العطشان  
عميد الكلية



### تشرط المجلة فى البحوث المقدمة إليها ما يلى:

- 1- يجب أن تكون البحوث المقدمة إلى المجلة أصلية، ولم يسبق أن نشرت أو قدمت للنشر في مجلة أخرى، ويتعهد مقدم البحث بذلك خطياً.
- 2- لا يجوز إعادة نشر البحوث التي نشرت أو التي قبلت للنشر، كما لا يحق لمقدم البحث طلب استرجاع بحثه في حالة القبول.
- 3- ترسل إلى المجلة ثلاث نسخ من البحث باللغة العربية أو باللغة الإنكليزية وحسب المواصفات المدونة أعلاه.
- 4- تحتفظ هيئة التحرير بحقها في إعادة البحث إلى مقدمه لتحسين الصياغة أو لإجراء أي تغييرات من الحذف، أو الإضافة بما يتناسب مع الأسس العلمية لشروط المجلة. كما تحتفظ بحقها في أن تحذف أو تعيد صياغة بعض الكلمات بما يتلاءم مع أسلوبها في النشر من دون الرجوع إلى مقدم البحث .
- 5- تلتزم هيئة التحرير بأشعار مقدم البحث بوصول بحثه في موعد أقصاه أسبوع من تاريخ استلامه كما تلتزم بأشعار الباحث بقبول بحثه للنشر أو عدم قبوله فور إتمام إجراءات التقييم.
- 6- تعرض البحوث المقدمة للنشر على محكمين من ذوي الاختصاص تختارهم هيئة التحرير سرياً.
- 6- ترسل إلى مقدم البحث نسخة من العدد الذي تم فيه نشر بحثه.
- 7- ترسل البحوث وجميع المراسلات المتعلقة بالمجلة باسم رئيس هيئة التحرير على العنوان التالي:

**دولة ليبيا**

**هون - الجفرة**

**كلية التقنية الهندسية - هون**

مجلة البحوث الهندسية والعلوم التطبيقية

ص . ب : 61160

بريد مصور : 2603052 - 57 - 00218

بريد إلكتروني : jeras@ceh.edu.ly



## قواعد التقديم لنشر الأوراق العلمية بالمجلة

ترحب مجلة البحوث الهندسية والعلوم التطبيقية الصادرة عن كلية التقنية الهندسية - هون ببحوث أعضاء هيئة التدريس وطلبة الدراسات العليا في الجامعات والمؤسسات والهيئات العلمية المختصة والمراكز البحثية داخل ليبيا وخارجها، وللمشاركة بالبحوث العلمية يطلب من الجميع التقيد بما يلي:  
تخطيط الصفحة والمسافات الفاصلة

- تحتوي الصفحة الأولى على اسم المؤلف أو (أسماء المؤلفين)، اسم المؤسسة الأكاديمية أو البحثية التي ينتمي لها المؤلف، اسم المؤلف المتقدم بالبحث، العنوان البريدي، عنوان البريد الإلكتروني، وملخص الورقة العلمية والذي يجب أن يكون مكتوب في عمود واحد وفي حدود 250 كلمة.
- باقي الورقة أو البحث يكتب على هيئة عمودين عرض كل عمود 76mm المسافة بينهما 10mm وبتباعد أسطر مفرد.
- في حالة وجود رموز تعريفية (Nomenclature) فإنها تكتب مباشرة بعد الملخص مباشرة وقبل المقدمة وتكتب على هيئة عمودين ، عمود به الرمز والآخر به الوصف والوحدة.
- يجب ترك مسافة بادئة لكل الفقرات ما عدا الفقرات التي تتبع رؤوس المواضيع.
- يجب فصل المعادلات والفقرات المقتبسة الطويلة والنظريات والملاحظات الخاصة والجداول والأشكال عن الفقرات المحيطة بها بترك سطر خالي أعلاها وأسفلها.
- الخط المستخدم في الورقة ( Times New Roman )،عنوان البحث يكتب بحجم 16pt، أسماء المؤلفين تكتب بحجم 14pt، اسم المؤسسة والعنوان البريدي يكتب بحجم 12pt، الملخص وباقي الورقة والمعادلات يكتب بخط حجمه 12pt وتكتب الملاحظات أسفل الصفحة بخط حجمه 10pt .
- يجب ألا يقل حجم الخط في الجداول والأشكال والمنحنيات عن 8pt وعلى أن تكون الجداول والأشكال والمنحنيات في منتصف العمود قدر الإمكان وترقم تسلسليا.
- لإيضاح النص الذي يراد التأكيد عليه يستخدم الشكل المائل للخطوط (الايطالي).

## المعادلات الرياضية

- تكتب المعادلات بصيغة رياضية مختصرة في السطر.
- رقم المعادلات بأرقام تسلسلية.
- أترك سطر خالي قبل وبعد كل معادلة.
- يكتب رقم الصفحة أسفل الصفحة في الوسط في سواء كانت الكتابة باللغة العربية أو باللغة الإنجليزية.

## المراجع:

تكتب المراجع على الصورة التالية:

- [1] اسم المؤلف، "عنوان البحث أو الكتاب"، اسم المؤتمر المنشور فيه البحث، رقم المجلد، رقم الاصدار، أرقام الصفحات، اسم الدولة، سنة النشر.



## هيئة التحرير

رئيس التحرير  
مدير التحرير  
عضواً  
عضواً

أ. عمر الأمين فكرانة  
أ.د. أحمد السنوسي العربي  
د. محمد طارق السعيد  
د. ميربي راجا سلوشنال سوساي

## المراسلات باسم رئيس هيئة التحرير على العنوان التالي:

دولة ليبيا

هون - الجفرة

كلية التقنية الهندسية - هون

مجلة البحوث الهندسية والعلوم التطبيقية

ص. ب. : 61160

بريد مصور : 00218 - 57-2603052

بريد إلكتروني: jeras@ceh.edu.ly

\* سعر النسخة الواحدة داخل ليبيا - ديناران .

أسعار الاشتراكات للسنة الواحدة	في داخل ليبيا	في خارج ليبيا
للأفراد	(5) دينار	(15) دولار
للمؤسسات	(3) دينار	(10) دولار

(الآراء والمعلومات الواردة في البحوث لا تعبر بالضرورة عن رأي المجلة )



# مجلة البحوث الهندسية والعلوم التطبيقية

علمية – تقنية – هندسية – متخصصة

مجلة محكمة نصف سنوية

تصدر عن كلية التقنية الهندسية – هون

المجلد الأول، العدد – (6) –

— [ديسمبر ( 2018 ) ] —

JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH AND APPLIED SCIENCES (JERAS)  
6<sup>th</sup> Edition –Volume (1) - December 2018, ( Hoon – Libya ), ISSN 2414-6515



كلية التقنية الهندسية - هون

# مجلة البحوث الهندسية والعلوم التطبيقية

العدد السادس – المجلد الأول ISSN 2414-6515

# JERAS

هون – ليبيا ديسمبر 2018  
ص.ب. 61160 هون - ليبيا  
إلكتروني بريد Jeras@ceh.edu.ly

JERAS

مجلة نصف سنوية محكمة تصدر عن كلية التقنية الهندسية – هون ISSN 2414-6515