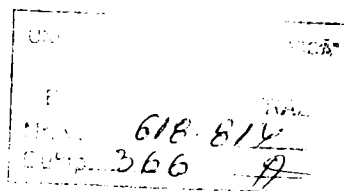


UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMIȘOARA

Marius Bizerea

TEZA DE DOCTORAT

Conducător științific:
Prof. Dr. Ing. COLETA DE SABATA



BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

Timișoara 1997

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMIȘOARA
FACULTATEA DE ELECTROTEHNICĂ**

MARIUS BIZERIA

**BAZELE FIZICE ALE METODELOR
DE DESALINIZARE A APEI;
IMPLICAȚII ENERGETICE,
UTILIZAREA ENERGIEI SOLARE**

**Conducător științific:
Prof. Dr. Ing. COLETA DE SABATA**

Timișoara 1997

CUPRINS

CAPITOLUL 1	
INTRODUCERE	1
CAPITOLUL 2	
APA POTABILĂ ÎN ZONA DE VEST A ROMÂNIEI	5
2.1 Clasificarea apelor	5
2.2 Date hidrografice (hidrologice) pentru zona de vest a României	7
2.3 Poluarea surselor de apă	9
2.4 Analiza potabilității apei în zona de vest	10
2.4.1 Condiții de calitate a apei potabile	10
2.4.2 Analize de potabilitate 1985 - 1996 pentru localități din zona de vest	10
2.4.3 Calitatea apelor de suprafață	19
2.4.4 Calitatea apelor subterane	21
CAPITOLUL 3	
RADIAȚIA SOLARĂ. LEGI SPECIFICE DOMENIULUI	23
· 3.1 Soarele ca furnizor de energie	23
3.1.1 Mărimi astrofizice	23
3.1.2 Reacții termonucleare de obținere a energiei solare	26
3.2 Fenomene fizice de bază privind energia furnizată de Soare	28
3.2.1 Ecuatiile Maxwell ale câmpului electromagnetic	29
3.2.2 Aspecte cuantice	32
3.2.3 Radiația termică	35
3.2.4 Interacția radiațiilor solare cu atmosfera terestră	37
3.2.5 Predeterminarea intensității radiației solare pe plane cu orientare variabilă	42
· 3.3 Date meteorologice pentru zona de vest a României	44

CAPITOLUL 4

TRANSFERUL DE CĂLDURĂ.

BAZE TEORETICE ȘI FORMULE DE CALCUL	51
4.1 Transmiterea căldurii prin radiație	51
4.2 Transmiterea căldurii prin convecție	52
4.3 Transmiterea căldurii prin conducție	53
4.4 Evaporarea - condensarea. Căldura latentă	54
4.4.1 Evaporarea	54
4.4.2 Condensarea	56
<i>4.4.2.1. Condensarea în film</i>	57
- Teoria condensării în film	57
- Modelul matematic al condensării în film	60
- Condensarea în film a vaporilor saturanți, uscați, ai substanțelor pure	62
1. Curgere laminară a filmului pe perete vertical	62
2. Curgere laminară a filmului pe perete înclinat	65
<i>4.4.2.2. Condensarea în picături</i>	65
4.4.3 Căldura latentă	66

CAPITOLUL 5

METODE DE POTABILIZARE A APEI UTILIZÂND

ENERGIA SOLARĂ	69
5.1 Energia necesară potabilizării	69
5.1.1 Limite termodinamice	69
5.1.2 Surse convenționale de energie	70
5.1.3 Surse neconvenționale de energie	71
5.2 Metode de potabilizare a apei	72
5.2.1 Osmoza inversă (RO)	72
5.2.2 Electro dializa (ED)	75
5.2.3 Termocompresia (compresia de vapori)	76
5.2.4 Distilarea	77
5.2.5 Procedee combinate. Comparații între procedee	78
5.3 Concluzii	81

CAPITOLUL 6

DISTILAREA SOLARĂ

	83
6.1 Studii și cercetări efectuate până în prezent	83
6.1.1 Tehnologii și costuri curente	83
6.1.2 Factori de influență asupra distilării solare	85
6.1.3 Blaze solare de tip bazin	87
6.1.3.1 <i>Generalități</i>	87
6.1.3.2 <i>Proiecte de blaze</i>	88
- Procesul	88
- Scurt istoric al distilării solare	89
- Tipuri de proiecte de blaze	90
- Domenii potențiale de aplicabilitate a distilării solare	100
6.2 Aspecte teoretice și experimentale în funcționarea blazei solare	100
6.2.1 Blaza experimentală	100
6.2.2 Experimente pentru optimizarea constructivă a blazei	104
6.2.3 Îmbunătățirea parametrilor funcționali ai blazei	110
6.2.4 Bilanțul energetic	117
6.2.4.1 <i>Generalități</i>	117
6.2.4.2 <i>Ecuțiile de bilanț</i>	119
6.2.4.3 <i>Determinarea teoretică a productivității blazei</i>	124
6.2.5 Comparare între previziunile teoretice și rezultatele experimentale	129

CAPITOLUL 7

PROIECTAREA BLAZELOR DESTINATE

COMUNITĂȚILOR MICI

	134
7.1 Gabaritul blazelor; productivitatea	134
7.1.1 Productivitatea distilatorului	134
7.1.2 Estimarea producției lunare de distilat	135
7.1.3 Dimensiunile optime ale balzei	139
7.2 Captarea apei din precipitații	140
7.3 Stocarea apei produse	142
7.4 Întreținerea și funcționarea blazei	144
7.5 Instalația - pilot de la Seceani	147

7.6 Prototip modular pentru utilizare în mediul rural	150
7.6.1 Calcule de rezistență și dimensionare	150
7.6.2 Calcule de deviz	159
7.7 Îmbunătățiri ale prototipului	163

CAPITOLUL 8

ASPECTE ECONOMICE PRIVIND BLAZA SOLARĂ

8.1 Considerații generale	165
8.2 Elemente de cost	166
8.2.1 Materiile prime și energia	166
8.2.2 Cheltuieli de investiții	167
8.2.3 Amortizarea investițiilor	172
8.2.4 Rata dobânzilor	173
8.2.5 Impozite, taxe, asigurări	174
8.2.6 Cheltuieli de întreținere și reparații	174
8.2.7 Concluzii privind elementele de cost prezentate	175
8.2.8 Cheltuieli de funcționare și supraveghere	177
8.3 Costul apei produse	178
8.3.1 Productivitatea distilatorului	178
8.3.2 Costul stocării	178
8.3.3 Costul apei produse	179
8.4 Comparații economice	181
8.5 Concluzii privind aspectele economice	182

CAPITOLUL 9

CONCLUZII

BIBLIOGRAFIE

ANEXE

CAPITOLUL 1

INTRODUCERE

Apa este una dintre principalele componente ale mediului ambiant, un element vital pentru societatea omenească. Consumul de apă pe locuitor este, ca și energia, un indice al dezvoltării. În țările industrializate, cea mai mare cantitate de apă servește unor necesități industriale. Pentru țările dezvoltate din Europa, consumul de apă pe locuitor se ridică la 500 t/an, iar în SUA la 1300 t/an, în timp ce în țările în curs de dezvoltare consumul de apă este de aprox. 10 t/an (10 - 30 l/zi), concentrat mai ales asupra necesităților fiziologice și sanitare. [23]

Din cantitatea totală de apă existentă, apa mărilor și oceanelor reprezintă mai mult de 60 %, prin evaporarea parțială și lentă a acesteia și condensarea vaporilor respectivi, se obțin așa-numitele "ape dulci" din care o parte formează apele de suprafață (râuri, fluvii, lacuri etc.), iar o altă parte se infiltrează în pământ constituind apele subterane (freatice).

Până la începutul acestui secol apa era considerată o bogăție inepuizabilă a naturii, un dar gratuit al acesteia. Astăzi este unanim recunoscut că rezervele de apă dulce sunt limitate și destul de mici, iar poluarea acestora este din ce în ce mai intensă. Tendința de poluare este sesizată atât la apele de suprafață cât și la cele subterane.

Apele de suprafață sunt mai mult sau mai puțin impurificate, după terenul prin care curg și după factorii poluanți care le influențează.

În ceea ce privește apele subterane, acestea ies la suprafață sub formă de izvoare calde sau reci conținând în soluție sărurile rocilor prin care au trecut. Funcție de influența acestora asupra potabilității, apele subterane sunt folosite ca ape potabile, minerale, menajere sau industriale.

Apa oferită pentru consum populației este obținută din ambele surse (de suprafață sau de adâncime) și necesită tratamente de purificare (potabilizare), mai complexe sau mai simple, funcție de gradul de impurificare al sursei. În principal, aceste tratamente sunt: fizice, chimice, electrochimice și biologice, ca atare sau combinate. [84]

Obținerea apei potabile pentru scopuri menajere necesită instalații și tehnologii (uneori) complexe, materii prime și materiale corespunzătoare tehnologiilor de potabilizare și nu în ultimul

rând, un anumit consum de energie termică, electrică sau chimică, în proporții variabile, depinzând de procedeul utilizat.

Toate acestea conduc la un cost care variază destul de mult cu zona geografică și cu tipul colectivității căreia îi este destinată apa. Spre exemplu în Timișoara costul (subvenționat) al unui mc. de apă potabilă este de 1500 lei (1996).

După o analiză a principalelor metode de obținere a apei potabile din ape salmastre, în lucrare se face o comparație a acestora din punct de vedere economic, analizând apoi în amănunt potabilizarea prin distilare.

Distilarea ca metodă de potabilizare a apei nu este răspândită pe scară largă, din cauza consumurilor mari de energie electrică pe care le au actualele metode. Aceste consumuri conduc la un cost prohibitiv al apei produse prin distilare "clasică". Dacă însă în locul energiei electrice utilizăm energia solară ca sursă a energiei termice necesare distilării, metoda de distilare - în acest caz "solară" - devine mult mai atractivă. [23]

Pe traseul străbătut de radiația solară de la limita superioară a atmosferei până la utilizator (distilator), intervin o multitudine de fenomene fizice ca: absorbția unei fracțiuni a energiei radiațiilor solare de către atmosfera terestră, reflexia și absorbția unei părți din energia solară în placa transparentă, reflexia, absorbția și termoconversia în placa absorbantă, evaporarea și condensarea în incinta distilatorului, disiparea spre mediul ambiant a unei fracțiuni din energia termică obținută prin termoconversie de către captatorul însuși, de către bazinul de acumulare a căldurii etc.

În literatura de specialitate sunt prezentate studii disparate, unele cu caracter empiric asupra fenomenelor fizice menționate. [41], [51], [63], [77], [142]

Prin această lucrare am dorit să asigurăm o mai bună înțelegere a fenomenelor fizice implicate în obținerea apei potabile prin distilare solară, pornind de la legile fizicii care guvernează întregul grup de fenomene. Am proiectat și realizat practic o instalație - denumită de noi **blază solară*** - corespunzătoare unor nevoi concrete privind potabilizarea apei.

În localități izolate, cu profil turistic, deci cu un număr variabil al locuitorilor funcție de sezon, suplimentarea nevoilor de apă potabilă impune obținerea ei din ape care din diverse cauze sunt improprie consumului.

Pe de altă parte, așa după cum vom arăta în capitolul 4, numai în zona de vest a țării, există numeroase localități în care apa oferită spre consum populației nu îndeplinește una sau mai

* Blază = ansamblul componentelor unei instalații de distilare; partea în care se colectează componentul mai puțin volatil al amestecului de distilat (cf. Lex. Teh. Rom.)

multe dintre condițiile de potabilitate prevăzute în standarde și norme; conținutul lor în nitriți, amoniac, sulfuri, cloruri, germeni, coli etc., depășește constant valorile admisibile.

Scopul pe care ni l-am propus în prezenta lucrare este ca, prin analiza unor zone geografice cu probleme privind potabilitatea (având ape salmastre, cu compoziție necorespunzătoare sau poluate), să oferim soluții practice pentru îmbunătățirea alimentării cu apă a acestora, utilizând energia solară.

În vederea constituirii bazei de date necesare studiului am utilizat programe pe calculator pentru a determina:

- intensitatea radiației solare (IRS) la nivelul solului în zona de vest a României;
- factorul energetic de reflexie a radiației pe suprafața sticloasă, în dependența sa orară și diurnă, parametru fiind unghiul de pozare;
- valoarea efectivă a produsului echivalent al absorbției - transmisiei în ansamblul bazin - acoperiș, în variația sa orară și diurnă;
- dependența conductanței de viteza vântului, pentru o anumită temperatură a suprafeței absorbante;
- supratemperatura fluidului termopurtător în variația sa orară și zilnică, parametru fiind unghiul de pozare;
- randamentul energetic al blazei, în variația sa orară și diurnă.

Pentru calculul mărimilor menționate anterior au fost folosite relațiile date în cap.3; în Anexă sunt prezentate programele utilizate.

Complexitatea problemelor pe care le ridică astăzi asigurarea apei potabile a implicat cercetări cu un pronunțat caracter interdisciplinar (fizică, chimie, tehnologie, economie) . Prin rezolvarea problemelor pe care și le-a propus, considerăm că lucrarea demonstrează că energia de proveniență solară poate înlocui cu succes energiile obținute din alte surse în domeniul obținerii apei potabile.

Autorul dorește să mulțumească Doamnei Prof. Dr. Ing. Coleta de Sabata, conducătorul științific al lucrării, pentru asistența de înalt nivel profesional acordată de-a lungul anilor de studii și cercetări experimentale, de elaborare și finisare a lucrării, pentru sfaturile și sprijinul deosebit din perioadele de incertitudine și căutări.

Tot pe această cale mulțumesc Domnului Ș.L. Dr. Ioan Luminosu pentru sprijinul și sfaturile colegiale de care am beneficiat cu ocazia discuțiilor legate de energia solară.

Mulțumesc de asemenea colegilor de catedră, Prof. Dr. Ing. Eugen Falniță și Asist. Ing. Valentin Munteanu, pentru ajutorul deosebit acordat la redactarea lucrării.

Nu în ultimul rând, mulțumesc familiei mele, care m-a înțeles și sprijinit în întreaga perioadă de elaborare a acestei teze de doctorat.

CAPITOLUL 2

APA POTABILĂ ÎN ZONA DE VEST A ROMÂNIEI

2.1 Clasificarea apelor

Apa este una dintre substanțele cele mai răspândite în natură, prezentându-se sub formă de: apă liberă, apă de cristalizare și apă de constituție.

Sub formă de apă liberă se găsește ca apă pură și naturală, precum și în celulele plantelor și animalelor. Conținutul în apă al diferitelor viețuitoare este prezentat în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1

Vegetale	50 - 75 %
Om	70 %
Pește	cca. 80 %
Plante acvatice, meduze	95 - 99 %

Din cantitatea totală de apă existentă, apa mărilor și oceanelor reprezintă mai mult de 4/5; prin evaporarea parțială și lentă a acesteia și condensarea vaporilor respectivi, se obțin așa - numitele ape dulci din care o parte formează apele de suprafață (râuri, fluvii, lacuri etc.), iar o altă parte se infiltrează în pământ, constituind apele subterane (freatice).

În tabelul 2.2 se prezintă repartizarea cantitativă și procentuală a surselor de apă de pe Pământ [48].

Apele de suprafață au un grad variabil de poluare, după zona prin care curg. Sub acțiunea oxigenului, a microorganismelor și a algelor, prezintă o tendință de autopurificare, direct proporțională cu volumul și cu viteza de curgere a apei.

Apele subterane apar la suprafață sub formă de izvoare, conținând dizolvate săruri ale rocilor prin care au trecut. O parte din aceste ape sunt folosite ca ape minerale, iar altă parte ca ape potabile, menajere și industriale.

Tabelul 2.2

Total apă oceane	$1370 \cdot 10^6 \text{ km}^3$
Masa totală a apei	$1,4 \cdot 10^8 \text{ tone}$
Conținut în apă al atmosferei	cca. 10^{14} tone
Ploi anuale	cca. $5 \cdot 10^{14}$ tone
Cantitatea de apă din oceane	97,2 %
Apa din ghețari (90 % Antarctica, 2 % Groenlanda)	2,15 %
Apele continentale	0,635 %

Cele două tipuri de apă, de suprafață și de profunzime, se diferențiază între ele atât prin caracteristici fizice (temperatură, turbiditate, culoare, miros, gust), cât și prin compoziția chimică.

Spre deosebire de apa pură, apele naturale conțin în soluție gaze naturale, substanțe minerale și substanțe organice.

-Gazele sunt reprezentate de oxigen, provenit din aerul atmosferic și din procesele de fotosinteză și de dioxidul de carbon provenit din oxidarea substanțelor organice, respirația populației acvatice și din unele procese geochimice.

-Substanțele minerale sunt reprezentate de anioni și cationi cu influență deosebită asupra organismului.

-Substanțele organice care se găsesc în stare dizolvată, coloidală sau în suspensie, provin din

descompunerea florei și faunei acvatice sau ca impurități din apele uzate.

Din punct de vedere al purității și folosirii ei, apa naturală se poate clasifica în: apă potabilă, apă industrială și apă reziduală.

Apa potabilă este apa care îndeplinește anumite condiții fizico - chimice și igienico - sanitare pentru a putea fi folosită în alimentație, fără periclitarea sănătății. Rolul ei în organism este deosebit de important, cerințele de apă ale unui om matur fiind de 35 g/zi•kg greutate [84].

Apa industrială este o apă mai mult sau mai puțin pură, după natura industriei și scopul folosirii.

Unele elemente conținute în soluție de către apele naturale pot prezenta inconveniente la folosirea ei în industrie: depunere de crustă (piatră), care poate favoriza corodarea și uzura rapidă a utilajelor, sau chiar explozia agregatului, prin fenomenul de calefăcție. Este necesar un control continuu al întregului circuit al apei folosită în industrie.

Apa reziduală este apa care a fost deja utilizată, provenind din industrie și gospodăriile populației sau din scurgerea apelor meteorice. Aceste ape, care conțin materii organice în descompunere, substanțe toxice și microbi patogeni sunt interzise a fi deversate, fără o purificare prealabilă, în bazinele naturale (râuri, fluvii, lacuri etc.).

2.2 Date hidrografice (hidrologice) pentru zona de vest a României

În județul Timiș, rețeaua hidrografică este reprezentată de râul Bega, al cărui bazin se află în totalitate pe teritoriul județului și parțial de râurile Bega - Veche, Timiș, Bârzava, Moravița. La acestea se adaugă și lacurile naturale și antropice și o rețea de canale de desecare și antropice.

Densitatea rețelei naturale variază între 0,1 km/km² în câmpie și 0,9 km/km² în Munții Poiana Ruscăi, reprezentativă pentru cea mai mare parte a teritoriului fiind densitatea de 0,3 - 0,5 km/km².

Cele mai importante bazine hidrografice de pe teritoriul județelor Timiș și Caraș - Severin sunt prezentate în fig. 2.1

În tabelul 2.3 sunt prezentate elementele de caracterizare a bazinelor hidrologice Aranca, Bega - Veche, Bega, Timiș, Bârzava, Cerna; datele se referă la cursul râurilor pe teritoriul țării noastre.

Ca rețea hidrografică artificială trebuie menționate canalele de legătură între râuri (Coșteiu - Chizătău, Topolovăț - Hitiaș), precum și rețeaua de canale de desecare.

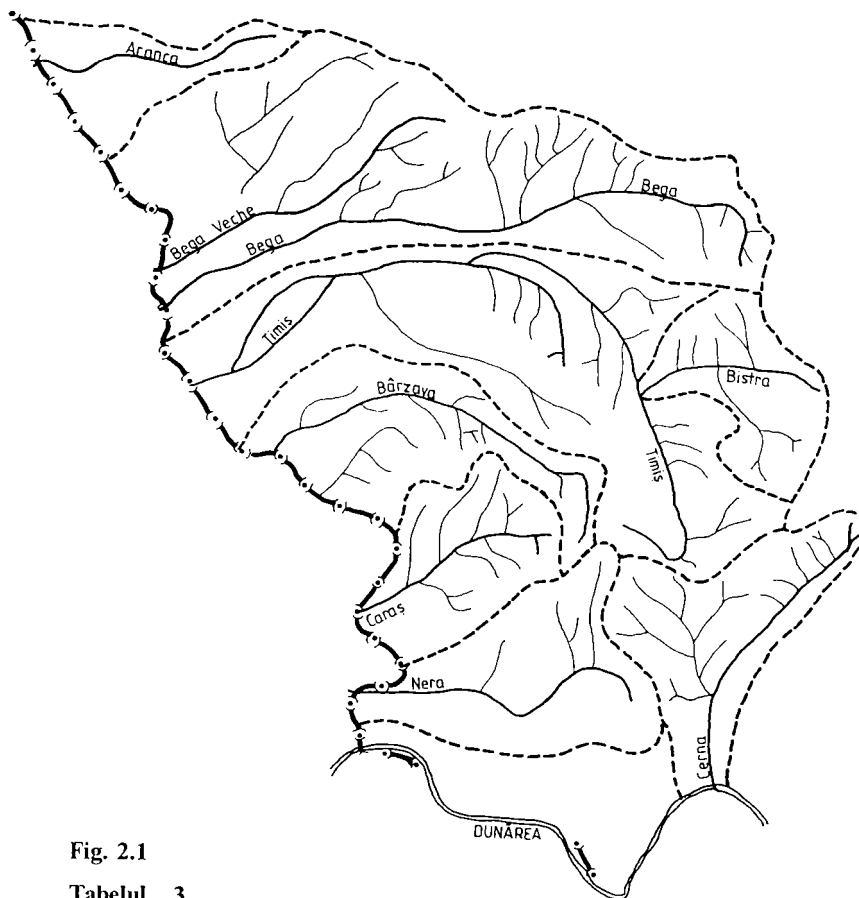


Fig. 2.1

Tabelul ...3

Bazinul hidrografic	Lungimea totală a rețelei [km]	Lungimea colectorului principal [km]	Densitatea rețelei [km/km ²]	Suprafața bazinului [km ²]
Aranca	-	114	-	520
Bega - Veche	527	107	0,25	2108
Bega	891	170	0,38	2362
Timiș	1907	244	0,33	5673
Bârzava	355	154	0,29	1202
Moravița	172	47	0,39	435
Cerna	-	68	0,62	555

2.3 Poluarea surselor de apă

Omul, ca ființă vie, produce deșeuri proprii existenței sale și rezultate din activitățile industriale. Poluarea pe care o suferă sursele de apă este proporțională cu densitatea populației și cu intensitatea activității economice în regiune.

Cele mai importante substanțe impurificatoare sunt următoarele:

1. Substanțele în suspensie - nisipuri, cenușă, pulberi diferite
2. Substanțele organice - caracterizate prin așa - numitul "consum biochimic de oxigen la 5 zile" - CBO_5
3. Substanțe minerale - prezente în cantități mai mici decât cele organice; nu se modifică la trecerea prin stația de epurare
4. Grăsimi și uleiuri - sunt printre cele mai nocive, mai ales hidrocarburile
5. Substanțe indicatoare pentru stadiul de degradare a unor substanțe organice: azotați, azotiți, amoniac liber, hidrogen sulfurat etc.
6. Acizii și alcalii (acid sulfuric, hidroxid de sodiu); substanțe chimice toxice (arsen, cianuri, plumb, zinc, crom etc.)
7. Substanțe deosebit de poluante: detergenți, fenoli, țitei și derivate, substanțe radioactive
8. Microorganisme diferite: bacili - coli și germeni patogeni
9. Gaze - de menționat ca deosebit de periculos hidrogenul sulfurat

Industria este considerată drept cea mai importantă sursă de poluare. Poluarea se propagă mai ales pe calea aerului și a apei. Cu cât consumul industrial de apă este mai mare cu atât sunt mai ridicate posibilitățile de răspândire în mediu a substanțelor vătămătoare.

Exploatarea agricolă excesivă poate duce la alterarea ciclurilor chimice elementare. Tendința de a "forța" recolte prin utilizarea în exces a îngrășămintelor face ca o parte a acestora să ajungă în apele de suprafață sau chiar în cele freatice.

Un conținut ridicat de nitrați în apă are efecte nocive pentru cei ce o folosesc ca apă de băut, în special copiii mici.

Pesticidele și erbicidele (hidrocarburi clorurate, organofosforice, carburanți, erbicide) utilizate în agricultură au avut ca efect, în timp, creșterea conținutului lor procentual în organismul uman (exemplu: în SUA 10 ppm, Franța 9 ppm, India 28 ppm). Vectorul de transport spre om a fost în principal apa potabilă.

2.4 Analiza potabilității apei în zona de vest

2.4.1. Condiții de calitate a apei potabile

Consumul apei de bună calitate, fiind o condiție deosebit de importantă pentru sănătatea populației, stabilirea unor norme severe în ceea ce privește calitatea s-a impus în mod obiectiv.

În tabelul 2.4 sunt prezentate condițiile de calitate ale apei potabile (cu referire la STAS 1242 - 91) și instrucțiuni ale Ministerului Sănătății).

2.4.2 Analizele de potabilitate 1985 - 1996 pentru localități din zona de vest

Datele privind potabilitatea apei, obținute din statistici ale Inspectoratelor Sanitare ale județelor Timiș, Arad și Caraș - Severin, începând cu 1985 și până în prezent, au fost completate și, de cele mai multe ori, corectate prin analize repetate efectuate în cadrul acestui studiu, în 110 localități din județele menționate.

Ele se constituie ca un argument clar în favoarea găsirii de soluții practice pentru rezolvarea problemei complexe a asigurării unei apei potabile de bună calitate.

Față de limitele admise prezentate în tabelul 2.4, am extras din volumul mare de date obținute mai ales pe acelea care prezintă componente net necorespunzătoare, cu implicații dintre cele mai serioase asupra sănătății.

Precizăm că situațiile necorespunzătoare au fost constatate de mai multe ori, din 1985 până în 1996; în cele mai multe cazuri valorile necorespunzătoare au cunoscut creșteri.

Tabelul 2.4

Condiții de calitate ale apei potabile și a celei menajere

1. PROPRIETĂȚI ORGANOLEPTICE			
Caracteristici	Valori admise	Valori admise excepțional	Metoda de analiză STAS
1. Miros, max [grade]	2	2	6324-61
2. Gust, max. [grade]	2	2	6324-61

2.PROPRIETĂȚI FIZICE

Caracteristici	Valori admise	Valori admise excepțional	Metoda de analiză STAS
1.Concentrația ionilor de hidrogen [pH]	6,5 - 7,4	7,4 - 8,5	6325-75
2.Conductivitatea electrică, max. [μ S/cm]	1000	3000	7722-84
3.Culoare, max. [grade]	15	30	6322-61
4.Turbiditate, max. [unități de turbiditate de formazină]	5	10	6323-88

3.PROPRIETĂȚI CHIMICE**3.1 Proprietăți generale**

Caracteristici	Concentrația admisă	Concentrația admisă excepțional	Metoda de analiză STAS
1. Aluminiu (Al^{3+}), max. [mg/dm^3]	0,05	0,2	6326-90
2.Amoniac (NH_4^+), max. [mg/dm^3]	0	0,5 *	6328-85
3.Azotiți (NO_2^-), max. [mg/dm^3]	0	0,3 *	3048/2-90
4.Calciu (Ca^{2+}), max. [mg/dm^3]	100	180	3662-62
5.Clor rezidual în apa dezinfectată prin clorinare (Cl_2), max. [mg/dm^3] **			6364-78
- la consumator: Cl_2 rezidual liber	0,1 - 0,25	-	
Cl_2 rezidual total	0,1 - 0,28	-	
-la intrarea în rețea: Cl_2 rez.liber	0,50	-	
Cl_2 rez. total	0,55	-	
6.Cloruri (Cl^-), max. [mg/dm^3]	250	400	3049-83
7.Compuși fenolici, max. [mg/dm^3]	0,001	0,002	10266-87
8.Cupru (Cu^{2+}), max. [mg/dm^3]	0,05	0,1	3224-69

9.Detergenți sintetici anionici, max. [mg/dm ³]	0,2	0,5	7576-66
10.Duritate totală, max. [gr.germane]	20	30	3026-76
11.Fier (Fe ²⁺ + Fe ³⁺), max. [mg/dm ³]	0,1	0,3	3086-68
12. Fosfați (PO ₄ ³⁻), max. [mg/dm ³]	0,1	0,5	3265-86
13.Magneziu (Mg ²⁺), max. [mg/dm ³]	50 ***	80	6674-77
14.Mangan (Mn ²⁺), max. [mg/dm ³]	0,05	0,3	3264-81
15.Oxigen dizolvat (O ₂), min. [mg/dm ³]	6	6	6536-87
16.Reziduu fix. [mg/dm ³]	100-800	30-1200	3638-76
17. Subst. organice oxidabile exprimate în: -CCO - Mn(O ₂), max. [mg/dm ³] - KMnO ₄ , max. [mg/dm ³] - CCO - Cr(O ₂), max. [mg/dm ³]	2,5 10 3	3 12 5	3002-85
18. Sulfaiți (SO ₄ ²⁻), max. [mg/dm ³]	200	400	3069-87
19.Sulfuri și H ₂ S, max. [mg/dm ³]	0	0,1 *	7510-66
20.Zinc (Zn ²⁺), max. [mg/dm ³]	5	7	6327 - 81
3.2 Proprietăți toxice			
Caracteristici	Concentrație admisă	Concentrație admisă excepțional	Metoda de analiză STAS
1. Amine aromatice, max. [mg/dm ³]	0	-	11139-78
2. Arsen (As ³⁺), max. [mg/dm ³]	0,05	-	7885-67
3.Azotați, (NO ₃ ⁻), max. [mg/dm ³]	45	-	3048/1-77
4.Cadmium (Cd ²⁺), max. [mg/dm ³]	0,005	-	11184/II-92
5.Cianuri libere (CN ⁻), max. [mg/dm ³]	0,01	-	10847ă77

6.Crom (Cr ⁶⁺), max. [mg/dm ³]	0,05	-	7884-67		
7.Fluor (F ⁻), max. [mg/dm ³]	1,2	-	6673-62		
8.Hidrocarburi policiclice aromate, max. [μg/dm ³]	0,01	-	****		
9.Mercur (Hg ²⁺), max. [mg/dm ³]	0,001	-	10267-89		
10.Nichel (Ni ²⁺), max. [mg/dm ³]	0,1	-	****		
11.Pesticide (insecticide, carbamice, erbicide), max. [μg/dm ³]:			12650-88		
-fiecare componentă individual	0,1	-			
-suma componentelor din fiecare clasă	0,5	-			
12.Plumb (Pb ²⁺), max. [mg/dm ³]	0,05	-	6362-85		
13.Seleniu, max. [mg/dm ³]	0,01	-	12663-85		
14.Trihalometani, max. [mg/dm ³]:			****		
-Total	0,1	-			
-din care cloroform (CHCl ₃)	0,03	-			
15.Uraniu natural, max. [mg/dm ³]	0,021	-	12130-82		
4.PROPRIETĂȚI BACTERIOLOGICE					
Felul apei potabile	Nr.total de bacterii la 37°C/cm ³	Nr.proabil de bacterii coliforme (colif.totali/ 100 cm ³)	Nr.tot.de bac- terii coliforme termotolerante (colif. fecali/ 100 cm ³)	Nr.proabil de streptococi fecali/100 cm ³	Metoda de analiză STAS
Apă din in- stalațiile ur- bane și ru- rale, dezin- fectată	sub 20	0	0	0	3001-91

Apă din instalații urbane și rurale, nedezinfectată	sub 100	sub 3	0	0	
Apă din surse locale	sub 300	sub 2	sub 2	sub 2	
5.PROPRIETĂȚI BIOLOGICE					
Caracteristici		Concentrații admise	Metoda de analiză STAS		
1. Volumul sestonului obținut prin filtrare prin fileu planctonic, max. [cm ³ /m ³]:			6329-80		
-instalații centrale		1			
- instalații locale		10			
2.Organisme și particule vizibile		lipsă	6329-80		
3.Organisme animale microscopice, max. [nr./dm ³]		20	6329-80		
4.Organisme indicatoare de poluare		lipsă	6329-80		
5.Organisme dăunătoare sănătății		lipsă	6329-80		
<p>* Valori variabile numai pentru ape din surse subterane, la adâncimi mai mari de 60 m, neclorizate, cu condiția să fie corespunzătoare din punct de vedere bacteriologic</p> <p>** Clorul rezidual liber trebuie să reprezinte minim 80 % din clorul rezidual total</p> <p>*** În cazul când concentrația sulfaților (SO₄²⁻) depășește 250 mg/dm³, concentrația maximă admisă pentru magneziu (Mg²⁺) este de 30 mg/dm³</p> <p>**** Metodele de analiză sunt conforme cu instrucțiunile Ministerului Sănătății</p>					

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 2.5 și cuprind valorile necorespunzătoare ale caracteristicilor apei potabile în 100 de localități din județele Timiș, Caraș - Severin și Arad.

Tabelul 2.5

Localitatea (locul recoltării)	Caracteristici										
	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	S.O.	NH ₄ ⁺	Ge	Ba	Fe ²⁺ - ³⁺	Cl ⁻	Mn ²⁺	R.F.	Dur
	mg/ dm ³	%	mg/ dm ³	mg/ dm ³	coli/ cm ³	coli/ 100cm ³	mg/ dm ³	mg/ dm ³	mg/ dm ³	mg/ dm ³	gr. ger
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Maxim:	0	45	10	0	20 (100)	2	0,1	250	0,05	800	20
Lipova II			25,5							1025	
Lipova I	0,5		44,2	0,2	42	3					
Lipova (cămin- spital)		54,4		0,3			12				22
Păuliș (grădiniță)	0,2	66				11					
Obârșie (șc.)		48				3	3				
Valea Mare (șc.)	0,1				120	27			0,1		
Otvoș (tabără)	0,1		15,8	0,4							
Otvoș (școală)		46			340	32					
Neudorf (grăd.)	0,09	133		0,6							
Bulci (spital)		54	17,5								
Chesinț (grăd.)		66			30			410			
Cladova (șc.)	0,005	84	20						0,18		0,2 5
Vărădia (primărie)	0,2	66	10	1	32	27					
Bata (școală)	0,1	54	19	0,2							
Săvârșin (șc.)		48	11					400			
Radna	0,2		13				5		0,1		
Lipova (UM)	0,3	58								900	
Chesinț	0,05	102	15		35	3					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Slatina de Mureș	0,1	97	23								
Bârzava	0,2	78						380			
Julia			15						0,2	910	
Bata (fântână)	0,1		23	0,3	125	7			0,12		
Tela (bufet)					145	90	10				
Săvârșin		46	100	>1							
Săvârșin (disp.)	0,05			0,4				300			
Neudorf (SMA)				1		3			0,2	1300	
Conop		66	14							980	
Belotinț (șc.)		54	19		48		4				
Bălcescu	0,3			0,2	80	34					
Cladova			23								
Dorogș (șc.)	0,1			0,1							
Sâmbăteni (grăd.)	0,3		14								
Bătuța	0,4			0,1		50					
Pârnești		60					10		0,1		30
Căprioara	0,2	75	15		140					1100	
Ilteu	0,1			1		6		400			
Corbești		54	17	2			6			1600	
Ostrov					200	15			0,2		
Giarmata		70	19	1			0,7				
Pișchia		68					20			1400	
Mașloc	0,4	72		2							
Orțișoara	0,1	49	32		80	4		420			
Seceani	0,6	120	60					600	0,1		28

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Chișoda	0,7	80		140	16						
Fibiș		180									
Ivanda		50					16		0,6		
Denta	0,8	200		5			19				
Jebel	0,6			2			6			950	
Urseni	0,2	68		1,9			11				
Moșnița		90		1,5			7				
Bazoș				2			10				31
Bacova (șc.)		60	18			110	16				
Lenaueheim	0,4	206		3						1800	
Parta (grăd.)	0,7	128	16		200	28	1				
Moravița	0,3	160		4							
Sacoșu Turcesc	0,2	60			300						
Folia	0,4	300			60	4					
Nițchidorf		200	22			33					
Livezile	0,7	60		4				480		1400	
Alioș	0,4	205		2	110	16					
Comiat	0,1	150	48								
Sânmihaiu R.	0,7	60			180	24					
Utvin	0,1	60						300	0,1		
Bogda		50		1,4			3	420	0,4		
Biled	2				60						
Pișchia (fânt.publ.)							10		0,7		
Becicherecu Mic	1,5	80				79					24
Rovinița	1,2	50			68	79					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bacova	0,4	670	85	1				420			
Beregsău	0,8	110	140	4			4			1900	
Recaș	0,1	58		5							
Deta		160		16		23					
Hitiăș			88	4							
Săcălaz				5	100	28			0,2	1400	
Gătaia	0,7	90	95		140						
Grăniceri	0,1		13				3	800			30
Grabați	0,4	120	23			79	18				
Sânandrei			15,8			109	1	600	0,1		
Sânandrei (grăd.)		50	13		300	79					26
Șag		65	23		300	80		500			
Icloda	0,3		50		280	17					
Otvești				0,9		109	1				
Gârbovăț			34	8	300					880	
Tomnatic			16	2	340						
Șuștra	0,2	80			200	130					
Fizeș	0,1		31				3		0,1		
Tirol		55	24			60	5		0,2		
Dognecea			32	1			40				30
Lupac	0,4	65	20	1,5			36			1300	
Forotic	0,1				120	41		800			
Clopodia		80	19					650			
Grădinari	0,3	60								1400	
Ciudanovița	0,1			4	100	13			0,2	1000	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gârliște			25		300	80					
Ciclova									0,2		26
Vrani	0,4	95		3							
Mercina	0,1			1				400		1100	30
Doman	0,1				60	4	11		0,2		
Cuptoare		50	26	1							
Soceni	0,2				40	6				1400	26
Ezeriș	0,3	85	33					400			
Copăcele		62		3			6				
Zorile					210	42				1400	
Păltiniș		52			60	4			0,1		
Glimboca	0,4	75	40								
Oțelu - Roșu	0,1		17				40	410			
Caransebeș III	0,2			0,7							
Zăvoi	0,1		24		70	7				900	
Dalci			70		410	80					
Var		81					2		0,1		38

În tabelul 2.6, cf. [167], este prezentată situația aprovizionării cu apă de la uzinele de apă din județul Timiș pentru anul 1995. Este de remarcat frecvența probelor necorespunzătoare STAS - ului, atât ca proprietăți fizico - chimice cât și bacteriologice.

2.4.3 Calitatea apelor de suprafață

Râul Bega, de la izvoare până în aval de Timișoara, este încadrat în categoria I-a la toți indicatorii, cu excepția fenolilor ($0,004 \text{ mg/dm}^3$). Zona hidroedilitară Timișoara evacuează un debit de ape uzate de peste 4000 l/s, din care 80 % îl reprezintă cel neepurat sau insuficient epurat. Ca

Tabelul 2.6

Nr. crt.	Localitatea	Populația totală a localității	Tipul sursei		Nr. probe apă brută	Debit m ³ /zi	Îmagazinare m ³	Lungimea rețelei de distribuție (km)	Nr. probe la stația de tratare	Nr. controale la stația de tratare	Frecvența probelor necorespunzătoare STAS-ului (%)	
			de suprafață	de subterană (nr. foraje)							fizico - chimice	bacteriologice
1	Timișoara	323749	Râu Bega (uzinele 2-4)	46 (uzinele 1,5)	104	366200	54000	512	1321	58	8,7 (s.o.)	4
2	Lugoj	51992	Râu Timiș (uzina 2)	30 (uzinele 1,3)	140	18300	18300	9,4,6	874	84	4	3
3	Sănnicolau Mare	13052	-	9	18	3047	2500	43	64	48	50 (fier)	-
4	Jimbolia	11800	-	9	20	4800	1000	56	89	60	85 (s.o.)	8
5	Buziaș	7696	-	7	14	4000	2000	28,4	128	28	75 (fier)	-
6	Delta	7142	-	6	16	1000	500	13,8	107	14	65 (nitrați, fier)	9
7	Nădrag	3627	pârâu Padeș	-	37	1400	700	12,5	71	5	6	3
8	Tomеști	975	pârâu Liman	-	42	720	400	2	47	6	4	2

urmare, în aval de Timișoara râul Bega este considerat degradat. Se evacuează pe an 8000 t suspensii, 4500 t CBO₅ (consum biologic de oxigen la 5 zile). 250 t produse petroliere, ceea ce reprezintă o depășire a condițiilor avizate la deversare cu cca. 250 %.

