

# INFLUENȚA UZURII CUTITELOR BURGHIELUI ASUPRA REZISTENȚEI LA PATRUNDERE, LA FORAJUL ORIZONTAL CU BURGHIU, ÎN PĂMÂNTURI COEZIVE.

Șoimușan Valentin, Prof.univ.dr.ing. – Facultatea de Utilaj Tehnologic – UTCB  
[valentinsoimusan@yahoo.com](mailto:valentinsoimusan@yahoo.com)

## Abstract

This paper aims to determine the influence of the resistance to sliding wear knife drill, the drilling in cohesive soils

## 1. INTRODUCERE

În procesul de forare orizontală, cu mașina de forat cu burghiu, se utilizează o mașină de forat ce are ca organ de lucru un burghiu prevăzut cu cap de foraj, compus dintr-un vârf de centrare și cuțite pentru dislocarea pământului.

Operația de forare are loc prin rotirea și împingerea burghiului în pământ, când acesta dislocă și evacuează pământul dislocat. Supus mișcării simultane de rotire și avans, vârful capului de foraj pătrunde în pământ realizând gaura necesară trecerii arborelui burghiului, îndeplinind în același timp și rolul de centrare, cuțitele dislocă pământul ce este evacuat de spira elicoidală a burghiului.

Pe lângă alți factori, o influență deosebită asupra rezistenței la pătrunderea capului de foraj în pământ o are forma constructivă a acestuia. Forma capului de foraj este impusă funcție de condițiile concrete de lucru, în special de natura pământului străbătut.

În practică, este des întâlnit burghiul dotat cu cap de foraj prevăzut cu vârf cilindric și două cuțite cu tăiș drept (fig.1).

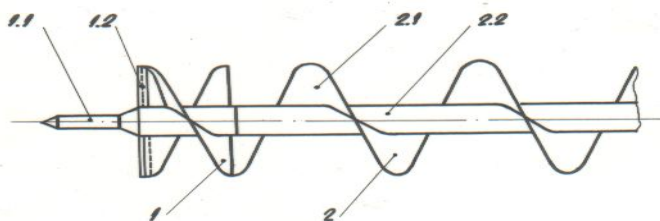


Fig.1.

1 – cap de foraj; 1.1. – vârf; 1.2 – cuțite; 2 – tronson burghiu; 2.1. – spiră; 2.2. - arbore

Rezistența la avans întâmpinată de organul de lucru la pătrunderea sa pământ este influențată substanțial de rezistența la patrunderea capului de foraj în pământ.  
 a pătrunderea capului de foraj în pământ, acesta întâmpină rezistența :

$$R_{c,f} = R_v + R_c \quad (1)$$

unde :

$R_v$  reprezintă rezistența la pătrunderea vârfului în pământ ;  
 $R_c$  - rezistența la pătrunderea cuțitelor în pământ.

Pentru prezenta lucrare ne interesează rezistența la pătrunderea cuțitelor în pământ.

In lucrarea [2] au fost stabilite relațiile de calcul pentru rezistența la pătrunderea cuțitelor unui burghiu cu cap de foraj cu vârf cilindric și cuțite cu tăiș drept, dispuse radial pe axa burghiului, ca cel din fig.1, la forarea in pamanturi coezive :

$$R_c = m \frac{D_c - d_a}{2} \left[ p_{opt} - k_d h \frac{\cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon)}{\cos \varphi_1} \right] \quad (2)$$

unde:

- $m$  reprezinta numărul de cuțite;
- $D_c$  - diametrul cuțitelor;
- $d_a$  - diametrul arborelui burghiului;
- $p_{opt}$  - presiunea pasiva liniara;
- $k_d$  - rezistenta specifica la desprinderea si deformarea aschiei de pamant;
- $h$  - adâncimea de pătrundere a unui cuțit la o rotație;
- $\varphi_1$  - unghiul de frecare dintre cutit si pamant ( fig.2);
- $\beta$  - unghiul de ascutire a cutitului;
- $\varepsilon$  - unghiul be asezare a cutitului.

Aceasta relație a fost stabilita pentru cutite ascuțite, adică neuzate.

