



A XVI-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2016

OPTIMIZAREA FUNCȚIONĂRII UNEI PRIZE DE APĂ ECOLOGICE PRIN TESTAREA UNUI MODEL LA SCARĂ REDUSĂ

Rareș – Andrei CHIHAI, Lucian MÂNDREA, Gabriela OPRINA,
Lucia-Andreea EL-LEATHEY, Bogdan CORBESCU

ECOLOGICAL WATER INTAKE OPTIMIZATION BY SMALL SCALE MODELLING

The main objective of the paper is to demonstrate the efficiency of an ecological water intake by optimizing its operation using experimental modelling techniques. The tests have been performed on a dedicated small scale model integrated in a specially design testing flume.

This paper presents the general considerations regarding the ecological intakes for Mountain Rivers and focuses on identifying design methods suitable for performance increasing. A simplified prototype installation was designed starting from the patented sand-less ecological intake. Based on this design, a 1:10 small scale model was developed and installed in a dedicated stand. It was possible to determine the water speed, the flow from the main channel and the captured flow in different testing conditions, by using specific measuring equipment and methods. The obtained results were transposed to the prototype installation by applying Froude similarity criteria, proving to be useful to the elaboration of the main design parameters for water intakes.

Keywords: water intakes, Mountain Rivers, experimental model, similarity

Cuvinte cheie: prize de apă, râuri de munte, model experimental, similitudine

1. Considerații generale

Pentru captarea apei râurilor din zona de munte se folosesc frecvent prizele tiroleze. Acestea se utilizează pentru alimentarea cu

apă a microhidrocentralelor fără lac de acumulare și permit captarea debitelor și concentrarea lor în scopul turbinării aval de captare. Soluțiile propuse pentru amenajarea de microhidrocentrale cu impact redus asupra mediului vizează în principal circuitul hidraulic al acestora. Factorul cel mai important care determină funcționarea unei microhidrocentrale la parametri previzionați este reprezentat de asigurarea debitului necesar. Având în vedere faptul că debitele în albia unui râu pot avea variații semnificative, se impune necesitatea unor prize de apă cu funcționare eficientă indiferent de regimul debitelor. Proiectarea unor astfel de echipamente devine tot mai dificilă atunci când trebuie asigurate și condițiile ecologice ale râului prin păstrarea conectivității longitudinale și protecția faunei piscicole [1].

Neglijarea condițiilor concrete locale este principala cauză ce determină dificultățile care apar în exploatarea prizelor. Dat fiind rolul însemnat pe care îl au aceste condiții, nu se pot furniza soluții standard pentru prizele de apă din râuri. Cu toate acestea, există aspecte cu caracter general, care apar la orice priză. Din analizarea acestor aspecte, se pot desprinde concluzii utile pentru proiectare și chiar pentru anumite principii de amenajare a prizelor de apă [2].

2. Caracteristici specifice ale prizei de apă ecologice

O soluție brevetată recent, care răspunde cerințelor de exploatare și are o influență minimă asupra mediului este reprezentată de *Priza ecologică de apă din albiile rapide ale râurilor de munte* (PEcAD). Acest concept nou și inovativ se bazează pe o priză pe firul apei, fără baraj, la nivelul talvegului, constând din: pragul din amonte, pragul din aval și șenalul de legătură [3]. Ea funcționează cu energia cinetică câștigată pe sectorul amenajat, care permite curgerii să fie împărțită în:

- curgere supraterană, printr-un canal superior, ca o continuare a albiei, cu panta minimă necesară;
- curgere subterană, printr-un canal inferior, pe panta albiei, ca o casetă pentru debitul util, placa de separare fiind perforată. Sugestiv, priza este un ciur hidraulic gravitațional.

Conform [3], pragul din amonte este un ecran de beton cu talpa la roca de bază și creasta la fața profilului natural al albiei. În axul albiei, este realizat un canal trapezoidal de secțiune optimă hidraulic, cu înălțimea h , dimensionat pentru debitul instalat Q_i , la panta i_s .

În secțiunea de referință, fundul canalului este așezat la cota talvegului, care devine cota de bază.