Râul Bega - Veche este degradat pe 27 km la toți indicatorii regimului de oxigen și toxice speciale datorită apelor evacuate de COMSUIB Beregsău; spre exemplu: oxigen O mg/dm³, CBO₅ = 366 mg/dm³, substanțe organice CCO - Cr 537 mg/dm³ (admis 3 mg/dm³ !!!), amoniac 69 mg/dm³, fenoli 4.89 mg/l (admis 0,001 mg/dm³ !!!). Este secțiunea cu cea mai mare poluare a unui râu din spațiul Banat, cu evidente repercusiuni asupra apelor freactice din zonă (vezi și tab. 2.5).

În râul Timiș degradarea apelor are loc în aval de pârâul Șurgani, datorită apei insuficient epurate provenind de la COMSUIB Bacova. Se evacuează pe an 210 t CBO₅, 300 t suspensii, 120 t amoniac și 70 t substanțe extractibile.

Calitatea apei râului Bârzava pe 99 km lungime (aprox. 64 % din total) este II. Modificările caracteristicilor sunt la grupa toxice speciale, în aval de Reșița. Spre exemplu, la amoniac (45 mg/dm³), cianuri (1 % față de 0,01 admis), hidrogen sulfurat (2 % față de 0 admis), fier (25 mg/dm³), zinc (29 % față de 5 % admis), produse petroliere (1 μg/dm³ față de 0,01 μg/dm³), suspensii (5000 mg/dm³), substanțe organice (cu CCO-Cr) - 140 mg/dm³ față de 3 mg/dm³ admis.

Cauza acestei situații dezastruoase o constituie deversarea în Bârzava. fără epurare corespunzătoare, a reziduurilor de la C.S. Reșița, U.C.M. Reșița, I.C.M. Bocșa și toate complexele de creștere a porcinelor și cele avicole din zonă.

Menționăm ca deosebit de periculoasă pentru sănătatea consumatorilor de carne de porc, utilizarea apei total nepotabile (2500 l/zi) pentru hrănirea animalelor la COMSUIB Birda, apă cu aproape toți parametri degradați grav.

2.4.4 Calitatea apelor subterane

Din analiza depășirii limitelor admise pentru diferitele caracteristici de potabilitate (tab. 2.5 și [167]) se pot constata următoarele

-la substanțele organice exprimate în KMnO₄ se constată că aproape în toate determinările și forajele efectuate (96 %) există depășiri;

-la indicatorii NH₄, Fe, azotați, depășiri la 99 % din analize;

-la azotiți - 90 % depășiri;

-la mangan, clor, la 45 - 60 % din determinări s-au constatat depășiri;

-la calciu, în 38 % din analize se constată depășiri;

- se constată o tendință de alcalinizare a apei subterane, depășindu-se $\text{pH} = 7,4$;
- procentul de analize bacteriologice necorespunzătoare este de 50 %.

Trebuie să menționăm că unele date luate din statisticile Inspectoratelor sanitare s-au dovedit neconforme cu analizele efectuate de noi în cele mai multe localități. Acest fapt denotă, pe de o parte, un nivel încă scăzut al responsabilității celor implicați, iar pe de altă parte, slaba dotare cu mijloace tehnice adecvate.

Cauzele principale ale calității necorespunzătoare a apei potabile din surse subterane sunt următoarele:

-folosirea incorectă a îngrășămintelor, pesticidelor și erbicidelor pe terenurile agricole. În momentul actual, în cea mai mare parte a localităților analizate, utilizarea lor se face anarhic, inconștient față de urmări;

-dejecțiile evacuate de către toate complexele de creștere a porcinelor și cele avicole;

-apele reziduale orășenești necurate care ajung în apele de suprafață și apoi, prin infiltrare, în pânza freatică;

-depozitele de nămoluri neprelucrate de la complexele porcine, localități etc.

-existența unor bătăli de stocare a apelor reziduale (Bacova, Gătaia II, Partoș etc.).

Rezolvarea globală a problemei calității apei este posibilă numai prin înlăturarea completă a cauzelor care au generat degradarea ei. Aceasta este o problemă deosebit de complexă și, din păcate, de durată.

Până la "macrosoluționarea" problemei potabilității apei, ne propunem să oferim soluții concrete, specifice unei anumite zone, pentru purificarea apei utilizând energia solară.

CAPITOLUL 3

RADIAȚIA SOLARĂ. LEGI SPECIFICE DOMENIULUI

3.1 Soarele ca furnizor de energie

3.1.1 Mărimi astrofizice

Soarele este un astru cu lumină proprie, care face parte din categoria stelelor, fiind plasat în Calea Lactee și având următoarele caracteristici:

- diametrul $1,392 \cdot 10^6$ km;
- diametrul mediu aparent (variabil funcție de anotimp) are valoarea de aprox. 1/100 radiani;
- masa este de cca. $2 \cdot 10^{30}$ kg;
- volumul este de $1,3 \cdot 10^6$ ori mai mare ca al Pământului;
- compoziția chimică: 85 % hidrogen, 14,8 % heliu, 0,2 % alte elemente;
- temperatura: la suprafață - aprox. 5800 K
în interior - $(15 - 20) \cdot 10^6$ K;
- depărtarea medie față de Pământ $149,6 \cdot 10^6$ km;
- consumul de hidrogen în reacțiile termonucleare (transformarea hidrogenului în heliu) este de aprox. 10^9 t/h;
- ecuatorul solar este înclinat cu $7^{\circ}16'3''$ în planul elipticei;
- mișcarea de rotație are o perioadă de 25,4 zile la ecuator;
- deplasarea rectilinie: apexul, spre steaua Vega din constelația Hercules, cu viteza de cca. 20 km/s;
- puterea eliberată: aprox $4 \cdot 10^{26}$ kW;
- energia recepționată pe 1 m^2 și într-un minut la suprafața Pământului: aprox. $(8,36 \pm 0,17) \cdot 10^4$ J;

Radiația solară corespunde cu aproximație aceleia provenind de la un corp negru aflat la

temperatura de 5800 K (fig. 3.1). Spectrul acesteia se întinde de la 0,2 la 3 μ m.

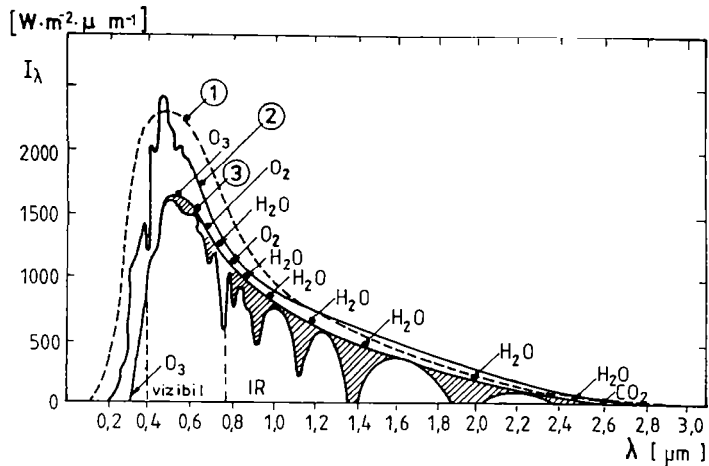


Fig. 3.1

Unghiul măsurat (AH) de Soare în mișcarea sa aparentă în timp de o oră este $\omega = 15,07^\circ$; astfel unghiul orar se poate calcula cu [161]:

$$AH = \frac{\pi}{12} (\text{ora } S - 12) \quad (3.1)$$

$$\text{ora } S = \text{ora} + ET - 4(11g - 1g) \quad (3.2)$$

$$ET = -0,0002 + 0,4197 \cdot \cos \omega \cdot dd - 3,2265 \cdot \cos 2\omega \cdot dd - 0,0903 \cdot \cos 3\omega \cdot dd - 7,3509 \cdot \sin \omega \cdot dd - 9,3912 \cdot \sin 2\omega \cdot dd - 0,3361 \cdot \sin 3\omega \cdot dd \quad (3.3)$$

$$dd = (l - 1) \cdot 30,416 + n \quad (3.4)$$

Semnificațiile notațiilor din relațiile anterioare sunt următoarele:

AH - unghiul orar [grade]

ora S - ora solară

ora - ora legală

llg - longitudinea legală

lg - longitutinea locului

ET - ecuația timpului

dd - ziua din an

l - luna din an

n - numărul zilei din luna respectivă.

Pentru fixarea poziției unui astru pe bolta cerească pot fi folosite diferite sisteme de coordonate (orizontale (A, h), orare (AH, dC), ecuatoriale, eliptice [57].

Declinația soarelui pe boltă se exprimă prin [57]:

$$dC = 23,45 \cdot \sin\left[\frac{2\pi}{365} (284 + dd)\right] \text{ [grade]} \quad (3.5)$$

Coordonatele orizontale (azimutul A și înălțimea h) pot fi calculate în funcție de coordonatele sale orare (unghiul orar și declinația), prin relațiile:

$$\operatorname{ctg} A = (\sin lt \cdot \cos AH - \cos lt \cdot \operatorname{tg} dC) / \sin AH \quad (3.6)$$

$$\sin h = \sin (lt) \cdot \sin (dC) + \cos (lt) \cdot \cos (dC) \cdot \cos (AH) \quad (3.7)$$

unde lt - latitudinea.

În fig. 3.2 este prezentată traiectoria zilnică a Soarelui în proiecție stereografică.

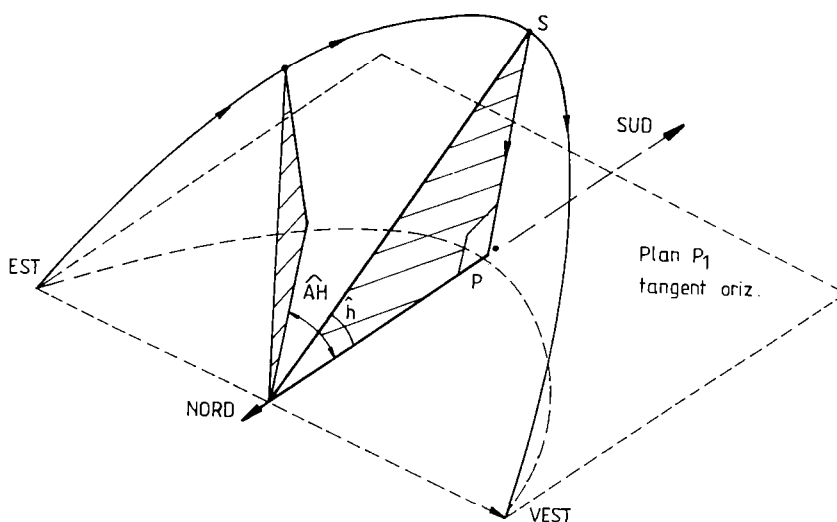


Fig. 3.2

Principial, Soarele poate fi considerat ca un radiator termic, energia sa derivând din temperatura înaltă a reacțiilor de fuziune nucleară.

Energia recepționată la nivelul solului depinde de altitudinea locului, de latitudinea geografică, de nebulozitate, de umiditatea atmosferică, deci de un ansamblu de condiții geografice și meteorologice care fie nu pot fi schimbate, fie scapă controlului nostru.

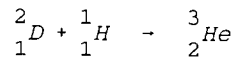
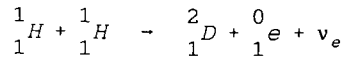
3.1.2 Reacții termonucleare de obținere a energiei solare

Reacțiile termonucleare de obținere a energiei solare au fost studiate și demonstrate de fizicienii Hans Bethe și Karl Weizaker [61].

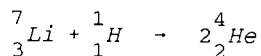
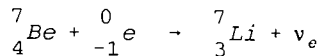
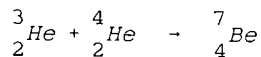
Bethe constată că în procesele termonucleare din stele există două cicluri complexe.

În **primul ciclu**, proton - proton, participă doar elementele ușoare până la bor, rolul primordial în procesul de transformare a hidrogenului în heliu avându-l izotopii hidrogenului. La început prin ciocniri ale protonilor se produc deuteroni care, prin noi ciocniri cu protonii, produc heliu - 3.

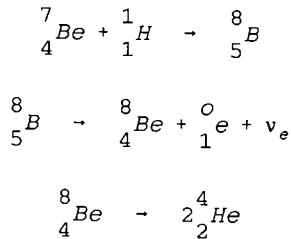
În procesele următoare, unde mai participă heliu - 3, litiu - 7, bor - 8, se obține heliu - 4.



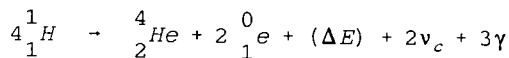
energia eliberată fiind de 26,21 MeV, sau



energia eliberată fiind de 26,65 MeV, sau

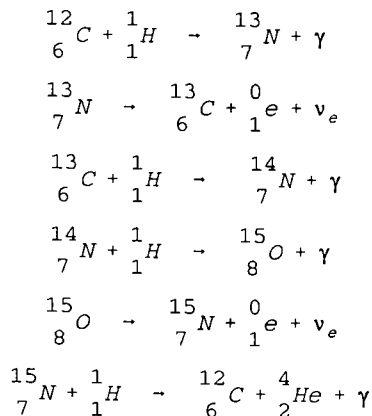


energia eliberată fiind de 19,1 MeV.



Ecuția de mai sus reprezintă forma sintetică de obținere a energiei Soarelui, prin fuziunea hidrogenului în heliu și cu degajarea de energie (ΔE).

Al **doilea ciclu**, carbon - azot, a fost descris de Bethe prin seria de reacții:



energia eliberată fiind de 25,03 MeV.

În acest ciclu, carbonul se regenerează până la sfârșitul reacției de fuziune, jucând rolul de catalizator.

Dacă hidrogenul solar ar fi transformat integral în heliu, s-ar obține o cantitate de energie de aprox. $3,75 \cdot 10^{44}$ J.

Pământul recepționează o putere de $1,35 \text{ kW/m}^2$, distanța medie față de Soare fiind $1,5 \cdot 10^{11}$ m. Soarele radiază

$$4\pi (1,5 \cdot 10^{11})^2 \cdot 1350 \approx 3,8 \cdot 10^{26} \text{ J/s}$$

În aceste condiții, Soarele poate furniza energie timp de:

$$\frac{3,75 \cdot 10^{44}}{3,8 \cdot 10^{26}} = 9,87 \cdot 10^{17} \text{ s} = 3,13 \cdot 10^{10} \text{ ani},$$

ceea ce înseamnă aproximativ 30 miliarde de ani.

Se consideră [116] că activitatea Soarelui se poate menține la nivelul actual încă 5 miliarde de ani, perioadă în care masa solară alcătuită din hidrogen se va transforma în heliu. După aceasta, conform evoluției generale a stelelor, se va produce o contracție gravifică, prin care hidrogenul din părțile marginale va fi atras în centrul stelei unde temperatura este mai mare, iar procesul de fuziune va continua. Steaua devine mai rece spre exterior, transformându-se într-un "gigant roșu". În stadiul următor, echilibrul devine delicat, se poate produce o explozie a stelei ce duce la apariția de supernove [61].

Cantitatea de energie care vine de la Soare și cade în unitatea de timp pe unitatea de suprafață dispusă perpendicular pe direcția razelor solare, la distanța de o unitate astronomică ($1,4945 \cdot 10^8$ km) de la centrul Soarelui se numește **constantă solară** (E_0).

Până relativ recent, determinarea valorii constantei se făcea prin extrapolarea rezultatelor măsurătorilor actinometrice efectuate la nivelul solului (pe munți înalți), luând în considerare transmisivitatea atmosferei în diversele porțiuni ale spectrului solar. Prin astfel de determinări C.G. Abbot a stabilit valoarea constantei la 1322 W/m^2 . Ulterior, acest rezultat a fost modificat prin măsurători efectuate din rachete și s-a propus de către Johnson în 1954 valoarea de 1395 W/m^2 . Ca urmare a măsurătorilor întreprinse din avioane de mare altitudine, din baloane și nave cosmice, a fost realizată măsurarea directă a intensității radiației solare în afara atmosferei terestre și s-a propus, de către Thekaehara și Drummond, valoarea standard pentru constanta solară $E_0 = 1353 \text{ W/m}^2$.

3.2 Fenomene fizice de bază privind energia furnizată de Soare

Fenomenele electrostatice și magnetostatice studiate în secolele XVIII - XIX au fost încadrate în modelul mecanicii newtoniene.

Faraday constată că fenomenele electromagnetice nu pot fi încadrate în sistemul newtonian, introducând noțiunea de **câmp** ca stare specială a materiei caracterizată prin linii de forță care permit transmiterea acțiunilor din aproape în aproape. În acest fel au fost puse bazele teoriei clasice fenomenologice macroscopice a electricității și magnetismului, numite teoria lui Maxwell (respectiv teoria lui Maxwell și Hertz când se aplică corpurilor mobile).

Maxwell stabilește interdependența fenomenelor electrice și magnetice la o variație în timp și spațiu cu viteză finită a câmpului electric.

Ținând seama de structura atomică discontinuă a corpurilor, Lorentz elaborează teoria microscopică a fenomenelor electromagnetice. Câmpul este considerat ca purtător de energie, impuls și moment cinetic, existând și în vid.

În studiul fenomenelor electromagnetice au fost introduse succesiv teoria relativității și mecanica cuantică.

Vom prezenta în continuare, succint, fenomenele fizice de bază implicate în captarea și utilizarea energiei solare.

3.2.1 Ecuatiile Maxwell ale câmpului electromagnetic

Câmpul electric și câmpul magnetic sunt două aspecte ale unei forme de existență a materiei care se numește **câmp electromagnetic**. Cele două câmpuri sunt în interconexiune, condiționându-se reciproc. Câmpul electromagnetic este un câmp rotațional.

Starea unui câmp electromagnetic este definită prin cele patru mărimi vectoriale: intensitatea câmpului electric E , inducția electrică D , intensitatea câmpului magnetic H și inducția magnetică B .

În mediile conductoare mai apar mărimile: densitatea de curent j și intensitatea E_i a câmpului imprimat.

Pentru sarcinile electrice în repaus, intensitatea câmpului electric E , într-un mediu omogen și izotrop, este dată de distribuția acestei sarcini electrice prin relațiile [52]:

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_o \cdot \epsilon_r} \quad (3.8)$$

iar sarcina electrică:

$$q = \iiint_V \rho \, dV = \epsilon_o \cdot \epsilon_r \iiint_V \operatorname{div} \vec{E} \, dV = \epsilon_o \cdot \epsilon_r \iint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} \quad (3.9)$$

Dacă sarcinile electrice se află în mișcare, apare un curent electric, iar conservarea sarcinii electrice conduce la ecuația de continuitate

$$\operatorname{div} \vec{j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (3.10)$$

Un curent staționar de densitate j generează un câmp magnetic

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} \quad (3.11)$$

Ecuția de continuitate poate fi scrisă sub forma:

$$\operatorname{div} \operatorname{rot} \vec{H} = -\frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (3.12)$$

Relația anterioară nu este valabilă dacă $\rho = \rho(r,t)$, adică în cazul în care:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} \neq 0 \quad (3.13)$$

deoarece divergența unui rotor este întotdeauna zero. Deci relația (3.11) nu poate fi valabilă în cazul în care densitatea volumică de sarcină electrică depinde de timp.

Din legea inducției electromagnetice se știe că variația inducției câmpului magnetic B este legată de apariția unui câmp electric a cărui intensitate se determină din relația:

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (3.14)$$

Dacă se respectă simetria vectorilor E și B și în cazul vectorilor D și H , ar trebui să avem o relație de forma:

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (3.15)$$

Maxwell a considerat că acesta este termenul care lipsea în relațiile anterioare, deci se poate scrie:

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (3.16)$$

Dacă se aplică divergența în relația (3.16) obținem:

$$\operatorname{div} (\operatorname{rot} \vec{H}) = \operatorname{div} \vec{j} + \operatorname{div} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = 0 \quad (3.17)$$

sau

$$\operatorname{div} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div} \vec{D} = 0 \quad (3.18)$$

dar $\operatorname{div} D = \rho$.

Se obține astfel ecuația de continuitate

$$\operatorname{div} \vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad (3.19)$$

Termenul $\partial D / \partial t$ introdus este numit de către Maxwell **densitatea curentului de deplasare**:

$$\vec{j}_d = \operatorname{div} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (3.20)$$

și

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} + \vec{j}_d \quad (3.21)$$

Noul termen introdus de Maxwell, densitatea curentului de deplasare, este necesar pentru ca expresia care leagă câmpul magnetic de curentul electric să fie compatibilă cu ecuația de continuitate și în cazul în care curenții de conducție variază în timp.

Legile experimentale ale câmpului electromagnetic, completate cu cele menționate anterior, formează sistemul de ecuații Maxwell:

$$\begin{aligned} (I) \quad \operatorname{rot} \vec{H} &= \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \\ (II) \quad \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ (III) \quad \operatorname{div} \vec{B} &= 0 \\ (IV) \quad \operatorname{div} \vec{D} &= \rho \end{aligned} \quad (3.22)$$

Aceste ecuații trebuie completate cu ecuațiile de material, care în cazul unui mediu ideal, liniar, omogen și izotrop, au forma:

$$\vec{D} = \epsilon_o \cdot \epsilon_r \cdot \vec{E}; \quad \vec{B} = \mu_o \cdot \mu_r \cdot \vec{H}; \quad \vec{j} = \gamma \cdot \vec{E} \quad (3.23)$$

Ecuațiile (3.22) și (3.23) sunt valabile în următoarele condiții:

- a) corpurile materiale aflate în câmpul electromagnetic se află în repaus;
- b) mărimile ϵ_r , μ_r și γ , care caracterizează proprietățile de material ale mediului, nu depind de timp și nici de intensitatea câmpurilor;

c) în câmpurile studiate nu se află magneti permanenți și substanțe feromagnetice

3.2.2 Aspecte cuantice

Teoria electromagnetică a luminii, dezvoltată pe baza ecuațiilor lui Maxwell, a permis înțelegerea și explicarea fenomenelor de difracție, interferență și polarizare a luminii, dar pentru înțelegerea unor fenomene de interacțiune a undelor electromagnetice cu unele microparticule a fost necesar să se admită ipoteza că undele electromagnetice reprezintă un flux de fotoni cu energia [62]:

$$\epsilon = \hbar \cdot \nu = k \cdot \omega \quad (2.24)$$

Einstein afirmă că în afara energiei ϵ , fotonului trebuie să i se atribuie și un impuls p care se obține din relația relativistă:

$$\epsilon = c \sqrt{p^2 + m_0^2 \cdot c^2} \quad (3.25)$$

Fotonul, neavând masă de repaus ($m_0 = 0$), se obține:

$$p = \frac{\epsilon}{c} = \frac{\hbar \cdot \nu}{c} = \frac{k \cdot \omega}{c} = \frac{\hbar}{\lambda} \quad (3.26)$$

sau vectorial

$$p = \hbar \cdot \vec{k}$$

unde k este modulul vectorului de undă k .

Legea lui Planck stabilește dependența dintre intensitatea radiației emise de un corp, temperatura acestuia și lungimea de undă pe care are loc emisiunea.

Cu notațiile:

$$hc^2 = c_1 = 3,74 \cdot 10^{-16} \quad [W \cdot m^2]$$

$$\frac{hc}{k_B} = c_2 = 1,438 \cdot 10^{-2} \quad [m \cdot K]$$

se obține:

$$I_\lambda = \frac{c_1 \cdot \lambda^{-5}}{e^{c_2/\lambda T} - 1} \quad [W/m^3] \quad (3.27)$$

care reprezintă legea lui Planck.

Reprezentând grafic (3.27), se obține fig. 3.3 din care se observă că I_λ atinge un maxim

pentru o anumită lungime de undă λ , pentru o temperatură T . Prin creșterea temperaturii, la aceeași lungime de undă se mărește intensitatea radiației.

Legea lui Wien exprimă legătura dintre lungimea de undă pentru care se înregistrează valoarea maximă a intensității de radiație I_λ și temperatura la care are loc emisia:

$$\lambda_m \cdot T = 2,896 \text{ mm} \cdot K \quad (3.28)$$

Dependența (3.28) este trasată în fig. 3.3 cu linie întreruptă.

Legea Stefan - Boltzmann exprimă valoarea energiei radiante emise de un corp negru având temperatura T :

$$I_N = \sigma_N \cdot T^4 = 5,68 \cdot 10^{-8} \cdot T^4 \quad [W/m^2] \quad (3.29)$$

Legea lui Kirchoff stabilește legătura dintre factorul energetic de emisie și factorul energetic de absorbție pentru un corp cenușiu

$$q_{1,2} = c_{1,2} \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \quad [W/m^2] \quad (3.30)$$

și se poate utiliza pentru calculul schimbului de energie prin radiație între două suprafețe plan - paralele de temperaturi T_1 și T_2 .

Coefficientul $c_{1,2}$ se numește coeficient mutual de radiație și are dimensiunea W/m^2K^4 .

Legile radiației au fost studiate cu ajutorul unui corp negru artificial datorită faptului că în natură nu există un corp absolut negru. Ideea realizării corpului negru artificial se bazează pe legile lui Kirchoff și constă în următoarele:

-în pereții unei incinte menținute la temperatura constantă T se realizează o deschidere mică S (fig. 3.4), care se comportă ca un element de suprafață al unui corp negru deoarece radiația care intră în incintă este multiplu reflectată de pereți și rămâne în interiorul ei.

Orificiul S emite radiații care, conform legii lui Kirchoff, au aceleași proprietăți ca și radiația emisă de un corp negru aflat la aceeași temperatură ca și incinta.

Pentru studiul radiației la diferite temperaturi au fost realizate numeroase modele de corp negru. În fig. 3.5 sunt reprezentate curbele obținute prin măsurători pe aceste modele.

Se poate observa că la temperaturi joase (în jurul a 1000 K) solidul încălzit începe să emită și în vizibil, dar maximul distribuției spectrale se află în infraroșu. Cu creșterea temperaturii, amplitudinea curbei crește, iar maximul se deplasează spre lungimi de undă mici, conform legii lui Wien. Pentru sursele obișnuite de lumină, maximul curbei se află deasupra regiunii spectrului vizibil.

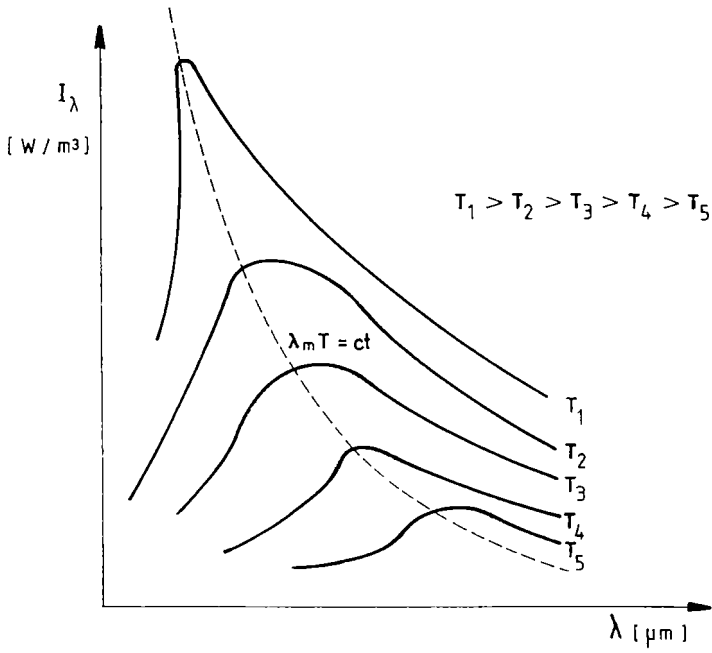


Fig. 3.3

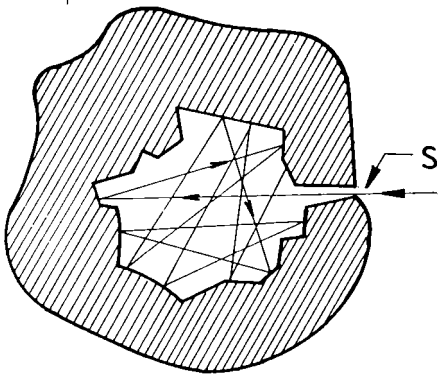


Fig. 3.4

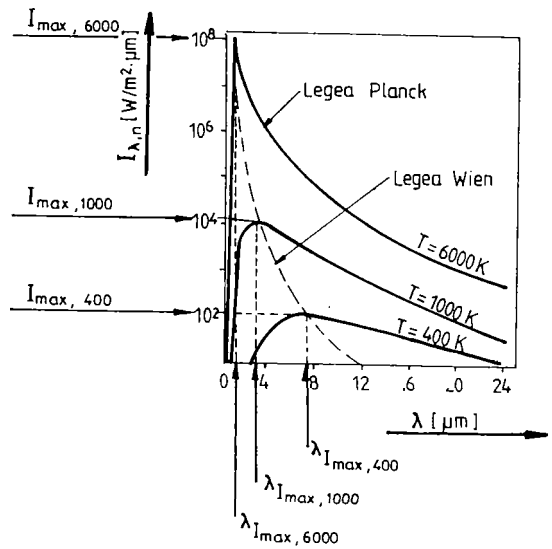


Fig. 3.5

În cazul Soarelui, maximul curbei se situează în mijlocul spectrului vizibil, iar pentru stelele albe foarte calde maximul este în ultraviolet.

În fizica cuantică, radiația este considerată ca fiind un flux de particule numite fotoni, care se propagă cu viteza luminii, purtând energia $h\nu$ (în care $h = 6,6356 \cdot 10^{-34}$ J·os - constanta lui Planck, iar ν - frecvența radiației).

Din întregul spectru al radiației solare, pentru cele mai multe aplicații energetice solare, interesează în special radiația termică.

3.2.3 Radiația termică

Radiația termică este o radiație de natură electromagnetică obținută pe seama mișcării de agitație termică a particulelor corpurilor aflate la o temperatură T mai mare de 0 K. Această radiație este distribuită pe un domeniu de lungimi de undă $\Delta\lambda = 0,2 \div 1000$ μm .

Spectrul radiației electromagnetice este împărțit în diverse zone, după diferitele lungimi de undă λ , ca în fig. 3.4. Între lungimea de undă λ și frecvența ν există relația:

$$c = \frac{c_0}{n} = \lambda \cdot \nu \quad (3.31)$$

în care:

c - viteza luminii

c_0 - viteza luminii în vid

n - indicele de refracție prin care se propagă.

Radiația care interesează în aplicații energetice solare [57] se plasează între ultraviolet și infraroșu apropiat, adică între lungimile de undă $0,2 \div 5$ μm .

Energia solară din afara atmosferei conține cea mai mare parte din energia sa în domeniul lungimilor de undă $0,2 \div 4$ μm , în timp ce energia solară primită la sol este, în principal, plasată în domeniul $0,29 \div 3$ μm .

Partea principală a spectrului radiației este constituită din gama de lungimi $\lambda \in (0,1 \div 24)$ μm , reprezentând emisia fotosferei inferioare. Acest spectru este în vecinătatea spectrului unui corp negru la 5800 K. Cromosfera sau coroana emite radiații suplimentare sub formă de [116]: radiații ultraviolete, radiații X ($0,001 \div 0,01$) μm și unde radio electrice scurte ($10 \div 100$) cm, provenind din partea foarte caldă a coroanei, cu intensitate variabilă în timp.

Energia radiațiilor suplimentare reprezintă doar o fracțiune din spectru astfel încât se poate afirma că spectrul radiației solare este cuprins între $(0,1 \div 5)$ μm , corespunzător celui al corpului

negru la 5800 K pentru $\lambda > 1,2 \mu\text{m}$.

În tab. 3.1 este prezentată repartiția procentuală a energiei radiației pe regiuni spectrale, pentru constanta solară și pentru corpul negru.

Tabelul 3.1

Energia radiației	Repartiția pe regiuni spectrale [%]		
	UV (0,29 ÷ 0,40) μm	vizibil (0,40 ÷ 0,76) μm	IR (0,76 ÷ 24) μm
Constanta solară $I_0 = 1353 \text{ Wm}^{-2}$	9,2	42,4	48,4
Corp negru $I' = 1590 \text{ Wm}^{-2}$	14,03	42,53	43,44

Ecartul provine din faptul că o mare parte din radiația UV emisă de Soare este reabsorbită de atmosfera astrului.

Fig. 3.1 prezintă cele două spectre ale radiației. În aplicațiile solare este deosebit de importantă cunoașterea distribuției radiației solare pe diferite lungimi de undă. În tab. 3.2 este dată corespondența dintre lungimea de undă și denumirea culorii corespunzătoare radiației monocromatice respective.

Tabelul 3.2

Culoarea	$\lambda(\text{\AA})$
Infraroșu	> 7800
Roșu	6200 - 7800
Portocaliu	5950 - 6200
Galben	5650 - 5950
Verde	4900 - 5650
Albastru	4400 - 4900
Violet	3900 - 4400
Ultraviolet	< 3900

Din analiza fig. 3.1 se constată că spectrul prezintă un maxim foarte pronunțat corespunzător lungimii de undă de 4700 Å, adică în domeniul razelor albastre. Înlocuind această valoare în legea lui Wien (3.35), obținem $T = 6150 \text{ K}$ care este temperatura medie pe suprafața Soarelui, determinată pe baza legii deplasării a lui Wien.

De la acest maxim intensitatea de radiație scade brusc spre violet și lin spre roșu.

În concluzie, Soarele emite un spectru continuu, în care sunt prezente radiații de toate lungimile de undă, acestea transportând, în intervale de timp egale, energii diferite. În fig. 3.6 este reprezentată variația energiei fotonului cu lungimea de undă.

Ochiul omenesc prezintă o sensibilitate maximă pentru lungimea de undă $\lambda_1 = 5550 \text{ Å}$, care nu este întâmplătoare, deoarece spectrul radiației solare, după trecerea prin atmosferă, prezintă un maximum chiar la această lungime de undă.

Un corp negru emite radiații cu intensitate maximă pentru λ_1 dacă temperatura sa este $T = 5200 \text{ K}$. Lumina emisă la această temperatură este considerată "lumină albă" [116].

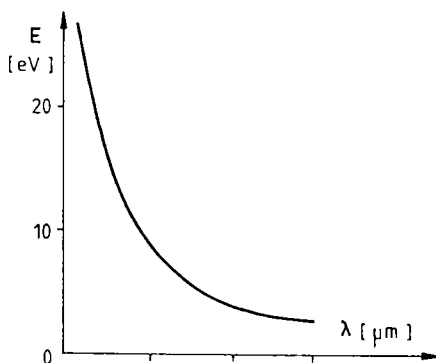


Fig. 3.6

3.2.4 Interacția radiațiilor solare cu atmosfera terestră

Compoziția atmosferei

Atmosfera este considerată zona de la sol până la 10 - 15 km altitudine: temperatura scade cu 6,5°C pe km, pentru a atinge -50°C până la -90°C la baza zonei imediat superioare, numită stratosferă (± 100 km altitudine).

Până la altitudinea de 80 km compoziția gazoasă rămâne neschimbată: 78 % N₂, 21 % O₂, 0,9 % A, 0,03 % CO₂, cât și urme de alte gaze. Ozonul se găsește până la 18 km, iar vaporii de apă

în apropierea solului.

Jumătate din masa gazoasă se află între 0 ÷ 5 km altitudine, iar 9/10 din gazele atmosferice sunt situate sub 15 km. În componența masei gazoase mai intră aerosoli, nori, particule de praf, cristale de gheață. La altitudini foarte mari se găsesc atomi de heliu și hidrogen.

Vaporii de apă sunt conținuți în proporție de 95 % în stratul 0 ÷ 5 km, iar stratul 0 ÷ 2,5 km conține 50 %. La altitudinea de peste 20 km cantitatea de vaporii este extrem de redusă, dispărând total la peste 70 km.

Interacția radiațiilor solare cu atmosfera

Razele X și UV ($\lambda < 0,18 \mu\text{m}$) sunt absorbite integral deasupra nivelului de 60 km.

Razele UV (cu $0,18 < \lambda < 0,29 \mu\text{m}$) sunt absorbite integral de O_2 sau O_3 , iar cele din domeniul apropiat sunt absorbite parțial între 10 ÷ 50 km altitudine.

Absorbția scade cu creșterea lungimii de undă; domeniul vizibil este absorbit doar parțial ($0,4 < \lambda < 0,78 \mu\text{m}$), atenuarea rezultând din difuzie. Domeniul infraroșu este absorbit de bioxidul de carbon, apa și ozonul din troposferă [19].

Redăm principalele benzi de absorbție ale elementelor constituente ale atmosferei:

- O_3 prezintă benzi puternice între 0,2 ÷ 0,3 μm și slabe între 0,45 ÷ 0,7 μm și în IR între 10 ÷ 14 μm .

- O_2 prezintă benzi înguste între 0,69 ÷ 0,76 μm .

- CO_2 prezintă benzi înguste între 1,6 ÷ 2 μm și puternice, bine marcate, între 2,25 ÷ 4,15 μm .

-vaporii de apă prezintă benzi multiple și complexe:

Absorbția este cvasitotală de la 25 μm . Poziția și lărgimea benzii de absorbție sunt influențate de temperatură și presiune.

Absorbția selectivă pentru gaze rămâne slabă și constantă între 0,3 ÷ 0,7 μm (O_2 și O_3), dar devine importantă și variabilă pentru lungimi de undă cuprinse între 0,7 ÷ 4 μm sub influența vaporilor de apă. La nivelul solului radiațiile cu $\lambda < 0,3 \mu\text{m}$ sunt neglijabile. Radiația absorbită selectiv de către atmosferă servește la creșterea temperaturii acesteia.

Dacă radiația traversează un mediu cu alt indice de refracție, are loc refracția radiației luminoase. Dacă variația indicelui de refracție este bruscă pe un domeniu îngust, comparativ cu lungimea de undă a radiației, o parte din radiația incidentă este reflectată. Atunci când radiația traversează goluri sau lovește obstacole având dimensiuni comparabile cu ordinul de mărime al lungimii de undă, ea este deviată în mai multe direcții privilegiate, având loc fenomenul de difracție.

Dacă fascicolul incident este reflectat în toate direcțiile datorită formei neregulate a suprafeței, are loc difuzia.

Fenomenul de difuzie este cauza principală a luminozității diurne.

În cazul în care Soarele este la zenit, intensitatea radiațiilor incidente poate fi redusă prin difuzie cu 50 % în UV, 30 % violet, 5 % în roșu și cu o cantitate neglijabilă în IR de la 1 μm . Reducerea este cu atât mai importantă cu cât înălțarea Soarelui pe boltă este mai mică, putând deveni considerabilă în vizibil și mai ales în ultraviolet.

Astfel se explică, printre altele:

-culoarea albastră a cerului; aceasta este nuanța luminii difuzate prin aer spre sol, mult mai bogată în radiații de lungime de undă scurtă (albastru, violet) decât lumina transmisă direct. Ochiul fiind mult mai sensibil la albastru decât la violet, practic nu percepe decât cea dintâi culoare.

-culoarea roșie a Soarelui atunci când este aproape de orizont; radiațiile de lungime de undă scurtă sunt absorbite treptat și pe măsură ce densitatea atmosferei crește. La apusul Soarelui nu rămân decât culorile galben și roșu.

-difuzia contribuie la atenuarea în apropierea solului a cantității de radiație UV rămasă în urma traversării atmosferei.

Traversarea atmosferei terestre este însoțită de existența unor factori atenuatori [103], care în esență sunt:

- absorbția radiației de către unele componente din atmosferă (O_2 , O_3 , CO_2 , apa);
- difuzia moleculară a principalelor gaze componente ale atmosferei (N_2 și O_2) influențează componenta difuză a radiației solare;
- difuzia Rayleigh a aerosolilor (praf, nuclee de condensare) influențează, de asemenea, componenta difuză a radiației solare.

Coefficienții de atenuare a radiației solare sunt [61, 77]:

-coeficientul de atenuare datorat absorbției moleculare:

$$a_{a\lambda} = \alpha_{\lambda}(\text{O}_3) + \beta_{\lambda}(\text{H}_2\text{O}) + K_{\lambda}p \quad (3.32)$$

unde: α_{λ} , β_{λ} , K_{λ} depind de lungimea de undă a radiației;

(O_3), (H_2O) reprezintă concentrații;

p desemnează presiunea atmosferică.

-coeficientul de atenuare datorat difuziei moleculare:

$$a_{m\lambda} = 1,044 \cdot 10^5 \cdot (n - 1)^2 \cdot \lambda^{-4} \quad (3.33)$$

unde n este indicele de refracție al aerului.