Relatia a fost stabilita plecand de la ipoteza ca la patrunderea unui segment elementar de cutit de lungime  $dr$ , dispus la distanta  $r$  fata de axa burghiului, actioneaza fortele din figura 2 :

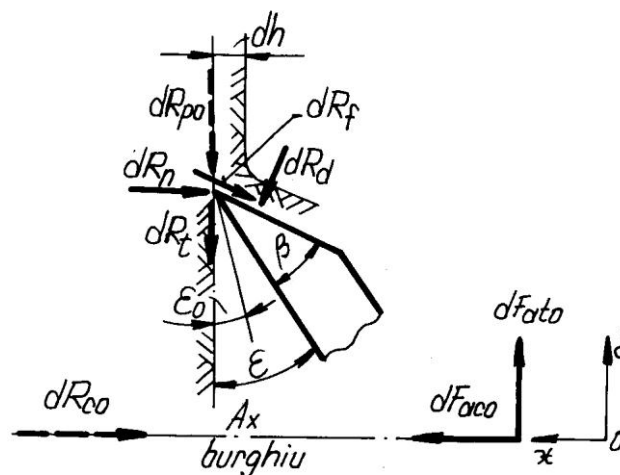


Fig.2

- $dR_t$  reprezinta rezistenta elementara la taiere ;
- $dR_n$  - forta normala elementara de apasare a pamantului pe muchia cutitului ;

$dR_d$  – rezistența elementară la deformarea aschiei de pamant, normala pe suprafața de degajare ;

$dF_f$  - forța elementară de frecare ce apare pe suprafața de degajare.

În realitate , după un anumit timp de lucru cuțitele se uzează schimbându-și geometria, ceea ce conduce la creșterea rezistenței la pătrundere cu toate consecințele ce decurg de aici.

Prezenta lucrare, încearcă să stabilească care este influența uzurii asupra mărimii rezistenței la patrunderea cuțitelor in pamanturi coezive.

## 2. REZISTENȚA LA PĂTRUNDEREA CUȚITULUI UZAT, LA FORAREA ÎN PĂMÂNTURI COEZIVE

La pătrunderea într-un *pământ coeziv* a unui cuțit elementar uzat, având lungimea  $dr$ , dispus la distanța  $r$  față de axa burghiului, asupra lui acționează, în afara forțelor  $dR_d$ ,  $dR_n$ ,  $dR_t$ ,  $dF_f$  apar la cuțitul neuzat și forțele suplimentare  $dN_3$  și  $dF_{f3}$  (fig. 3a) : Aceste forțe sunt :

$dN_3$  - reprezintă forța elementară normală, apăsare pe suprafața frontală nou aparuta ;

$dF_{f3}$  - forța elementară de frecare pe suprafața frontală.

Aceste forțe sunt date de relațiile [ 2 ] :

$$dR_d = k_d dh dr \quad (3)$$

$$dR_n = p_{op} dr \quad (4)$$

$$dR_t = k_t dr \quad (5)$$

$$dF_f = k \tan \varphi_1 dR_d \quad (6)$$

$$dN_3 = p_{op} \frac{\sin \beta}{\sin \varepsilon \sin(\beta + \varepsilon)} dr dy \quad (7)$$