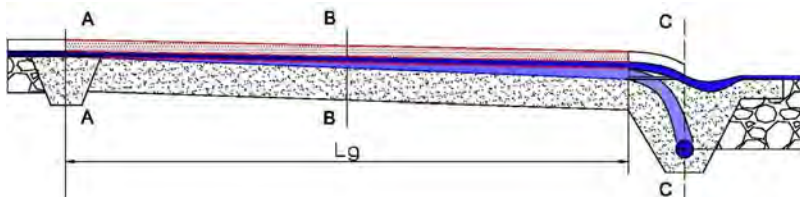


Fig. 1 Secțiune longitudinală – PEcAD

Etajul inferior constituie colectorul pentru apa care cade din primul etaj prin orificii calibrate, practicate parțial în suprafața de separare. Odată cu apa, în etajul inferior ajunge și un debit solid târât, controlat de dimensiunile orificiilor calibrate, evacuat printr-un dispozitiv de secțiune dreptunghiulară care comunică cu bieful aval. Debitul de servitute impus trece pe fundul neperforat al canalului superior și peste pragul aval, revenind în albie, asigurând astfel și circulația peștilor [3].

Pragul din aval este, de asemenea, un ecran de beton cu talpa la roca de bază și creasta cu puțin peste profilul natural al albiei, situat la distanța L față de pragul din amonte. În secțiunea de referință, fundul canalului de sus ajunge la cota $[-i_sL]$, iar al celui de jos la cota $[-iL]$.

Din diferența de cote, $[-iL]-[-i_sL] = L(i-i_s)$, rezultă o treaptă Δh aleasă arbitrar $\Delta h-h$. Pantele i și i_s , treapta $\Delta h = h$ și lungimea L sunt mărimi interdependente care determină, în funcție de debitul instalat Q_i , geometria și mărimea prizei.

Pentru validarea soluției, autorii brevetului au realizat și un proiect pilot demonstrativ al prizei. Soluția constructivă a suprafeței perforate a constat în utilizarea unei benzi din cauciuc de 6 mm grosime perforată cu ajutorul unei prese.

S-a urmărit în principal funcționarea sub sarcină, modul de distribuție al debitelor, debușarea precum și tranzitarea spre aval a sedimentelor din canalul inferior. Proiectul a fost realizat în concordanță cu cerințele tehnice ale brevetului, iar rezultatele obținute au fost conform așteptărilor, priza funcționând la parametrii proiectați [4].

3. Proiectarea prototipului prizei de apă ecologice

Soluția analizată anterior reprezintă un element important de noutate pe plan mondial și poate constitui o alternativă viabilă pentru prizele de apă convenționale, și în special pentru prizele tiroleze. Considerând ideea unei prize de apă care să mențină conectivitatea longitudinală a râului ca fiind oportună și de actualitate pe plan mondial, se impune așadar necesitatea studierii în amănunt a unui astfel de

echipament. Cea mai indicată metodă pentru evaluarea caracteristicilor hidraulice presupune utilizarea unui model la scară redusă realizat în laborator. Pentru a putea asigura încercări în cât mai multe variante constructive, a fost necesară modificarea soluției inițiale de priză ecologică prin proiectarea unei instalații prototip simplificate și implicit a modelului la scară realizat în laborator. Modificările aduse reduc complexitatea soluției inițiale prin înlocuirea canalului inferior cu o singură cameră de captare a apei plasată în spatele taluzului perforat pe oricare dintre maluri.

Instalația prototip la care se raportează modelul este compusă dintr-un canal trapezoidal betonat cu înălțimea $H = 0,7$ m și lungimea de 10 m. Acesta are talpa la roca de bază cu taluzurile racordate la profilul natural al albiei. Paralel cu canalul, este amplasată o cameră de captare cu rol de preluare a debitului printr-o placă perforată dispusă la o anumită înălțime față de bază numită în continuare H_{serv} . Camera de încărcare și canalul prizei au un perete comun care delimitează cele două curgeri (cea din albie și debitul captat) și pe care este fixată placa perforată cu posibilitatea rabatării pentru acces, reparații și mentenanță. Unghiul de așezare al taluzurilor este de 45° . Necesitatea studierii mai multor variante constructive a impus posibilitatea modificării unghiurilor pe modelul instalației.