-coeficientul de atenuare datorat difuziei Rayleigh [77]:

$$a_{R\lambda} = 8,63 \cdot 10^{-3} \cdot \lambda^{-2} \cdot u + 8,06 \cdot 10^{-2} \cdot \lambda^{-0,75} \cdot d \quad (3.34)$$

unde u reprezintă cantitatea de precipitații iar d concentrația de praf (pentru atmosfera standard* $u = 2$, iar $d = 1$).

Coefficientul total de atenuare este:

$$a_{\lambda} = a_{a\lambda} + a_{m\lambda} + a_{R\lambda} \quad (3.35)$$

Masa de aer reprezintă drumul optic real al radiației prin atmosferă și se poate exprima prin:

$$m = \frac{p}{1000} \cdot \frac{1}{\sin h} \quad (3.36)$$

unde: p - presiunea locală în mbar

h - unghiul de înălțare a soarelui

iar

$$p = 1000 - \frac{z - 150}{10} \quad (3.37)$$

unde: z - altitudinea locului [m].

Intensitatea radiației solare la traversarea atmosferei este:

$$I_{d\lambda} = I_{o\lambda} \cdot e^{a_{\lambda} \cdot m} \quad (3.38)$$

Prin integrare pentru întregul spectru se obține

$$I_d = I_o \cdot e^{-a \cdot m} \quad (3.39)$$

unde a este coeficientul de atenuare integral.

Pentru simplificarea calculului coeficientului de atenuare se poate utiliza relația:

*atmosfera standard: - la nivelul mării;

$p_{atm} = 760$ mm Hg; precipitații = 20 mm; poluarea = 300 partic./cm³;

presiunea parțială a aerului = 2,8 mm Hg

cea ce conduce la următoarea expresie a intensității radiației solare directe atenuate:

$$I_d = I_o \cdot A \cdot e^{-B \cdot m} \quad (3.41)$$

unde $A = e^{-K}$.

Valorile indicate de Ch. Perrin [19] pentru constantele A și B sunt date în tab. 3.3.

Din radiația globală care atinge solul, o parte este reflectată iar alta absorbită.

Tabelul 3.3

	Cer foarte curat	Condiții normale	Zone industriale
A	0,87	0,88	0,91
B	0,17	0,26	0,43

Albedoul exprimă capacitatea solului de a reflecta radiația și este definit prin:

$$A = I_R / I_G \quad (3.42)$$

unde: I_R - intensitatea radiației reflectate;

$I_G = I_D + I_d$ este intensitatea radiației globale;

I_D - intensitatea radiației difuze;

I_d - intensitatea radiației directe.

Durata de strălucire a Soarelui pe cer este în funcție de latitudinea și de momentul anotimpual, dar, în realitate numărul efectiv de ore de strălucire este mai mic datorită nebulozității și componentelor care opacizează atmosfera (smog, ceață, praf, poluare chimică, particule în suspensie ș.a.).

Fracția de insolație f se definește prin:

$$f = \frac{n}{N} \quad (3.43)$$

unde: n - numărul efectiv de ore de strălucire

N - numărul de ore maxim posibil de strălucire.

3.2.5 Predeterminarea intensității radiației solare pe plane cu orientare variabilă

3.2.5 Predeterminarea intensității radiației solare pe plane cu orientare variabilă

În captarea și conversia energiei radiațiilor solare de către instalațiile heliotehnice este semnificativă valoarea puterii radiante pe suprafața receptorului, numită și intensitate a radiației I , exprimată în Wm^{-2} (fig. 3.7).

Din (3.40), (3.41) și tab. 3.3 se obține, pentru $m = 1/\sin h$, intensitatea radiației solare directe atenuate I_d .

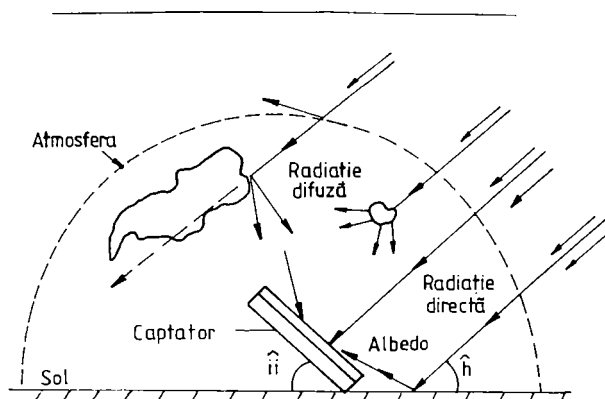


Fig. 3.7

Variația distanței Pământ - Soare ($\pm 1,7\%$) conduce la o variație a constantei solare I_0 cu $\pm 3,4\%$, ceea ce necesită introducerea unui factor de corecție (C) dat de relația:

$$C = 1 + 0,0034 \cdot \cos dd \quad (3.44)$$

unde dd se poate calcula cu (3.4).

Constanta solară reală va fi:

$$I_{or} = c \cdot I_0 \quad (3.45)$$

Ca urmare relația (3.41) se va scrie:

$$I_d = I_0 \cdot C \cdot A \cdot \exp\left(\frac{-B}{\sin h}\right) \quad (3.46)$$

Pe o suprafață orizontală, componenta directă a radiației solare va fi:

$$I_{do} = I_d \cdot \sin h \quad (3.47)$$

Intensitatea radiației difuzate de cer I_{DC} în condiții atmosferice normale se calculează cu [77, 134]:

$$I_{DC} = I_o \cdot C \cdot \sin h \cdot [0,2710 - 0,2939 \cdot A \cdot \exp(-\frac{B}{\sin h})] \quad (3.48)$$

Intensitatea I_{DA} a radiației difuzate de spațiu și a celei reflectate de sol și interceptate de captatorul înclinat sub unghiul ii se calculează cu [94]:

$$I_{DA} = I_{DC} \cdot \frac{1 + \cos ii}{2} + \frac{A_b(1 - \cos ii)}{2} \cdot I_{do} \quad (3.49)$$

unde A_b este coeficientul d'Albedo (vezi tab. 3.4.)

Tabelul 3.4

Coeficientul	Peluză	Ciment-beton	Pietriș	Zăpadă	Supr.vertic.
A_b	0,18 - 0,23	0,55	0,18	0,80 - 0,90	0,30

Unghiul de incidență θ al radiației directe pe o suprafață înclinată (fig.3.8) satisface ecuația:

$$\cos \theta = \sin dC \cdot \sin lt \cdot \cos ii - \sin dC \cdot \cos lt \cdot \sin ii \cdot \cos AZ - \\ - \sin dC \cdot \cos lt \cdot \sin ii \cdot \cos AZ + \cos dC \cdot \cos lt \cdot \cos ii \cdot \cos AH + \\ + \cos dC \cdot \sin lt \cdot \sin ii \cdot \cos AH + \cos dC \cdot \sin ii \cdot \sin AZ \cdot \sin AH \quad (3.50)$$

cu AZ - unghiul azimutal al planului, $AZ \in (0, 90)$ și are semn + spre vest și - spre est.

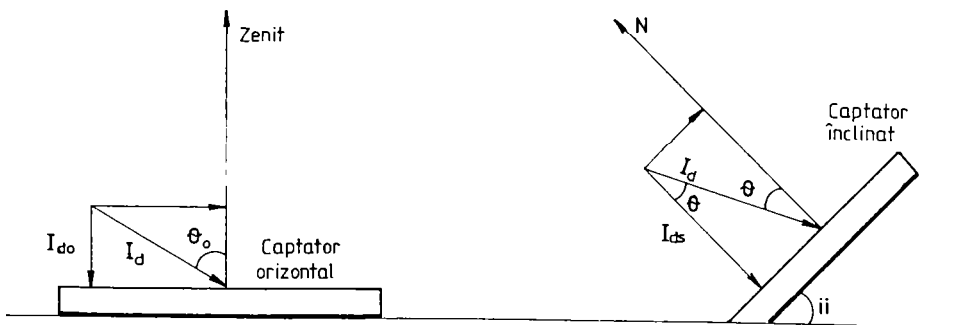


Fig. 3.8

$$\cos \theta_o = \sin dC \cdot \sin lt + \cos dC \cdot \cos lt \cdot \cos AH \quad (3.51)$$

directe pe o suprafață oarecare, înclinată cu unghiul ii :

$$I_{ds} = I_{do} \cdot KK \quad (3.52)$$

Densitatea puterii radiante pe suprafața captatorului va fi:

$$I_s = I_{ds} + I_{DA} \quad (3.53)$$

Valorile mărimilor I_s , I_{ds} , I_d , I_{DC} , I_{DA} pot fi obținute prin rularea programului RAD, prezentat în Anexa lucrării.

3.3 Date meteo - climatice pentru zona de vest a României

Factorii meteorologici care au o influență mare asupra radiației solare la suprafața Pământului sunt transparența atmosferei, nebulozitatea, felul norilor și poziția acestora.

În calculul de dimensionare a instalațiilor care utilizează energia solară ca sursă termică este importantă cunoașterea următoarelor date meteorologice [94]:

1. valorile radiației solare globale $I_G = I_D + I_d$, primite pe o suprafață orizontală sau sub un unghi oarecare, în decurs de o zi, o lună, un anotimp;
2. distribuția densității radiației solare;
3. durata de strălucire a Soarelui;
4. numărul zilelor cu cer senin;
5. parametrii aerului: temperatură, umiditate relativă, presiune;
6. intensitatea și frecvența vântului;
7. precipitațiile atmosferice.

Toți acești parametri au fost înregistrați în fiecare zi și continuu sau la intervale orare fixe. Unele date au fost obținute din [55], altele au fost urmărite pe parcursul anilor 1987 - 1995 în cadrul studiilor efectuate [33], [35].

Valorile radiației solare globale medii pentru Timișoara sunt prezentate în tab. 3.5. Din acest tabel se observă că valorile maxime ale radiației solare se obțin în lunile iunie-iulie, iar cele minime pentru perioadele reci (decembrie-ianuarie), ca urmare a influenței determinante a înălțimii Soarelui.

Valorile obținute pentru Timișoara sunt puțin superioare celor pentru zona București [94], [57].

Durata de strălucire a Soarelui indică perioada de timp din zi, lună sau an cât Soarele a strălucit pe boltă. Ea prezintă factorul principal de caracterizare a gradului de însorire (insolație al unei localități).

În măsurătorile efectuate am utilizat cele trei forme ale duratei de strălucire a Soarelui:

a) Durata maximă de insolație N , care reprezintă numărul de ore maxim dintr-o zi în care Soarele a strălucit pe cer, exprimată în ore și zecimi de oră sau, altfel spus, numărul de ore dintr-o

Tabelul 3.5.

Densitățile puterii radiante solare globale medii $[W/m^2]$ pe o suprafață orizontală, pentru Timișoara

Ora	Tip cer	Lunile anului											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
6	S	-	-	25	81	146	191	145	79	21	-	-	-
	A	-	-	17	36	90	107	77	41	15	-	-	-
9	S	132	263	390	571	667	693	668	552	372	194	121	92
	A	67	135	211	291	389	345	391	299	190	98	69	28
12	S	290	431	651	819	901	920	692	788	623	430	310	149
	A	156	221	323	418	546	475	540	516	388	251	170	71
15	S	139	270	390	572	661	692	661	550	372	200	122	91
	A	72	138	189	304	338	344	341	305	191	103	64	25
18	S	-	-	25	76	147	192	146	72	22	-	-	-
	A	-	-	7	34	71	91	70	34	11	-	-	-

S - cer senin (nebulozitate 0 - 3)

A - cer acoperit (nebulozitate 8 - 10).

zi, de la răsăritul până la apusul Soarelui. Am utilizat, în acord cu [19], pentru a calcula N , relația:

$$N = 12 + a \cdot \sin \frac{360}{365} \cdot d \quad (3.54)$$

unde: a - coeficient ce depinde de latitudinea locului (vezi tab. 3.6)

d - număr de zile scurse de la 21 martie

b) Durata relativă de insolație n reprezintă numărul de ore dintr-o zi în care soarele a strălucit pe cer (tab. 3.7)

c) Durata relativă de insolație f sau fracția de insolație (3.43) este un parametru foarte sugestiv pentru aprecierea condițiilor de nebulozitate a cerului. Variază între 0 (zi fără soare) și 1 (zi plină cu soare)

Tabelul 3.6

lt(°)	40	42	44	45	46	48	50	52	55
a	2,8	3,1	3,3	3,4	3,6	3,8	4,1	4,5	5,1

Ca urmare a studiilor efectuate asupra datelor meteorologice legate de insolație, a fost posibilă găsirea unei relații de legătură între radiația solară directă I_d și radiația solară difuză I_D . Astfel [100],[94]:

$$I_d/I_D = 0,9 - 0,8 \cdot f \quad (3.55)$$

relație destul de exactă pentru f cuprinsă între valorile 0,15 și 0,7.

Cu ajutorul relației (3.55), cunoscând I_d se poate determina ușor și valoarea radiației difuze I_D ; de asemenea, cunoscând f se poate evalua corect și energia primită pe un plan la nivelul solului.

Numărul mediu al zilelor cu cer senin În cursul unei luni sau anotimp, nu toate zilele sunt cu cer senin, statisticile arătând că numărul mediu nu depășește 50 %.

În tab. 3.7 sunt prezentate numărul mediu lunar al zilelor cu cer senin și valorile medii lunare ale duratei de strălucire a Soarelui pentru Timișoara, pentru 10 ani (1986 - 1996).

Excepție fac regiuni din Delta Dunării și litoralul Mării Negre, dar și o parte din zona de vest a țării, unde numărul zilelor cu cer senin atinge sau chiar depășește 75 % în luna august.

Este de remarcat că, pentru zonele muntoase din partea de vest studiate în lucrare, numărul zilelor cu cer senin iarna și toamna este mai mare decât cel al zilelor din primăvară, depășind media pe țară.

Tabelul 3.7**Număr mediu lunar la zilelor cu cer senin****Valori medii lunare ale duratelor efective de strălucire a Soarelui, n, pentru mun.Timișoara**

Luna	Zile cu cer senin	Durata de strălucire [ore]
Ianuarie	7	69
Februarie	9	85
Martie	10	153
Aprilie	12	201
Mai	14	232
Iunie	15	280
Iulie	18	362
August	20	410
Septembrie	18	246
Octombrie	11	185
Noiembrie	8	91
Decembrie	6	60

Date meteo - climatice experimentale obținute în perioada 1987 - 1995.

În vederea utilizării energiei solare într-o instalație de distilare, considerăm relevante următoarele date meteo:

1. Numărul mediu anual de zile senine și noroase (S + N) și numărul mediu anual de zile acoperite (A) (tab. 3.8).

Tabelul 3.8

Zile	Luna												total
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
S+N	8+13	9+11	11+ 10	10+ 11	15+ 10	15+9	18+9	20+5	18+7	11+ 14	8+15	6+16	280
A	10	8	10	8	6	6	4	6	5	6	7	9	85

2. Variația temperaturii medii în intervalul urmărit, pentru zilele de 1 și 15 ale lunii este prezentată în tab. 3.9 [°C].

Tabelul 3.9

Zile	Luna											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-3	5	8	10	17	21	23	22	22	18	8	8
15	2	4	5	10	18	22	24	26	21	15	7	2

Date privind variația orară a intensității radiației solare sunt prezentate în [109] și în tab. 3.10, pentru lunile iunie și august 1991.

Tabelul 3.10

Ora	E	
	Iunie	Iulie
-	kWh/m ²	kWh/m ²
4	0,2	-
5	3	2
6	5	5
7	8	8,2
8	12	14
9	14	17
10	15,5	20,1
11	16	22
12	17	21
13	17,5	22,3
14	16	20,7
15	13	17
16	11	13
17	8	9
18	6	6
19	4	3
20	1,5	1,5
21	0,5	
ΣE	167,7	201,8

Pentru restul lunilor, ΣE are următoarele valori [kWh/m²]:

-ianuarie	46,1
-februarie	59,5
-martie	121,3
-aprilie	139,5
-mai	148,5
-august	170,0
-septembrie	140,2
-octombrie	119,5
-noiembrie	58,1
-decembrie	39,6

Valorile pentru energia totală E sunt date în [kWh] și se referă la 1 m² de suprafață orizontală.

Măsurătorile efectuate pe perioada 1987 - 1995 au condus la următoarele valori medii pentru mărimile care interesează în utilizarea energiei solare (tab. 3.11).

Tabelul 3.11

Luna	Mărimea			
	Temp.medie lunară [°C]	Durata medie de strălucire [ore]	Fracția de insolație [-]	Radiația globală [10 ⁷ J/m ² lună]
Ianuarie	-2,0	92,8	0,35	14,53
Februarie	0,7	100,2	0,37	20,33
Martie	5,7	179,5	0,45	37,91
Aprilie	11,6	180,3	0,42	52,87
Mai	15,0	219,7	0,50	66,66
Iunie	20,1	288,6	0,63	73,74
Iulie	22,6	318,2	0,72	77,15
August	21,6	301,4	0,74	68,52
Septembrie	16,5	240,9	0,68	50,12
Octombrie	13,6	172,2	0,56	35,16
Noiembrie	7,1	93,3	0,33	20,02
Decembrie	4,4	79,6	0,29	11,95
	TOTAL AN	2266,7	0,50	528,6

Eroarea relativă în determinarea valorii radiației globale, considerând ca valori nominale datele din [55], este de 3,9 %.

Duratele de insolație au valori mai mari decât cele pentru teritoriul Germaniei [96], comparabile cu cele pentru partea centrală și de nord a Franței [130].

Comparativ cu celelalte regiuni din țară, în zona de vest se constată condiții meteoclimatice mult mai bune pentru utilizarea energiei solare.

CAPITOLUL 4

TRANSFERUL DE CĂLDURĂ

BAZE TEORETICE ȘI FORMULE DE CALCUL

4.1 Transmiterea căldurii prin radiație

Principalele fenomene care intervin în interacțiunea dintre un corp atermian și o radiație sunt absorbția, reflexia și emisivitatea.

Accestea depind de natura materialului, unghiul de incidență, lungimea de undă, temperatură, calitatea suprafeței etc.

În acord cu legile radiației termice, schimbul de căldură între un corp mic ce radiază căldură, având o suprafață convexă S_1 , conținut într-un corp mai mare ce captează căldura, cu o suprafață $S_2 \gg S_1$, este [57]:

$$Q_{r1} = c_1 \cdot s_1 \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad (4.1)$$

unde: Q_{r1} = fluxul termic transmis prin radiație de corpul mic; [W]

c_1 = factor energetic de emisie al corpului mare;

S_1 = suprafața corpului mic, care radiază căldura; [m²]

σ = constanta Stefan-Boltzmann; [W/m² · K⁴]

T_1, T_2 = temperaturile corpului mic radiant, respectiv corpului mare captator; [K]

La rândul lui, captatorul radiază căldura spre cer, fluxul termic fiind dat de relația:

$$Q_{r2} = c_2 \cdot s_2 \cdot \sigma \cdot (T_{cer}^4 - T_2^4) \quad (4.2)$$

unde: Q_{r2} = fluxul termic transmis prin radiație de corpul mare; [W]

c_2 = factor energetic de emisie al corpului mic;

S_2 = suprafața corpului mare, care captează căldura; [m²]

T_{cer} = temperatura exterioară; [T]

Temperatura echivalentă a cerului, considerat ca un corp absolut negru, se calculează cu relația lui Whillier[167]:

$$T_{cer} = T_{aer} - 6 \quad (4.3)$$

Schimbul de căldură prin radiație se poate pune și într-o formă lineară[57]:

$$Q_{r1} = \alpha_r (T_1 - T_2) S_1 \quad (4.4)$$

unde: α_r = coeficient de schimb de căldură prin radiație; [W/m². K], care se poate calcula cu relația:

$$\alpha_r = \frac{\sigma (T_1^2 + T_2^2) (T_1 + T_2)}{\frac{(1 - C_1)}{C_1} + \frac{1}{F_{1,2}} + \frac{(1 - C_2) S_1}{C_2 S_2}} \quad (4.5)$$

unde: F = factor de formă

4. 2. Transmiterea căldurii prin convecție

Schimbul de căldură prin convecție între un perete solid aflat în contact cu un fluid este dat de relația lui Newton[108]:

$$Q_{cv} = \alpha_{cv} \cdot (T_p - T_f) \cdot S \quad (4.6)$$

unde: Q_{cv} = fluxul termic transmis prin convecție; [W]

α_{cv} = coeficient de schimb de căldură prin convecție; [W/m². K]

T_p = temperatura peretelui; [K]

T_f = temperatura fluidului; [K]

S = suprafața peretelui [m²].

Coeficientul α_{cv} se poate stabili prin relații criteriale și de definiție. În funcție de înclinarea plăcilor, se folosesc diverse relații de calcul pentru determinarea mărimii α_{cv} .

Astfel, pentru plăci înclinate la 45°, aerul având temperatura $t_{ac} = 10^\circ\text{C}$ și cu condiția ca $10^4 < G^r < 10^7$, se recomandă utilizarea relației[169]:

$$\alpha_{cv} = 0,826 \cdot \frac{(\Delta T)^{0,910}}{L^{0,070}} \quad (4.7)$$

unde: G_r = numărul lui Grashoff, calculat cu relația:

$$G_r = \frac{g \cdot \beta \cdot (\Delta T) \cdot L^3}{\nu^2} \quad (4.8)$$

unde: g = accelerația gravitațională; [m/s²]

β = coeficient de dilatație volumică a fluidului(aer); [K⁻¹]

ΔT = diferența de temperatură dintre plăci; [K]

L = distanța dintre plăci; [m]

ν = vâscozitatea cinematică a fluidului(aer); [m²/s]

4. 3 Transmiterea căldurii prin conducție

Propagarea căldurii prin conducție este un fenomen difuziv și se realizează printr-o serie de mecanisme complexe[108]:

-deplasări și ciocniri ale electronilor;

-transfer de energie prin fotoni;

-transfer de energie prin câmp magnetic etc.

Fluxul termic transmis prin conducție se exprimă cu ajutorul relației lui Fourier astfel:

$$Q_{cd} = -\lambda \frac{dT}{dx} S \quad (4.9)$$

unde: Q_{cd} = fluxul termic transmis prin conducție; [W]

λ = coeficient de conductivitate termică a materialului; [W/m. K]

dT = variația de temperatură; [K]

dx = direcția (grosimea) pe care se face transmisia; [m]

S = suprafața pe care se face transmisia; [m²]

Ecuția transmiterii prin conducție a căldurii în regim staționar, printr-un perete plan, format dintr-un singur strat este următoarea:[132]

$$q = \frac{Q_{cd}}{S} = \frac{t_c - t_r}{r} = \frac{\lambda}{\delta} (t_c - t_r) \quad (4.10)$$

unde: q = densitatea fluxului termic (încărcarea termică specifică); [W/m²]

t_c, t_r = temperaturile suprafețelor caldă și rece ale peretelui; [K]

$r = \delta/\lambda$, rezistența termică a peretelui; [m². K/W]

δ = grosimea peretelui; [m]

În construcția captatoarelor, pentru izolarea termică a acestora se utilizează materiale cu conductivitate termică foarte mică ($\lambda \ll$) și prin urmare, pierderile prin conducție pot fi neglijate, astfel încât :

$$r \rightarrow \infty \Rightarrow q \rightarrow 0 \quad (4.11)$$

În cazul propagării căldurii prin pereții unei incinte se poate scrie, conform [169], coeficientul specific total de transfer termic:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (4.12)$$

unde: α_i = coeficient de transfer termic prin suprafața interioară; [W/m². K]

α_e = coeficient de transfer termic prin suprafața exterioară; [W/m². K].

4. 4 Evaporarea - condensarea. Căldura latentă

Între factorii care influențează productivitatea blazei, fenomenele de evaporare a apei și de condensare a vaporilor pe acoperișul din sticlă dețin locul principal.

4.4.1 Evaporarea

Evaporarea reprezintă procesul de trecere a unei substanțe din stare lichidă în fază de vapori la suprafața liberă a lichidului și la o temperatură mai mică decât temperatura de fierbere.

Ecuția bilanțului de materiale al procesului de evaporare permite stabilirea debitului teoretic de apă pe care îl poate furniza distilatorul solar.

Plecând de la următoarele egalități:

$$m_{in} = m_{conc} + G \quad (4.13)$$

și

$$m_{in} \cdot x_{in} = m_{conc} \cdot x_{conc} \quad (4.14)$$

unde: m_{in} , m_{conc} = debitele de masă ale soluției inițiale, respectiv finale (concentrate), [kg/sec];

x_{in} , x_{conc} = concentrația soluțiilor inițiale, respectiv finale; [% masă]

G = debitul masic de solvent (apă) evaporat, respectiv condensat, [kg/sec].

se poate obține debitul teoretic de solvent (apă) evaporat, respectiv condensat în distilator:

$$G = m_{in} - m_{conc} = m_{in} \left(1 - \frac{X_{in}}{X_{conc}} \right) \quad (4.15)$$

Evident că în mod practic bilanțul de materiale este mai complex, trebuind să țină cont și de pierderile care apar datorită recăderii în bazin a unei părți din condens.

Din bilanțul termic al evaporatorului (distilatorului) rezultă că necesarul de căldură pentru evaporare, Q [W], este determinat de:

- căldura consumată pentru încălzirea soluției inițiale, Q_{inc} ;
- căldura consumată pentru evaporarea solventului (apei), Q_{ev} ;
- căldura pierdută în mediul încojurător, Q_p .

$$Q = Q_{inc} + Q_{ev} + Q_p \quad (4.16)$$

Căldura consumată pentru încălzirea soluției inițiale este dată de:

$$Q_{inc} = m_{in} \cdot c_{in} \cdot (t_f - t_{in}) \quad (4.17)$$

unde: c_{in} = căldura specifică a soluției inițiale, [J/kgK];

t_f = temperatura de fierbere a soluției în evaporator (distilator), [°C];

t_{in} = temperatura soluției inițiale la intrarea în evaporator, [°C].

Pentru încălzirea evaporatorului și desfășurarea fenomenului de evaporare se pot folosi următoarele surse energetice:

- a. energia electrică transformată în energie termică
- b. abur supraîncălzit
- c. energia solară.

Energia electrică nu se utilizează frecvent datorită unor inconveniente legate de costuri și siguranța în exploatare.

În cazul în care se folosește aburul pentru încălzire, căldura consumată pentru evaporarea solventului (apa) este:

$$Q_{ev} = G \cdot (i - c_{solv} \cdot t_f) \quad (4.18)$$

unde: i = entalpia aburului saturant uscat, [J/kg]

c_{solv} = căldura specifică a solventului (apă), [J/kgK].

Cu aproximație, se poate considera că aburii de încălzire sunt saturați și căldura de evaporare se poate lua ca și pentru solventul pur (apa), deci:

$$i - c_{solv} \cdot t_f = \lambda_{va} \quad (4.19)$$

unde: λ_{va} = căldura latentă a vaporilor formați, [J/kg], (considerată la presiunea medie din evaporator).

Deși încălzirea cu abur este cea mai utilizată în sistemele tehnologice cu evaporatoare, având în vedere scopul propus în prezentul studiu, am ales ca sursă de încălzire energia solară.

Bilanțul termic în acest caz este prezentat în detaliu în capitolul 6. 4 al lucrării.

Căldura necesară pentru compensarea pierderilor în mediul înconjurător poate fi admisă ca reprezentând 3 - 5 % din suma ($Q_{inc} + Q_{ev}$) [171]:

$$Q_p = (0,03 + 0,05) \cdot (Q_{inc} + Q_{ev}) \quad (4.20)$$

dar ea poate fi și calculată cu relația:

$$Q_p = \alpha \cdot A_e \cdot (t_p - t_{ae}) \quad (4.21)$$

unde: $\alpha = \alpha_r + \alpha_{cv}$ = coeficientul parțial de transmitere a căldurii prin radiație și convecție, [W/m²grd];

A_e = suprafața exterioară a evaporatorului, [m²];

t_p = temperatura suprafeței exterioare a izolației, [°C sau K];

t_{ae} = temperatura aerului din mediul înconjurător, [°C sau K].

În general, la bilanțul termic al evaporatoarelor trebuie să se țină cont și de efectul termic de concentrare, însă de obicei, această mărime este mică în comparație cu celelalte mărimi din bilanț, astfel încât poate fi neglijată.

4.4.2 Condensarea

Condensarea reprezintă o transformare de fază constând în trecerea unei substanțe din fază de gaz (vapori) în stare lichidă [170]. Transformarea este însoțită de o variație bruscă a pantei curbei care reprezintă entalpia liberă a sistemului în funcție de temperatură sau presiune. Mărimile care depind de derivata întâi a entalpiei libere (entropia, volumul, capacitatea calorică) prezintă la condensare, un salt brusc. Condensarea este realizabilă pe domeniul parametrilor de stare pe care faza lichidă este termodinamic posibilă (temperaturi și presiuni inferioare punctului critic).

Condensarea poate avea loc în întreaga masă de vapori (de exemplu, prin variația bruscă a volumului sistemului) sau la contactul vaporilor cu o suprafață rece (având o temperatură

inferioară temperaturii de saturație a substanței la presiunea sistemului).

În primul caz, este necesară realizarea unei subrăcirii a vaporilor. Experimental au fost realizate valori mari ale subrăcirii, înainte de apariția primelor picături de lichid. Condensarea se produce în acest caz pe nuclee (germeni) de condensare care pot fi particule solide sau lichide reci, particule elementare încărcate electric. De exemplu, camera Wilson, folosită în fizica nucleară, funcționează pe principiul condensării pe ioni gazoși.

Situația practică cea mai frecventă, care de altfel se întâlnește și în cazul distilării solare, este **condensarea la contactul cu o suprafață rece**. La contactul cu suprafața rece condensează vaporii saturați și supraîncălziți (aceștia din urmă răcindu-se mai întâi până la temperatura de saturare). Din punct de vedere fizic, condensarea constă în deplasarea vaporilor spre peretele rece (etapă a procesului studiată cu mijloacele dinamicii fluidelor) și cedarea căldurii de condensare (vaporizare) concomitent cu transformarea de fază (etapă de transfer termic a procesului). Au fost identificate două modalități de realizare a condensării și de constituire a fazei lichide: condensarea în film, când un film de lichid continuu acoperă suprafața de condensat și condensarea în picături.

4.4.2.1 Condensarea în film

Condensarea în film, **cazul ideal pentru distilatorul solar**, se produce atunci când faza lichidă - condensatul - udă suprafața solidă de condensat, atunci când unghiul θ format la contactul dintre suprafețele lichidului și solidului (ambele faze fiind în contact cu o a treia, vaporii încă necondensați) este inferior lui 90° .

Pentru cazul simplificat, în care se neglijează forțele gravitaționale sau cele născute de mișcarea mediilor în contact, reținându-se pentru analiză numai forțele de tensiune superficială (σ), condiția de aderență este:

$$\sigma_{solid-gaz} > \sigma_{solid-lichid} \quad (4.22)$$

caz în care condensarea se produce în film.

Teoria condensării în film [170]

Fie o suprafață solidă plană, netedă, suficient de extinsă în ambele dimensiuni pentru a neglija efectele marginale, aflată în contact cu vaporii unei substanțe pure. Etapele condensării sunt:

1. **mișcarea difuzională** a vaporilor spre peretele rece \Rightarrow dacă vaporii sunt amestecați cu gaze necondensate, această etapă poate fi determinantă pentru cinetica procesului;

2. **condensarea propriu-zisă** \Rightarrow nu toți vaporii ajunși la suprafața rece condensează și formează

filmul de lichid ci o mare parte revin în masa de vapori încă necondensați; aceasta dă condensării un caracter dinamic;

3. **transferul căldurii de condensare** prin filmul de lichid către suprafața solidă.

Rezistențele la transferul termic sunt constituite pe de o parte de filmul de lichid aderent la perete R_1 , pe de altă parte de rezistența la transformarea de fază R_2 :

$$R = R_1 + R_2 \quad (4.23)$$

Rezistența R_2 este localizată la suprafața exterioară a filmului lichid (interfața lichid-vapori) și se datorește unui salt de temperatură existent aici.

Conform caracterului dinamic menționat, condensarea este rezultatul unui dezechilibru între numărul de molecule incidente suprafeței solide și cele care se reîntorc în faza de vapori. Energia moleculelor reflectate, necondensate, este în general inferioară energiei celor incidente. Între energia moleculelor și temperatură, conform teoriei molecular-cinetice a materiei, există o legătură directă. Apare o zonă alcătuită din două straturi de molecule de energii și deci, de temperaturi diferite. Această zonă se numește strat Knudsen și temperatura sa diferă în medie, de temperatura suprafeței lichidului. Cu cât proporția de molecule reflectate este mai mare, saltul termic din stratul Knudsen este mai important.

Se definește un coeficient de condensare k , ca fiind raportul dintre numărul de molecule capturate de filmul de lichid (condensate) și numărul total de molecule incidente. Un flux net al acestor molecule a putut fi calculat pe considerente ale teoriei molecular-cinetice, conform ecuației lui Hertz-Knudsen:

$$J = \frac{k}{\sqrt{2\pi R}} \left(\frac{P_v}{\sqrt{T_v}} - \frac{P_p}{\sqrt{T_p}} \right) \quad (4.24)$$

unde: J = fluxul de molecule (diferența dintre numărul moleculelor incidente și cele condensate);

k = coeficientul de condensare;

R = rezistențele de transfer termic;

p_v, T_v = parametrii de stare ai fazei de vapori

p_p, T_p = parametri de stare ai peliculei de condens.

Modele fizice mai complexe au dus la o relație similară, cu substituirea lui k cu raportul $k / (1-0, 4k)$.

Cu ajutorul acestor mărimi poate fi evaluată rezistența R_2 din relația (4.23) considerând că prin interfață se schimbă numai căldura care însoțește tranziția de fază:

$$R_2 = \frac{T_v - T_p}{j\gamma} \quad (4.25)$$

unde: γ = densitatea fluidului.

La valori mici ale lui k și pentru presiuni scăzute, saltul termic la suprafața condensatului poate fi considerabil. În aceste condiții, rezistența R_2 poate deveni preponderentă. Măsurători experimentale pentru apă au arătat însă că acestea sunt situații limită și că, în general, în practică, rezistența la transferul termic este în principal datorată valorii mult mai mari a lui R_1 . Valoarea saltului termic la interfața lichid - vapori poate fi neglijată pentru condensarea apei.

Rezistența filmului de condensat, R_1 , depinde de regimul de curgere a filmului, problema de transfer termic fiind astfel cuplată cu una de hidrodinamică. Se consideră, în mod simplificat, că filmul schimbă căldură numai prin mecanism conductiv.

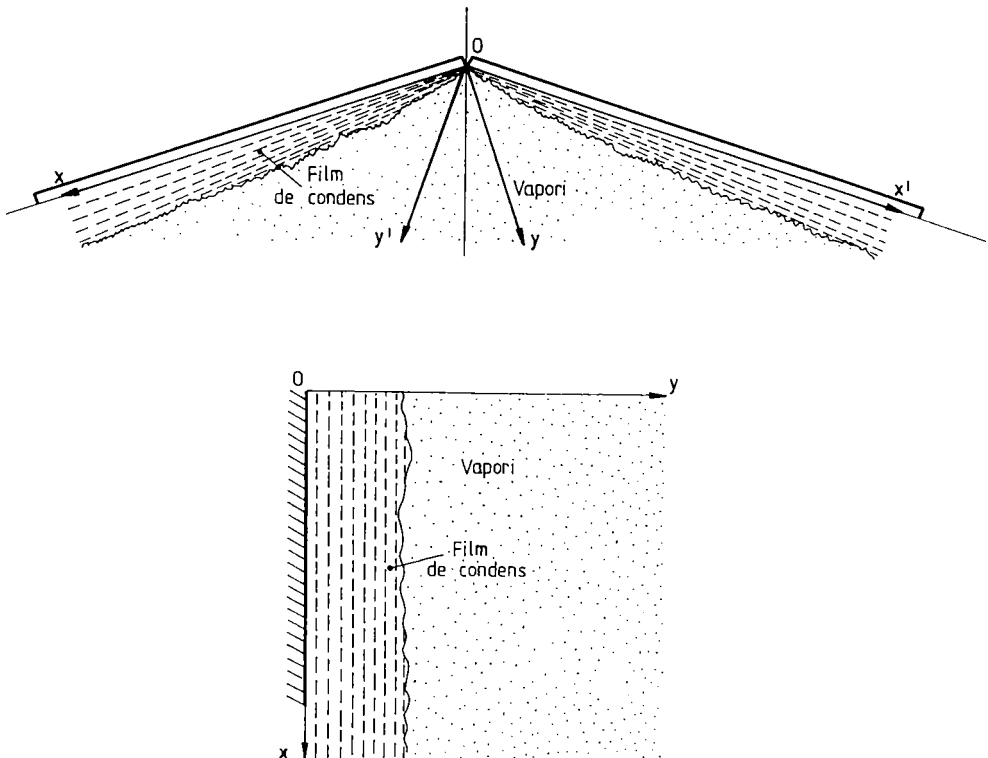


Fig. 4.1 Curgerea cu suprafață ondulată a filmului de condensat
Valoarea criteriului Reynolds, definit de relația:

$$R_e = \frac{\bar{w} \cdot \delta_l \cdot \rho_l}{\eta_l} \quad (4.26)$$

unde: w = viteza medie a curentului, [m/sec];

δ_l = grosimea filmului de condensat, [m];

ρ_l = densitatea fluidului, [kg/m³];

η_l = vâscozitatea fluidului, [Pa·sec],

pentru tranziția între curgerea laminară și cea turbulentă a filmului, este situată de diferiți autori în intervalul 60 ÷ 500. **Pentru blaza solară cu acoperiș înclinat, se consideră valori probabile ale criteriului $R_e \approx 100$.**

Chiar și în cazul filmului laminar pot apărea perturbații care îi conferă acestuia o structură ondulată (vezi fig. 4.1).

Fenomenul este cauzat de mici deformații accidentale ale filmului, care provoacă reacțiunea forțelor de tensiune superficială ce tind să restabilească echilibrul. Sub acțiunea lor, particulele de fluid revin spre pozițiile de echilibru, pe care le depășesc însă datorită inerției. Peste aceste fenomene se suprapun forțele gravitaționale.

La valori mici ale criteriului R_e (inferioare lui 5, pentru apă la 15°C), perturbațiile descrise sunt amortizate în procesul curgerii. Peste o valoare critică a lui R_e , perturbațiile sunt întreținute, rezultând structura ondulată a filmului prezentată în fig. 4. 1.

Modelul matematic al condensării în film

Într-o analiză detaliată a transferului termic la condensarea în film, trebuie avute în vedere, pe lângă căldura latentă, și căldurile sensibile care însoțesc răcirea vaporilor supraîncălziți până la temperatura de condensare și subrăcirea lichidului format, temperatura peretului fiind sub valoarea temperaturii de saturație. Numeric, aportul acestor mărimi este neglijabil în raport cu căldura latentă astfel încât în calculele practice se reține numai această ultimă mărime. Hidrodinamica condensării este influențată de starea de repaus sau de mișcare a vaporilor față de suprafața rece. În realitate, cazul unor vapori imobili care condensează este exclus căci volumele ocupate de vaporii care condensează sunt de îndată ocupate de noi cantități de vapori provenite din masa mare de fază fluidă, luând astfel naștere o mișcare permanentă.

Deși o descriere matematică exactă a condensării cu ajutorul ecuațiilor Navier - Stokes și Fourier - Kirchoff este posibilă, rezolvarea modelului general nu se poate face decât cu simplificări drastice. Analiza teoretică este făcută cu ecuațiile stratului limită.

Pentru o geometrie plană sau cu o rază de curbura mult mai mare decât grosimea filmului de condensat, modelul matematic diferențial al condensării este constituit din:

1. ecuația de continuitate (considerând fluidele incompresibile):

$$\frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} = 0 \quad (4.27)$$

2. ecuația de transfer de moment, simplificată pentru geometria din fig. 4. 2:

$$\rho (w_x \frac{\partial w_x}{\partial x} + w_y \frac{\partial w_y}{\partial y}) = \eta \frac{\partial^2 w_x}{\partial y^2} - (\rho_l - \rho_v) g \quad (4.28)$$

3. ecuația de bilanț energetic:

$$\rho c_p (w_x \frac{\partial T}{\partial x} + w_y \frac{\partial T}{\partial y}) = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad (4.29)$$

Mărimile ρ , c_p , η , λ fără indice pot privi atât vaporii (ecuațiile descriind în acest caz fenomenele din faza de vapori în apropierea suprafeței), cât și lichidul (obținându-se astfel modelul filmului lichid).