$$dF_{f3} = \tan \varphi_1 dN_3 \quad (8)$$

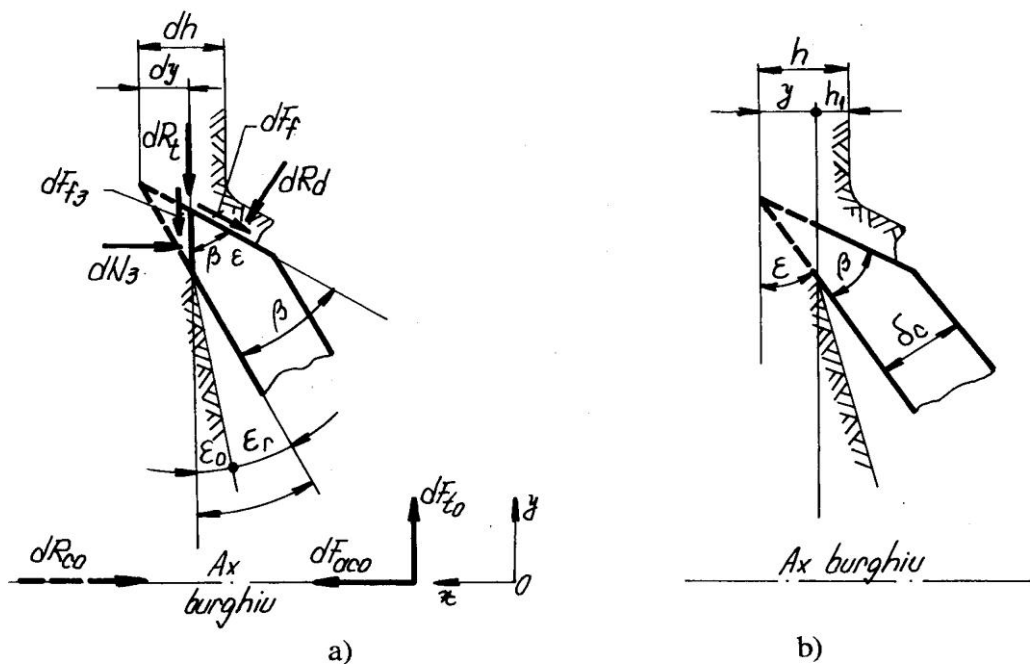


Fig.3

unde :

- $k_t$  reprezinta rezistenta specifica la taierea aschiei de pamant ;
- $p_{op}$  - presiunea orizontala pasiva exercitata asupra cutitelor ;
- $dh$  - adancimea elementara de patrundere a cutitului elementar ;
- $dr$  - lungimea unui segment elementar de cutit ;
- $dy$  - uzura elementara a cutitului.

Celelalte notatii au semnificatia data mai sus.

Proiectând aceste forțe pe axa longitudinală a burghiului, rezultă mărimea rezistenței elementare  $dR_{co}$  opusă de pământ la pătrunderea unui cuțit elementar uzat :

$$dR_{co} = dN_3 + dF_f \sin(\beta + \varepsilon) - dR_d \cos(\beta + \varepsilon) \quad (9)$$

Inlocuind forțele elementare cu valorile date de relațiile ( 3 ), ( 6 ) și ( 7 ) și având în vedere limitele de integrare rezistenta la patrunderea unui cutit uzat  $R_{cuo}$ , se exprima prin relatia :

$$R_{cuo} = \left[ p_{0op} \frac{\sin \beta}{\sin \varepsilon \sin(\beta + \varepsilon)} \int_0^y dy - k_d \frac{\cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon)}{\cos \varphi_1} \int_y^h dh \right] \int_{d_a/2}^{D_c/2} dr \quad (10)$$

Calculand integralele și notand cu  $m$  numărul cutitelor rezulta rezistenta totala  $R_{cu}$  la patrunderea cutitelor uzate într-un pamant coeziv :

$$R_{cu} = m \frac{D_c - d_a}{2} \left[ p_{0op} y \frac{\sin \beta}{\sin \varepsilon \sin(\beta + \varepsilon)} - k_d (h - y) \frac{\cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon)}{\cos \varphi_1} \right] \quad (11)$$

Notand ( fig.3.b ) :  $h - y = h_1$  (12)  
rezistenta totala  $R_{cu}$  devine :

$$R_{cu} = m \frac{D_c - d_a}{2} \left[ p_{0op} y \frac{\sin \beta}{\sin \varepsilon \sin(\beta + \varepsilon)} - k_d h_1 \frac{\cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon)}{\cos \varphi_1} \right] \quad (13)$$

unde ( fig.3.b ):

- $h_1$  reprezintă adâncimea de pătrundere a cuțitului uzat, la o rotație a burghiului ;
- $y$  - uzura cuțitului uzat .

Analizand relatia (11) se observa influenta deosebita pe care o exercita uzura  $y$  asupra rezistentei intampinate de de cutitele uzate, in sensul ca o crestere a uzurii conduce la ocrestere a marimii rezistentei la patrundere a cutitelor uzate.

Comparand relatia ( 2 ) care da valoarea rezistentei  $R_c$  la patrundere cutitelor a neuzate cu relatia (13) care da valoarea rezistentei  $R_{cu}$  la patrunderea cutitelor uzate se constata ca rezistenta intampinata de cutitele uzate este mai mare decat rezistenta intampinata de cutitele neuzate, adica  $R_{cu} > R_c$  deoarece :

- suprafata frontala aparuta ca urmare a uzurii cutitelor fiind mult mai mare decat " suprafata " taisului care este o muchie rezulta ca  $p_{op} y \frac{\sin \beta}{\sin \varepsilon \sin(\beta + \varepsilon)} > p_{ol}$  , iar
- adancimea  $h_1$  de patrundere a cutitului uzat este mai mica decat adancimea de patrundere a cutitului neuzat  $h_1 < h$