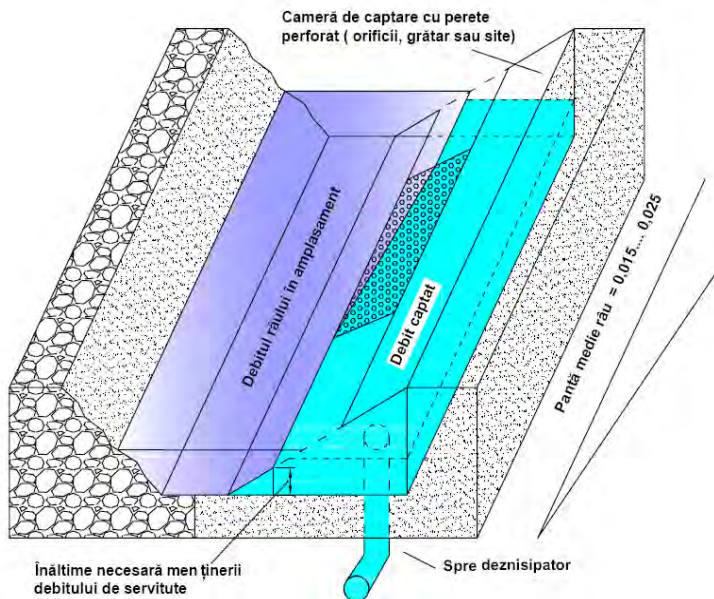


Fig. 2 Prototipul prizei de apă într-o construcție simplificată

Din considerente legate de realizarea modelului prizei, unghiul de așezare al taluzului opus camerei de captare rămâne fix (45°) pentru toate situațiile analizate. Criteriul cel mai important ce trebuie avut în vedere la proiectarea unei prize ecologice constă în asigurarea debitului de servitute. În general, pentru cazurile prizelor de munte analizate, cu debite instalate între $1-3 \text{ m}^3/\text{s}$, debitul de servitute reprezintă un procent cuprins între $15-25 \%$ din cel instalat. Calculul suprafeței udate este deosebit de important, supradimensionarea determinând pierderi de debit care ar putea fi preluat în camera de captare. Suprafața perforată este fixă și plasată peste cota $H_{\text{serv.}}$, astfel că la 45° , rezultă $H_{\text{serv}} = 12 \text{ cm}$, la 35° $H_{\text{serv}} = 10 \text{ cm}$, iar la 25° $H_{\text{serv}} = 7,5 \text{ cm}$. După stabilirea suprafeței secțiunii neperforate, necesară pentru tranzitarea debitului de servitute, se dimensionează orificiile panoului perforat astfel încât să permită preluarea diferenței de debit de la cel de servitute până la debitul instalat. O dată fixat diametrul orificiului, se poate determina și debitul tranzitat prin acesta. Pentru calculul vitezei prin orificiul prizei, se admite ipoteza unui rezervor cu orificiu perforat care deșușează liber la p_{atm} . Utilizând ecuația lui Bernoulli, se poate determina debitul fie în funcție de înălțimea apei h în canalul principal folosind relația (1), fie utilizând relații specifice de calcul dezvoltate special pentru dimensionarea acestor prize [5].

$$Q = C_c C_v S \sqrt{2gh} \quad (1)$$

în care S este suprafața orificiului, C_c reprezintă coeficientul de contracție, considerat în lucrările de specialitate ca fiind $0,62$, iar C_v este coeficientul de viteză, ce poate fi scris sub forma:

$$C_v = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta}} \quad (2)$$

Pentru testările inițiale, se propune utilizarea unei plăci perforate pentru instalația prototip cu lățimea de 550 mm și lungimea de 4000 mm . Pentru această suprafață considerată, debitul captat estimat este de $0,281 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru orificii cu diametrul de 4 mm .

4. Proiectarea și realizarea modelului prizei de apă

Proiectarea modelului la scară pornește de la caracteristicile instalației prototip și principalele cote de gabarit ale acesteia, respectând principiile generale privind realizarea modelelor de laborator [6, 7]. Conform criteriilor de similitudine geometrică și presupunând diametrul orificiilor identic pentru prototip și model, rezultă că suprafața perforată a modelului va fi de $0,022 \text{ m}^2$ ($55 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$) și va avea

un număr de orificii $n_{orif} = 440$. În figura 3, este reprezentată o secțiune transversală prin modelul prizei în care sunt evidențiate dimensiunile canalului și ale camerei de captare. Suprafața perforată este împărțită pe lungime, în 10 zone egale cu lungimea de 40 mm, rezultând 11 secțiuni de măsură. Pentru fiecare secțiune, se determină adâncimea apei în canalul prizei și viteza de curgere. Utilizând aceste valori, se poate calcula debitul tranzitat și debitul captat.