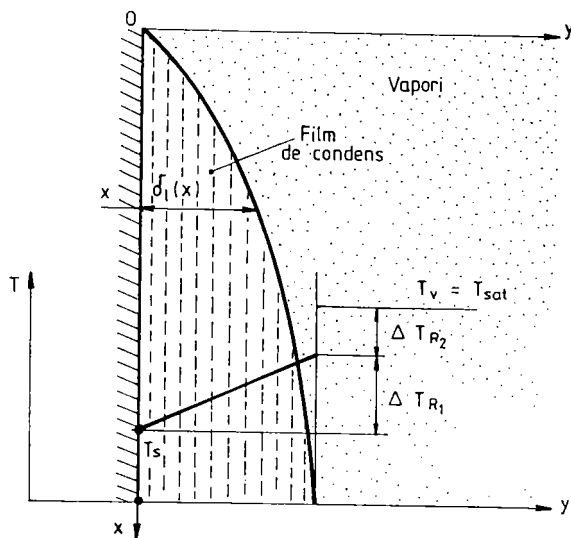


Fig. 4. 2 Condensare în film. Sistem de referință pentru modelul matematic, profil termic

calitativ. ΔT_{R1} și ΔT_{R2} sunt diferențele de temperatură datorate rezistențelor R_1 și R_2 .

Condițiile la limită sunt:

$$\begin{aligned} y = 0 \quad W_{x,l} = 0 \quad T_l = T_s \\ W_{y,l} = 0 \quad (4.30) \\ y \rightarrow \infty \quad W_{x,v} = 0 \quad T_v = T_{sat} \end{aligned}$$

La interfața lichid - vapori trebuie satisfăcute următoarele condiții suplimentare:

$$\begin{aligned} y = \delta_l \quad W_{x,l} = W_{x,v} \quad T_l = T_{sat} \\ \eta_l \frac{\partial W_{x,l}}{\partial y} = \eta_v \frac{\partial W_{x,v}}{\partial y} \quad (4.31) \end{aligned}$$

$$\lambda_l \frac{\partial T_l}{\partial y} = \frac{\partial G}{\partial x}$$

în care indicii l, v, s se referă la lichid, vapori, respectiv la suprafața solidă, "sat" denotă condiții de saturație, iar G este fluxul de condensat printr-o secțiune transversală de lungime unitară a stratului de lichid, la cota x, în kg/m sec.

Rezolvarea problemei astfel prezentate a fost făcută mai întâi de Nusselt, pe baza unor ipoteze simplificatoare.

Condensarea în film a vaporilor saturați, uscați, ai substanțelor pure

1. Curgere laminară a filmului pe peretele vertical.

Se fac următoarele simplificări:

-forțele de inerție din filmul lichid sunt neglijabile în raport cu cele datorate vâscozității și gravitației;

-transportul căldurii se face numai prin conducție și numai pe direcția y;

-nu există frecare la interfața lichid - vapori;

-suprafața exterioră a filmului se găsește la temperatură constantă (la temperatura de saturație);

-forțele de tensiune superficială nu acționează;

-condensarea are loc în condiții depărtate de punctul critic - densitatea vaporilor este mult

mai mică decât cea a lichidului.

Cu aceste simplificări, modelul matematic al condensării devine:

$$\eta_1 \frac{\partial^2 W_{x,1}}{\partial y^2} = -\rho_1 g \quad (4.32)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0 \quad (4.33)$$

cu condițiile la limită:

$$y = 0 \quad T = T_s \quad W_{x,1} = 0 \quad (4.34)$$

$$y = \delta_1 \quad T = T_{sat} \quad \frac{\partial W_{x,1}}{\partial y} = 0$$

Prin integrarea modelului se obțin:

-profilul de viteze în filmul de condensat:

$$W_{x,1} = -\frac{\rho_1 \cdot g}{2\eta_1} \cdot y^2 + \frac{\rho_1 \cdot g}{\eta_1} \cdot y \quad (4.35)$$

care conduce la o valoare a vitezei pe secțiunea de grosime a filmului, la cota x:

$$\overline{W}_{x,1} = \frac{\rho_1 \cdot g}{3\eta_1} \cdot \delta_1(x) \quad (4.36)$$

-masa $G(x)$ de condensat care străbate secțiunea stratului de lățime egală cu unitatea, la cota x:

$$G(x) = \frac{\rho_1^2 \cdot g}{3\eta_1} \cdot \delta_1^3(x) \quad (4.37)$$

-grosimea filmului de condensat, la cota x:

$$\delta_1(x) = \sqrt[4]{\frac{4\eta_1 \cdot x \cdot (T_v - T_s)}{r \cdot \rho_1^2 \cdot g^3}} \quad (4.38)$$

-coeficientul de transfer termic la acest nivel:

-valoarea medie a coeficientului de transfer dat de relația (4.39), pentru un perete vertical având înălțimea H:

$$\alpha(x) = \frac{\lambda_l}{\delta_l(x)} = \sqrt[4]{\frac{\tau \cdot \rho_l^2 \cdot g \cdot \lambda_l^3}{4\eta_l \cdot x \cdot (T_v - T_s)}} \quad (4.39)$$

$$\alpha = 0,943 \cdot \sqrt[4]{\frac{\tau \cdot \rho_l^2 \cdot g \cdot \lambda_l^3}{\eta_l \cdot H \cdot (T_v - T_s)}} = \frac{\alpha_1}{\sqrt[4]{H \cdot (T_v - T_s)}} \quad (4.40)$$

unde

$$\alpha_1 = 0,943 \cdot \sqrt[4]{\frac{\tau \cdot g \cdot \rho_l^2 \cdot \lambda_l^3}{\eta_l}}$$

Ecuția (4. 40) a fost stabilită de Nusselt și îi poartă numele.

Se constată, analizând aceste rezultate, că grosimea filmului de condensat se mărește pe direcția de curgere, concomitent cu scăderea coeficientului de transfer termic local (relația (4. 40)).

În anumite condiții, există o bună concordanță între valorile calculate și cele măsurate experimental, dar există și o serie de situații practice (de exemplu, pentru cazul vaporilor metalici) în care discrepanțele rezultatelor teoretice, față de cele experimentale, sunt mari, neputând fi atribuite erorilor de măsură.

Erorile pot proveni din faptul că ecuațiile prezentate nu țin seama de influența criteriului Prandtl al lichidului.

O altă sursă de erori este curgerea ondulată a suprafeței filmului, menționată anterior. În acest caz, valorile coeficientului de transfer sunt mai mari deoarece suprafața mai mare a filmului îmbunătățește transferul termic.

Starea suprafeței solide influențează și ea transferul. O suprafață rugoasă reține o cantitate de lichid, creind un film având grosimea cu cca. 30 % mai mare și deci coeficienți de transfer termic mai mici.

Prezența în vapori chiar a unor cantități reduse de gaze necondensabile reduce considerabil transferul termic deoarece în mișcarea lor spre suprafața de condensare, vaporii antrenează și aceste gaze care, în timp, se acumulează în vecinătatea filmului de lichid. Se atinge o stare staționară în care presiunea parțială a vaporilor este mai redusă decât în absența gazelor necondensabile. Scade corespunzător și temperatura de saturare, reducându-se astfel diferența de temperatură dintre vapori și perete, diferență care provoacă transferul termic prin filmul de condensat.

O formulă care se corelează mai bine cu rezultatele experimentale a fost propusă de

Cutateladze:

$$\alpha = 1,13 \cdot \sqrt[4]{\frac{\tau \cdot \rho_l^2 \cdot g \cdot \lambda_l^3}{\eta_l \cdot H \cdot (T_v - T_s)}} \quad (4.41)$$

2. Curgere laminară a filmului pe perete înclinat

Pentru pereți plani înclinați la unghiul ϕ față de planul vertical, valoarea medie a coeficientului de transfer termic este dată de relația:

$$\alpha_\phi = \alpha \cdot \sqrt[4]{\sin \phi} \quad (4.42)$$

unde α este cel dat de ecuațiile (4.40), respectiv (4.41).

Pentru îmbunătățirea condițiilor de formare și curgere a filmului de condens sunt de urmat trei căi:

-mărire temperaturii T_v , prin micșorarea la minimum a pierderilor prin pereți și pe la colțurile blazei:

- micșorarea rugozității** suprafeței interioare a acoperișului printr-o șlefuire corespunzătoare;
- creșterea vitezei de curgere a fluidului.**

Filmul nu trebuie înlăturat prea rapid (δ_l fiind mic \Rightarrow scăderea criteriului R_c și scade coeficientul de transfer termic), nici prea târziu (δ_l mare \Rightarrow revenirea unei cantități de vapori sau chiar de apă din film în masa necondensată sau în apa din bazin).

Pentru optimizarea grosimii filmului și a vitezei sale de deplasare propunem (în cap. 7.6) utilizarea unor ștergătoare de tip "parbriz", cu acționare intermitentă.

Pentru toate cele trei căi avute în vedere, o analiză economică decide asupra oportunității cheltuielilor aferente.

4.4.2.2 Condensarea în picături

Valorile mai mari măsurate experimental pentru coeficienții de transfer termic au fost explicate prima dată de Schmidt, Schurg și Sellschapp ca datorându-se unui mecanism esențial diferit de condensare și anume condensarea în picături.

Condiția de condensare în picături este ca sensul inegalității (4.22) să se schimbe. Prin acest mecanism de condensare, o mare parte a suprafeței rămâne liberă (neocupată de lichid), transferul

termic interfazic îmbunătățindu-se. Etapele condensării, descrise anterior pentru condensarea în film, sunt aceleași. Se modifică numai mecanismul de constituire a fazei lichide.

Datorită creșterii considerabile a coeficienților de transfer (de 8 ori față de condensarea în film), au fost puse la punct tehnici de provocare a apariției picăturilor. În general, vaporii puri condensează în film pe suprafețe curate. Prezența pe pereții de condensare a unor substanțe ca acizii grași sau mercaptanii (îndeosebi pentru suprafețe din cupru, bronz, alame) provoacă condensarea în picături. În timp însă, vaporii și condensatul curăță suprafețele de aceste substanțe. O condensare permanentă în picături se realizează prin acoperirea suprafețelor cu lacuri speciale (liofobe) sau adăugarea în vapori a unor mici cantități de substanțe liofobe (hidrofobe în cazul vaporilor de apă).

Deoarece valorile coeficienților de transfer ai vaporilor care condensează sunt mari, mărirea în continuare a acestor parametri, prin provocarea condensării în picături, are sens numai în măsura în care transferul termic este limitat de condensare. Valori mai reduse ale coeficienților de transfer de partea cealaltă a suprafeței de condensare împiedică creșterea semnificativă a coeficienților totali de transfer.

Având în vedere cele de mai sus, **s-a ales varianta condensării în film cu atât mai mult cu cât adaosul de substanțe liofobe pune problema impurificării apei destinate consumului, iar acoperirea suprafeței de condensare - acoperișul blazei - cu lacuri liofobe micșorează capacitatea de captare a razelor solare.** De altfel, și costurile aferente accentuării condensării în picături sunt prohibitive.

4.4.3 Căldura latentă

Căldura specifică a soluțiilor se poate calcula cu ajutorul relației generale:

$$c = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + \dots \quad (4.43)$$

unde: c_1, c_2, c_3, \dots = căldurile specifice ale componentelor; [J/kg.K]

x_1, x_2, x_3, \dots = fracțiile masice ale componentelor

Pentru calculul conținutului termic al unor sisteme bicomponente diluate (apă + substanță dizolvată), când $x < 0, 2$, se poate utiliza relația aproximativă:

$$c = 4190 \cdot (1 - x) \quad (4.44)$$

unde: 4190 J/kg.K = căldura specifică a apei

x = concentrația substanței dizolvate, fracție de masă

$$c = 4190 \cdot (1 - x) + c_1 \cdot x \quad (4.45)$$

unde: c_1 = căldura specifică a substanțelor anhidre, [J/kg.K].

Căldura specifică a compușilor chimici, în absența datelor experimentale, se poate calcula cu relația:

$$M \cdot c = n_1 \cdot C_1 + n_2 \cdot C_2 + n_3 \cdot C_3 + \dots \quad (4.46)$$

unde: M = masa molară a compusului chimic; [kg/kmol]

n_1, n_2, n_3, \dots = numărul atomilor fiecărui element chimic din formula compusului;

C_1, C_2, C_3, \dots = căldurile atomice ale elementelor chimice; [J/atom \cdot kg \cdot K]

În relația (4.46) se utilizează valorile căldurilor atomice din tab. 4.1

Tabelul 4.1

Elementul	Căldura atomică a elementului, [kJ/atom \cdot kg \cdot K]	
	în stare solidă	în stare lichidă
C	7, 5	11, 7
H	9, 6	18, 0
B	11, 3	19, 7
Si	15, 9	24, 3
O	16, 8	25, 1
F	20, 95	29, 3
P	22, 6	31, 0
S	22, 6	31, 0
celelalte	26, 0	33, 5

Căldura latentă r , [J/kg], de evaporare a unui lichid la presiunea p se poate determina cu relația:

$$r = r_{et} \cdot \frac{M_{et}}{M} \cdot \left(\frac{T}{T_{et}} \right)^2 \cdot \frac{dT_{et}}{dT} \quad (4.47)$$

care permite, prin utilizarea regulii liniarității, să se găsească mărimea dT_{et}/dT .

În relația (4.47):

r, r_{et} = căldura latentă de evaporare a lichidului dat, respectiv a lichidului etalon la aceeași presiune p ; [J/kg]

M, M_{et} = masele molare ale acestor lichide; [kg/l.kmol]

dT, dT_{et} = temperaturile diferențiale de fierbere ale acestor lichide \Rightarrow aplicând regula liniarității, raportul diferențelor este înlocuit cu raportul diferențelor finite dintre temperaturile de fierbere la două presiuni diferite.

Căldura latentă de evaporare pentru lichide nepolare (în J/kg) la presiunea atmosferică poate fi calculată cu relația lui Kisteakovski:

$$r = 19,2 \cdot 10^3 \cdot \frac{T}{M} \cdot (1,91 + \lg T) \quad (4.48)$$

unde: T = temperatura absolută de fierbere; [K]

M = masa molară a lichidului, [kg/kmol],

CAPITOLUL 5

METODE DE POTABILIZARE A APEI UTILIZÂND ENERGIA SOLARĂ

5.1 Energia necesară potabilizării

5.1.1 Limite termodinamice

În principiu, producerea apei potabile necesită energie termică, mecanică sau electrică, în proporții variabile, depinzând de procedeul utilizat. De altfel, exceptând cazurile când situația permite pomparea apei brute și distribuirea celei potabile prin gravitație, trebuie prevăzută o sursă de energie pentru pompare (solară, eoliană, energie umană sau animală). Această energie, denumită adesea "auxiliară", joacă un rol deloc neglijabil în cazul instalațiilor mici. [44]

În fig. 5.1 este prezentat schematizat procesul de producere a unui kilogram de apă potabilă, pornind de la R kg de apă brută. Cazul ideal corespunde pentru $R \rightarrow \infty$ Energia minimă E care trebuie furnizată la 20°C este de aproximativ 2, 5 kJ/kg sau 0,74 kWh/mc, considerând o apă brută mediu impură. [93]

Această energie poate fi furnizată sub formă de căldură Q, la temperatura T, sau ca lucru mecanic W sau împreună, conform relației:

$$E = W + Q \cdot (1 - T_0/T) \quad (5.1)$$

unde: T_0 -temperatura sursei ambientale

Energia necesară crește cu creșterea gradului de impurificare cu o variație puțin mai rapidă decât cea liniară. [123], [106].

Procedeele de potabilizare utilizate în prezent au consumuri energetice de 5 până la 20 de ori mai mari decât valorile teoretice [2]. Lucrul mecanic și/sau căldura pot fi obținute din energia solară, care poate asigura toate necesitățile termice, mecanice sau electrice ale instalației.

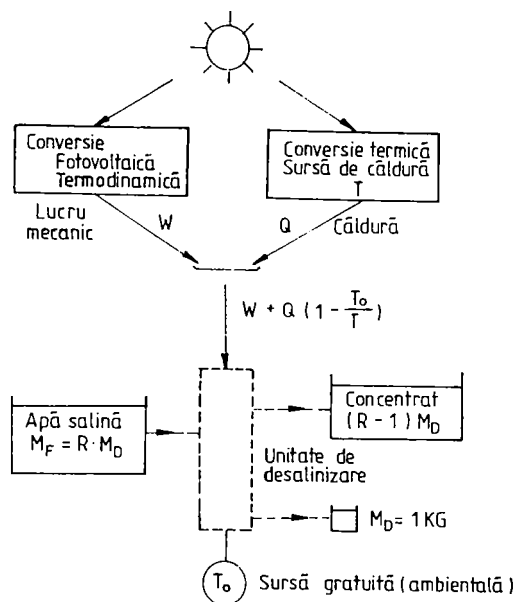


Fig.5.1

În unitățile clasice de producere a apei potabile, din costul unui m^3 de apă produsă, cheltuielile cu energia reprezintă aprox. 40-50 % [14], [119]

5. 1. 2 Surse convenționale de energie

Combustibilii clasici necesari pentru funcționarea motorului Diesel sunt frecvent folosiți în instalațiile de potabilizare, mai ales în acelea care utilizează metode combinate. De exemplu, pentru un sistem ce utilizează osmoza inversă (RO) în combinație cu compresia de vapori (VC), un motor cu puterea la arbore de 350-450 kW folosește pentru RO 240 kW și consumă pentru un m^3 de apă produsă 10,5-12 kWh. În aceste condiții se poate asigura o producție de aproximativ 480 m^3 /zi. [13], [157]. Pentru acționarea pompelor din instalații este folosită cel mai frecvent energia electrică din rețea.

5. 1. 3 Surse neconvenționale

În categoria surselor neconvenționale de energie sunt incluse energia solară, eoliană, geotermală și cea a valurilor. Dintre acestea, pentru obținerea apei potabile sunt de interes cert energia eoliană și mai ales energia solară. Aceasta din urmă poate fi utilizată ca energie termică sau transformată în energie electrică, funcție de metoda de potabilizare aleasă.

Pentru a putea face comparații relevante cu procedeele care folosesc combustibili clasici, am ales ca procedeu de referință pentru obținerea apei potabile, pe cel cu consumul de energie solară cel mai mare - osmoza inversă având energia asigurată de generatoare fotovoltaice (FV). Generatorul alimentează cu energie atât pompele din sistem, cât și aparatura de comandă.

Pentru dimensionarea sursei fotovoltaice se poate utiliza relația [1];[99]:

$$P_{FV} = \frac{E_a \cdot P_n}{I_A \cdot \eta_{FV} \cdot \eta_{mp} \cdot S_{FV} \cdot 1000} \quad [kW] \quad (5.2)$$

unde: P_{FV} - puterea sursei fotovoltaice; [kw]

E_a - consumul anual de energie; [kwh]

P_n - puterea nominală, la ieșirea modului FV, în condiții standard; [W]

I_A - intensitatea radiației solare anuale; [kWh/m²]

η_{FV} - randamentul modului FV

η_{mp} - randamentul ansamblului motor pompă.

S_{FV} - suprafața modului; [m²]

Pentru menținerea în funcțiune a sistemului și în zilele noroase, sursa FV este prevăzută cu o baterie de stocare, a cărei capacitate se poate calcula astfel:

$$C_B = \frac{E_a}{365 \cdot \eta_B \cdot \eta_{mp} \cdot K_D} \quad [kWh] \quad (5.3)$$

unde: C_B - energia furnizată de baterie [kwh]

η_B - randamentul energetic al bateriei

K_D - coeficient de descărcare.

Generatorul FV are în componență două grupuri, unul de aproximativ 5 kW pentru alimentarea principală și unul de 0, 25 kW pentru control și semnalizare.

Grupul principal este format din 250 de module fotovoltaice. iar cel pentru semnalizare din 12 module.

Bateriile de acumulare sunt în număr de 6 și asigură fiecare 180 Ah/220V pentru grupul

principal și, respectiv, 3 cu 80Ah/24V pentru control și semnalizare.

Costurile aferente obținerii apei potabile prin osmoză inversă vor fi comparate cu cele ale altor procedee (distilare, compresie de vapori, electroodializă).

5. 2. Metode de potabilizare a apei

Metodele cele mai răspândite pentru obținerea apei potabile sunt distilarea și procedee cu membrane selective. Din cea de a doua grupă fac parte metodele prezentate în fig. 5.2, aflate în diverse faze de dezvoltare [104]. Utilizate pe scară mai largă sunt osmoza și electroodializa.

5. 2. 1. Osmoza inversă (RO)

Între apa pură și apa cu conținut de electroliți există o diferență de potențial chimic. Această diferență facilitează la traversarea unei membrane permeabile numai pentru apă, trecerea naturală a apei pure spre apa salină (fig. 5. 3). Acesta este fenomenul de osmoză directă.

Diferența de potențial poate fi compensată prin punerea sub presiune a apei saline, diferență de presiune care este de ordinul a 70 kN/m².

În procesul osmozei inverse (RO), solventul pur (apa) se separă din soluția sa. Pentru apele cu cantități mari de electroliți, presiunea necesară este de câteva zeci de atmosfere.

Dacă o soluție este separată de solventul ei printr-o membrană semipermeabilă, solventul pur trece prin membrană în soluție. Curgerea încetează și sistemul se echilibrează după ce meniscul a crescut până la o înălțime care depinde de concentrația c a soluției.

Presiunea osmotică $\Delta\pi$ (suprapresiunea în soluție), se poate calcula cu [97]:

$$\Delta\pi = \rho \cdot g \cdot H = c \cdot R \cdot T \quad [N/m^2] \quad (5.4)$$

unde: c = concentrația soluției ;[mol/dm³]

R = constanta universală a gazului (8310 J/kmol. k)

T = temperatura de lucru; [K]

ρ = densitatea soluției; [kg/dm³]

H = înălțimea meniscului; [m]

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ - accelerația gravitațională.

O schemă de principiu a unei instalații de potabilizare prin RO este prezentată în fig. 5.4.

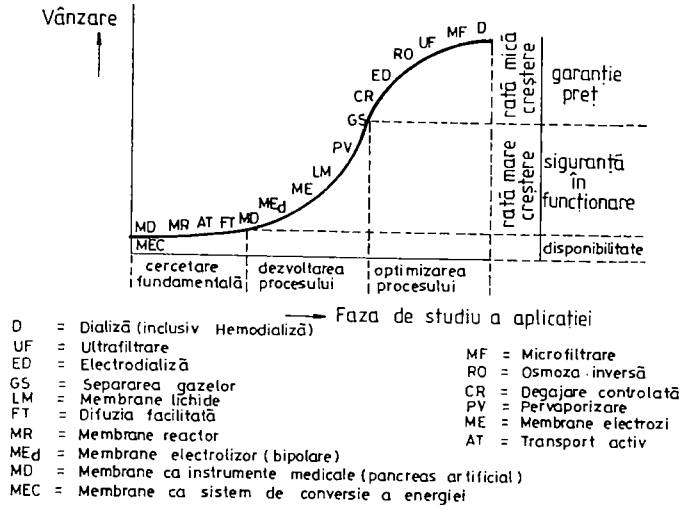


Fig. 5.2

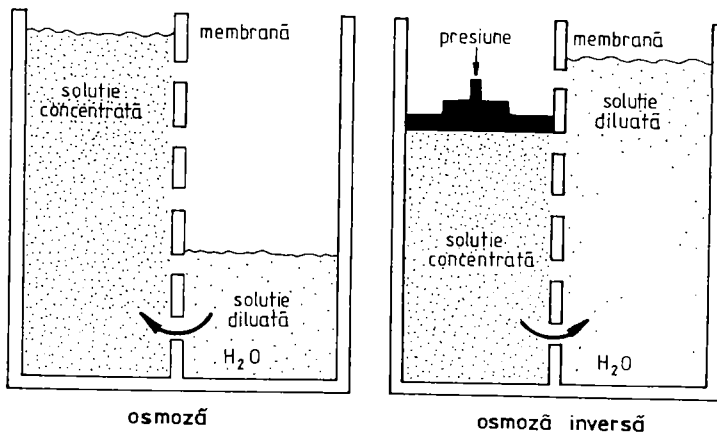


Fig. 5.3

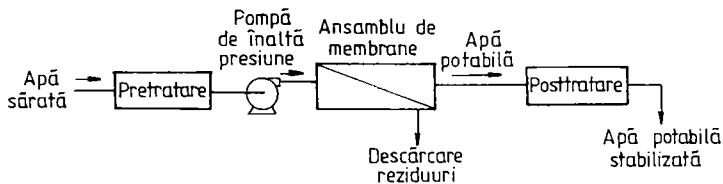


Fig. 5.4

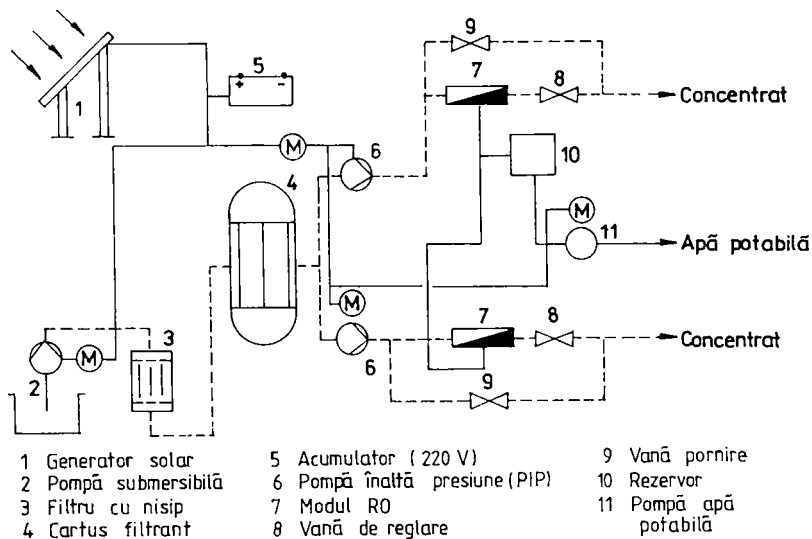


Fig. 5.5

Cantitatea de apă potabilă produsă depinde de presiunea aplicată pe partea de concentrare a membranei. În fig. 5.5 este reprezentată schema unei instalații solare de obținere a apei potabile utilizând osmoza inversă.

Apa brută este pretratăată, fiind trecută printr-un filtru cu nisip și un cartuș filtrant și apoi este pusă sub presiune de către pompa 6. Presiunea sa va fi mai înaltă decât presiunea osmotică.

În unitatea RO apa este desalinizată și sortată în apă potabilă și concentrat.

Această metodă de obținere a apei potabile este în momentul de față cea mai răspândită dintre procedeele utilizând membrane și reprezintă aproximativ 24 % din totalul instalațiilor solare de potabilizare în funcțiune în 1993. [92];[4];[145]

5. 2. 2. Electrodializa (ED)

Electrodializa este un proces de migrare a ionilor printr-o membrană sub acțiunea unui câmp electric, fiind un proces de separare bazat pe viteza de transport.

În electrodializă se folosesc în mod obișnuit membrane schimbătoare de ioni. Ele au un rol hotărâtor în obținerea unor randamente care să facă procedeul de purificare a apei competitiv.

Membranele pentru electrodializă sunt, în cea mai mare parte, obținute din rășini schimbătoare de ioni, unele fiind cation-selective, iar altele anion-selective. Transportul prin aceste membrane se realizează ușor deoarece ele trebuie să aibă o rezistență electrică scăzută. Datorită faptului că doar ionii sunt transportați prin membrane, ele rămân impermeabile sau aproape impermeabile la apă.

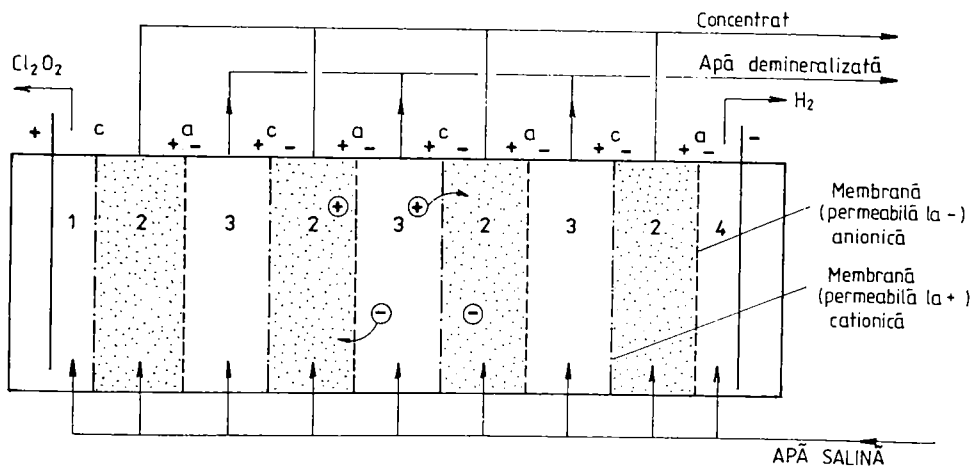


Fig. 5.6

Regenerarea schimbătorului de ioni are loc concomitent pe cele două suprafețe ale membranei și se face pe cale electrolitică.

Procedeeul se aplică cu succes la apele brute cu conținut mare de NaCl, dar funcție de tipul membranei se poate utiliza și pentru ape cu alte săruri dizolvate.

Practic, pentru desalinizarea apei, într-o baie de electroliză (fig. 5. 6), un câmp electric continuu provoacă o deplasare a ionilor în soluție (Na^+ și Cl^-) în sens invers cu al sarcinilor lor electrice. Membrane semipermeabile anionice (a) și cationice (c) izolează soluția bogată în săruri (compartimentale 2 din figură) de cea săracă în săruri (compartimentele 3 din figură), obținându-se apă demineralizată, dar nu neapărat pură; 1 este compartimentul anodic, iar 4 este cel catodic [102];[53];[56]

5. 2. 3. Termocompresia (compresia de vapori)

Metoda de potabilizare prin termocompresie face parte dintre procedeele de distilare cu aport mecanic.

Apa de prelucrat este dirijată spre un evaporator. Vaporii formați în evaporator sunt comprimați mecanic într-un compresor, unde li se ridică presiunea. Se permite astfel condensarea lor în tuburile de evaporare la o temperatură superioară temperaturii de fierbere în evaporator și astfel poate fi recuperată integral căldura de vaporizare (fig. 5. 7).

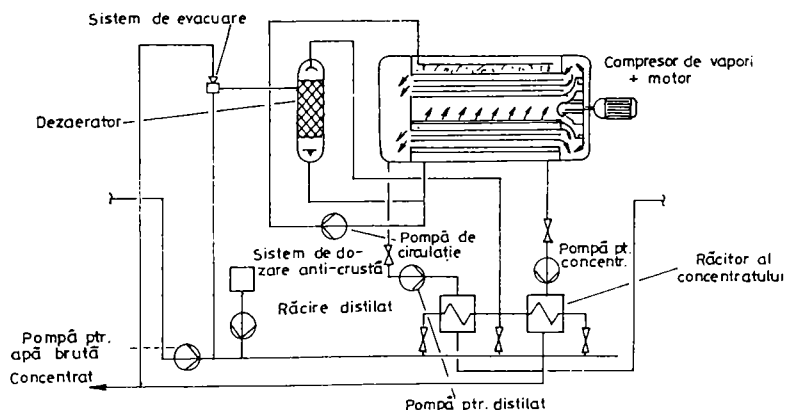


Fig. 5. 7.

Concentratul și distilatul sunt pompați din evaporator, cedându-și căldura apei de alimentare în schimbătoarele de căldură [99].

Numărul de instalații de distilare utilizând compresia de vapori era de 168 în 1990, reprezentând aprox. 15 % din numărul total de instalații în funcțiune, iar capacitatea de producție de 0,05 Mm³/zi, reprezentând cca. 9 % [79];[54];[46].

5. 2. 4. Distilarea

Distilarea solară cu efect simplu sau multiplu este un procedeu de obținere a apei potabile destul de răspândit, producându-se de la câțiva l/zi până la mii de m³/zi.

În fig. 5.8 este prezentat schematic un astfel de distilator. Principiul său de funcționare este simplu. Apa dintr-un bazin este încălzită prin efectul de seră. Vaporii produși se condensează pe geamurile mai reci ale acoperișului și alunecă spre canalele colectoare laterale.

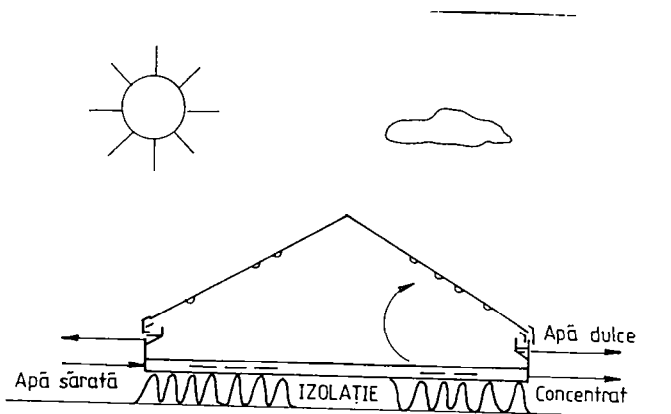


Fig. 5.8

Acest distilator este de fapt un captator plan în care fluxul util este legat de schimbul de căldură fluid-geom. Energia absorbită prin evaporare este integral pierdută la condensare în cazul distilării cu efect simplu.

Alimentarea cu apă brută poate fi intermitentă (umplere zilnică sau săptămânală) sau continuă.

Materialele din care este alcătuită instalația trebuie să reziste acțiunii solare, a apei ce conține diverși compuși în soluție, acțiunii mecanice a vântului, furtunilor etc.

Temperatura de lucru este moderată, evaporarea începe spre 50°C, atingând rareori 85°C. Distilarea apei se poate face prin mai multe procedee, care pot fi [107];[140]:

- cu o treaptă (cu efect simplu);
- cu trepte multiple (MSF);
- cu tuburi orizontale și strat subțire;
- cu tuburi în submersie;
- compresie de vapori (VC)
- MSF cu tub vertical.

Distilarea solară trebuie luată în considerare ca metodă la obținerea apei potabile în următoarele condiții:

1. apa potabilă nu este disponibilă, în timp ce sursa de apă brută nepotabilă există;
2. clima este potrivită (numărul de ore de insolație anuală este suficient);
3. necesitățile de apă potabilă nu sunt foarte mari;
4. relieful permite construirea instalațiilor cu costuri rezonabile;
5. localitățile nu au posibilitatea de a utiliza apa obținută prin procedee mai ieftine.

Deși cea mai mare răspândire o au în momentul de față instalațiile MSF (aprox. 70 % din total), vom arăta la sfârșitul acestui capitol motivele pentru care am ales ca procedeu de potabilizare a apei distilarea simplă.

5. 2. 5. Procedee combinate. Comparații între procedee

Ținând seama de avantajele și dezavantajele metodelor de potabilizare a apei prezentate, s-au făcut încercări de a combina unele procedee în vederea obținerii unei eficiențe sporite.

1. O soluție acceptabilă o reprezintă sistemul combinat osmoză inversă (RO) și compresie de vapori (VC) (fig. 5. 9).

Este un procedeu care permite recuperarea energiei din unitățile RO, prin preîncălzirea concentratului care este admis în distilatorul VC, cuplat cu motorul Diesel.

Analiza sistemului arată că se poate mări producția cu cca 46 % față de RO singură cu o creștere a consumului de energie de numai 28 % [161];[152]:

Metoda este aplicabilă pentru comunități mici sau zone izolate acolo unde RO este acționată de motoare Diesel.

2. Procedeu mixt - distilare în trepte (MSF) și osmoză inversă (RO), asigură o producție de 50 % prin MSF și 50 % prin RO.

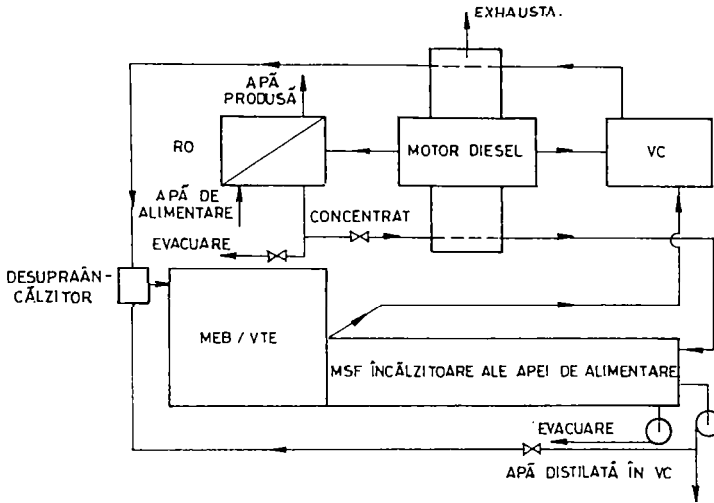


Fig. 5.9

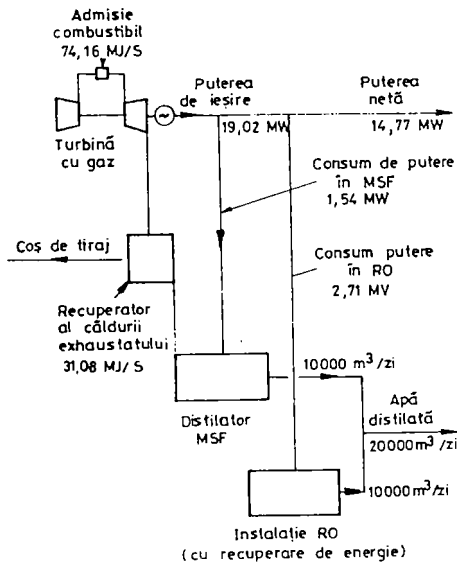


Fig. 5.10

În fig. 5. 10 prezentăm o schemă a instalației de mari dimensiuni de la JEDDAH (Arabia Saudită). Puterea este asigurată de o turbină cu gaz, echipată cu un recuperator de căldură care asigură aburul necesar distilatorului.

Costul unitar al apei produse prin acest procedeu este mai mic cu cca 15 % decât al celui anterior, dacă rata de reînnoire a membranelor este sub 20 % anual. Cheltuielile de investiții în acest caz sunt mai mari cu aprox. 10 %, iar producția de distilat crește cu aprox. 11 % [3];[12].

Trebuie să menționăm faptul că numărul de instalații RO, MSF sau VC, funcționând pe bază de energie solară este încă mic, reprezentând numai 10 % din totalul instalațiilor de potabilizare a apei.

Comparația care se face între procedeele mai sus menționate are în vedere alimentarea cu energie obținută din combustibili clasici (hidrocarburi).

Considerăm cheltuielile unei instalații tip (fig. 5. 11):

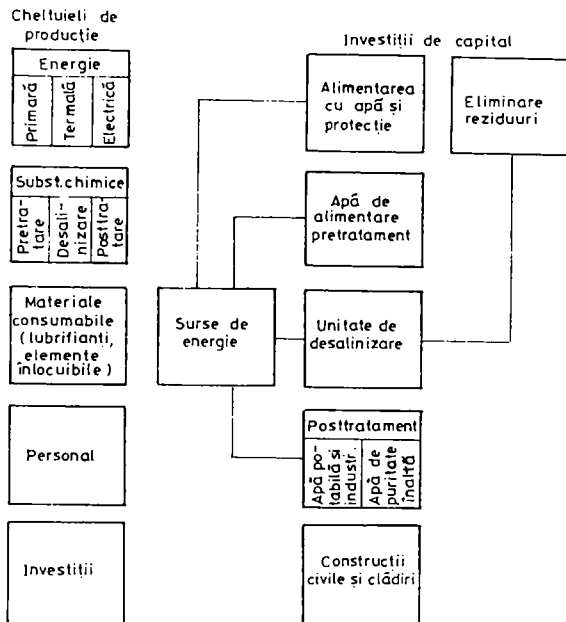


Fig. 5.11

-producția zilnică medie de aprox 100 m³

-raportul dintre cantitatea de apă de alimentare și cea produsă este de 14/1 la MSF, 3, 5/1

la RO și 2, 9/1 la VC;

-necesarul de energie este de 76 kVA la MSF, 125 kVA la RO și 155 kVA la VC;

-rezervoarele de combustibil necesare pentru 7 zile de funcționare au următoarele capacități: 15 m³ pentru MSF, 4 m³ pentru RO și 7 m³ pentru VC.