Atunci cand uzura este mica tinzand spre zero, expresia  $p_{op} y \frac{\sin \beta}{\sin \varepsilon \sin(\beta + \varepsilon)}$  tinde sa ia valoarea presiunii liniare  $p_{ol}$ , adica :

$$\lim_{y \rightarrow 0} p_{op} y \frac{\sin \beta}{\sin \varepsilon \sin(\beta + \varepsilon)} = p_{ol} \quad (14)$$

Daca uzura este zero ( $y = 0$ ) rezistenta la patrunderea cutitelor este minima si are marimea :

$$R_{cu} = R_c = m \frac{D_c - d_a}{2} \left[ p_{opl} - k_d h \frac{\cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon)}{\cos \varphi_1} \right] \quad (15)$$

Deci s-a obtinut relatia de calcul a rezistentei intampinate de cutitele neuzate.

Daca cutitele sunt complet uzate, uzura are valoarea maxima, adica  $y = h_0$  ( fig.4.a), iar geometria cutitelor se modifica si mai defavorabil.

### 3. REZISTENȚA LA PĂTRUNDEREA CUȚITULUI COMPLET UZAT, LA FORAREA ÎN PĂMÂNTURI COEZIVE

Cutitul complet uzat , la care taisul a disparut complet, isi modifica geometria si mai defavorabil astfel incat la cotactul cu pamantul apare o suprafata frontala a carei marime este maxima,iar unghiul de ascutire se modifica luand valoarea  $\varepsilon$  ( fig.4. )

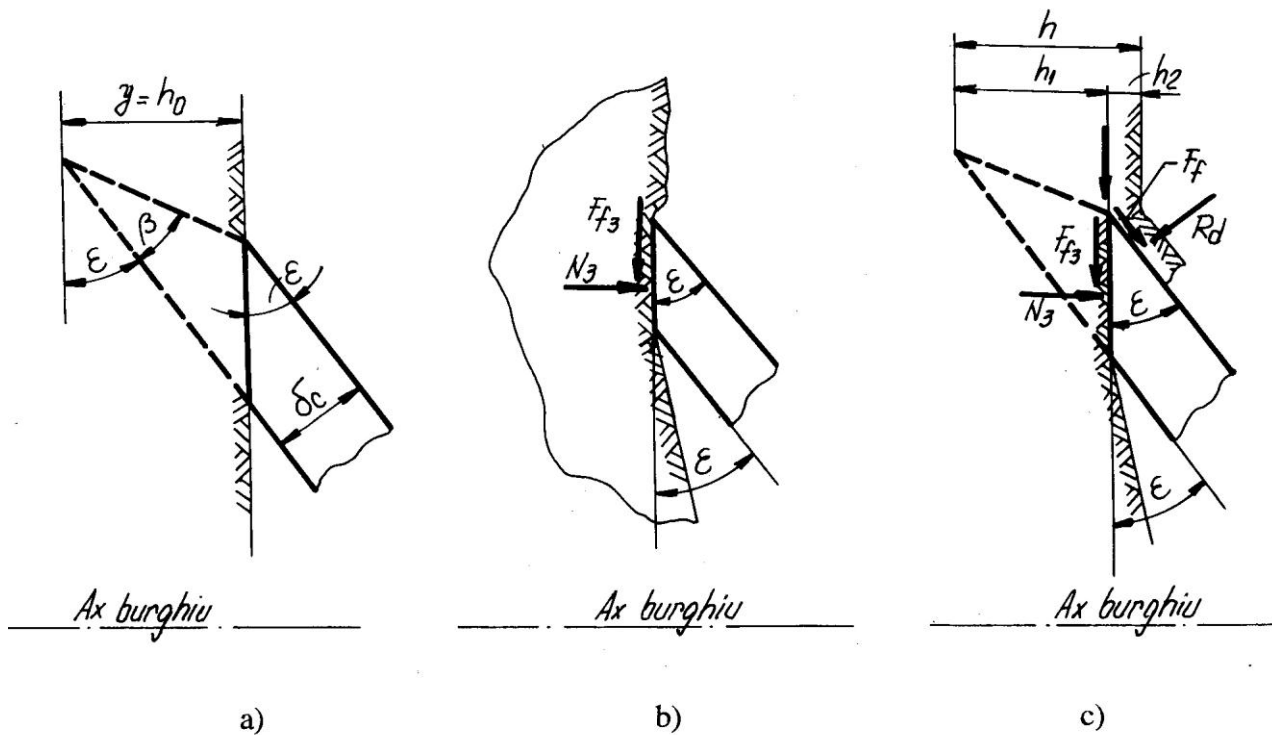


Fig.4

Ca urmare, pe suprafata frontala apar forte – forta normala  $N_3$  si forta de frecare  $F_{f3}$  ( fig.4.a si fig. 4.c) - a caror valoare este maxima.