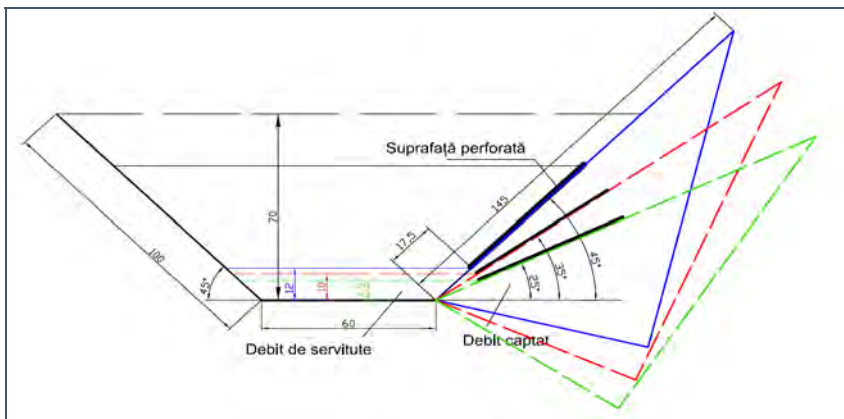


Fig. 3 Secțiune transversală prin modelul prizei

Alimentarea prizei se face dintr-un rezervor cu volumul de 250 x 250 x 370 mm. Acesta are rolul de liniștire și uniformizare a curgerii și este alimentat cu o pompă submersibilă cu debit maxim de 4 l/s.

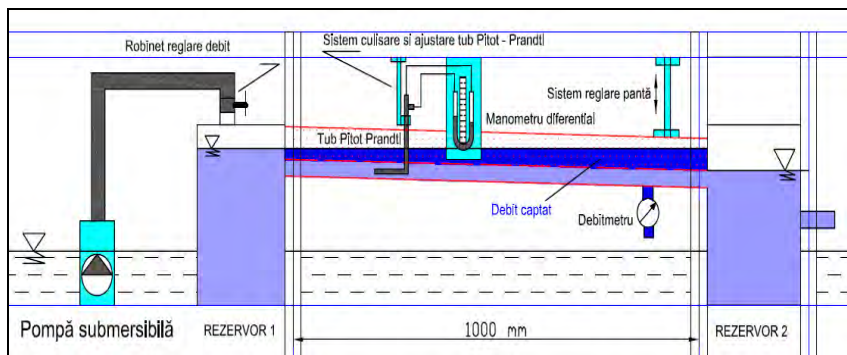


Fig. 4 Schema instalației pentru încercarea modelului la scară redusă de priză ecologică

Viteza s-a determinat cu tubul Pitot-Prandtl și un manometru diferențial dublu, priza pentru presiunea totală și cea pentru presiunea statică fiind racordate individual la câte un tub "U". Diferența dintre presiuni se citește sub forma lui Δh și permite determinarea vitezei de curgere cu formula:

$$V' = \sqrt{2g\Delta h} \quad (3)$$

Pentru a raporta viteza apei obținută pe model la instalația prototip, se poate utiliza criteriul de similitudine Froude, care permite calculul vitezei V :

$$V = V' \sqrt{\frac{h}{h'}} \quad (4)$$

Încercările s-au realizat la pante de 1 %, 1,5 % și 2 %. În figura 4, se poate observa sistemul care permite reglarea pantei pentru diferite variante testate.

5. Analiza datelor și interpretarea rezultatelor obținute

În primă fază, s-au efectuat 9 încercări (3 unghiuri de așezare pentru taluzul camerei de captare la câte 3 pante) pe modelul prizei cu debitul de 4 l/s. Suprafața perforată testată a avut 440 de orificii de diametru 4 mm. În urma procesării datelor obținute pentru fiecare variantă testată, au rezultat mai multe seturi de date ce au putut fi prelucrate.

Datele relevante ale încercărilor preliminare sunt centralizate în tabelul 1.