Din analiza costurilor pentru cele trei procedee [76];[98];[105] se remarcă următoarele:

-costul alimentării cu apă depășește pe cel al potabilizării propriu-zise, el depinde însă mult ($\pm 40\%$) de condițiile locale; are valoarea cea mai mare pentru MSF;

-cheltuielile de pretratare a apei sunt mai mari pentru RO;

-instalația de potabilizare propriu-zisă este mai ieftină pentru RO, urmată de VC și MSF;

-investițiile cele mai mici le necesită osmoza inversă, apoi compresia de vapori, urmată de distilarea multiplă.

5. 3. Concluzii

Pentru alegerea celei mai potrivite metode de potabilizare a apei în condițiile zonei de vest, am consultat bibliografia de specialitate din domeniul energiei solare, a poluării apelor și din domeniul tehnologiilor propriu-zise. **Ținând seama de condițiile climatice și de relief din zona de aplicare am ajuns la concluzia că cea mai potrivită metodă de obținere a apei potabile este distilarea solară cu efect simplu, iar instalația optimă este distilatorul solar tip bazin.**

Argumentele pentru alegerea metodei mai sus menționate sunt de natură tehnică și economică. Cele două aspecte nu pot fi diferențiate net, argumentele tehnice implicând conotații economice.

Scopul studiului efectuat fiind îmbunătățirea regimului de alimentare cu apă a unor localități și zone din țară, având necesități variabile ca ordin de mărime, am considerat că flexibilitatea procedurii ales este deosebit de importantă. Din acest punct de vedere distilatorul de tip bazin format din module corespunde perfect.

Materiale necesare construcției distilatorului sunt convenționale și se găsesc cu ușurință.

Construcția instalației este simplă și poate fi realizată pe orice teren.

Procedul ales poate fi cu ușurință combinat cu alte procedee, fără modificări tehnice costisitoare.

Întreținerea și funcționarea instalației nu necesită personal calificat, cu un minimum de instrucție putând fi efectuată de oricine.

Distilarea solară corespunde celor mai exigente cerințe ecologice.

Nu în ultimul rând, așa cum vom arăta în continuare, în anumite condiții este cel mai ieftin procedeu și poate asigura potabilizarea apelor care conțin cei mai diverși vectori de impurificare. Această din urmă calitate nu se întâlnește la procedeele cu membrană decât cu costisitoare completări tehnologice ale instalației propriu-zise.

În capitolele următoare vom prezenta în detaliu și în mod sistematic studiile și cercetările experimentale efectuate și instalația de potabilizare construită și propusă pentru fabricație.

CAPITOLUL 6

DISTILAREA SOLARĂ

6.1. Studii și cercetări efectuate până în prezent

6.1.1. Tehnologii și costuri curente

Cea mai utilizată instalație solară de desalinizare este cea de tip bazin, pe care o vom numi în continuare "BLAZĂ SOLARĂ". Este un concept vechi de peste 100 ani, care a fost adaptat și modificat pentru materialele și tehnologiile actuale. O secțiune printr-o astfel de blază, este prezentată în fig.6.1.

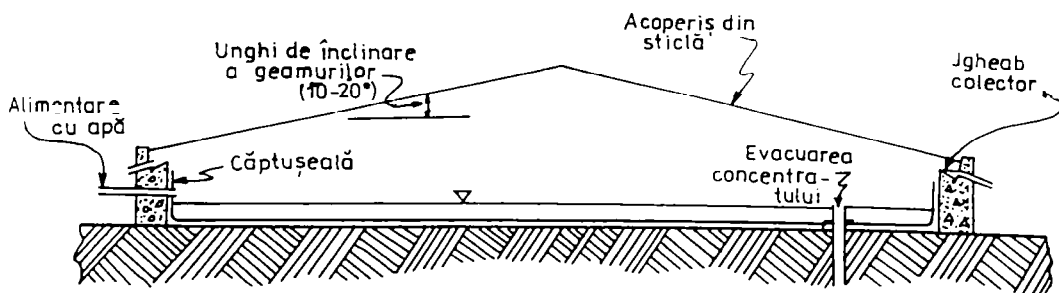


Fig.6.1.

În momentul de față, toate blazele solare pot fi apreciate ca adaptate unui anumit stadiu al dezvoltării proiectelor, și nu ca respectând o anumită tehnologie deja implementată. Câteva proiecte de blaze au ajuns totuși la un nivel de dezvoltare, având o oarecare vechime în utilizare, ceea ce a permis efectuarea unor teste, comparații și exprimarea unor concluzii privind utilitatea și costurile lor. [128;153].

Productivitatea blazelor în utilizare normală (fără probleme de defectări mecanice și cu efecte de coroziune minime), nu a putut fi încă destul de corect previzionată. În cap. 6.2. "Aspecte teoretice și experimentale privind funcționarea blazei solare", propunem o metodă originală pentru anticiparea productivității blazei [36].

Cele mai numeroase și totodată mai moderne blaze sunt acelea care folosesc materiale de construcție standard ca: sticla, betonul, asfaltul (bitumul) și metalele rezistente la coroziune. Pentru unele comparații, am prezentat și analizat parțial și proiectele de blaze care utilizează materiale plastice noi. Am selectat pentru analize și blaze bazate din punct de vedere constructiv pe materialele disponibile în zona de construire și pe mâna de lucru (eventual ieftină) existentă pe plan local.

Construirea, întreținerea și funcționarea instalațiilor nu necesită forță de muncă având calificare înaltă.

Problema principală pe care am avut-o în vedere în cercetările efectuate, a fost de a stabili cât mai exact limitele în care, în condițiile țării noastre, distilarea solară este mai avantajoasă față de oricare alt procedeu de obținere a apei necesare consumului.

Bazându-se pe o sursă de energie variabilă în timp, blaza solară furnizează apa potabilă cu intermitențe. Producția de apă în lunile de vară este de 3-4 ori mai mare decât cea din lunile de iarnă. Dacă necesarul de apă nu urmează aceeași regulă de variație în timp, trebuie prevăzută fie stocarea apei, fie o sursă suplimentară de apă, fie o combinație între ele.

Distilarea solară este un procedeu care necesită investiții "intensive", presupunând valori destul de mari ale capitalului investit pe unitatea de capacitate, prin costul proiectării și prin construcția propriu-zisă. Implică însă costuri minime ale funcționării și întreținerii.

Cei mai importanți factori de care depinde costul apei produse sunt: productivitatea blazei, valoarea investițiilor, durata de viață, amortizările și dobânzile la credite.

-Ca valoare medie, productivitatea unui distilator este de (aprox.) $3-4 \text{ l/m}^2 \cdot \text{zi}$ și este influențată în mod semnificativ de valoarea insolației zilnice. Este mai puțin dependentă de temperatura aerului sau de alți factori.

Pentru o zi senină de iarnă, o blază bine proiectată produce aprox. $1 \text{ l/m}^2 \cdot \text{zi}$, iar într-o zi toridă de vară cam $5 \text{ l/m}^2 \cdot \text{zi}$.

Însumând aceste producții pentru un an, experiența arată că se obține o cantitate de apă de aprox. $1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de suprafață activă, cu mici variații datorate condițiilor climatice și proiectului blazei, deci $1000:365 \approx 3 \text{ l/m}^2 \cdot \text{zi}$ [75];[9].

-Capitalul unitar necesar pentru blazele construite recent a fost de 6-20 $\$/\text{m}^2$. Cele mai multe dintre proiectele de blaze au ca valoare a costurilor cu materialele și munca aprox. $10 \$/\text{m}^2$

[138];[146].

-Durata de viață proiectată a instalațiilor din beton, sticlă și alte materiale "de viață lungă" este de 20 ani sau mai mult. Există și blaze construite din materialele cu durata de viață mai mică, necesitând reînnoiri periodice [87];[121]

-În ipoteza unei rate favorabile a dobânzilor, ca pentru un obiectiv de utilitate publică, pentru durata de viață menționată anterior se obține un cost al apei produse între 0.8-1,6 \$/m².

Variații în interiorul sau în jurul acestor valori se datoresc colectării precipitațiilor, costurilor cu stocarea sau unor factori perturbatori imprevizibili [105];[124];[59]

Acest cost este destul de ridicat atunci când este comparat cu cel al apei obținute din surse standard cu productivitate mare. Dacă însă comparăm cu alte procedee de desalinizare pentru același gabarit al blazei (corespunzător unei productivități de până la 100 m³/zi), atunci acestea dau un cost egal sau chiar mai mare decât cel al blazei solare. În special dacă sursele de energie necesare nu sunt facil disponibile. Pentru instalațiile mai mari decât 100 m³/zi existente în exploatare, alte procedee de desalinizare pot asigura apă potabilă în condiții mai economice decât blazele solare.

Trebuie să observăm că o diminuare semnificativă a costului apei produse ar avea loc în condițiile dezvoltării cercetărilor în domeniu.

O importantă caracteristică a blazei solare, de care trebuie să se țină seama în alegerea variantei de proces tehnologic optim, o constituie marea flexibilitate în privința dimensiunilor, fără a afecta sensibil costul unitar.

6.1.2. Factori de influență asupra distilării solare

În vederea alegerii distilării solare ca metodă de asigurare a necesarului de apă, cât și pentru a obține date pentru compararea ei cu alte procedee, considerăm că următorii factori trebuie să fie urmăriți și analizați:

1. Climatul

Dacă regimul radiațiilor solare este favorabil și numărul de zile însorite pe an este suficient, distilarea solară este fezabilă. Producția blazei este direct legată de intensitatea radiației solare incidente pe o suprafață orizontală.

2. Necesarul de apă

Distilarea solară apare deocamdată ca necesară numai la scară redusă (în general pentru o cerere de consum sub 100 m³/zi). Pentru cereri mai mari sau pentru un necesar dinamic în viitor, alte metode de desalinizare sunt momentan mai economice.

3. Amplasamentul

Locul de amplasare a blazei ar trebui să fie cât mai apropiat de utilizatorii de apă, iar apa de alimentare trebuie să fie cât mai la îndemână. Trebuie avute în vedere și alte utilizări ale terenului pe care este amplasată blaza.

4. Estimarea preliminară a gabaritului blazei

Am menționat că o blază bine proiectată, bine construită, într-un climat bun, poate produce anual în jur de $1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de suprafață. Această valoare, împreună cu necesarul anual de apă, va da o primă aproximare a suprafeței construite a blazei.

5. Proiectarea

Tinând seama de condițiile locale, de materialele de construcție existente pe plan local și de caracteristicile forței de muncă locale, se face o alegere între diferitele variante de blaze, eventual adaptându-le pentru specificul locului de instalare.

6. Estimarea producției lunare

Luând în considerare un anumit proiect, producția lunară poate fi estimată din datele experimentale ale unor blaze similare în funcțiune pe alte amplasamente. În cap. 6.2 prezentăm o metodă originală de estimare bazată pe utilizarea unor nomograme. Aprecierile se fac pe baza nivelului mediu al radiației solare (lunare) și pe temperatură (aceștia doi sunt cei mai fiabili parametri meteorologici).

7. Colectarea precipitațiilor

În măsura în care condițiile locale și frecvența precipitațiilor o permit, apa din precipitații poate fi utilizată. Cantitatea poate fi estimată din datele lunare medii (dacă precipitațiile nu variază în limite foarte largi) sau din minimul lunar de precipitații (dacă sunt variații mari), la ambele aplicând un coeficient la recuperare rezonabil. Cantitatea utilă de precipitații recuperate se adună la producția blazei pentru fiecare lună.

8. Necesarul lunar de apă și producția blazei

Comparația între producția din fiecare lună a anului și necesarul lunar al consumatorilor arată dacă sunt necesare sau nu stocarea apei, modificarea gabaritului blazei sau cantități complementare de apă obținută în alte moduri.

9. Estimarea costului apei produse

Având la dispoziție date privind proiectul blazei, primele costuri preliminare, durata de viață, cheltuielile de întreținere și exploatare, dobânzi și alți factori economici locali, se poate aprecia (estima) costul apei produse și poate fi comparat cu al apei obținute prin mijloace convenționale.

10. Alte considerații

Se pot face și considerații în termeni de costuri mai greu cuantificabili. Aici putem include factori sociologici, rezistența la schimbare (disponibilitatea pentru nou), distanța până la locul de procurare a apei potabile, protecția blazei împotriva vandalismului, metode promoționale, subsidii și economii de combustibil.

În experimentele efectuate am căutat să analizez influența majorității acestor factori asupra performanțelor blazei cu scopul de a propune o soluție cât mai convenabilă pentru condițiile specifice țării noastre [11];[33].

Aspectele teoretice și experimentale în desalinizarea apei prin distilare folosind energia solară sunt prezentate în cap.6.2.

6.1.3. Blaze solare de tip bazin

6.1.3.1. Generalități

Cel mai cunoscut tip de blaza solară, din care există în funcționare un număr relativ mare de unități (câteva zeci), este cel de **tip bazin** (cunoscut și sub alte denumiri: tip seră, tip simplu, tip convențional sau blază simplă).

Ne propunem să prezentăm și să descriem construcția acestor blaze, o clasificare a lor pe tipuri și o prezentare a performanțelor (acolo unde există preocupări pentru urmărirea lor). **Trebuie să menționăm că, din păcate, nu există o coordonare a activităților legate de proiectarea instalațiilor, de dezvoltarea tehnologiilor aferente componentelor acestora precum și pentru asigurarea de fonduri financiare absolut necesare.**

Există eforturi singulare din partea unor state sau firme producătoare, dar neavând anvergura necesară pentru ca procedeul solar de obținere a apei potabile să devină mai atractiv.

În afara tipului bazin, mai există și alte tipuri de blaze în diferite stadii de dezvoltare. Câteva dintre acestea sunt:

1. distilatoare cu efect multiplu (MBE);
2. distilatoare în trepte, cu detentă (MSF);
3. colectoare solare care furnizează energie unor distilatoare convenționale;
4. blaze înclinate tip fitil etc.

Instalațiile din ultimele două grupe sunt în faze incipiente de studiu și dezvoltare, unele fiind chiar abandonate din cauza dificultăților tehnologice pe care le implică și a puțin promițătoarelor

perspective economice [49];[80]. **Credem că această abandonare a unor proiecte trebuie să fie temporară și că odată cu progresul tehnologiilor aferente, ele vor redeveni actuale.**

În continuare vom face considerații numai asupra acelor blaze care sunt în exploatare și prin care s-a asigurat deja necesarul de apă al unor comunități mici, cel puțin pentru perioade scurte de timp. Instalația propusă este comparată din toate punctele de vedere cu acest grup de blaze solare.

6.1.3.2. Proiecte de blaze

Procesul

În natură, apă potabilă se poate obține printr-un număr mare de procedee de distilare solară. Radiațiile solare ajungând în contact cu suprafața râurilor, lacurilor, mlaștinilor și oceanelor sunt absorbite sub formă de căldură și determină evaporarea apei din acestea. Vaporii rezultați ajung în atmosferă și sunt purtați de vânt. Dacă și când acest amestec de vapori este răcit până la temperatura de condensare, are loc condensarea lor, iar apa pură obținută se transformă în ploaie sau zăpadă. **Principalele trăsături ale acestui proces le reprezintă producerea de vapori la suprafața lichidului, transportul vaporilor în aer, răcirea amestecului aer-vapori, condensarea și precipitarea.**

Procesul natural este copiat la scară mică în blazele solare de tip bazin. O suprafață limitată de apă este acoperită, iar materialul din care este confecționat acoperișul este transparent pentru radiațiile solare. Acoperișul are un dublu scop: să prevină pierderea umidității din aerul incintei și să asigure suprafața rece necesară condensării vaporilor existenți în aer. **El mai servește și ca ecran pentru radiații și reduce pierderile de energie ale radiațiilor cu lungime de undă lungă emise de la suprafața apei.**

Există numeroase proiecte de blaze care diferă unele de altele prin materialele de construcție folosite și prin geometrie, dar toate includ elementele servind aceluiași funcții:

1. bazinul sau incinta pentru apa de alimentare, care trebuie să fie etanș. El este înnegrit pentru a absorbi cât mai bine radiațiile solare și poate fi așezat direct pe sol sau izolat de acesta, pentru a reduce pierderile de căldură pe la partea de așezare;

2. acoperișul transparent, etanș pentru vapori și înclinat cu un unghi suficient pentru a permite picăturilor condensate pe el să alunece prin gravitație spre jgheburile colectoare;

3. jgheaburi care trebuie poziționate astfel încât să colecteze toți vaporii condensați în incintă și să permită dirijarea apei colectate în afara incintei;

4. metalul, betonul, sticla sau alte materiale cu durată de viață lungă pot fi utilizate atât pentru elementele structurale cât și pentru jgheaburi.

Înainte de a analiza instalațiile existente, remarcăm câteva aspecte specifice distilării solare, prin comparare cu alte metode de desalinizare.

În timp ce majoritatea celorlalte procedee de obținere a apei pot fi proiectate pentru a funcționa cu o productivitate constantă pe toată durata zilei și în orice perioadă a anului, funcționarea blazelor rămâne dependentă de radiația solară. Producția de apă variază de la un minim (eventual zero) în timpul nopții, la un maxim pentru perioada de insolație maximă. Mai mult, producția zilnică variază considerabil funcție de anotimp. Variația pe termen scurt (zi), precum și pe termen lung (anotimp), implică stocarea apei produse, dacă cererea de apă depășește frecvent producția blazei.

Scurt istoric al distilării solare

Principiile de bază ale distilării solare au fost cunoscute cu mult timp înainte ca prima instalație mai importantă să fie construită în Chile, în anul 1872. Construită la Las Salinas, într-o zonă deșertică, această instalație solară se întindea pe o suprafață de aprox. 5000 m² și producea max. 20 m³/zi.

Aducerea la suprafață a minereurilor se făcea cu ajutorul unor vagonași trasi de cătari. Pentru adăparea acestor animale a fost construită blaza. Ea a fost utilizată aproximativ 40 ani, până când tracțiunea animală a fost înlocuită cu cea cu aburi. Funcționarea a fost intermitentă, iar în prezent au mai rămas doar ruine. [5]

În timpul celui de al doilea război mondial, au fost construite câteva blaze gonflabile, pentru a fi utilizate împreună cu centurile de salvare. Erau de formă circulară, având baza conică lestată și un acoperiș emisferic. În urma umflării, pluteau la suprafața apei mării. Un strat de păslă îmbibat în apă de mare, permitea pătrunderea acesteia în incintă. Condensarea se producea parțial pe interiorul acoperișului, parțial pe părțile laterale conice ale ansamblului, aflate în contact cu apa mai rece a mării. Apa era colectată la partea inferioară a conurilor. Acest tip de blază a fost fabricat în cantități apreciabile [58].

Imediat după război, câteva instalații experimentale cu acoperiș din sticlă au fost proiectate și construite în S.U.A. (Massachusetts) și la Universitatea din California. În același timp, o blază de dimensiuni mici a fost construită în Insulele Virgine.

În 1954, Oficiul pentru Apa Salină (O.S.W.) din Departamentul Afacerilor Interne al S.U.A. a realizat un studiu privind căile posibile de utilizare a energiei solare pentru desalinizarea apei. Acest document este și astăzi o lucrare de referință în domeniu [45]; [155].

În 1965, o conferință privind utilizările energiei solare include prezentarea unor instalații

experimentale de distilare construite în Algeria, Australia și S.U.A.

Următorii ani au marcat construirea în S.U.A. a primelor blaze de dimensiuni ceva mai mari, acoperite cu sticlă, precum și a primelor instalații cu acoperiș din plastic, la Daytona Beach, California. Pentru prima dată au fost culese și prelucrate date experimentale pentru câțiva ani de experiență. În același timp s-au desfășurat unele experimente și studii în Australia, Italia, U.R.S.S.

În ultimii ani, construcția de blaze solare de dimensiuni mai mari s-a răspândit mai ales în Peninsula Arabică, Turkmenia, Grecia, Spania, Tunisia și în insulele. Sf. Vincent din Marea Caraibelor. Toate aceste instalații sunt de tip bazin. (vezi tabelul 6.1).

Tipuri de proiecte de blaze

În proiectul blazei solare trebuie prevăzute rezervoare de stocare atât pentru apa de alimentare, cât și pentru apa produsă, acestea din urmă trebuind să fie de dimensiuni mai mari decât rezervoarele aferente procedeele folosind alte tipuri de energie decât cea solară. În fig. 6.2 este prezentată schematic o blază solară cu principalele componente constructive. Apa salină este pompată în rezervorul de alimentare din care ea pătrunde prin cădere liberă, în bazinele blazei. De aici, ea ajunge tot prin cădere liberă, în rezervoarele de stocare a apei produse, de unde apa trebuie pompată în rețeaua de distribuție.

Au fost încercate numeroase tipuri de blaze care diferă între ele mai ales în ceea ce privește materialele utilizate, geometria, variantele utilizate pentru fixarea acoperișului transparent și a sistemelor folosite pentru admisia și evacuarea apei.

Materialele încercate pentru construirea acoperișului au fost sticla și folia de plastic. Sticla este preferată de majoritatea proiectanților din cauza înaltei sale transparențe pentru radiațiile solare, pentru rezistența sa mecanică bună și costul relativ scăzut. Ea asigură performanțe satisfăcătoare pentru perioade de 10 până la 15 ani, cu o foarte mică rată de deteriorare. Figurile 6.3 ÷ 6.8 prezintă diferite variante constructive folosind acoperișuri din sticlă.

Tabelul 6.1 Blaze solare în exploatare în 1990

Localitatea	Mărime [m ²]	Data instalării	Material pt.acoperiș	Proiect (sponsor)	Stare
Muresk, West Australia	500	1973	Sticlă	CSIRO ^a	în exploatare
Cooper Pedy, South Australia	3500	1976	Sticlă	CSIRO ^a	în exploatare
Caiguna, West Australia	500	1976	Sticlă	CSIRO ^a	în exploatare
Hamelin Pool, West Australia	630	1986	Sticlă	CSIRO ^a	în exploatare
Regna, Greece	1500	1975	Plastic	Tip V ^b	în modificare pt.suprafață mai mare
Salamis, Greece	450	1966	Plastic	Tip V ^b	incertă
Patmos, Greece	9000	1977	Sticlă	TUA ^c	în reparații
Kimolos, Greece	2500	1988	Sticlă	TUA ^c	în exploatare
Misyros, Greece	2100	1968	Sticlă	TUA ^c	în exploatare
Las Marinas, Spain	1050	1966	Sticlă	Tip bazin ^d	în exploatare
Petit St.Vincent	1750	1985	Plastic gonflat	Plastic gonflat ^e	în exploatare
Chekmou, Tunisia	550	1977	Sticlă	CEN ^f	în exploatare
Mehdia, Tunisia	1250	1984	Sticlă	CEN ^f	în exploatare

Notă. La o producție medie anuală de 1m³/m², la o cerere medie de apă de 40 m³/zi e nevoie de o suprafață a instalației de cca. 14.000 m².

a. Commonwealth Scientific and Industrial research organization. Australia, vezi fig.6.6

b. Sponsorizat de Church World Series; vezi fig.6.9

c. Technical University of Athens; vezi fig.6.7

d. Organization for Economic Cooperation and Development; vezi fig.6.4 și 6.5

e. Brace Research Institute, McGill University, Canada, vezi fig.6.9

f. Centre d'Etudes Nucleares de Tunis - Carthage

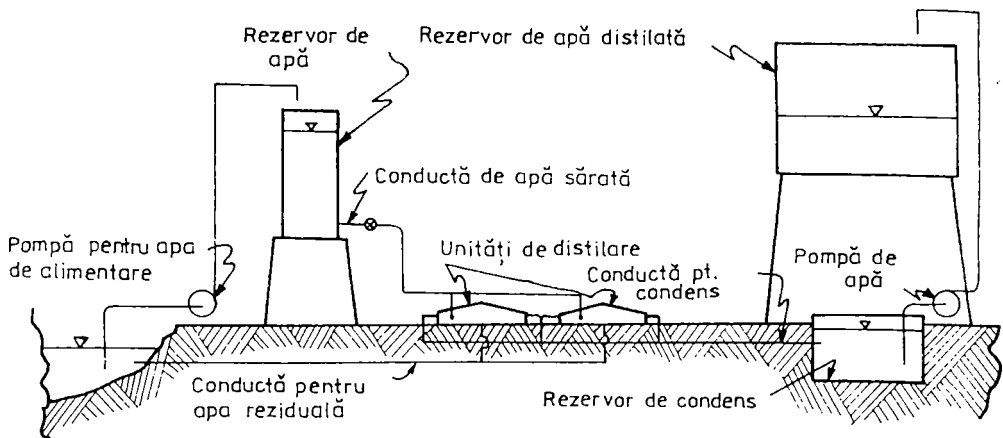


Fig. 6.2 Ansamblul elementelor componente ale unei blaze solare

Pentru acoperiș au fost experimentate și câteva materiale plastice. Primele încercări au fost făcute cu acetat de celuloză și polietilenă transparentă, însă acetatul de celuloză s-a dovedit a nu avea suficientă rezistență mecanică iar polietilena se deteriorează rapid sub acțiunea radiațiilor solare. S-a reușit obținerea unei polietilene modificate pentru a rezista mai bine radiațiilor solare, dar noul material nu a fost aplicat pe scară mai largă în proiectele de blaze. Materialele plastice utilizate în momentul de față, folosesc filme de polivinil-fluorid sau polivinil-clorid. Două dintre variantele de blaze cu astfel de acoperiș sunt prezentate în fig. 6.9.

■ Blazele de tip bazin experimentate la Daytona Beach (S.U.A.) (fig.6.3), au fost modificate și îmbunătățite pentru blaza de la Las Marinas (Spania) (fig.6.4). Modificările de detalii sunt prezentate în fig.6.5.

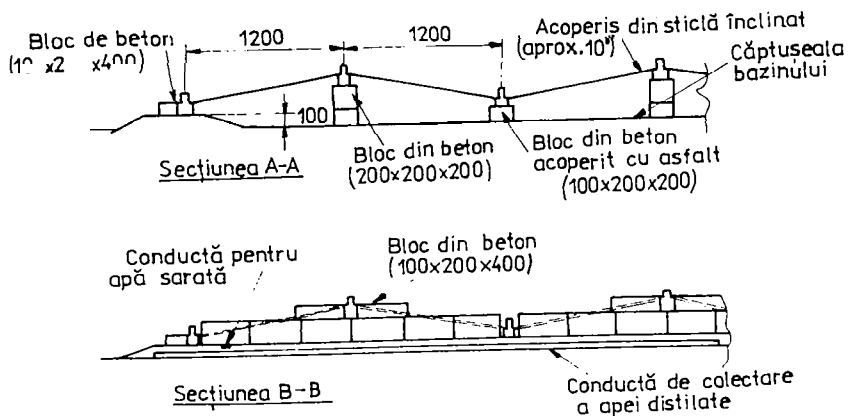
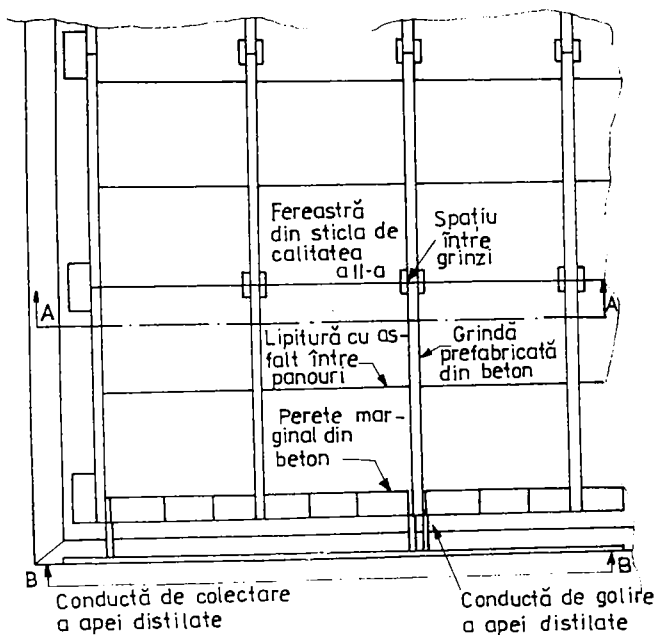
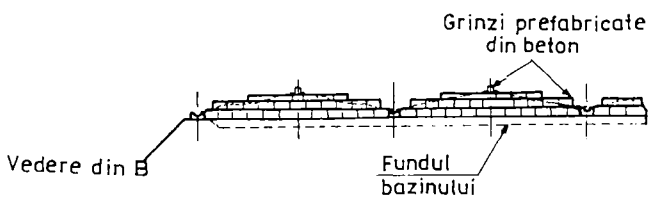
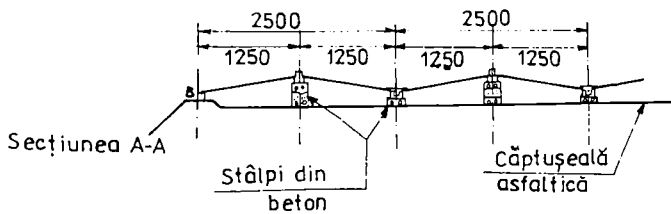
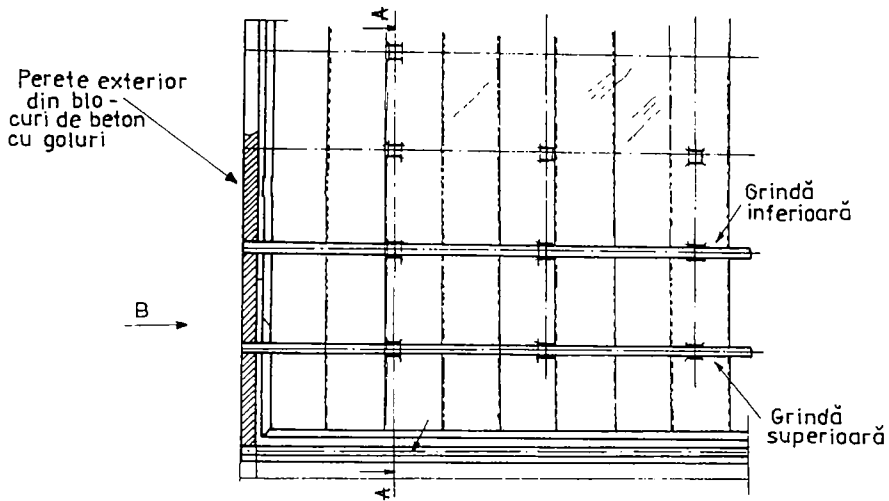


Fig. 6.3 Planul construcției distilatorului tip bazin de la Daytona Beach, SUA



Notă. Există 11 grinzi - suport superioare și 10 inferioare, fiecare montate pe cei 15 piloni de beton

Fig. 6.4 Planul schematic al blazei de la Las Marinas, Spania

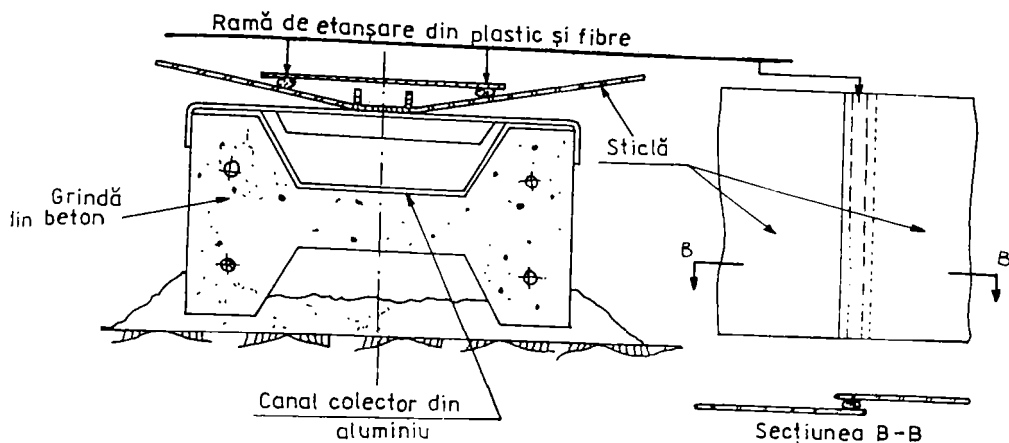


Fig. 6.5 Detaliu constructiv al grinzii inferioare de la Las Marinas, Spania

Izolația bazinului este asigurată de un strat de asfalt greu, iar etanșarea colțurilor se face cu topitură de asfalt. Structura de rezistență este asigurată de grinzi prefabricate din beton care susțin plăcile acoperișului și mențin aliniamentul jgheburilor colectoare. Etanșarea dintre acoperiș și grinzi se face prin aplicarea unui ciment asfaltic. Planitatea suprafeței de așezare a blazei a fost asigurată în așa fel încât să nu apară porțiuni uscate în bazin atunci când nivelul apei ajunge la minimum (aprox. 5 cm). Funcționează în mod obișnuit cu alimentare intermitentă (în șarje), dar poate fi adaptată și pentru alimentare în flux continuu.

Înclinarea plăcilor acoperișului este în jurul a 10° față de orizontală [125].

■ Proiectul utilizat în Australia (fig.6.6), constă dintr-un număr de bazine dispuse în paralel, separate între ele prin jgheaburi metalice. Aceste jgheaburi asigură atât colectarea apei produse în blază, cât și a eventualelor cantități de apă din precipitații. Izolația bazinelor este asigurată prin plăci negre de polietilenă. Bazinele sunt uniform înclinate pe lungime ($1/40$) și sunt prevăzute cu mici praguri transversale, la cca. 1 m. distanță între ele. Apa de alimentare este introdusă pe la partea mai înaltă a bazinului și curge continuu, cu un debit suficient pentru a compensa evaporarea zilnică și pentru a menține o concentrație corespunzătoare a apei din bazin. Plăcile din sticlă sunt izolate la colțuri și muchii, cu material silionic, acesta având și o rezistență suficientă pentru a forma și îmbinarea crestei acoperișului (balamaua).

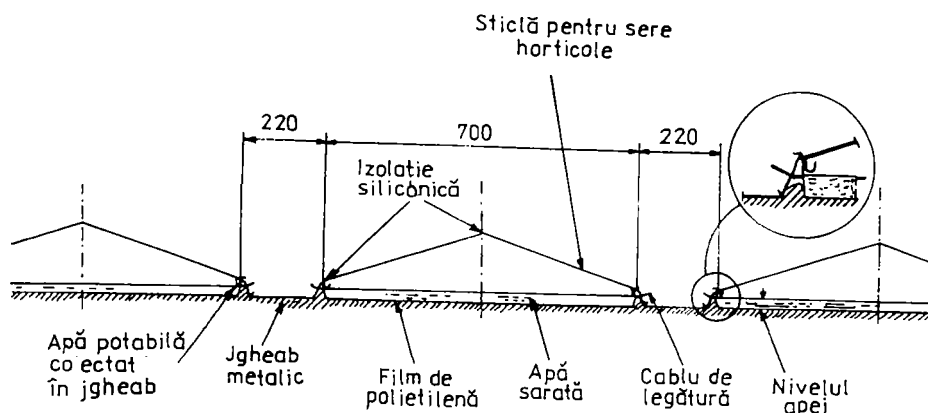


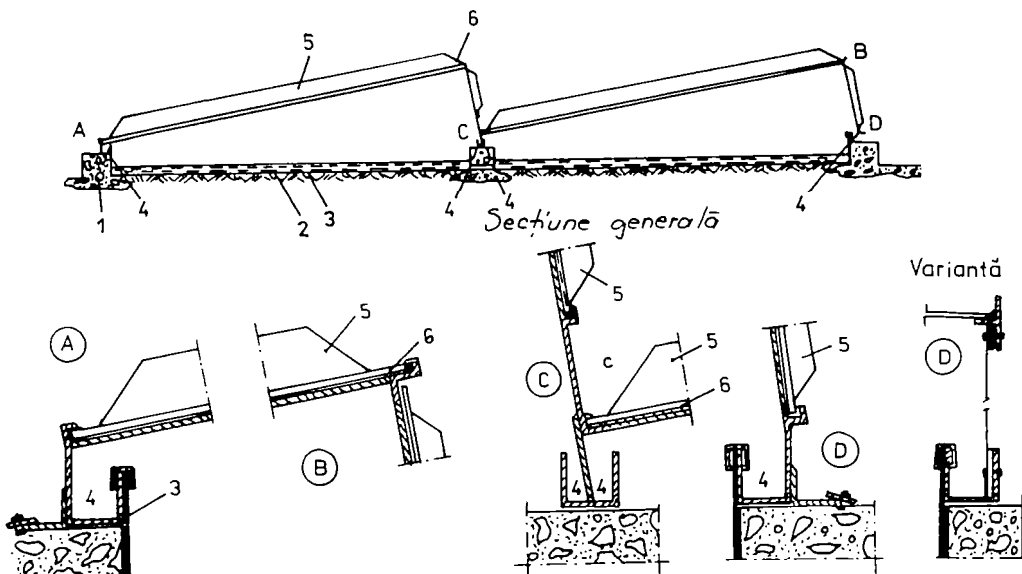
Fig. 6.6 Secțiune prin distilatorul tip bazin; proiect CSIRO pentru Australia

Alinierea plăcilor acoperișului se asigură prin clipsuri metalice. Înclinarea acoperișului este de aprox. 18° față de orizontală [164].

■ Blazele proiectate și experimentate de Universitatea Tehnică din Atena (vezi tab.6.1.), utilizează rame din aluminiu ca suport al plăcilor din sticlă. Acoperișul are înclinare diferită pentru cele două direcții (12° față de orizontală pe partea orientată spre sud și 78° la partea orientată spre nord) (vezi fig. 6.7.) De ramă sunt fixate canalele colectoare pentru distilat. Ramele, împreună cu sticla, sunt așezate pe pereții laterali din beton ai bazinului. Elementele de etanșare sunt confecționate din cauciuc butilic, preferat deoarece rezistă bine la temperaturi înalte. Spațiile dintre bazine sunt betonate cu scopul de a se putea colecta și apa de ploaie [60].

În toate proiectele încercate, panta acoperișului variază între 10° - 18° față de orizontală. Valoarea minimă este determinată de condiția ca picăturile de condens să nu cadă în bazin în loc să fie colectate în jgheaburile blazei.

Pentru a obține un raport optim între suprafața colectoare de căldură a bazinului și suprafața sticlei folosite, se recomandă alegerea pantei acoperișului spre valorile minime. Dacă în costurile cu materialele, costul sticlei are o pondere importantă, atunci un unghi minim asigură un cost minim, la o suprafață dată a blazei solare.



Legenda :

- 1. Suport din lemn
- 2. Strat de nisip pentru nivelare și izolare
- 3. Strat izolator din cauciuc butilic

- 4. Jgheab de colectare a apei distilate
- 5. Cadru din aluminiu
- 6. Geamuri din sticlă

Fig. 6.7 Secțiune și detalii ale unei blaze tip bazin; proiectul Universității Tehnice din Atena, Grecia

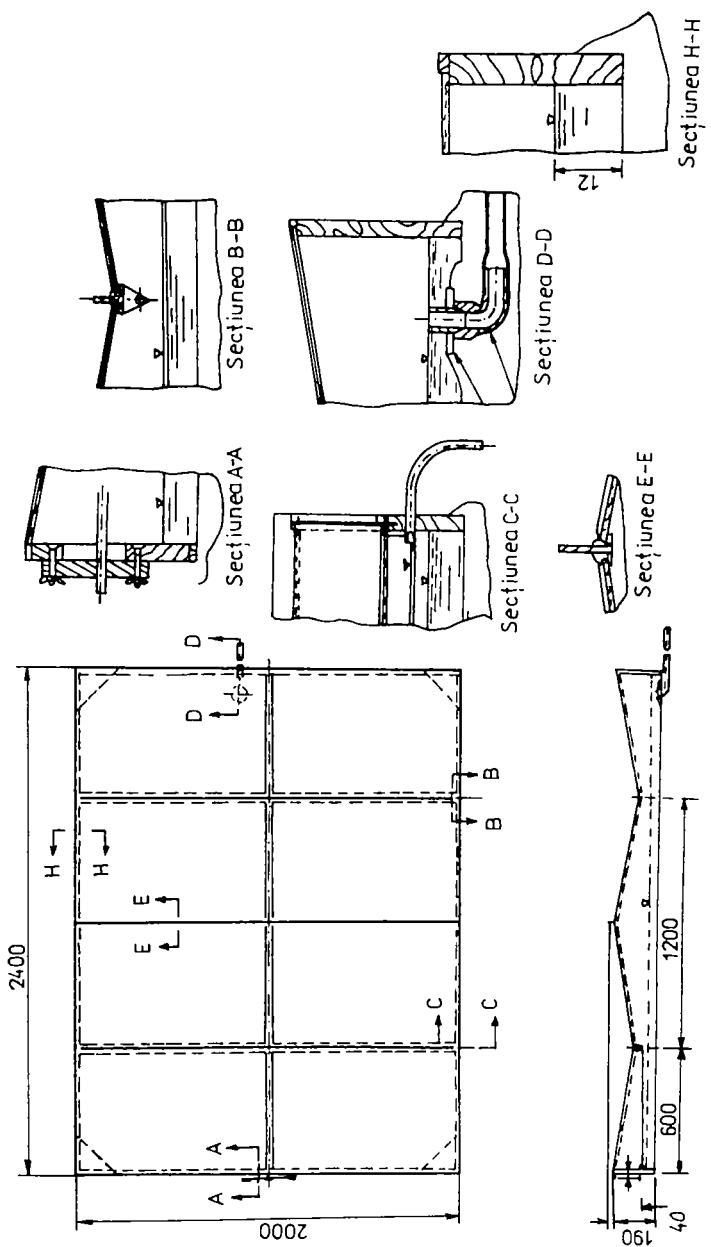


Fig.6.8 Blază de mici dimensiuni pentru utilizare în insulele Pacificului de Sud

Suprafața, precum și grosimea plăcilor de sticlă din care se confecționează acoperișul interesează prin efectul asupra costului. Proiectul Daytona (S.U.A.) folosește sticlă cu grosime de 3 mm, având dimensiunea maximă 1,25 m. Blazele experimentate în Australia folosesc plăci de dimensiuni mai mici (0,45 X 0,55 m). Aceste mărimi permit folosirea sticlei subțiri "horticole". al cărei cost este de 1,1 \$/m²; plăcile sunt produse la dimensiuni care nu depășesc, însumate, 1 m [164].