Utilizarea cutitelor complet uzate poate (la care a disparut complet taisul ),duce la aparitia a doua situatii :

- Situatia in care avansul este nul, cand uzura devine  $y = h_0 = h$  ( fig.4.a ), iar rezistenta la patrunderea cutitelor este maxima :

$$R_{ccu}^{max} = m \frac{D_c - d_a}{2} h_0 p_{op} \frac{\sin \beta}{\sin \varepsilon \sin(\beta + \varepsilon)} \quad (16)$$

sau exprimand-o functie de grosimea cutitului  $\delta_c$  :

$$R_{ccu}^{\max} = mp_{op} \frac{D_c - d_a}{2} \frac{\delta_c}{\sin \varepsilon} \quad (17)$$

In acest caz ,cand rezistenta la patrundere este maxima, cutitele nu avanseaza deoarece intrega energie transmisa de burghiu se consuma numai pentru invingerea frecarilor.

- Situatia in care forta de avans  $F_{ac}$  este suficient de mare astfel incat, la o rotatie, cutitele complet uzate, sa patrunda in pamant cu adancimea  $h_2 = h - h_0$  ( fig.4.c ). In acest caz asupra unui cutit actioneaza fortele din fig.4.c. Avand in vedere ca unghiul de ascutire al cutitului a devenit  $\varepsilon$  uzura poate fi exprimata prin relatia :

$$y = h_0 = \delta_c \frac{\sin(\beta + \varepsilon)}{\sin \beta} \quad (18)$$

Inlocuind pe  $y$  in relatia ( 11 ) si tinand cont ca noul unghi de ascutire este  $\varepsilon$  se obtine marimea rezistentei la patrunderea cutitelor complet uzate intr-un pamant coeziv,  $R_{ccu}$  :

$$R_{ccu} = m \frac{D_c - d_a}{2} \left[ P_{op} \frac{\delta_c}{\sin \varepsilon} - k_d h_2 \frac{\cos(\varepsilon + \varphi_1)}{\cos \varphi_1} \right] \quad (19)$$

Comparand relatia ( 19 ) cu relatia ( 17 ) se constata ca atunci cand cutitele complet uzate desprind o aschie de pamant coeziv, rezistenta intampinate de cutite la patrundere este mai mica decat rezistenta intampinata la patrunderea acelorasi cutite fara desprinderea aschiei de pamant, adica  $R_{ccu} < R_{ccu}^{\max}$ . Fenomenul este explicabil deoarece pentru unghiul  $\varepsilon + \varphi_1 < 90^0$  rezistenta la deformarea aschiei de pamant devine o forta activa ce ajuta la patrunderea cutitelor in pamant.

#### 4. CONCLUZII

Avand in vedere ca pe parcursul executarii operatiei de forare cutitele se uzeaza si de fapt in majoritatea timpului de lucru cutitele capului de foraj sunt in permanenta mai mult sau mai putin uzate, apare necesitatea analizei aprofundate a influentei uzurii asupra organului de lucru. Prezenta lucrare incearca sa faca o astfel de analiza pentru forare in pamanturi coezive.

In urma analizei conditiilor care apar in noua situatie de lucru , cand cutitele sunt uzate, s-au putut stabili relatii de calcul a rezistentei intampinate de cutitele uzate la patrunderea lor in pamant. ( 11 ), ( 13 ), (16), ( 17 ) si ( 19 )..

In toate cazurile rezistenta la patrunderea pentru cutitelor uzate creste o data cu cretera uzurii.

In cazul in care masina continua sa lucreze, ajungand sa aiba cutitele complet uzate , adica partea ascutita ( taisul cutitului ) dispare cu totul ( fig.4 ), cand cutitul isi schimba forma geometrica, rezistenta intampinata la patrundere atinge valoarea maxima data de relatiile (16) si ( 17 ).