Tabelul 1

Tipul încercării	Q_t – debit tranzitat [mc/s] - prototip	Q_c - debit captat [mc/s] - prototip	Q_c/Q_t [%]
J = 1 % (0,01), 25°	1,2930	0,6581	50,9
J = 1,5 % (0,015), 25°	1,2838	0,6385	49,7
J = 2 % (0,02), 25°	1,2842	0,6140	47,8
J = 1 % (0,01), 35°	1,2663	0,3786	29,9
J = 1,5 % (0,015), 35°	1,2265	0,3531	28,8
J = 2 % (0,02), 35°	1,2515	0,3187	25,5
J = 1 % (0,01), 45°	1,2025	0,2994	24,9
J = 2 % (0,02), 45°	1,2023	0,2710	22,5

Pentru panta $J = 1 \%$ (0,01), unghi taluz la 25° , se prezintă în figura 5, variația principalilor parametri hidraulici caracteristici, de-a lungul suprafeței perforate (valori transpuse pentru instalația prototip).

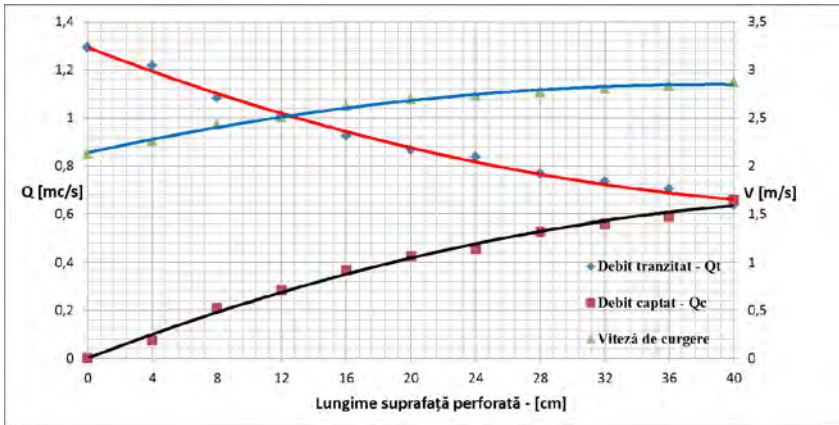


Fig. 5 Parametrii hidraulici pentru încercări cu panta $J = 1 \%$ (0,01), unghi taluz = 25° , $Q = 4 \text{ l/s}$

În continuare, se prezintă tot sub formă grafică, în figura 6, variațiile debitelor captate în funcție de pantă pentru unghiul taluzului camerei de captare de 25° .

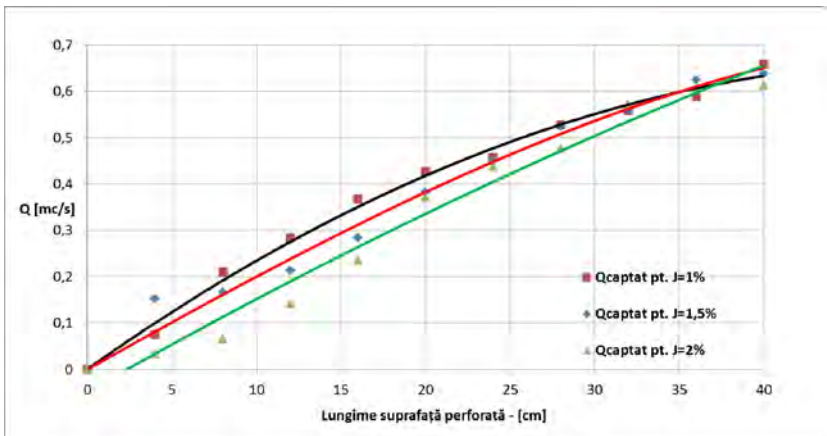


Fig. 6 Variația debitului captat la diferite pante pentru taluz înclinat la 25°

Se observă că debitele captate au o variație redusă în funcție de pantă. Acest aspect poate constitui un avantaj important al unei astfel de prize pentru că permite extinderea ariei de utilizare și în cazul amplasamentelor care nu dispun de diferențe de nivel însemnate.