■ Pentru instalațiile prevăzute să funcționeze în insulele din Pacific (blaze de dimensiuni mici), proiectul prevede rame metalice pentru plăcile de sticlă, un aranjament în formă de dinți de ferăstrău pentru acoperiș și jgheaburi colectoare de-a lungul muchiilor bazinului (vezi fig.6.8.) [39].

■ În Grecia insulară sunt construite câteva blaze având acoperișul din folie de plastic. Două astfel de soluții sunt prezentate în fig.6.9.; una cu acoperiș gonflabil, iar cealaltă cu acoperiș în formă de V, cu tensionare [90].

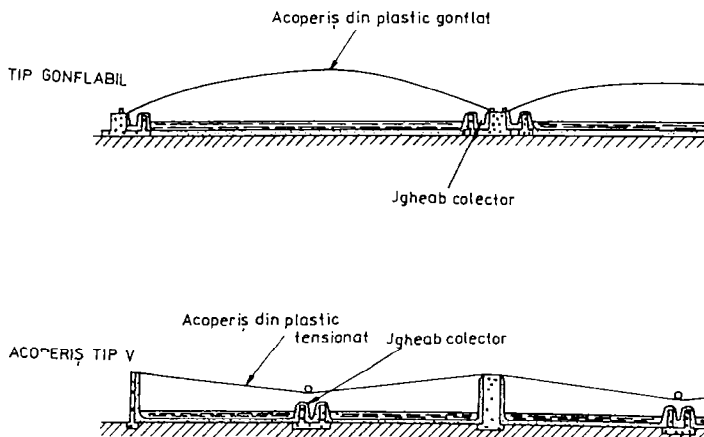


Fig.6.9 Variante de bazine cu acoperiș din materiale plastice

Domenii potențiale de aplicabilitate a distilării solare

Există și alte tehnologii care pot extinde domeniul de aplicabilitate al distilării solare în viitor, dar care depind de succesul studiilor de dezvoltare în domeniul de cercetare nelegate direct de distilarea solară. Prezentăm în continuare câteva dintre aceste domenii curente sau de perspectivă pentru distilarea solară:

■ Cercetări privind îmbunătățirea proiectului blazei, cu scopul creșterii performanțelor și a reducerii costurilor. Prezentul studiu face parte din acest grup de cercetări. Rezultatele sale vor fi permanent comparate cu altele asemănătoare efectuate în străinătate. Unul dintre rezultatele obținute de noi este demonstrarea importanței folosirii pentru construcția blazei, a materialelor disponibile pe plan local [40], [99], [113].

Cercetările noastre s-au concentrat pe dezvoltarea unităților foarte mici, având o producție de apă de 1-5 m³/zi sau chiar mai puțin.

■ Blaze solare de tip bazin care combină funcția de captare a energiei solare cu cea de distilare în aceeași unitate (modul).

Separarea acestor funcții ar permite procese multiple, regenerative, dar ea este puternic dependentă în momentul actual de dezvoltarea tehnologiilor captatorilor solari (de exemplu cei cu "cu prag de absorbție").

■ Surse de energie combinate, ca de exemplu energia solară + căldura recuperată în urma funcționării unor motoare diesel sau pe benzină sau utilizarea apei geotermale pentru alimentarea blazei, costul apei produse scăzând semnificativ [104], [130].

■ Sistemele multi-scop, care produc simultan apă, sare și eventual energie. Abstracție făcând momentan de relativ îngusta piață de desfacere a acestor produse, sistemele multi-scop ar putea fi aplicate în viitor, după un temeinic studiu tehnico-economic [6].

■ Instalațiile cu funcții multiple, în care producerea apei este integrată cu utilizarea ei, spre exemplu într-un sistem integrat pentru producerea de energie, apă și hrană [13].

6.2. Aspecte teoretice și experimentale în funcționarea blazei solare

6.2.1. Blaza experimentală

Menționăm că am avut în vedere realizarea practică a unei instalații de potabilizare a apei, de dimensiuni mici, flexibilă și ușor de construit, cu o productivitate cât mai mare, adaptabilă condițiilor specifice din țară (zona de vest).

Tinând seama de concluziile prezentate în capitolul 5.5 și consultând date din literatura de specialitate în domeniu am ales ca instalație blaza solară de tip bazin, cu acoperiș din sticlă.

În cadrul laboratorului de "Tehnologie" al Facultății de Științe Economice din Timișoara am proiectat și apoi construit un prototip experimental sub formă de "modul de bază" în mai multe variante, având o suprafață de absorbție de 2 m^2 . Funcție de necesitățile de apă, suprafața modulului poate fi multiplicată fără ca aceasta să influențeze negativ asupra performanțelor blazei. În fig.6.10 este prezentată una dintre aceste variante constructive.

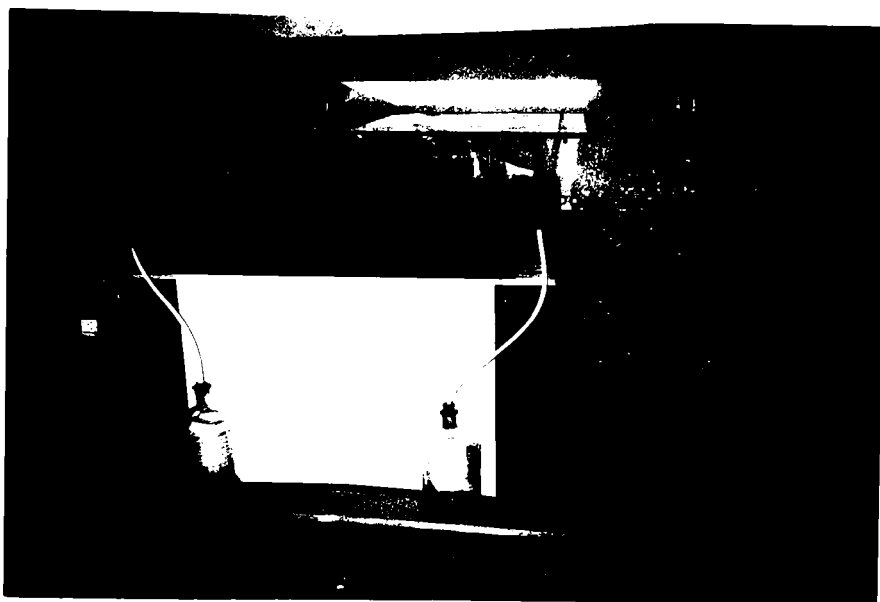


Fig.6.10

Pentru a ajunge la o variantă constructivă optimă pentru cerințele avute în vedere, am stabilit mai întâi caracteristicile tehnice ale modulului, apoi caracteristicile funcționale. Cele tehnice se referă la:

1. bazin (materialul pentru confecționare);
2. montajul blazei (pe sol, pe suport)
3. acoperiș (material, înclinații, grosime)

4. izolația (căptușeala) bazinului (material, mod de aplicare).

1. Ca material pentru confecționarea bazinului se pot utiliza betonul (armat), oțelul galvanizat cu protecție la coroziune și sticla. Nu am avut în vedere oțelul ca material de construcție deoarece am considerat că nu corespunde obiectivelor avute în vedere la proiectare (rezistență la acțiunea substanțelor conținute în apa de prelucrat, costul).

Prin urmare, am construit câte două bazine - modul din beton cu grosimea peretelui de 6 cm și din sticlă cu grosimea de 6 mm.

2. Pentru montarea blazei cu bazin din beton am exclus varianta "pe suport" din două motive:
- greutatea destul de mare a blazei din beton;
- pierderi mai mari de căldură pe la fundul bazinului în acest caz.

La varianta de blază cu bazin din sticlă am ales varianta "pe suport" din cauza greutății mai mici a ansamblului și a posibilității de a fi mai ușor deplasată și montată după necesitățile individuale ale utilizatorului. Montajul la sol a fost exclus și din cauză că în acest caz, instalația nu este suficient protejată împotriva deteriorărilor accidentale.

3. Sticla s-a dovedit a fi, deocamdată, materialul cel mai potrivit pentru confecționarea acoperișului. Pentru a obține un raport optim între suprafața colectoare de căldură a bazinului și suprafața sticlei folosite pentru acoperiș, se recomandă alegerea pantei acoperișului spre valorile minime. Dacă în costurile cu materialele costul sticlei are o pondere importantă, atunci un unghi minim asigură un cost minim la o suprafață dată a blazei solare. Deoarece și din documentația consultată [1;33;43;113] a rezultat că unghiul de înclinare a acoperișului trebuie să fie cât mai mic, fără a permite căderea picăturilor condensate înapoi în bazin, am considerat ca valoare de proiectare un unghi de 12° . Acesta corespunde și unui coeficient de transfer termic α_0 avantajos, calculat cu (4.42), asigurând totodată condiții optime de formare și curgere laminară a filmului de condens (vezi paragraful 4.4.2).

Există mai multe variante de acoperișuri:

- din două plăci egale ca suprafață, montate în formă de V;
- din două plăci din sticlă inegale ca suprafață montate la 90° ;
- o placă din sticlă înclinată și un perete supraînălțat al bazinului.

Varianta a treia prezintă dezavantajul că în acest caz peretele din spate al bazinului trebuie izolat pe toată înălțimea pentru a micșora pierderile, ceea ce induce costuri suplimentare.

Între prima variantă și cea de-a doua, am considerat-o mai potrivită scopului propus pe cea cu montaj în V. Cealaltă prezintă o creștere a suprafeței umbrite în primele ore de funcționare dimineața și în orele ultime de funcționare seara.

Influența grosimii plăcilor de sticlă a fost analizată experimental [33], considerându-se valorile de 3 mm și 5 mm.

4. Pentru izolarea termică a incintei bazinului am utilizat patru tipuri de materiale izolatoare:

-polivinil pulverizat, apoi vopsit;

-cauciuc siliconic;

-bitum ;

-plăci din polietilenă.

O sinteză a caracteristicilor avute în vedere în perioada experimentelor este prezentată în tabelul 6.2.

Tabelul 6.2. Caracteristicile modului experimental

Tipul blazei	tip bazin cu acoperiș din sticlă în formă de V întors
Dimensiuni	1,5 x 1,34 x 0,12 m
Suprafața de absorbție	2 m ²
Colectarea condensului	jgheaburi din sticlă în V și opritor din sticlă lipit pe interiorul acoperișului
Etanșarea îmbinărilor	cauciuc siliconic
Spălarea	O dată la două săptămâni; o dată pe săptămână
Materialul din care este confecționat bazinul	<u>Variante:</u> -oțel galvanizat 1 mm grosime, cu protecție la coroziune;-sticlă 5 mm; -grinzi prefabricate din beton armat
Căptușeala (izolația) bazinului	<u>Variante:</u> -polivinil pulverizat, apoi vopsit; -cauciuc siliconic;-bitum;-plăci de polietilenă
Nivelul apei în bazin	2 - 6 cm (reglabil)
Acoperiș din sticlă	încălinat la 12° cu grosimi: 3 mm, 5 mm
Montajul	<u>Variante:</u> - la sol, pe pat de pietriș (mortar);- pe ramă - cadru din OL, la cca. 40 cm de sol
Alimentarea cu apă	<u>Variante:</u> -intermitentă; -continuă
Orientarea	<u>Variabilă:</u> N - S sau E - V (variate)

În fig.6.11 este prezentată o secțiune prin blaza experimentală-modul, variantă constructivă cu:

-bazin din sticlă de 6 mm grosime;

-acoperiș din sticlă de 3 mm, cu înclinația 12°;

-montaj pe ramă-cadru din OL, la cca 40 cm de sol;

-izolație din cauciuc siliconic, iar la colțuri polivinil pulverizat.

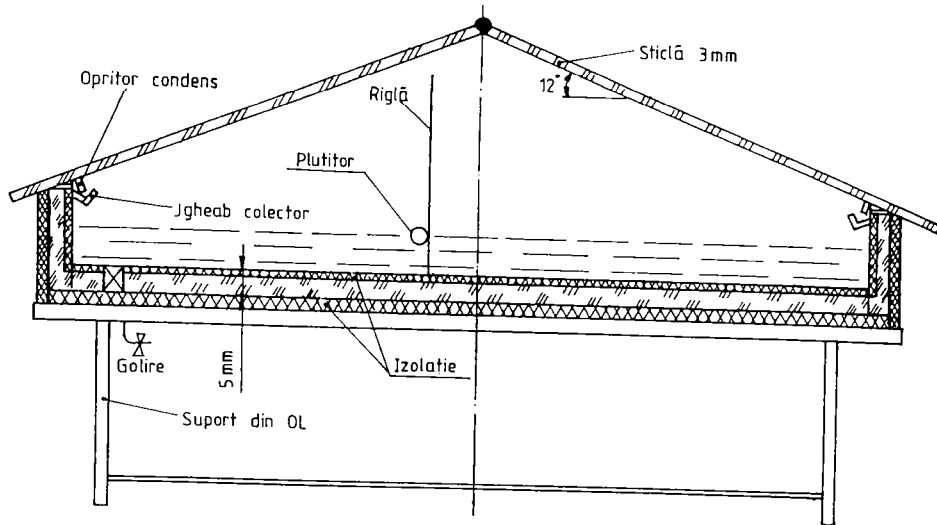


Fig. 6.11 Modul experimental cu bazin din sticlă și montaj pe cadru metalic

Modulul proiectat permite modificarea ușoară a componentelor constructive principale (bazin, izolație, grosime acoperiș), astfel încât poate fi urmărită influența lor asupra performanțelor tehnice și economice ale blazei. Datele experimentale sunt prezentate în cap. 6.2.3, iar comparațiile sunt făcute utilizând cele două bazine identice pentru aceleași condiții externe de funcționare (temperatura aerului, intensitatea radiației solare, viteza vântului).

6.2.2. Experimente pentru optimizarea constructivă a blazei

Metoda experimentală a constat în utilizarea a două blaze absolut identice, amplasate în același loc. Am modificat pe rând câte un parametru până la a-i stabili influența asupra

performanțelor blazei.

Parametrii constructivi și funcționali, precum și factorii externi urmăriți experimental pot fi grupați astfel:

A. Parametri constructivi:

- Izolația bazinului;
- Montajul blazei;
- Grosimea acoperișului;
- Suprafețe reflectorizante.

B. Parametri funcționali:

- Grosimea stratului de apă din bazin;
- Orientarea blazei;
- Tipul alimentării cu apă a bazinului.

C. Parametri externi:

- Radiația solară; utilizarea unui concentrator simplu;
- Temperatura aerului;
- Viteza vântului;
- Precipitațiile.

Măsurătorile au fost făcute într-o perioadă lungă de timp (trei ani), pentru a acoperi o cât mai mare diversitate de condiții de lucru [25];[27];[32].

Parametri constructivi:

-Determinările experimentale au debutat în 1991, după realizarea primelor două variante având acoperiș din sticlă: cu bazin din beton și cu bazin din sticlă de 6 mm grosime. Ele au constat în măsurări simultane ale intensității radiației solare H_s , folosind și programul RAD), a temperaturilor aerului și a apei din bazin (programul TEMP), precum și a producției de apă a blazei, pentru patru variante de izolație a bazinului (polivinil pulverizat, cauciuc siliconic, bitum, plăci din polietilenă).

Pentru stabilirea eficienței diferitelor materiale izolatoare s-au calculat valoarea efectivă a produsului echivalent al absorbției - transmisiei (program AT - Anexă), precum și influența sa asupra conductanței, pentru anumite temperaturi ale suprafeței absorbante (programul CON - Anexă).

Pentru trasarea curbelor am calculat valoarea insolației medii zilnice H_s , precum și o temperatură medie de T_{ac} a aerului, pentru 24 de ore. Apreciem că este de acuratețe suficientă considerarea mediei de 24 de ore, deoarece nu există o diferență semnificativă între producția unei blaze care lucrează la o temperatură constantă sau la o temperatură variabilă în jurul mediei zilnice.

Analizând graficele din figura 6.12 și 6.13 se constată că **pentru blaza cu bazin din sticlă de 6 mm, materialul cel mai bun pentru izolația bazinului este cauciucul siliconic**, urmat de policlorura de vinil vopsită.

Pentru bazinul realizat din beton armat, bitumul folosit ca izolant a dat cele mai bune rezultate (fig.6.14 și fig.6.15).

Ca urmare variantele constructive de blaze cu care am continuat măsurătorile au fost:

1. bazin din beton cu izolație din bitum și
2. bazin din sticlă cu izolație din cauciuc siliconic.

Am continuat experimentele cu ambele variante, deși se remarcă o valoare puțin mai mare pentru P_z la bazinul din beton. Pe de o parte acest avantaj este anulat de greutatea mai mare a ansamblului, iar pe de altă parte analiza performanțelor nu este completă fără o analiză de costuri.

◆ Varianta cu bazin din beton a fost testată pentru două variante de montaj:

- a) la sol pe pat de pietriș (mortar);
- b) cu izolație din cauciuc între fundul bazinului și sol.

Pentru a doua variantă, coeficientul de pierderi termice ale bazinului K_b s-a redus, s-a micșorat căldura pierdută în mediul ambiant $Q_{p,fc}$ și a crescut producția P_z cu 0,1 l/m².zi. Creșterea o considerăm ne semnificativă față de costul pe care îl presupune izolarea suplimentară.

◆ Influența grosimii acoperișului s-a studiat prin utilizarea sticlei de grosime 3 mm și 5 mm.

Efectul pozitiv al utilizării sticlei mai groase (5 mm) se manifestă doar la începutul și sfârșitul zilei, prin micșorarea căldurii pierdute prin acoperiș $Q_{p,ac}$. În restul zilei experimentale au arătat că practic nu există diferențe între producțiile obținute pentru cele două variante. Deoarece creșterea producției a fost de numai 0,05 l/m².zi, utilizarea sticlei groase nu se justifică economic. Am optat pentru varianta de acoperiș cu grosimea de 3 mm, pentru blaza cu bazin din sticlă. Din considerente legate de siguranță în funcționare, pentru instalația cu bazin din beton recomandăm folosirea sticlei cu grosimea de 5 mm. Geamuri cu grosimi mai mici (și mai ieftine) nu pot fi luate în considerare fără riscuri datorită rezistenței mecanice insuficiente.

◆ S-a pus problema înnegririi sau a formării unei suprafețe reflectorizante pe partea internă a peretelui posterior folosind un material corespunzător (foiță de staniol sau placă subțire din aluminiu).

Efectul stării acestei suprafețe asupra producției de distilat este prezentat în fig.6.16.

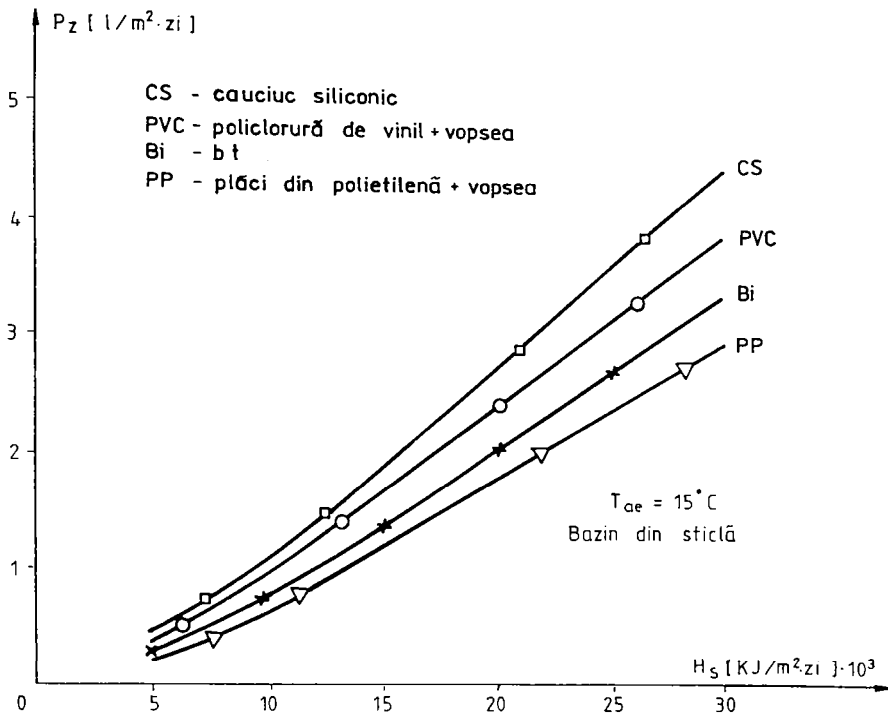


Fig. 6.12

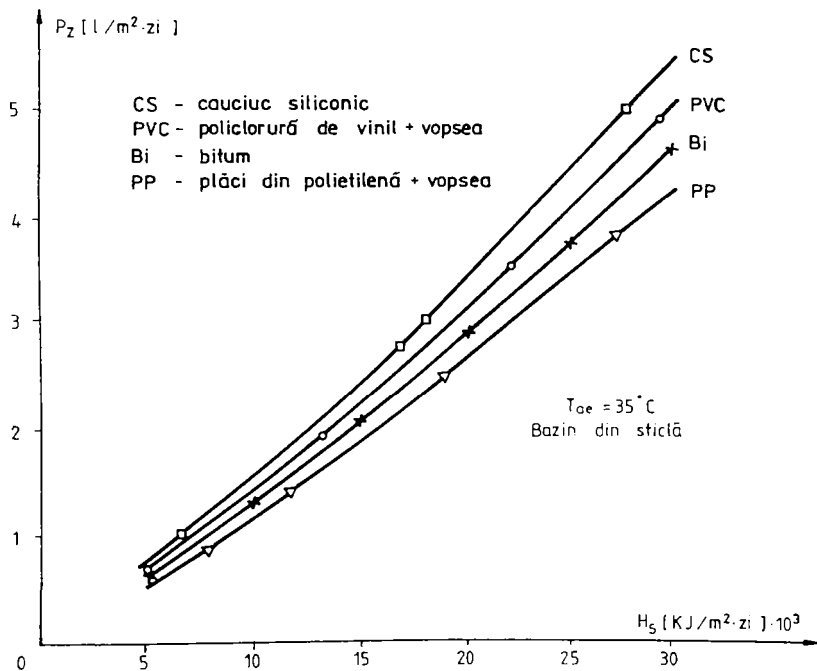


Fig.6.13

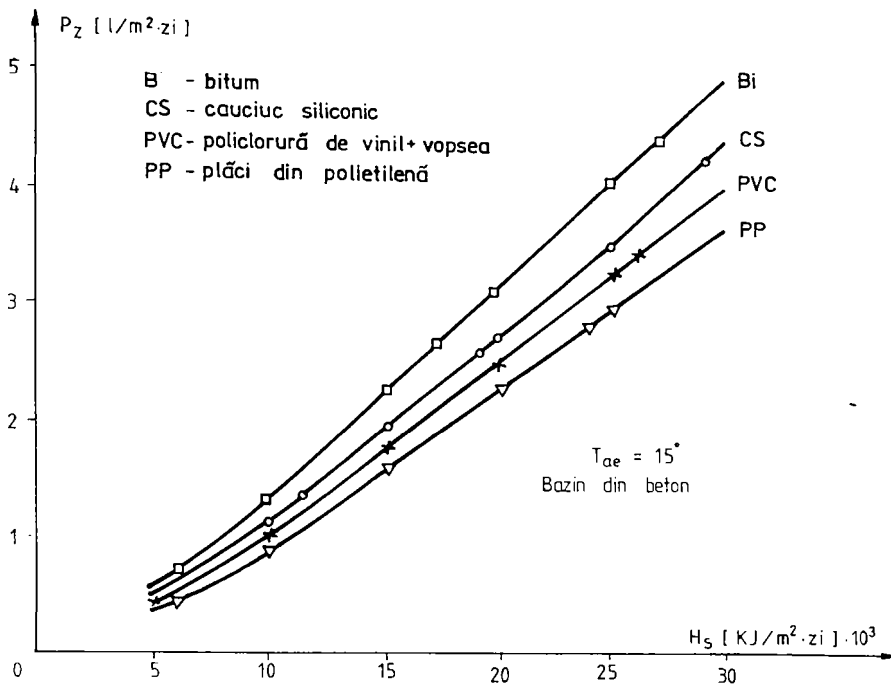


Fig. 6.14

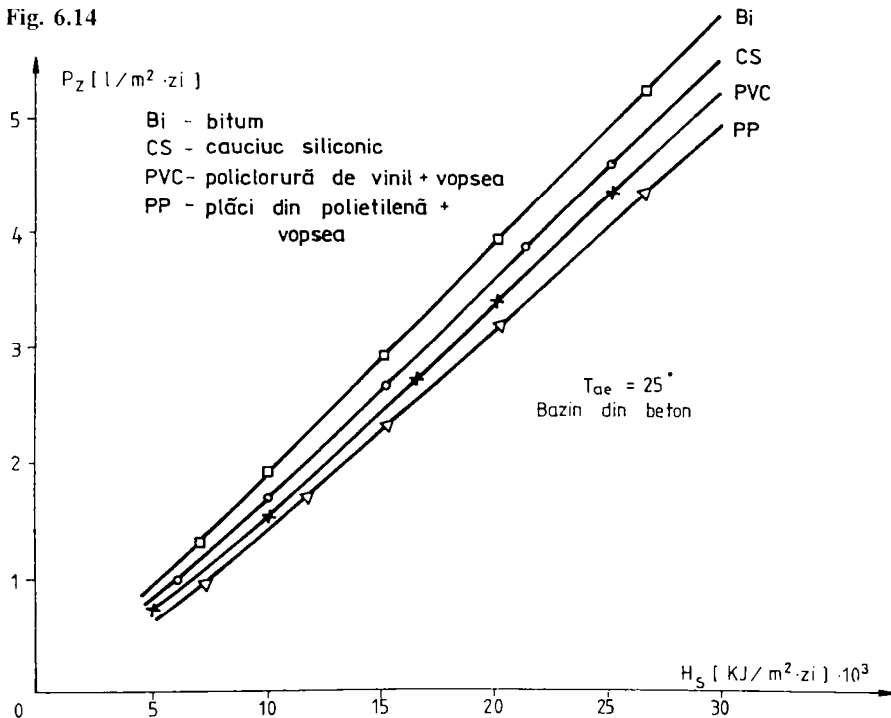


Fig. 6.15

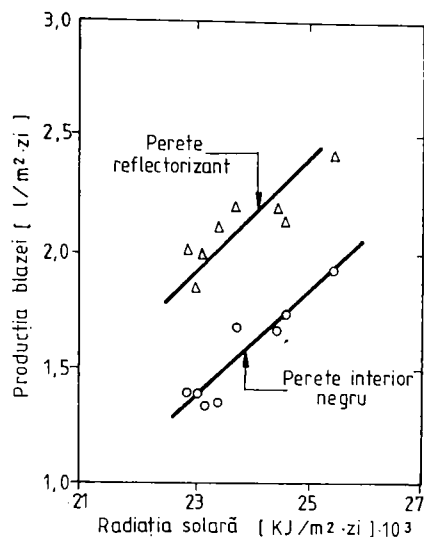


Fig. 6.16

Remarcăm că această suprafață trebuie să fie reflectorizantă deoarece influența asupra producției este de cca. 25 %.

Ca urmare a cercetărilor de optimizare constructivă a blazei, s-au conturat ca fiind cele mai potrivite scopului urmărit, două variante de blaze:

I. Pentru utilizări individuale sau până la aprox. 30 l/zi (fig. 6.17):

- cu bazin construit din sticlă de 5 mm grosime, izolat cu cauciuc siliconic;
- acoperiș din sticlă de 3 mm grosime;
- montaj pe ramă-cadru, la distanța dorită de la sol.

II. Prin montaj serie sau mixt, pentru necesități de apă mai mari decât 30 l/zi:

- cu bazin din beton de 8 cm grosime, izolat cu bitum;
- acoperiș din sticlă de 5 mm grosime;
- montaj la sol pe pat de pietriș (mortar).

Pentru cele două variante, următoarele caracteristici constructive sunt comune:

- blaza este de tip bazin, cu acoperișul în formă de V întors, înclinat la 12° față de orizontală;
- colectarea condensului: în jgheaburi din sticlă în formă de V, cu opritor de condens lipit de acoperiș;
- evacuarea apei - prin conducte flexibile spre două rezervoare de colectare.

În fig. 6.17 este prezentată varianta I de blază în faza de proiectare prototip.

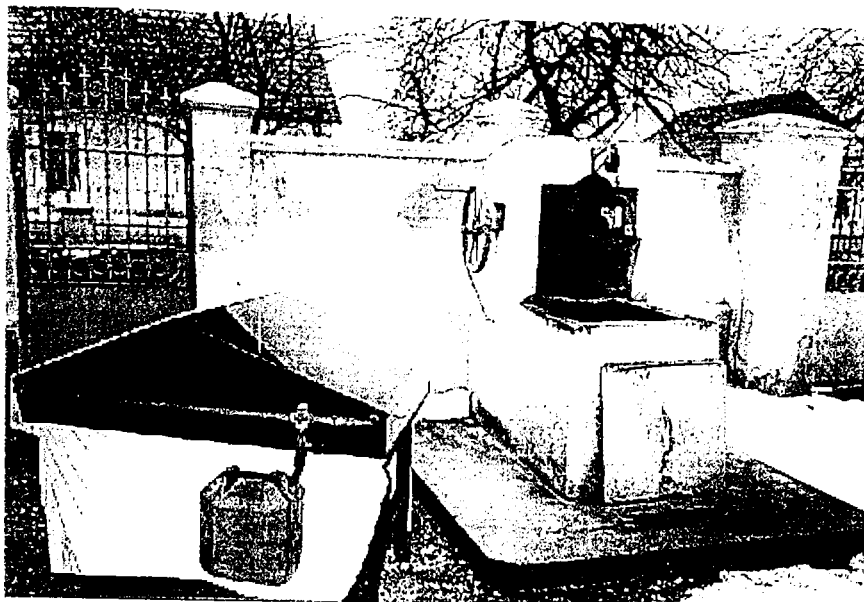


Fig. 6.17

6.2.3. Experimente pentru îmbunătățirea parametrilor funcționali ai blazei

Parametri funcționali:

Cu cele două de variante de blaze optimizate constructiv, am continuat cercetările legate de importanța și influența unor caracteristici funcționale.

◆ Influența grosimii stratului de apă în bazin și a orientării axei de simetrie a blazei a fost urmărită timp de un an, pentru grosimi ale stratului de apă de 2-3 cm și 3-4 cm, cu orientări E-S și N-S ale muchiei acoperișului.

S-a măsurat producția de apă a blazei, concomitent cu înregistrarea variației orare a intensității radiației solare și a temperaturii ambiante. Energia solară a avut valori cuprinse între aprox. 15 000 și 25 000 kJ m²/zi, iar blaza a produs între 2,5 și 4 l m²/zi.

Rezultatele sunt prezentate în fig. 6.18.

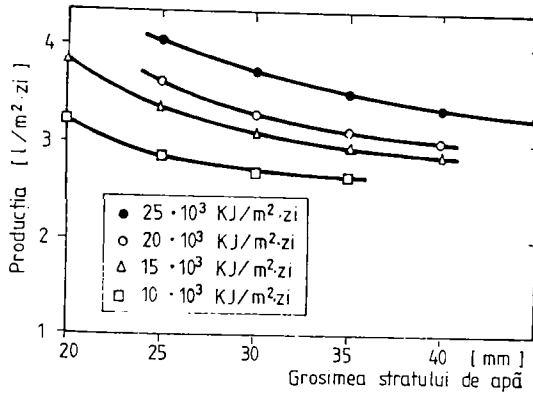


Fig. 6.18

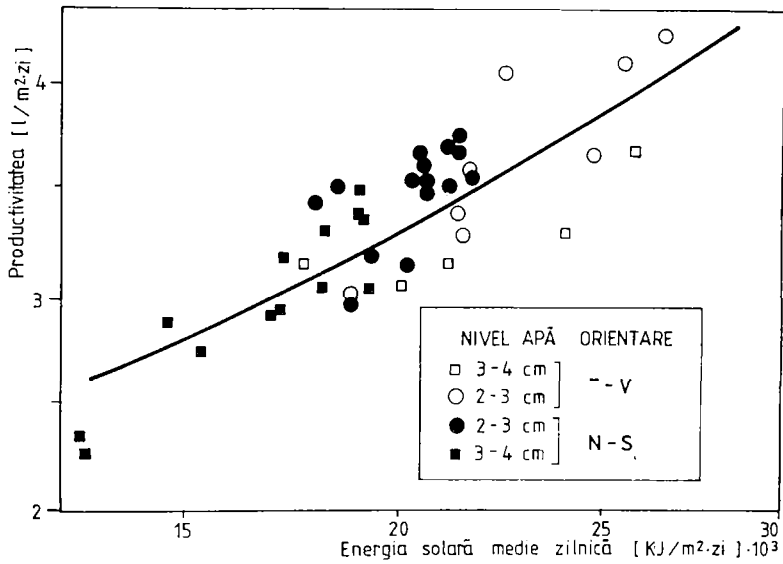


Fig. 6.19

De remarcat că oricare ar fi valorile intensității solare zilnice, producția zilnică de distilat

crește odată cu micșorarea grosimii stratului de apă. Aceasta se întâmplă deoarece are loc o micșorare a inerției termice a masei de apă din bazin.

◆ În ceea ce privește influența poziției muchiei acoperișului (fig.6.19), **amplasarea N-S s-a dovedit mai benefică.** Apreciem această influență la aprox. 10 % asupra productivității.

Nu am luat în considerare grosimi mai mici decât 2 cm ale stratului de apă, din cauza pericolului apariției de suprafețe uscate în urma evaporării, care pot deteriora grav blaza.

◆ Pentru a analiza influența tipului alimentării cu apă, am studiat pentru început alimentarea intermitentă. Aceasta deoarece, într-o primă etapă, avem în vedere dezvoltarea unităților mici de potabilizare a apei pentru uz familial sau pentru colectivități restrânse.

Considerând modulele optimizate constructiv, având dimensiunile date în tabelul 6.2, volumul de apă din bazin V_a este:

$$V_a = L \cdot l \cdot h \quad [m^3] \quad (6.1)$$

unde: L - lungimea bazinului [m]

l - lățimea bazinului [m]

h - grosimea stratului de apă [m].

◆ Pentru diferite grosimi ale stratului de apă din bazin și pentru productivități medii zilnice diferite, se poate stabili intervalul de timp la care trebuie completată apa din bazin, înainte ca grosimea stratului să atingă valoarea considerată critică de aprox. 1 cm. Valorile calculate sunt prezentate în tabelul 6.3.

Tabelul 6.3

h [cm]	V_a [l/modul]	P_z [l/modul.zi]	P_{cr} [l]	Realimentare la: [zile]
2	40	8	20	2
3	60	8	40	5
4	80	8	60	7
5	100	8	80	10

OBSERVAȚIE: P_{cr} - producția totală a blazei până la atingerea înălțimii critice $h_{cr} = 1$ cm.

-S-a luat în considerare o valoare P_z de cca 4 l/m².zi; pentru valori mai mici, intervalele de alimentare cresc proporțional cu descreșterea producției zilnice.

Realimentarea poate fi realizată fie manual, fie prin intermediul unei pompe acționate electric sau manual.

Varianta de alimentare continuă se justifică numai pentru blaze de dimensiuni mai mari, ($P_z > 30 \text{ l/zi}$), sau pentru condiții naturale specifice, care permit alimentarea fără aport energetic extern.

Parametrii externi

◆ Influența vitezei vântului asupra productivității blazei se manifestă prin scăderea productivității atunci când viteza vântului V_v [km/h] crește. Programul CON permite calculul conductanței funcție de viteza vântului, la o anumită temperatură a suprafeței absorbante.

Din datele experimentale înregistrate scăderea productivității este apreciabilă numai pentru $V_v > 50 \text{ km/h}$ și se manifestă și datorită dependenței aproape liniare pe care am constatat-o (fig.6.20), între coeficientul de transmitere prin convecție a căldurii de la acoperiș spre mediul înconjurător $h_{p,ac}$ și viteza vântului [km/h].

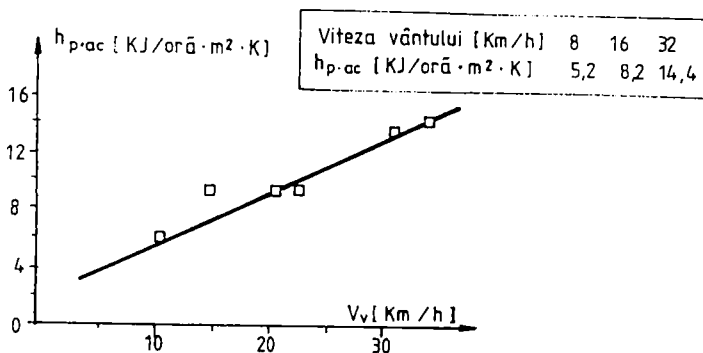


Fig. 6.20

Chiar în condițiile unei bune insolații, un vânt puternic duce la o scădere a productivității cu aprox. 5 %

◆ Factorii cei mai importanți cu influență asupra productivității unei blaze solare îi reprezintă radiația solară (medie) zilnică H_s și temperatura aerului T_{ae} .

Influența cumulată a acestor doi factori, pentru cele două blaze experimentale construite, este prezentată în fig.6.21.