Din comparare relatiilor ( 17 ) cu ( 19 ) se constata ca la forare cu cutite complet uzate, in pamanturi coezive, rezistenta la patrundere este mai mica in cazul in care se desprinde o aschie de pamant fata de cazul in care nu se desprinde , cand avansul este nul.

Interesant este ca la forarea cu cutite uzate in pamanturi ce au o coeziune mare, ( la fel ca la forare cu cutite neuzate ), corelat cu grosimea mare a aschiei de pamant, rezistenta la deformarea brazdei poate avea o valoare atat de mare incat rezistenta la patrunderea cutitelor sa devina o forta activa , care sa ajute la avansul burghiului. Acest lucru se intampla in special la cutite bine ascutite.

Din analiza relatiilor care dau valoarea rezistentei la patrunderea cutitelor uzate se observa ca o influenta importanta asupra marimii ei o au parametrii cutitului.

Astfel se observa ca o *crestere* a unghiului de de taiere  $\theta = \beta + \varepsilon$  conduce la o *micsorare* a *rezistentei maxime la patrundere*  $R_{ccu}^{\max}$ . De asemenea o *crestere* a unghiului de asezare  $\varepsilon$  conduce la o *micsorare a rezistentei maxime la patrundere*  $R_{ccu}^{\max}$ .

Cum rezistenta  $R_{ccu}^{\max}$  depinde simultan atat de unghiul de taiere  $\theta$  cat si de unghiurile de ascutire  $\beta$  si de asezare  $\varepsilon$ , pentru obtinerea unor concluzii corecte, se analizeaza influenta simultana a acestor unghiuri asupra marimii rezistentei suplimentare.

Din analiza facuta rezulta ca rezistenta  $R_{ccu}^{\max}$  scade o data cu cresterea unghiurilor de de taiere  $\theta$  si de asezare  $\varepsilon$ , dar micsorarea unghiului de ascutire  $\beta$ . Deci, *pentru micsorarea rezistentei suplimentare ce apare datorita uzurii cutitelor, se impune marirea unghiului de taiere  $\theta$  facuta prin cresterea unghiului de asezare  $\varepsilon$  cu mentinerea unghiului de ascutire  $\beta$  la valoare minima admisa.*

La *cutitele complet uzate*, cand unghiul de ascutire  $\beta$  dispare, micorarea rezistentei suplimentare se face prin *cresterea unghiului de asezare  $\varepsilon$* .

In concluzie, ***pentru reducerea rezistentei suplimentare ce apare in cazul forarii cu cutite uzate, la proiectare capul de foraj va fi astfel conceput incat cutitele sa aiba unghiul de taiere  $\theta$  si unghiul de asezare  $\varepsilon$ , cat mai mari, iar unghiul de ascutire  $\beta$  cat mai mic, in limitele admisibile ( pentru a asigura durabilitatea cutitului se recomanda  $\beta > 20^{\circ} - 22^{\circ}$  )***. Alegerea acestor parametrii contribuie si la *reducerea rezistentei la patrundere si pentru cutitele ascutite.*

Alegerea corecta a acestor parametrii conduce la reducerea marimii rezistentei la patrundere a cutitelor burghiului si prin aceasta la un *consum energetic mai mic*.

Avand in vedere importanta uzurii cutitelor asupra cresterii rezistentei la patrundere, cu toate toate consecintele negative ce decurg de aici, la proiectare lor se impune alegerea unui otel rezistent la uzura.

Pe de alta parte, tinandu-se cont si de influenta proprietatilor fizico-mecanice ale pamantului asupra rezistentei la avans (deci si asupra rezistentei la patrundere) recomandabil ar fi ca alegerea parametrilor capului de foraj sa se faca in concordanta cu natura pamantului. **Avand in vedere reducerea consumului energatic, consider ca se impune dotarea fiecărei masini de forat cu un set de capate de foraj prevazute cu cutite adecvate pentru principalele categorii de pamant intalnite.**

## Bibliografie

[1] Șoimușan Valentin - Influența uzurii cuțitelor burghiului asupra rezistenței la pătrundere, la forajul orizontal cu burghiu, în pământuri necoezive Comunicare la al XV- lea Simpozion National de Utilaje pentru Constructii, SINUC 2009, 17-18. 2009, București.

[2] Valentin Șoimușan – Forarea orizontala cu burghiu. Baze teoretice. Editura CONSPRESS, Bucuresti, 1998.