De subliniat totuși, că valoarea mai mare a debitului captat se obține la panta de 1 % [1]. Având în vedere că viteza de curgere este direct proporțională cu panta, rezultă că pentru panta de 1 % viteza este mai mică față de celelalte cazuri analizate. Astfel, este de preferat ca viteza de curgere în canalul prizei să fie redusă.

6. Concluzii

- Testările pe modelul prizei au vizat în principal studiul fenomenului de curgere a apei printr-o suprafață perforată plasată în lungul curgerii la anumite unghiuri față de planul orizontal și la anumite pante.

- Pentru a putea asigura încercări în cât mai multe variante constructive, a fost necesară modificarea soluției inițiale de priză ecologică prin proiectarea unei instalații prototip simplificate și implicit a modelului la scară realizat în laborator.

- În cazul variantei cu taluzul înclinat la 45°, rezultatele obținute pe modelul prizei au fost similare cu cele preconizate prin calcul.

- Conform valorilor din tabelul 4, se constată că o scădere a unghiului de așezare a taluzului determină creșterea debitului captat, situația cea mai favorabilă fiind pentru unghiul de 25°. De asemenea, rezultate bune cu privire la debitul captat se obțin la pante relativ reduse. Modelarea experimentală în laborator a prizei de apă ecologice a permis caracterizarea principalilor parametri hidraulici ce caracterizează funcționarea acestora și capacitatea de captare.

- Concluziile care rezultă în urma experimentărilor sunt utile pentru stabilirea criteriilor principale de proiectare a unei astfel de prize, limitările și factorii care determină funcționarea optimă a acestora.

- Rezultatele obținute pentru model, respectiv prototip, pot fi extrapolate și utilizate și în cazul altor amenajări cu date de proiectare specifice amplasamentului respectiv.

BIBLIOGRAFIE

[1] Chihaiia, R., *Soluții inovative utilizate pentru amenajarea de microhidrocentrale cu impact redus asupra mediului*, Teză de doctorat susținută în cadrul Facultății de Hidrotehnică, UTCB București, 2015.

- [2] Răzvan, E., *Prize de apă din râuri*, Editura Tehnică, București, 1964.
- [3] Mălăncioiu, C., Voicu, Gh., Huzum-Teodorescu, I., *Priză ecologică de apă deznisipată, din albiile rapide ale râurilor de munte*, Brevet de invenție nr. 123457/29.06.2012.
- [4] Mălăncioiu, C., Voicu, Gh., Paraschiv, Gh., Dumitrescu, M., *Priză de apă ecologică în etapa testării ca pilot demonstrativ*, Revista Energetica, nr.5/ 2014, pg.177-180.
- [5] Mândrea, L., Chihaia, R.A., Bunea, Florentina, Oprina, Gabriela, Voicu, Gh., Ivan, C., *Modernizarea captărilor secundare Draxin și Cascoe*, Editura Politehnica Press, Buletinul Științific seria D, Vol. 74, 2012, pag. 273-280.
- [6] Sutherland, J., Soulsby, R., *Guidelines for physical modelling of mobile sediments*, Coastlab 2010 – Proceedings of the Third International Conference on the Application of Physical Modelling to Port and Coastal Protection, 2010, Barcelona.
- [7] Lynne, E., Frostick, S., McLelland, J., Mercer, T.G., *Users Guide to Physical Modelling and Experimentation: Experience of the HYDRALAB Network – IAHR Design manual*, May 20, 2011, ISBN: 9780415609128.

Drd. Ing. Rareș - Andrei CHIHAIA
Cercetător științific, INCDIE ICPE-CA, membru AGIR
e-mail: rares.chihaia@icpe-ca.ro

Conf. Dr. Ing. Lucian MÂNDREA
Departamentul de Hidraulică,
Mașini Hidraulice și Ingineria Mediului, Universitatea Politehnica București,
membru AGIR, e-mail: mandrea_lucian@hotmail.com, lucian.mandrea@upb.ro

Dr. Ing. Gabriela OPRINA
Cercetător științific gradul II, INCDIE ICPE-CA
e-mail: gabriela.oprina@icpe-ca.ro

Dr. Ing. Lucia-Andreea EL-LEATHEY
Cercetător științific, INCDIE ICPE-CA
e-mail: andreea.elleathey@icpe-ca.ro

Ing. Bogdan CORBESCU
ICN Pitești
e-mail: bogdan.corbescu@gmail.com