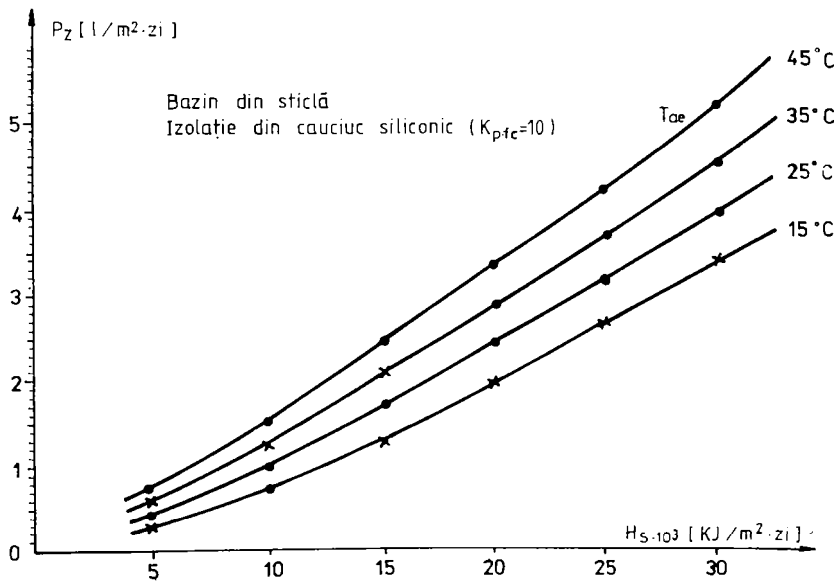
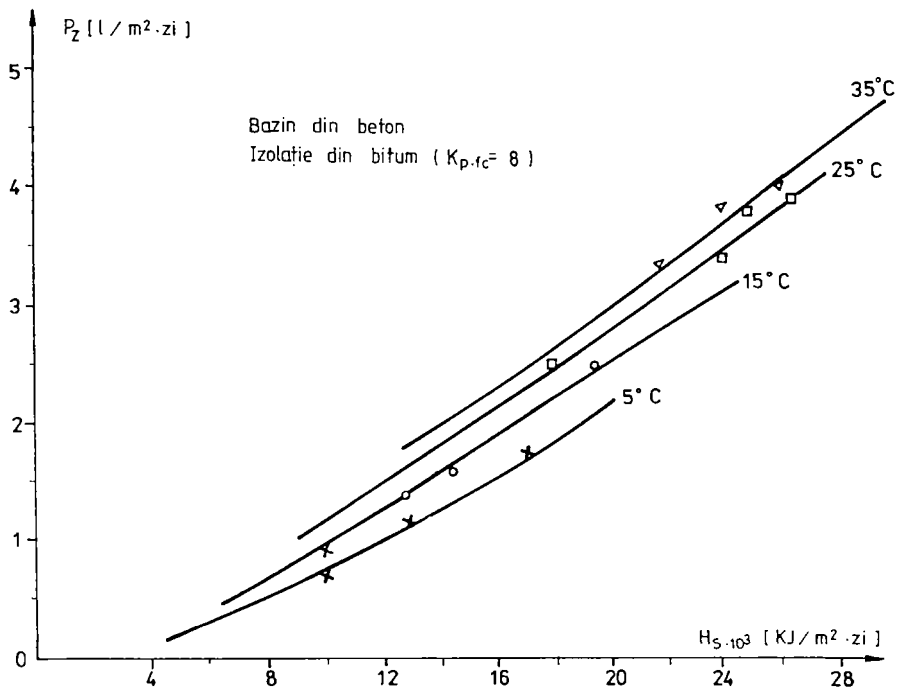


Fig. 6.21

Pentru a prezenta efectul temperaturii mediului T_{ae} și al izolației bazinului (K_b) asupra producției P_z a blazei, s-au trasat curbele din fig.6.22.

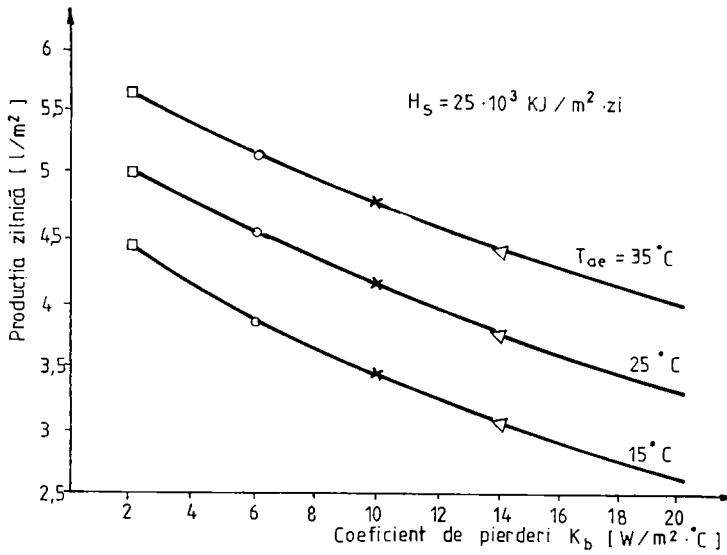


Fig. 6.22

Se observă că influența coeficientului de pierderi datorate izolației și etanșărilor bazinului $K_{p,fc}$ [W/m²·°C] este semnificativă, ceea ce înseamnă că trebuie asigurată o calitate bună izolației, în general, a fundului bazinului în special, a tuturor colțurilor și muchiilor.

Se pune și problema reducerii lungimii efective a blazei, deci proiectarea modulului cu suprafața bazinului apropiată de forma de pătrat. Acesta este motivul pentru care forma blazei - modul este apropiată de cea de pătrat (1,5 x 1,33 m).

Efectul pozitiv al radiației solare și al temperaturii aerului se manifestă numai legat de o foarte atentă izolare asigurată ansamblului bazinului.

◆ Ca urmare a acestor concluzii, am studiat experimental și posibilitatea izolației exterioare complete a peretelui posterior al blazei.

Rezultatele obținute cu o blază neizolată complet pe peretele exterior și cu cealaltă izolată funcționând la aceiași parametri externi, sunt prezentate în fig.6.23.

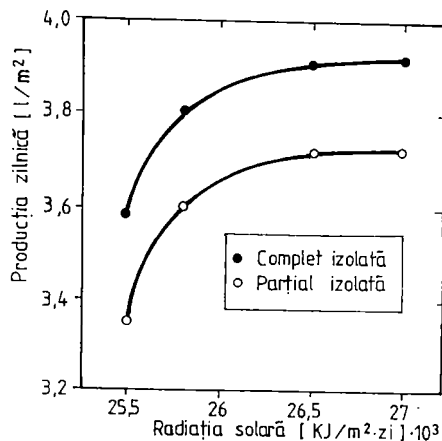


Fig. 6.23

Se remarcă faptul că neizolarea completă a peretelui posterior conduce la o diminuare a producției cu 4 până la 6 %.

Analizând rezultatele prezentate în figurile 6.20 ÷ 6.23 este evident că situația optimă în funcționarea blazei este aceea în care și radiația solară zilnică H_s și temperatura ambiantă medie, au valori ridicate, iar viteza vântului se menține la valori normale (< 50 km/h).

◆ Ținând seama de influența deosebită pe care o are radiația solară incidentă, am urmărit funcționarea blazei în condițiile utilizării unui concentrator simplu, cu oglinzi plane, înclinat la 30°, de 70 cm lungime.

Un calcul cu precizie rezonabilă ($\pm 10\%$) al productivității blazei, ținând seama de influența energiei solare incidente se poate face cu relația empirică [17];[147]:

$$P = K_T \cdot H_s^{1,64} \quad [\text{l}/\text{m}^2 \cdot \text{zi}] \quad (6.2)$$

unde: P - producția zilnică de apă [l]

K_T - coeficient ce depinde temperatura apei de alimentare (uzual $K_{20} = 1,18 \cdot 10^{-4}$).

Prin folosirea concentratorului cu oglinzi plane, productivitatea a crescut cu aprox. 25 %, relația de determinare în acest caz fiind:

$$P_c = 1,44 \cdot 10^{-4} \cdot H_s^{1,64} \quad (6.3)$$

Este de remarcat că, deși producția de apă potabilă a crescut, costul (actual) al concentratorului face să crească costul total al blazei, astfel încât în final, costul apei să fie mai mare decât în cazul utilizării blazei simple, fără concentrator. Observația anterioară este valabilă mai ales pentru blazele de dimensiuni mai mari, cu producție de peste 50 l/zi.

◆ Captarea apei din precipitații este analizată în detaliu în cap.7.3. Menționăm doar că ea poate fi utilizată direct, dacă la locul de instalare a blazei poluarea aerului este mică, sau printr-o filtrare prealabilă, dacă nivelul de poluare a aerului depășește valorile admisibile conform normelor.

6.2.4 Bilanțul energetic

6.2.4.1 Generalități

Distilatorul solar de tip bazin funcționează atunci când radiația solară trecând prin acoperișul său transparent încălzește apa salină din bazin până la o temperatură superioară celei a acoperișului. Gradientul de temperatură rezultat, împreună cu gradientul de presiune din interiorul bazinului, determină evaporarea apei, urmată de condensarea vaporilor pe suprafața interioară a acoperișului. Se formează un film subțire de condens, care este dirijat spre jgheburile colectoare, iar apoi spre rezervoarele de stocare a apei potabile.

Pierderile în timpul acestui proces sunt de diferite tipuri:

- prin convecție și radiație de la apa caldă spre acoperișul mai rece;
- prin reflexie de la acoperiș și de la suprafața apei potabile;
- datorate transferului de căldură prin fundul bazinului și de la colțuri spre mediul înconjurător;
- o parte din condens poate cădea înapoi în bazin înainte de a ajunge la jghebul colector.

Trebuie să menționăm că transferul de căldură de la acoperiș spre mediu nu este o pierdere, ci mai degrabă o componentă a ciclului termodinamic, esențial pentru continuarea desfășurării procesului de distilare.

Pentru cea mai mare parte a bazinelor montate direct pe sol, pierderile "prin colțuri" includ și transferul de căldură la îmbinările dintre acoperiș și părțile lui de sprijin. Aceste îmbinări acționează similar unor aripioare de răcire și cauzează pierderi destul de însemnate, dar inevitabile.

Datorită faptului că direcția și intensitatea radiațiilor solare, temperatura mediului ambiant și viteza vântului sunt variabile în timp, distilatorul solar în funcționare trebuie considerat ca un sistem dinamic. Condițiile staționare nu sunt întrunite pentru perioade de timp semnificative în

instalațiile practice. Ele rămân însă utile pentru calcule teoretice.

Analizele pe care le vom face în continuare se vor referi la distilatoare acoperite cu sticlă, deși expresiile matematice sunt generale și ar putea încorpora proprietățile oricăror tipuri de materiale.

Funcționarea distilatorului este caracterizată în orice moment de un set de șase ecuații care descriu sistemul, așa cum se va vedea în continuare. Principalele componente ale bilanțului energetic sunt prezentate în fig. 6.24.

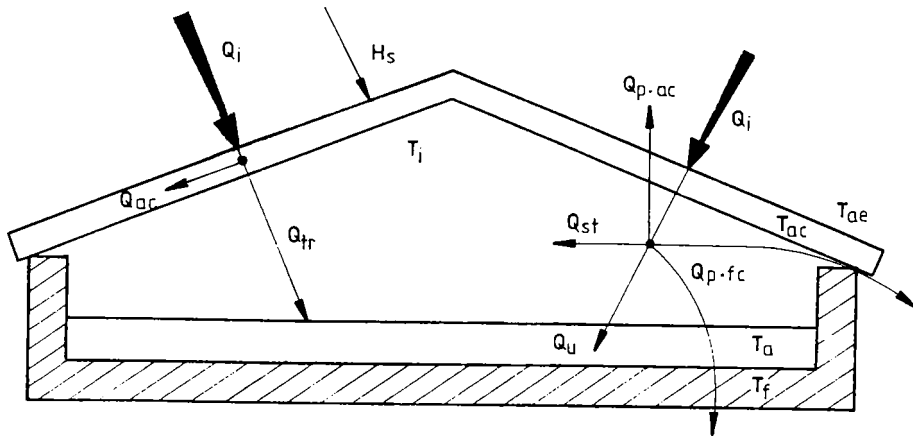


Fig. 6.24 Componentele bilanțului energetic

Principiile teoretice ale funcționării blazelor solare au fost studiate deocamdată doar până la a stabili influența diferiților parametri legată strict de performanțele blazei.

Relațiile caracterizând transferul de căldură care guvernează funcționarea instalației au fost stabilite pentru funcționarea în regim staționar. O corecție este necesară pentru funcționarea în regim dinamic.

Fluxul de căldură utilă Q_u [kJ/m²h] reprezintă caracteristica de bază a unei blaze solare. Pentru determinarea valorii lui se consideră o secțiune diagramatică prin distilatorul solar (vezi fig. 6.24) și se întocmește bilanțul termic general, precum și câteva bilanțuri termice parțiale.

6.2.4.2 Ecuțiile de bilanț

Conform legii conservării energiei, căldura totală intrată prin acoperiș (căldura incidentă) Q_i trebuie să fie egală cu căldura utilă folosită la evaporarea - condensarea apei Q_u , la care se adaugă căldura pierdută în mediul ambiant Q_p și căldura stocată în sistem (distilator), Q_{st} . Deci:

$$Q_i = Q_u + Q_p + Q_{st} \quad [kJ/m^2h] \quad (6.4)$$

Fluxul termic intrat prin acoperiș Q_i se compune, la rândul lui, din căldura rămasă (stocată) în acoperiș Q_{ac} și căldura transmisă mai departe, de la acoperiș la apă Q_{tr} .

$$Q_i = Q_{ac} + Q_{tr} \quad [kJ/m^2h] \quad (6.5)$$

Ecuția bilanțului termic general al blazei se poate scrie astfel:

$$Q_{ac} + Q_{tr} = Q_u + Q_p + Q_{st} \quad (6.6)$$

Ținând seama de faptul că:

$$Q_{ac} = \alpha_{ac} \cdot H_s \quad (6.7)$$

unde: α_{ac} = coeficientul de absorbție al materialului acoperișului;

H_s = intensitatea radiației solare incidente $[kJ/m^2h]$

și

$$Q_{tr} = \alpha_a \cdot H_s \cdot \tau \quad (6.8)$$

unde: α_a = coeficientul de absorbție al apei din bazin;

τ = transmitanța acoperișului,

ecuația (6.6) devine:

$$Q_{ac} + Q_{tr} = \alpha_{ac} \cdot H_s + \alpha_a \cdot H_s \cdot \tau \quad (6.9)$$

Pe de altă parte, pierderile de căldură către mediul înconjurător au loc prin acoperiș, Q_{pac} , precum și prin fundul bazinului și pe la colțuri, Q_{pic} . Deci:

$$Q_p = Q_{p.ac} + Q_{p.ic} \quad (6.10)$$

Pierderile de căldură prin acoperiș au loc în principal prin radiație Q_{pr} și prin convecție Q_{pcv} (așa cum am arătat în paragrafele 4.1 și 4.2), deci se poate scrie că:

$$Q_{p.ac} = Q_{p.r} + Q_{p.cv} = (\alpha_r + \alpha_{cv}) (T_i - T_{ac}) \quad (6.11)$$

În mod similar, pierderile prin fundul bazinului și pe la colțuri:

$$Q_{p.fc} = Q_{p.r} + Q_{p.cv} = (\alpha_r + \alpha_{cv}) (T_a - T_f) \quad (6.12)$$

unde: α_r = coeficient de schimb de căldură prin radiație, [kJ/m²hK];

α_{cv} = coeficient de schimb de căldură prin convecție, [kJ/m²hK];

T_i = temperatura din interiorul blazei, [K];

T_{ac} = temperatura acoperișului, [K];

T_a = temperatura apei din bazin, [K];

T_f = temperatura fundului bazinului, [K].

Coeficienții α_r și α_{cv} depind de materialul prin care are loc schimbul de căldură [132]; se poate nota: $K_{p.ac} = (\alpha_r + \alpha_{cv})$ pentru sticlă

$K_{p.fc} = (\alpha_r + \alpha_{cv})$ pentru beton sau sticlă cu izolație.

Înlocuind relațiile (6.11) și (6.12) în (6.10) se obține:

$$Q_p = (\alpha_r + \alpha_{cv}) [(T_i - T_{ac}) + (T_a - T_f)] \quad (6.13)$$

Stocarea căldurii în instalație include o componentă care se referă la efectul solului de sub bazin (sau al postamentului pe care este montată blaza), al apei din bazin și al celorlalte componente ale distilatorului și se poate calcula cu relația:

$$Q_{st} = C_s \cdot \frac{dT_a}{dt} \quad (6.14)$$

unde: C_s = capacitatea calorică a **unității de suprafață** a sistemului, [kJ/m²K];

dT_a/dt = variația temperaturii apei într-un interval de timp dt;

$C_s \cdot dT_a/dt$ = căldura acumulată în sistem prin variația temperaturii apei dT_a în intervalul de timp dt.

Înlocuind relațiile (6.9), (6.13) și (6.14) în (6.6) se obține pentru ecuația bilanțului termic general a distilatorului solar relația:

$$\alpha_{ac} \cdot H_s \cdot \alpha_a \cdot H_s \cdot \tau = Q_u + (\alpha_r + \alpha_{cv}) [(T_i - T_{ac}) + (T_a - T_f)] + C_s \cdot \frac{dT_a}{dt} \quad (6.15)$$

Din relația (6.15) se poate determina căldura utilă Q_u , care reprezintă căldura necesară evaporării - condensării (distilării) apei din blază:

$$Q_u = Q_{ev-c} = \alpha_{ac} \cdot H_s + \alpha_a \cdot H_s \cdot \tau - (\alpha_r + \alpha_{cv}) [(T_i - T_{ac}) + (T_a - T_f)] - C_s \cdot \frac{dT_a}{dt} \quad (6.16)$$

Cantitatea de apă produsă de blază este proporțională cu căldura utilă, astfel încât producția de apă a unității de blază este dată de relația:

$$P = \frac{Q_{ev-c}}{\lambda_{va}} \quad [m^3/m^2h] \quad (6.17)$$

sau

$$P = \frac{24 \cdot 10^3}{\lambda_{va}} \cdot Q_{ev-c} \quad [l/m^2zi] \quad (6.18)$$

unde: λ_{va} = căldura latentă de vaporizare a apei la temperatura apei din bazin, [kJ/kg].

În tabelul 6.4 dăm câteva valori ale căldurii de vaporizare λ_{va} , la diferite temperaturi ale apei de prelucrat T_a precum și valorile $1/\lambda_{va}$ și $24 \cdot 10^3/\lambda_{va}$, necesare în relațiile (6.17) și (6.18).

Obiectivul urmărit la proiectarea instalației este de a maximiza productivitatea, menținând costurile constante. Câțiva dintre factorii care conduc la o creștere a productivității P_z sunt:

-minimizarea umbririi bazinului printr-o proiectare adecvată a acoperișului și a pereților laterali;

-înnegrirea bazinului;

-minimizarea formării cristalelor pentru a menține ridicată valoarea coeficientului de absorbție a apei α_a ;

-folosirea unui acoperiș cu o bună umectare prin condensare și având o transmittanță ridicată;

-o bună izolație a bazinului pentru a reduce valoarea pierderilor Q_{pfc} .

În mod uzual, se fac referiri la randamentul distilatorului care reprezintă raportul dintre căldura utilă Q_u și căldura incidentă Q_i , egală cu produsul dintre intensitatea radiației solare incidente H_s și suprafața S a acoperișului:

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_i} \cdot 100 = \frac{Q_{ev-c}}{S \cdot H_s} \cdot 100 = \frac{P \cdot \lambda_{va}}{S \cdot H_s} \cdot 100 \quad [\%] \quad (6.19)$$

Calculul randamentului poate fi făcut pentru orice perioadă de timp, dar considerăm că valorile semnificative se obțin pentru perioade mai lungi (cel puțin 24 de ore) pentru a avea temperaturi ale apei din bazin egale ca valoare la începutul și sfârșitul intervalului considerat. ceea ce ne dă o imagine mai corectă asupra valorii Q_u [142]. Cu ajutorul programului RAND se poate urmări variația acestuia, atât orară cât și zilnică.

Tabelul 6.4

T_a	λ_{a_3}	$1/\lambda_{a_3}$	$24 \cdot 10^3 / \lambda_{a_3}$
°C	kJ/kg	$\frac{1}{\text{g} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{K}}$	kg/kJ
0	2493	$40,11 \cdot 10^{-5}$	9,6264
7	2478	$40,35 \cdot 10^{-5}$	9,6840
13	2465	$40,56 \cdot 10^{-5}$	9,7344
17	2455	$40,73 \cdot 10^{-5}$	9,7752
20	2447	$40,86 \cdot 10^{-5}$	9,8064
24	2440	$40,98 \cdot 10^{-5}$	9,8352
29	2430	$41,15 \cdot 10^{-5}$	9,8760
32,5	2420	$41,32 \cdot 10^{-5}$	9,9168
36	2413	$41,44 \cdot 10^{-5}$	9,9456
41	2400	$41,66 \cdot 10^{-5}$	9,9984
45	2390	$41,84 \cdot 10^{-5}$	10,0416
49	2382	$41,98 \cdot 10^{-5}$	10,0752
54	2372	$42,15 \cdot 10^{-5}$	10,1160
60	2359	$42,39 \cdot 10^{-5}$	10,1736
68	2339	$42,75 \cdot 10^{-5}$	10,2600
75	2320	$42,91 \cdot 10^{-5}$	10,2984
80	2307	$43,34 \cdot 10^{-5}$	10,4016

Pentru calculul bilanțului termic al acoperișului se poate scrie:

$$Q_{i.ac} = Q_{e.ac} \quad (6.20)$$

Căldura intrată prin acoperiș ($Q_{i.ac}$) se compune, la rândul ei, din căldura stocată în acoperiș (Q_{ac}) și căldura transferată de la acoperiș la apa din bazin (Q_{tr}):

$$Q_{i.ac} = Q_{ac} + Q_{tr} \quad (6.21)$$

Căldura ieșită prin acoperiș se constituie din pierderile de căldură prin acoperiș ($Q_{p.ac}$). deci:

$$Q_{e.ac} = Q_{p.ac} \quad (6.22)$$

Pentru a calcula $Q_{p.ac}$ este necesară și cunoașterea factorului energetic de reflexie a radiației pe suprafața sticlei acoperișului. Acesta poate fi obținut fie analitic, fie cu ajutorul programului REF (parametru fiind unghiul de incidență).

Înlocuind (6.21) în (6.22) se obține:

$$Q_{ac} + Q_{tr} = Q_{p.ac} \quad (6.23)$$

Se știe că $Q_{ac} = \lambda_{ac} \cdot H_s$ (6.7); pe de altă parte, căldura transferată între acoperiș și apa de prelucrat Q_{tr} se compune din căldura transmisă prin radiație Q_r , căldura transmisă prin convecție și căldura utilă, adică cea folosită pentru evaporare - condensare ($Q_{ev-c} = Q_u$):

$$Q_{tr} = Q_r + Q_{cv} + Q_{ev-c} \quad (6.24)$$

Înlocuind Q_{ac} și Q_{tr} în (6.23) se obține:

$$\alpha_{ac} \cdot H_s + Q_r + Q_{cv} + Q_{ev-c} = Q_{p.ac} \quad (6.25)$$

sau

$$Q_{ev-c} = Q_u = Q_{p.ac} - \alpha_{ac} \cdot H_s - Q_r - Q_{cv} \quad (6.26)$$

Pentru calcularea diferiților termeni care apar în ecuația de bilanț (6.26) se pot utiliza următoarele relații empirice [15, 131]:

$$Q_{ev-c} = 0,288 [T_a - T_{ac} + \frac{p_a - p_{ac}}{39 - p_{ac}} \cdot (T_a + 460)]^{1/3} \cdot (p_a - p_{ac}) \cdot \lambda_{va} \quad [kJ/m^2 h] \quad (6.27)$$

$$Q_{cv} = 1,45 [T_a - T_{ac} + \frac{p_a - p_{ac}}{39 - p_{ac}} \cdot (T_a + 460)]^{1/3} \cdot (T_a - T_{ac}) \quad [kJ/m^2 h] \quad (6.28)$$

$$Q_r = 10,22 \cdot \sigma [(T_a + 460)^4 - (T_{ac} + 460)^4] \quad [kJ/m^2 h] \quad (6.29)$$

unde: T_a - temperatura apei din bazin, [K];

T_{ac} - temperatura sticlei acoperișului, [K];

p_a, p_{ac} - presiunile parțiale ale vaporilor de apă la temperaturile T_a și T_{ac} , [N/m²];

σ - constanta Stefan - Boltzmann, [W/m²K⁴].

Pentru a determina pierderile prin acoperiș, $Q_{p.ac}$, este necesar să punem în evidență disiparea de căldură de la acoperiș spre mediul ambiant aflat la temperatura T_{ac} . Schimbul de radiație de undă lungă poate fi considerat ca având loc între sticla aflată la temperatura T_{ac} (având o emitanță de 0,9) și un corp negru la temperatura $T_{ac} = 20^\circ\text{C}$ (293 K).

Coefficientul de transmitere prin convecție a căldurii de la acoperiș spre mediu, $h_{p.ac}$, depinde aproape liniar de viteza vântului, după cum se vede din fig. 6.20.

Pentru calculul căldurii pierdute prin acoperiș se poate folosi, [131, 148, 162], ecuația

empirică:

$$Q_{p.ac} = 10,22 \cdot \sigma [(T_{ac} + 460)^4 - (T_{ae} + 440)^4] + 20,65 \cdot h_{p.ac} \cdot (T_{ac} - T_{ae}) \quad [kJ/m^2h] \quad (6.30)$$

unde: $h_{p.ac}$ - coeficient de transmitere a căldurii prin convecție de la acoperiș spre aer, $[kJ/hm^2K]$

Ecuatiile (6.16), (6.26), (6.27), (6.28), (6.29) și (6.30) nu pot fi rezolvate explicit, dar se poate construi o nomogramă [34] pentru a obține soluții grafice.

6.2.4.3 Determinarea teoretică a productivității blazei

Pentru rezolvarea ecuațiilor de bilanț, propunem construirea unei nomograme pentru obținerea soluțiilor grafice. Etapele de realizare a nomogramei sunt:

1. Din ecuația (6.29) trasăm dependența dintre Q_{ev-c} și T_{ac} pentru câteva valori ale temperaturii apei T_a . Se obține graficul din fig. 6.25. Pentru orice punct al unei curbe Q_{ev-c} , valoarea sumei $Q_r + Q_{cv}$ poate fi calculată, așa încât se poate trasa un al doilea set de curbe pentru toate valorile lui Q_{ev-c} pentru care $Q_r + Q_{cv}$ are valorile 55, 110, 225 etc.

2. Fig. 6.26, obținută pentru ecuația (6.30) reprezintă dependența $Q_{p.ac} = f(T_{ac})$ pentru diferite valori ale temperaturii mediului T_{ac} și câteva viteze ale vântului

3. Prin suprapunerea fig. 6.25 și 6.26 se obține fig. 6.27, prin intermediul căreia ecuația (6.26) este rezolvată, cu condiția cunoașterii valorilor temperaturii apei T_a , a intensității radiației solare H_s , a condițiilor de mediu și a caracteristicilor blazei. Se obține astfel nomograma caracteristicilor termice ale balzei.

Metoda de calcul propusă este exemplificată în continuare considerând:

$$C_s = 330 \text{ kJ/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$h_{p.ac} = 3,65 \text{ kJ/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{oră} \quad (\text{vânt } 15 \text{ km/h})$$

$$\lambda_{v,a} = 2375 \text{ J/kg}$$

$$T_{ac} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$K_{p,fc} = 6 \text{ kJ/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{oră}$$

$$\alpha_{ac} = 0,1$$

$$\tau = 0,8$$

$$\alpha_a = 0,9$$

$$\eta_b = 0,98$$

$$H_s = 3533 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{oră}$$

$$T_a = 45 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{temperatura inițială a apei})$$

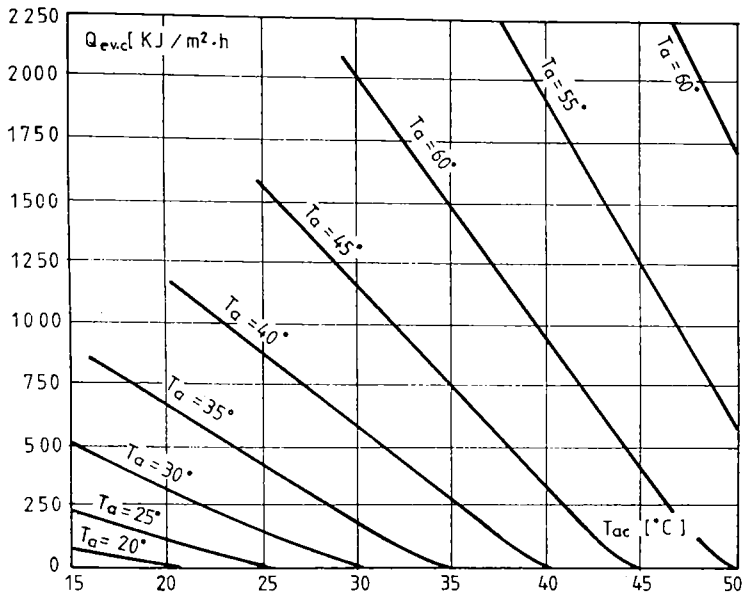


Fig. 6.25 Căldura de evaporare - condensare Q_{ev-c} funcție de temperatura acoperișului T_{ac} , pentru diferite temperaturi ale apei de alimentare T_a

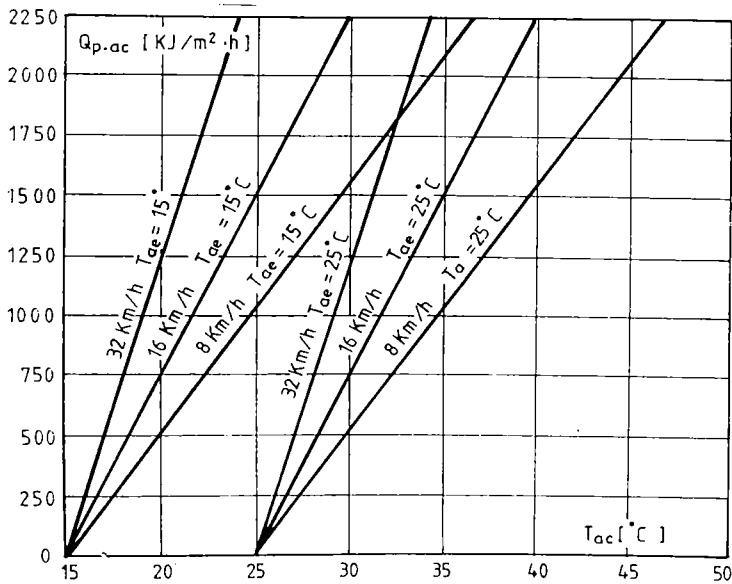


Fig 6.26 Căldura transferată prin acoperiș spre mediu Q_{p-ac} funcție de temperatura acoperișului, pentru diferite valori ale temperaturii T_{ac} și ale vitezei vântului

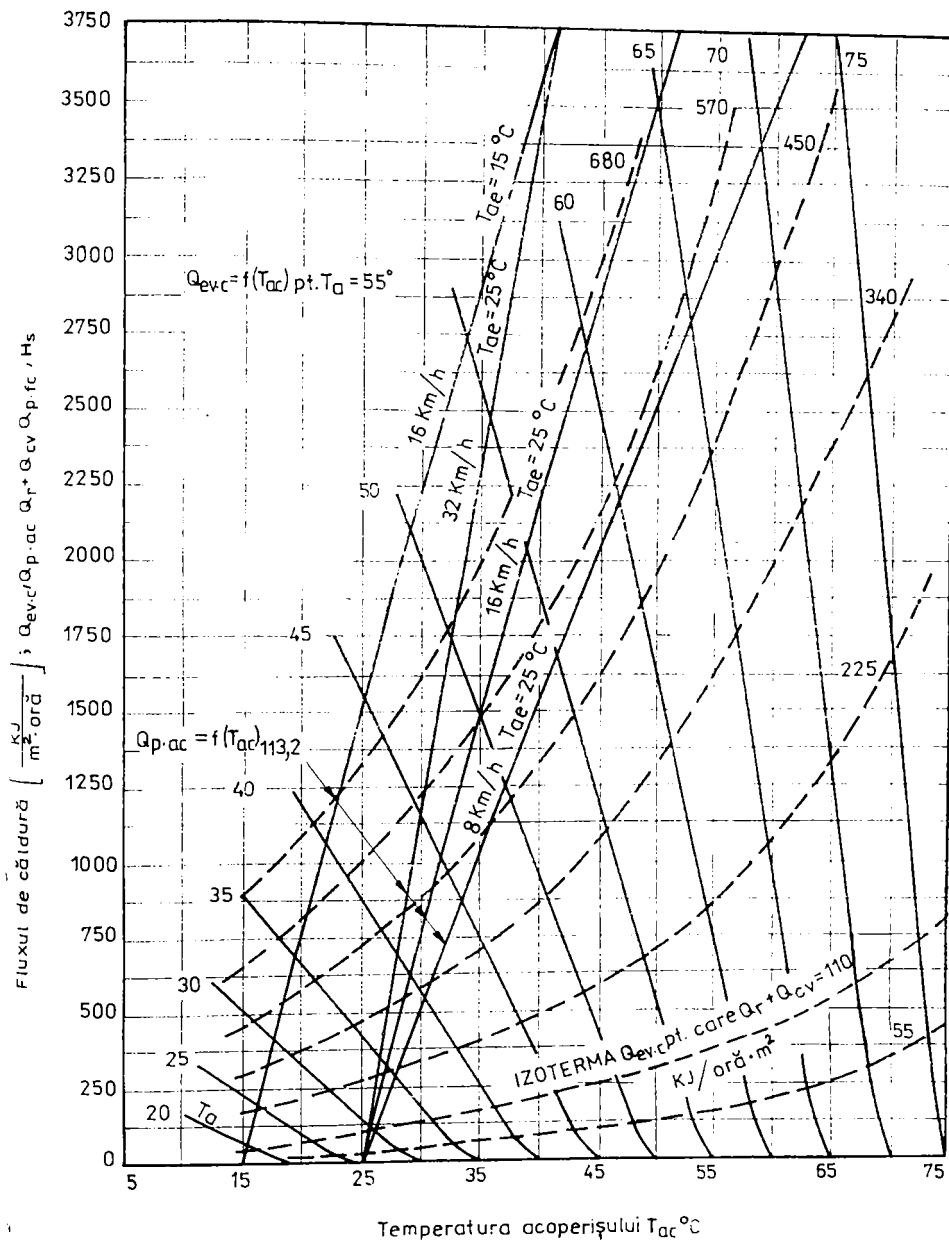


Fig. 6.27 Nomograma caracteristicilor termice ale blazii

Producția blazei se obține determinând din nomogramă punctul P_o astfel încât lungimea segmentului vertical P_oQ_o ($\text{kJ/m}^2 \cdot \text{oră}$) să fie egală cu:

$$\overline{P_oQ_o} = \alpha_{ac} \cdot H_s + Q_r + Q_{cv} \quad \text{adică} \quad \overline{P_oQ_o} = 0,1 \cdot 3533 + (Q_r + Q_{cv})$$

Valoarea sumei $Q_r + Q_{cv}$ se citește de pe curbele trasate cu linie întreruptă (prin interpolare dacă este cazul), prin deplasarea segmentului P_oQ_o până când relația de mai sus este satisfăcută. Aceasta este de fapt soluția grafică a ecuației (6.26) și permite determinarea valorii lui T_{ac} .

Obținem astfel:

$$Q_{cv-c} = 670 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{oră}$$

$$(Q_r + Q_{cv}) = 341 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{oră}$$

$$Q_{p,ac} = 1643 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{oră};$$

din ecuația (6.15), obținem:

$$C_s \cdot \frac{dT_a}{dt} = (\alpha_{ac} + \alpha_a \cdot \tau) \cdot H_s - Q_{p,ac} - Q_{p,fc}$$

Știind că $Q_{p,fc} = (\alpha_a + \alpha_{cv})(T_a - T_{ac}) = 6(45 - 25) = 120$, se obține, prin înlocuire:

$$330 \cdot \frac{dT_a}{dt} = (0,1 + 0,9 \cdot 0,8) \cdot 3533 - 1643 - 120$$

$$330 \cdot \frac{dT_a}{dt} = 1134$$

$$\frac{dT_a}{dt} = 3,4^\circ\text{C/oră}$$

Deci, după un interval de o oră, noua temperatură a apei din bazin va fi $T_a = 45 + 3,4 = 48,4$ °C. Procedeeul de calcul se repetă pentru o nouă valoare cunoscută pentru H_s , folosind în nomogramă o curbă trasată prin interpolare între cea cu $T_a = 45$ °C și $T_a = 50$ °C.

În acest fel am putut determina prin calcul producția zilnică a blazei, pentru valorile măsurate ale lui H_s . Rezultatele calculelor sunt prezentate în tabelul 6.5. Se observă că temperatura inițială a apei este aproximativ aceeași cu cea de la sfârșitul celor 24 de ore ale determinărilor.

Pentru a exprima Q_{cv-c} (Q_u) din $[\text{kJ/oră} \cdot \text{m}^2]$ în unități de producție $[\text{kg/m}^2]$ este necesar să facem o corecție a suprafeței nominale a blazei S_b , care este în mod uzual diferită de suprafața apei S_a .

Pentru blaza - modul experimentală, coeficientul de corecție este $K_s = 0,89$. Ca urmare, producția zilnică a blazei P_b devine:

Tabelul 6.5. Productia zilnică a blazei pentru valorile măsurate ale lui H

Orn	H, kJ/m ² h	T _a , °C	α _w H, kJ/m ² h	Q _p +Q _c , kJ/m ² h	Q _u , kJ/m ² h	Q _{par} , kJ/m ² h	Q _{rec} , kJ/m ² h	α _w τ H, kJ/m ² h	Subtotal ST, kJ/m ² h	α _w H, kJ/m ² h	ΔE, kJ/m ² h	ΔT, °C	FISA Nr.137
	1	2	3	4	5	6 3+4+5	7 K _s (T _a -T _u)	8	9 6+7+8	10	11 10-9	12 T _a -T _u	ΣH = 25 kJ m ² /zi 10 ³
6	318	28	32	31	14,5	77,5	18	25,5	121	286	165	0,5	T _u = 25 °C
7	861	28,5	86	33	23	142	21	85	130	770	640	2,5	α _w = 0,1
8	1490	31	149	46	56	251	36	143	291	1211	920	4	τ = 0,8
9	2180	35	218	89	203	510	60	174	312	1962	1650	5	K _p = 6
10	2380	40	238	144	242	624	90	190	492	2142	1650	5	α = 0,9
11	2612	45	261	180	425	866	120	209	1195	2350	1155	3,5	K _v = 0,89
12	3180	48,5	318	240	937	1495	123	254	1872	2862	990	3	η = 0,98
13	3033	51,5	303	250	950	1503	159	243	1905	2228	825	2,5	λ _v = 2373
14	2476	53	247	400	1050	1697	168	198	2063	2111	165	0,5	
15	2346	53,5	234	599	1415	2248	171	187	2606	1179	-495	-1,5	OBS neros, vânt. orele 15-16. 17-18
16	1310	52	131	605	1166	1902	162	105	2169	8800	-990	-3	P _{max} = 3,5
17	977	49	98	878	1002	1978	144	78	2200	640	-1320	-4	
18	710	45	71	490	752	1313	120	57	1690	306	-1250	-5	
19	340	40	34	329	486	847	90	27	964	257	-658	-2	
20	286	38	29	196	261	531	78	23	632	46	-375	-1	
21	51	37	5	147	147	330	72	4	406	0	-360	-1	
22	0	36	0	130	132	264	66	0	330	0	-330	-1	
23	0	35	0	100	90	190	60	0	250	0	-250	-1	
24	0	34	0	85	71	156	54	0	210	0	-210	-0,5	
1	0	33	0	77	40	117	48	0	165	0	-165	-0,5	
2	0	31,5	0	64	32	96	39	0	135	0	-135	-0,5	
3	0	29,5	0	31	7	38	27	0	65	0	-65	-0,5	
4	0	28	0	25	7	32	18	0	50	0	-50	0	
5	0	28	0	24	6	30	18	0	48	0	-48	0	

ΣH₁ = 25.050

$$TOTAL: \int_0^{24} Q_{ev-c} dt = \underline{9414,5} \text{ kJ/m}^2 \text{ zi}$$

DATA 16.05.93

$$PRODUCTIA ZILNICĂ P_b = \frac{k_s \eta_o}{\lambda_{va}} \int_0^{24} Q_{ev-c} dt = \frac{0,89 \cdot 0,98}{2373} 9414,5 \text{ l/m}^2 \text{ zi} = \underline{3,4}$$

$$P_b = 0,89 \cdot \frac{\eta_o}{\lambda_{va}} \cdot \int_0^{24} Q_u \cdot dt \quad [kg/m^2] \quad (6.31)$$

unde: η_o = coeficient de colectare a vaporilor condensați (o parte cad înapoi în bazin înainte de a fi colectați; uzual $\eta_o = 0,89$)

Deci, am reușit rezolvarea grafică a setului de ecuații, utilizând nomogramele în care $Q_{u,c}$ este reprezentată în funcție de temperatura acoperișului T_{ac} , pentru valori fixate ale temperaturii apei. Metoda propusă poate fi utilizată pentru a prevedea performanțele blazei în același fel în care nomogramele unui psihrometru sunt utilizate pentru calcule legate de aerul condiționat.

Previzunile teoretice vor fi comparate în continuare cu performanțele practice, pentru a putea aprecia acuratețea metodei de calcul propuse.

6.2.5 Comparație între previziunile teoretice și rezultatele experimentale

Previzunile teoretice ale performanțelor sunt bazate pe o configurație constructivă asemănătoare cu cea din fig. 6.11, la care raportul dintre suprafața apei și suprafața acoperișului din sticlă este de 0,89. Dacă exprimăm producția raportată la unitatea de suprafață este absolut necesar să decidem ce suprafață o luăm ca bază (cea a acoperișului, a apei sau oricare alta). În exemplele considerate a fost luată ca bază suprafața acoperișului (care este foarte apropiată de proiecția ei pe orizontală, deci suprafața apei).

Observație. Pentru o instalație practică, formată din mai multe module, la suprafața de raportare a producției se adaugă și cea a căilor de acces dintre componente. Aceasta duce la o suprafață totală a blazei cam de 1,3 ori mai mare decât cea a acoperișului. Dacă apa de ploaie este și ea colectată, aceasta duce la o creștere semnificativă a producției pe unitatea de suprafață.

Dacă blaza solară nu este etanșă pentru apă sau (și) vaporii și apar pierderi din aceste motive, previziunile teoretice nu pot fi nici pe departe îndeplinite. Este dificil să ținem seama în calcule de pierderile (scurgerile) de vaporii. Deoarece acestea au un efect serios asupra producției, este axiomatică necesitatea unei construcții etanșe la vaporii atât cât este practic (economic) posibil.

O oarecare permisivitate pentru pierderi de vaporii este înglobată în coeficientul $K_{p,ac}$, în care ele sunt proporționale cu diferența de temperatură ΔT , dar numai între limite mici de variație ale temperaturii. Este greu de apreciat matematic efectul vântului.

După cum s-a arătat, unele blaze solare lucrează în ansambluri construite în serie care sunt umplute cu apă la intervale regulate iar apoi apa rămasă (concentratul) este evacuat prin spălare pentru a se preveni cristalizarea sării. Alte blaze funcționează cu alimentare și evacuare în flux

continuu. În ambele cazuri previziunile teoretice trebuie să țină seama de pierderile de vapori. Cu condiția ca fluxul de alimentare la al doilea tip de instalație să fie mic, corecția care trebuie făcută datorită acestor pierderi este nesemnificativă.

În paragraful anterior am prezentat o metodă de calcul al performanțelor blazei, a cărei precizie am verificat-o prin cercetări experimentale. Influența parametrilor interdependenți și interconționați este posibil de apreciat cantitativ, așa încât proiectarea instalației are o bază solidă. Cunoștințele din domeniu nu au o largă răspândire, dar este de așteptat ca dezvoltarea tehnologiilor aferente să ducă la un sistem mai cuprinzător de informații, la care să aibă acces cât mai mulți cercetători pentru a evita eforturile inutile.

În acest sens, programele pe calculator necesare pentru urmărirea și dirijarea instalațiilor pot fi elaborate astfel încât să fie accesibile utilizatorului interesat, indiferent de pregătirea sa [111]. Ca urmare pot fi asigurate performanțe optime în condiții foarte diverse.

Pentru a verifica în ce măsură sunt corecte calculele propuse în 6.2.4.3, am considerat necesar să le comparăm cu unele performanțe măsurate de-a lungul câtorva luni de experimente, între lunile aprilie - iunie 1993. De asemenea, centralizând producțiile zilnice măsurate pe perioada unui an calendaristic am obținut producțiile lunare de apă potabilă.

În vederea determinării experimentale a producției (orare, zilnice, lunare) precum și pentru evaluarea inerției termice a blazei, am conceput dispozitivul din fig. 6.28.

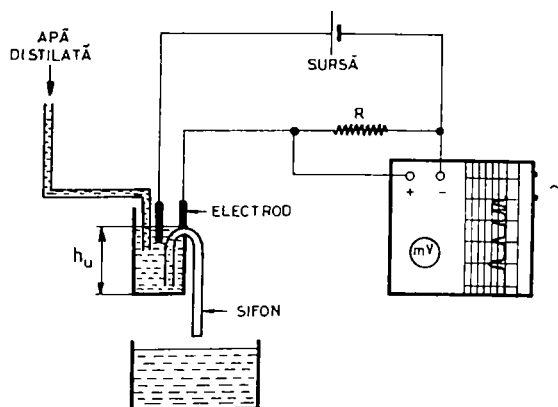


Fig. 6.28

Apa distilată produsă este dirijată spre un cilindru gradat prevăzut cu un sistem de golire prin sifon. Înălțimea utilă h_u este astfel stabilită încât să asigure declanșarea sifonului de golire pentru un volum util de 7 cm^3 .

În interiorul cilindrului și la înălțimea h_u sunt plasați doi electrozi care îndeplinesc rolul de întrerupător pentru dispozitivul de înregistrare. Atunci când apa produsă atinge în cilindru înălțimea h_u , cei doi electrozi închid circuitul și curba înregistrată prezintă un salt, aproape concomitent cu golirea cilindrului prin sifon.

Curbele înregistrate atât pentru varianta de blază fără ștergător, cât și pentru cea cu ștergător de geam, având alura din fig. 6.29, permit obținerea producției distilatorului în funcție de timp. Numărul de salturi n corespunde unei producții egale cu de n ori volumul util al cilindrului. Originea curbei corespunde cu momentul punerii în funcțiune a blazei.

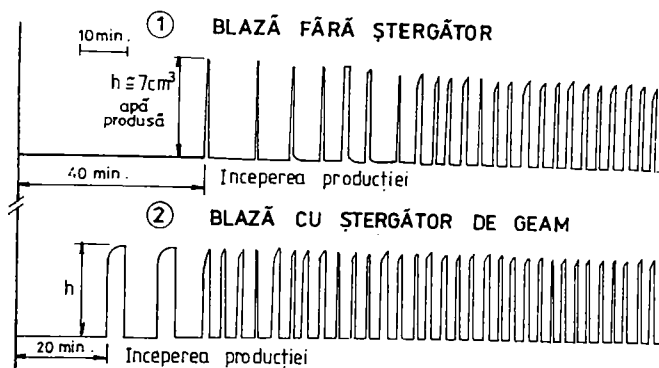


Fig. 6.29

Distanțele de la origine până la primul salt (prima golire) reprezintă - la scara dispozitivului de înregistrare - durata de timp dintre punerea în funcțiune a distilatorului și începerea producției de apă. Această durată ne permite să evaluăm inerția termică a blazei.

Spațiul dintre salturi (dintre maximele consecutive înregistrate) caracterizează regularitatea sau ritmul producției. Am putut calcula astfel producția medie pentru anumite intervale de timp.

Se observă că inerția termică este de două ori mai mare la blaza fără ștergător, timpul până la producerea primei "șarje" fiind de 40 minute, față de 20 minute pentru blaza cu ștergător.

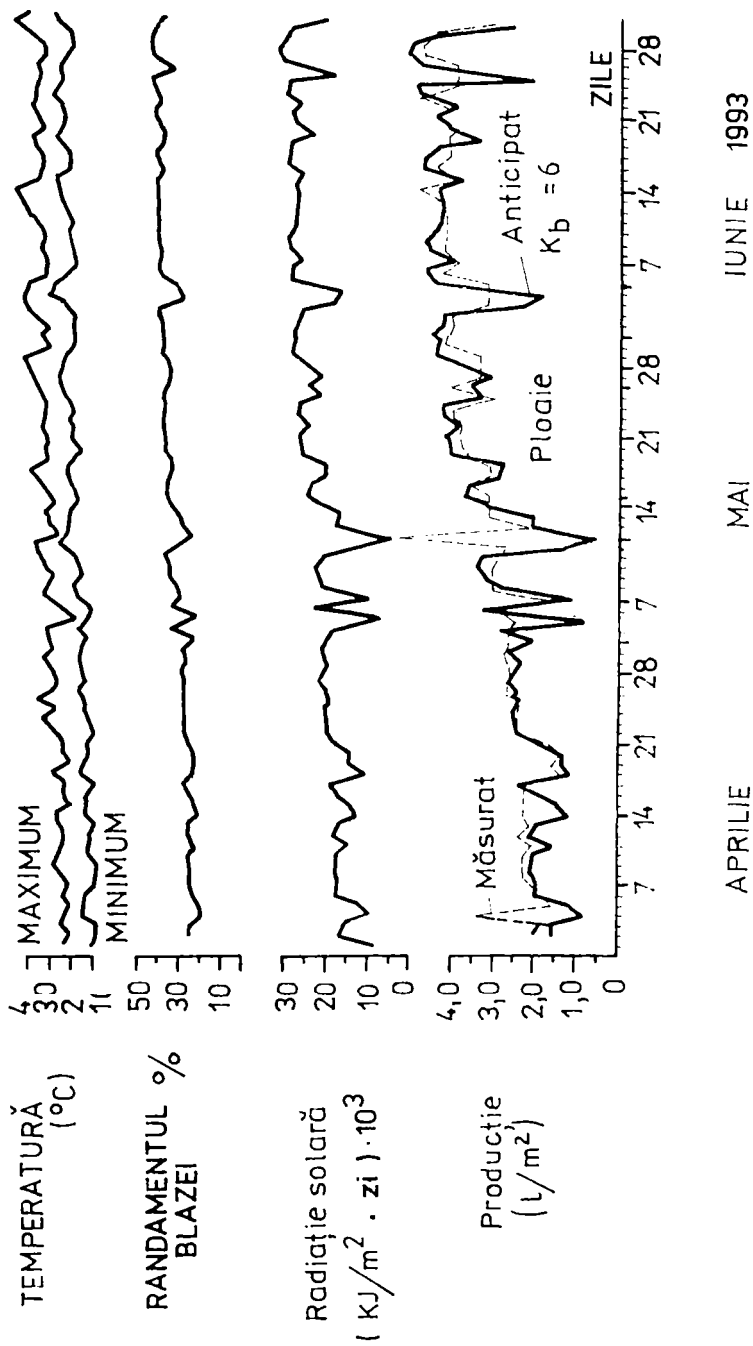


Fig. 6.30

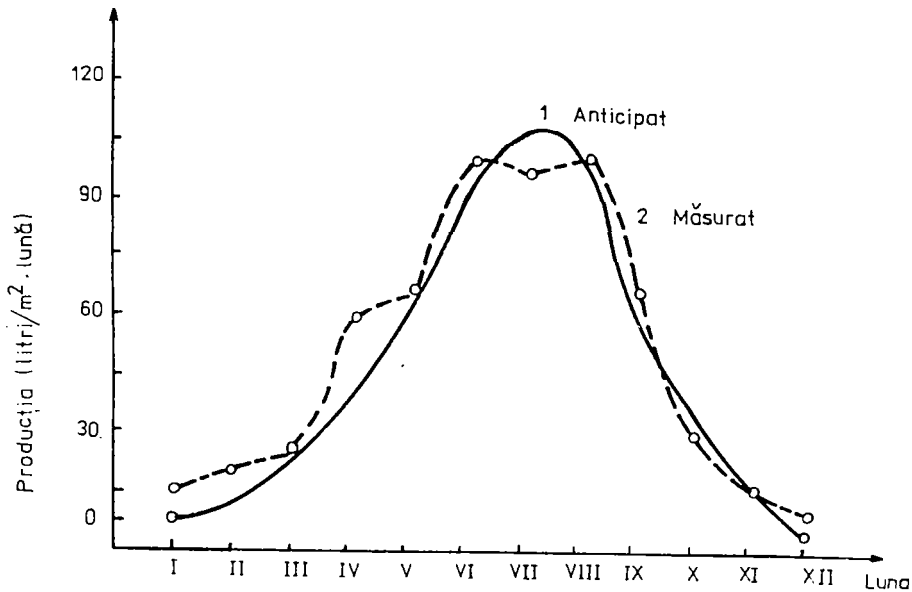


Fig. 6.31

În fig. 6.30 este prezentată variația producției zilnice pentru lunile menționate, atât teoretică (anticipată), cât și practică (măsurată). În afara zilelor cu ploaie, când apa colectată a mărit sensibil producția blazei, se remarcă o bună concordanță între previziunile teoretice și măsurătorile practice. S-au luat în calcul valorile capacității calorice a unității de suprafață a sistemului $C_s \approx 330 \text{ kJ/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ și un coeficient de pierderi termice al bazinului $K_{p,fc} = 6 \text{ kJ/oră} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Pe același grafic am reprezentat și variația energiei radiațiilor solare zilnice, a temperaturii minime și maxime zilnice precum și a randamentului blazei.

Considerăm ca reprezentative din punct de vedere termic și al precipitațiilor cele trei luni luate în calcul. Afirmarea anterioară este confirmată clar de măsurătorile și calculele efectuate de-a lungul celor trei ani de experimente.

Prin graficul din fig. 6.31 este prezentată comparativ, producția lunară obținută în blaza experimentală și producția anticipată (calculată analitic). Se remarcă și în acest caz concordanța bună teoretic - experimental.

Așadar, analizele comparative efectuate argumentează posibilitatea previziunii corecte a producției (zilnice, lunare) a blazei, pentru orice variantă constructivă și ele pot constitui o bază pentru înțelegerea proceselor fizice care au loc în blazele solare.

CAPITOLUL 7

PROIECTAREA BLAZELOR DESTINATE COMUNITĂȚILOR MICI

7.1. Gabaritul blazelor; productivitatea

Pentru proiectarea corectă a gabaritului distilatorului destinat amplasării într-o zonă dată, trebuie luați în considerare câțiva factori importanți: cantitățile lunare ale necesarului de apă, ale radiației solare, ale apei din precipitații, precum și caracteristicile blazei. Acești factori vor determina gabaritul instalației, producția lunară de apă, capacitatea de stocare necesară și implicit costurile.[70]

7.1.1 Productivitatea distilatorului

Majoritatea tipurilor de distilatoare construite și testate până în prezent au randamente destul de apropiate ca valoare (aprox. 25-40 % -vezi și fig.6.27). De cea mai mare importanță în proiectarea și întreținerea instalației sunt măsurile de reducere a pierderilor de apă prin neetanșeități.

La același nivel al radiațiilor solare, diferențe sensibile între performanțele diferitelor blaze, se obțin prin proiectarea corespunzătoare a colțurilor, izolarea bazei distilatorului, precum și prin menținerea continuă a filmului de apă în bazin. Nivelul producției de apă pe metru pătrat este, în mare, același pentru toate tipurile de blaze. Valoarea producției este cuprinsă între 4 l/m².zi pentru o zi senină de vară și 0,8 l/m².zi pentru o zi de iarnă, la un nivel al radiației solare de câteva mii de KJ/m².oră.[72],[88]

Dacă distilatorul ar produce apă în fiecare zi din an la o productivitate egală cu cea maximă, producția anuală ar fi de 1,46 m³/m². O astfel de performanță nu este posibilă din cauza variațiilor sezoniere ale intensității radiațiilor solare, astfel încât pentru regiuni situate între paralelele de 30°-40°, respectiv 40°- 50° (țara noastră), sunt considerate acceptabile valori ale producției anuale de

1 m³/m², respectiv 0,85 m³/m².

Acestea sunt rezultate obținute în actualele instalații, având anumite imperfecțiuni din proiectare și grade mai mici sau mai mari de neetanșare sau alte probleme. În aceste condiții, valoarea de 0,85 m³/m².an poate fi considerată de referință pentru proiectarea instalației. **Prin îmbunătățiri ale proiectului, prin eliminarea neetanșeităților și a altor surse de pierderi de apă sau termice, producția anuală poate ajunge cu siguranță la valoarea de 1m³/m² în condițiile climatice de la noi din țară.**

7.1.2 Estimarea producției lunare de distilat

Pentru o corectă proiectare a întregii instalații de distilare, în condiția unei producții variabile pe parcursul unui an, este foarte importantă estimarea (prevederea) producției lunare de distilat.

În condiții climatice lunare normale (medii), producția distilatorului este cel mai frecvent calculată cunoscând valorile medii zilnice ale intensității radiației solare H_s și ale temperaturii medii zilnice a aerului T_{ac}, ambele pentru fiecare lună a anului. Valorile medii sunt tabelate sau centralizate în nomograme. Calculul este posibil pentru o instalație dată, căreia îi sunt cunoscute proprietățile termice, în mod special capacitatea calorică a unității de suprafață a sistemului C_s și coeficientul de pierderi prin fundul bazinului și pe la colțuri K_{p,fc}.

Este dificil de generalizat metoda de estimare propusă în 6.2.4 deoarece sunt diferențe apreciabile ale productivității datorate proiectului instalației și condițiilor locale.

Performanțe privind productivitatea blazelor funcționând în climat uscat și temperat sunt prezentate în tabelele 7.1,7.2 , și 7.3 și în fig. 7.1.

Datele sunt tipice pentru o instalație având coeficienții de pierderi K_{p,fc} = 10 și K_{p,lc} = 6. Pentru a obține valorile producției de apă pentru alte valori ale lui K_{p,fc} utilizăm fig.6.12-6.15 și tab.7.1. Se înmulțesc valorile producției din tabel cu raportul între producția pentru K_{p,fc} considerat și cea pentru K_{p,fc} = 10 obținute din fig.6.12-6.15 (restul parametrilor rămân nemodificați).

Exemplu pentru: H_s = 20.10³ Kj/m².zi

$$T_{ac} = 25^{\circ}\text{C} \quad \Rightarrow (\text{tab.7.1}) \quad P_{10} = 2,5 \text{ l/m}^2 \cdot \text{zi}$$

$$K_{p,fc} = 10 \text{ Kj/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{oră}$$

din **fig.6.13**

$$\frac{P_6}{P_{10}} = \frac{2,75}{2,5} = 1,1 \quad \Rightarrow \quad P_6 = 1,1 \cdot 2,5 = 2,75 \text{ l/m}^2 \cdot \text{zi}$$

Tabelul 7.1 Valori medii ale productivității pentru climat uscat și temperat (blaza experimentală) [l/m^2 zi]

Insolația zilnică [$kJ/m^2 zi$] 10^3	Climat - temperatura medie zilnică							
	Temperat	Temp.	Uscat	Temp.	Uscat	Temp.	Uscat	Uscat
	5°	15°		25°		35°		45°
5	0,2		0,3		0,45		0,6	0,76
10	0,72	0,9	0,76	1,1	1,05		1,32	1,56
15	1,3	1,75	1,39	2	1,8	2,25	2,1	2,56
20	2,2	2,55	2,08	2,78	2,5	3,1	2,95	3,46
25		3,1	2,74	3,7	3,3	4	3,75	4,4
30			3,4		4,1	4,8	4,7	5,36

Obs: climat uscat:

$$S = 100 m^2$$

$$C_s = 330 kJ/m^2 \text{ } ^\circ C$$

$$K_{p,fc} = 10 kJ/m^2 \text{ } ^\circ C \text{ oră}$$

climat temperat:

$$S = 100 m^2$$

$$C_s = 330 kJ/m^2 \text{ } ^\circ C$$

$$K_{p,fc} = 6 kJ/m^2 \text{ } ^\circ C \text{ oră}$$

Menționăm că producția astfel obținută se poate folosi doar pentru estimarea primară a productivității lunare a blazei. Înaintea luării unei decizii finale privind soluția de adoptat sunt necesare desene de detaliu ale instalației, calcule privind producția previzionată, considerând variații ale temperaturilor medii, ale capacității calorice a sistemului și ale vitezei vântului. Datele cu ajutorul cărora au fost trasate curbele din fig.7.1 au fost fie extrase din literatura de specialitate - pentru climatul uscat, fie calculate analitic, prin extrapolarea valorilor obținute în blaza experimentală proiectată și construită - pentru climatul temperat.

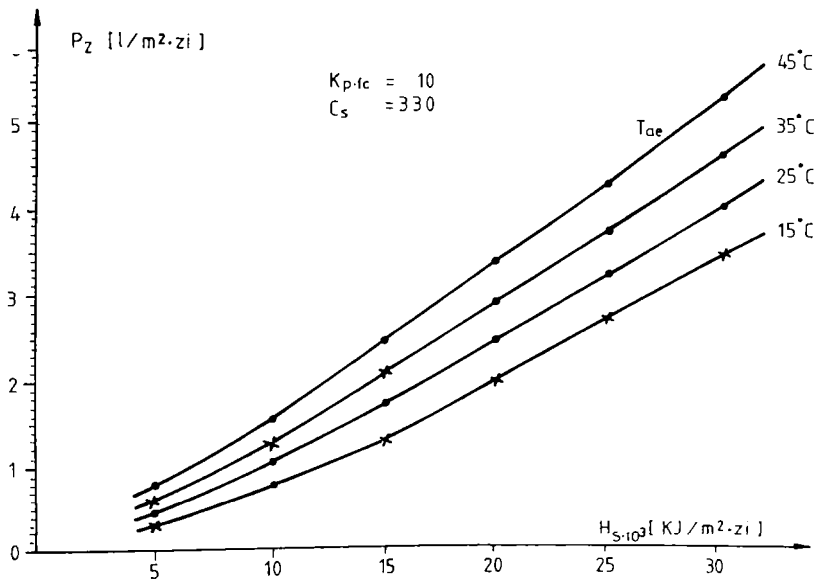
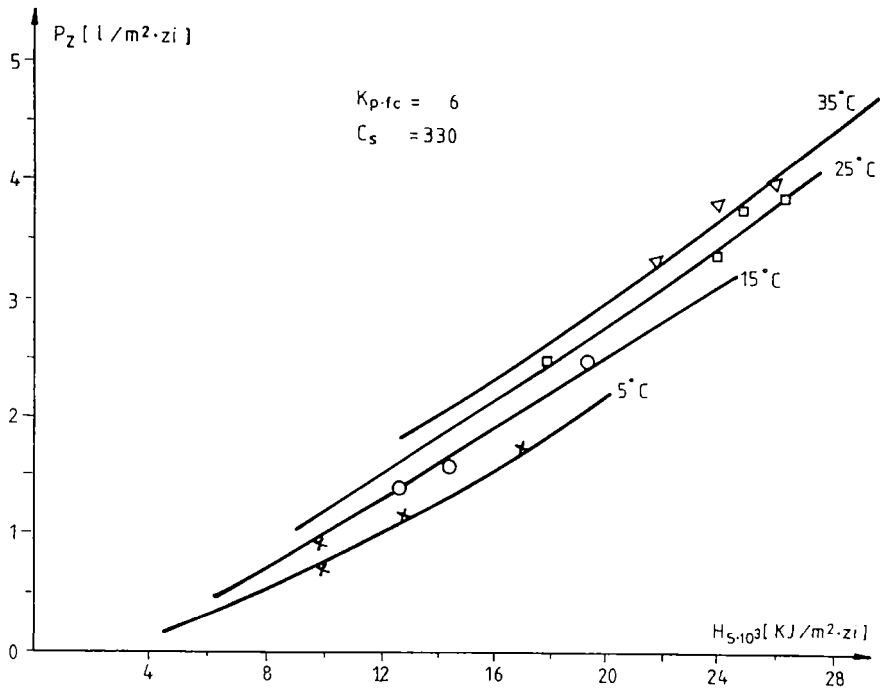


Fig.7.1

Tabelele conțin valorile medii zilnice ale radiației solare, temperatura medie zilnică, producția medie zilnică a unui distilator obișnuit și producția lunară estimată. Chiar și în condițiile climatului uscat se observă clar din tabel variațiile în limite largi ale producției lunare, funcție de lunile anului. Este o concluzie de care trebuie să se țină seama în mod serios la proiectarea unei instalații pentru condițiile climatice de la noi din țară.

Tabelul 7.2 Exemplu de estimare preliminară a producției lunare a unei blaze în climat uscat

Suprafața distilatorului: 100 m²

$C_s = 330 \text{ KJ/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

$K_{p,fc} = 10 \text{ KJ/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{oră}$

Luna	Radiația medie zilnică H_s $\text{KJ/m}^2 \cdot \text{zi} \cdot 10^3$	Temperatura medie zilnică a aerului $^\circ\text{C}$	Producția zilnică $\text{l/m}^2 \cdot \text{zi}$	Estimarea producției lunare $\text{l/m}^2 \cdot \text{lună}$
1	11,92	23	1,16	35,96
2	16,13	23	1,72	48,16
3	21,24	26	2,64	81,84
4	24,21	28	3,28	98,40
5	26,24	30	3,8	117,80
6	27,37	34	4,12	123,60
7	26,70	34	4,04	125,24
8	25,10	31	3,56	110,36
9	22,15	30	3,04	91,20
10	17,38	27	2,12	65,72
11	12,61	25	1,28	38,40
12	10,80	23	1,08	33,50

7.1.3 Dimensiunile optime ale blazei

Datorită construcției compacte a instalațiilor de producere a apei potabile, costul lor crește aproape liniar cu dimensiunea lor, astfel încât două unități mici (cca 500 m²) au un cost aproximativ egal cu cel al unei singure unități, având suprafața de lucru dublă. Din acest motiv blazele solare de tip bazin se caracterizează printr-o bună flexibilitate dimensională, fără influențarea semnificativă a costului unitar al instalației [105]

Tabelul 7.3 Estimarea producției lunare a blazei în climat temperat

Suprafața 100 m_e

$C_s = 330 \text{ kJ/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

$K_{pfc} = 6 \text{ kJ/m}^2 \text{ }^\circ\text{C oră}$

Luna	Radiația medie zilnică H_s [kJ/m ² zi 10 ³]	Temperatura medie a aerului		Producția zilnică [l/m ² zi]	Estimarea producției lunare [l/m ² lună]
		24 ore	zi-lumină		
		[°C]			
1	9,86	0	6	0,7	21,70
2	12,71	5	12	1,4	39,20
3	19,24	8	18	2,51	77,81
4	21,9	12	20	3,05	91,50
5	24,43	17	21	3,9	120,90
6	26,20	20	28	4,07	122,10
7	25,44	22	32	4,16	128,96
8	24,9	21	30	3,88	120,28
9	24,1	18	25	3,5	105,00
10	18,28	12	20	2,6	80,60
11	13,95	6	11	1,3	39,00
12	10,6	3	8	0,9	25,11

Ca rezultat al acestei bune flexibilități dimensionale, blazele pot fi plasate foarte aproape de locul de consum, simplificând (ieftinind) astfel distribuția apei produse, cu condiția ca sursa de apă neprelucrată să se afle la îndemână. Este situația existentă în majoritatea zonelor de la noi din țară în care procedeul de obținere a apei potabile ar putea fi aplicat.

7.2. Captarea apei din precipitații

Un proiect rațional de blază trebuie să prevadă posibilitatea de a capta apa din precipitații, dacă este posibil în totalitate. Costul dirijării acestei ape spre rezervorul de stocare a apei este neglijabil. Această apă trebuie clorinată dacă este pentru consum uman. Problema captării se pune în regiunile în care media precipitațiilor lunare are o valoare semnificativă. Aceasta fiind situația pentru țara noastră, studierea influenței ei asupra productivității distilatorului este de interes practic.

Pentru un climat uscat, cantitatea anuală a precipitațiilor este cuprinsă între 250 și 400 mm/m². Pentru o valoare medie de 300 mm² și o rată de utilizare a precipitațiilor de 70 %, un metru pătrat de distilator va produce în plus o cantitate de apă de aprox. 200 l/m².an (0.2 m³/m².an). Considerând că valoarea producției anuale este de 0,85 m³/m² și că suprafața instalației și cea de captare a precipitațiilor sunt egale, surplusul captat reprezintă cel puțin 17 %. **Dacă se asigură captarea, stocarea și utilizarea precipitațiilor de-a lungul întregului an, cantitatea suplimentară mai sus menționată ar permite reducerea cu cca.16 % a costului apei produse, în ipoteza că nu apar costuri suplimentare generate de captarea precipitațiilor.**[7]

Este evident că dacă precipitațiile sunt într-o cantitate semnificativă (cazul țării noastre), colectarea lor reprezintă un avantaj economic cert pentru o blază solară.

În tabelul 7.4 prezentăm cantitățile lunare și anuale de precipitații pentru județul Timiș. Datele sunt colectate de la stații meteorologice situate la altitudini diferite și reprezintă valori medii care pot fi extrapolate pentru majoritatea zonelor geografice ale țării.

Din analiza datelor prezentate se remarcă valorile superioare celor din climatul uscat, precum și o repartitie relativ uniformă de-a lungul anului a precipitațiilor, ceea ce conduce la concluzia că este în mod cert necesară captarea și utilizarea lor în distilator. Mărimea beneficiului depinde de cantitatea de precipitații căzute, de procentul de captare din total precipitații și dacă această cantitate poate fi integral utilizată.

Dacă precipitațiile sunt sub formă de aversă și puternic intermitente așa încât rezervoarele de stocare nu sunt adecvate reținerii în totalitate, avantajul captării se micșorează. În multe situații o mare parte a precipitațiilor apar în luni în care intensitatea radiației solare este scăzută (datorită norilor care le generează). În acest caz, apa produsă prin captare compensează slaba producție "de bază" obținută în instalație. Oricum, **pentru o abordare realistă a proiectării instalațiilor, trebuie presupus că numai o parte din volumul total al precipitațiilor poate fi utilizată benefic.** Rata de utilizare depinde semnificativ de perioada din an în care cad precipitațiile, de distribuția de-a lungul perioadelor (aproximativ uniformă sau sub formă de averse pe perioade scurte), de cerințele de apă

Tabelul 7.4 Cantitățile lunare și anuale de precipitații pentru județele Timiș și Caraș-Severin

[mm/m³] sau [l/m³]

Localitatea	Relief	Ian.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai	Iun.	Iul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
Timișoara	Câmpie	3,5	29,0	42,6	45,8	31,6	52,1	83,4	29,5	31,6	43,2	40,9	84,2	517,8
Lugoj	Câmpie	12,3	34,0	24,2	53,5	44,5	104,0	46,6	46,6	44,1	46,0	33,1	88,2	577,1
Sânnicolau-Mare	Câmpie	5,8	20,6	31,4	23,5	56,9	26,9	51,3	14,2	32,9	44,6	32,1	71,3	411,5
Dinaș	Câmpie	2,7	21,4	30,1	65,0	13,8	62,6	62,0	17,3	64,9	38,1	27,4	74,1	479,4
Banloc	Câmpie	1,7	38,9	33,6	36,5	70,1	69,5	37,3	43,0	46,5	54,1	30,9	85,1	547,2
Poiana - Mărului	Munte	51,9	64,0	67,7	99,1	116,4	145,6	106,5	97,1	84,4	84,9	48,3	46,1	1012,0
Caransebeș	Deal	46,5	44,1	48,4	64,5	86,0	91,6	74,3	71,5	55,7	56,1	49,7	48,8	737,2
Terogova	Munte	51,5	55,9	56,7	60,0	87,1	99,6	72,5	67,1	60,5	55,9	54,7	51,0	772,5
Reșița	Munte	46,6	38,9	54,5	76,8	113,1	103,7	88,3	72,1	69,0	70,3	42,3	44,0	820,0
Rusca Montană	Munte	62,7	59,6	68,7	87,0	114,4	134,3	103,8	83,9	71,0	76,3	65,8	68,9	993,5

în perioadele respective precum și de capacitatea de stocare.[35]

Recomandăm ca rata de utilizare de 70 % din totalul precipitațiilor să fie luată ca bază de calcul pentru suplimentul de producție, cunoscând bineînțeles valoarea medie a precipitațiilor pentru zona de instalare a blazei. Remarcăm că apariția precipitațiilor este mai puțin sigură decât cea a radiațiilor solare, așa încât pentru siguranță este bine să se utilizeze în calcul o valoare mai mică decât media lunară.[35]

Trebuie menționat însă că, în considerațiile privind surplusul de producție de aprox. 17 % datorat captării precipitațiilor, am considerat că suprafața acoperișului blazei ar fi egală cu suprafața de captare. În realitate, pentru o situație concretă, suprafața de captare a precipitațiilor este mai mare, ea incluzând și spațiile dintre modulele blazei, ceea ce ar aduce un spor de producție și deci o reducere suplimentară a costului unui m³ de apă produsă.

7.3. Stocarea apei produse

Pentru stabilirea capacității rezervoarelor de stocare trebuie cunoscut raportul între necesitățile lunare de apă și producția lunară a distilatorului. Variația în timp a necesarului de apă este funcție de condițiile locale și de domeniile de utilizare a apei produse.

Acolo unde blaza solară poate asigura producție pe stoc, cererea poate fi apropiată de producția curentă. Pot exista variații sezoniere ale necesităților de apă pentru scopuri generale ale unei comunități, creșteri ale cantităților pentru băut și spălat sau datorate creșterii populației (prin turism de exemplu), de unde ar rezulta un necesar mai mare de apă vara și mai mic iarna. Ar fi posibil și ca cererea de apă să fie relativ constantă în toate lunile anului. Probabilitatea cea mai mare o are situația în care există un relativ deficit de producție iarna și un excedent vara. Pentru metoda de obținere a apei prin distilare, variației producției funcție de timp este factorul cu cea mai mare pondere în aprecierea eficienței blazei.[123]

Așa cum am arătat anterior, atât teoretic cât și experimental, producția zilnică de iarnă a unui distilator solar reprezintă numai între 20 și 30 % din cea de vară. Dacă necesarul de apă este constant de-a lungul anului, iar distilatorul nu poate produce iarna suficientă apă pentru a acoperi cererea sau dacă instalația a fost dimensionată pentru a acoperi necesarul de iarnă, în ambele cazuri rezultă un surplus de apă în perioada de vară, care rămâne neutilizat. Ca urmare este necesar să alegem între următoarele trei alternative, toate având tendința de a mări costul apei produse:

1. a prevedea o capacitate de stocare suficientă pentru a păstra excesul de apă produs vara pentru utilizare iarna.

2. a dimensiona distilatorul astfel încât să satisfacă cererea de iarnă, pierzând surplusul de producție din vară.

3. a proiecta distilatorul așa încât să acopere exact necesarul de vară și a prevedea obținerea de apă prin alte procedee pentru a acoperi deficitul de iarnă.

Alegerea uneia sau alteia dintre alternativele prezentate depinde de calcule economice. Costul stocării apei poate fi prea ridicat pentru a justifica cheltuielile făcute în vederea uniformizării productivității de-a lungul anului. Totuși, în anumite situații în care condițiile locale permit stocarea facilă (există bazine construite sau naturale), prima alternativă poate fi luată în considerare.

Alternativa a doua, presupunând dimensionarea pentru acoperirea necesităților de iarnă și pierzând surplusul de vară, este în general mult prea costisitoare pentru a fi acceptabilă. Costul apei produse în aceste condiții ar putea crește de 2-3 ori, iar suprafața distilatorului ar fi de 4 ori mai mare decât în varianta 3 sau de 2-3 ori mai mare decât cea a instalației de referință (cea care ar produce cca. $0,85 \text{ m}^3/\text{m}^2$ anual).

A treia variantă presupune proiectarea de așa manieră încât toată apa produsă să fie utilizată în mod curent sau cu un timp de stocare de cel mult 1-2 săptămâni. Calculele de cost efectuate evidențiază o sensibilă scădere a sa față de prima variantă, datorită utilizării imediate a apei produse, cu necesitatea unei stocări minime. Costul anual total al apei produse prin această metodă se compune din cel al apei rezultate prin distilare plus cel al apei obținute suplimentar în alt mod (din alte surse).

În toate cazurile trebuie cunoscute condițiile locale înainte de luarea deciziei de alegere a variantei de proiectare. **Dacă există o sursă suplimentară de apă, chiar având un cost mai ridicat decât cel al apei produse prin distilare, este mai economică utilizarea ei în perioadele de deficit de producție. Este soluția pe care o propunem în urma cercetărilor efectuate, considerând că se potrivește cel mai bine condițiilor din țara noastră**

În concluzie, rezultă că dintre cele trei variante de proiectare nu va fi aleasă cea de a doua. Din păcate nu putem prezenta o metodă generală de opțiune între variantele 1 și 3, nici măcar aproximativă, fără cunoașterea unor date precise privind condițiile locale.

Trebuie să menționăm că apa produsă prin distilare este aproape complet lipsită de săruri minerale fiind mai pură decât este necesar pentru a fi potabilă. Dacă este disponibilă o sursă de apă potabilă (ex. fântână, izvor, apă curgătoare suficient de curată), distilatul poate fi amestecat cu aceasta în așa fel încât să nu se depășească totalul de 500 ppm. de săruri dizolvate. În ipoteza că apa din sursa alternativă este acceptabilă din punct de vedere biologic și al gustului și are un cost mai mic decât cel al distilatului, rezultă că apa-amestec obținută este mai ieftină decât cantitatea

echivalentă produsă numai prin distilare. Prin acest proces de amestecare producția efectivă a distilatorului poate crește peste valorile normale, cu un mic rabat în privința calității apei.

7.4. Întreținerea și funcționarea blazei

Problemele legate de funcționarea, întreținerea și protejarea blazelor solare sunt legate în primul rând de schema constructivă aleasă. În fig 6.2 au fost prezentate componentele principale:

- rezervor pentru apa de alimentare (apa brută);
- rezervor pentru apa produsă;
- rezervor pentru condens;
- pompe;
- conducte pentru accesul apei de prelucrat în unitățile blazei;
- conducte pentru colectarea și transportul condensului spre rezervorul de stocare;
- conducte pentru eliminarea apei reziduale (concentratul) din bazine;
- unități de lucru (module de distilare).

Funcționarea blazelor solare tip bazin prezintă câteva particularități legate de:

1. Tratarea apei de alimentare și a celei produse;
2. Depunerile din unitățile de lucru;
3. Alimentarea cu apă a bazinelor și eliminarea concentratului;
4. Întreținerea și protejarea blazei.

1. Tratarea apei

Viteza de deplasare a apei în bazine este practic zero. Din acest motiv, trebuie eliminate suspensiile din apa de alimentare, înainte ca aceasta să ajungă în distilator. Pentru instalațiile de relativ mici dimensiuni, rezervorul pentru apa de alimentare poate servi și ca bazin de decantare, dacă apa este menținută în el timp suficient de îndelungat (ex. o zi). Pentru instalații mari, o soluție mai bună este montarea unui filtru de nisip.

Apa produsă prin distilare solară, ca și de altfel prin alte metode de distilare, este practic fără gust. Pentru apa destinată consumului populației, fie că se adaugă în apa distilată o cantitate de apă neprelucrată (salină), fie se adaugă sare, fie este trecută peste un pat de cribrură de marmură pentru a favoriza o adiție de ioni de calciu.[143]. În acest fel apa devine acceptabilă pentru conșum.

2. Depunerile din unitățile blazei

În marea lor majoritate depunerile provin din cristalizarea sărurilor, în special dacă grosimea stratului de apă din bazin este mică. Natura sărurilor depuse depinde de compoziția apei de alimentare. În mod obișnuit sunt prezente CaCO_3 , CaSO_4 și în cazuri rare, NaCl . Sărurile precipitate se îndepărtează greu și cu costuri relativ mari.[42]

Soluția optimă constă în îndepărtarea apei reziduale înainte ca sărurile să atingă concentrația de saturație. Practic, bazinul se alimentează periodic în așa fel încât să se permită evaporarea până la nivelul la care, apa din bazin ajunge la concentrația dublă față de cea a apei de alimentare. În acest sens, pentru fiecare 4 l de apă de alimentare se obțin 2 l de distilat și 2 l sunt evacuați. Dacă se optează pentru varianta constructivă cu alimentare continuă cu apă, debitul apei de alimentare se calculează în așa fel încât să fie menținută o concentrație corespunzătoare în bazin. La aceste instalații supravegherea funcționării este mai puțin riguroasă.[128] Este de notat că o valoare mare a concentrației sărurilor de calciu în apa de alimentare necesită frecvente umpleri și curățiri ale bazinului, sau presupune un debit mare la alimentarea continuă, cu unele consecințe negative în privința productivității și a costului apei. Dezvoltarea unor microorganisme poate influența funcționarea blazei. Până la un anumit nivel al prezenței microorganismelor, influența lor nu este neapărat negativă, dar peste o anumită limită prezența nu mai este benefică, iar îndepărtarea lor este destul de costisitoare.

3. Alimentarea cu apă și eliminarea concentratului

În construcția bazinelor pentru distilare se pot adopta două soluții:

- * un singur bazin de dimensiuni mari pentru întreaga suprafață de lucru a distilatorului;
- * suprafața de captare este divizată în mai multe unități (bazine) de lungimi diferite, dar având aceeași lățime.

Diferențele constructive între cele două tipuri de blaze influențează funcționarea instalațiilor. Spațiul dintre unități facilitează accesul la partea centrală a distilatorului și deci întreținerea sa. Metodele de alimentare cu apă și de eliminare a concentratului pot fi diferite, iar grosimea stratului de apă este în general mai mare la bazinele cu suprafață mai mare.[144]

Bazinele adânci (grosimea stratului peste 4 cm) permit o acumulare mai bună a căldurii în timpul zilei și deci întârzierea răcirii seara. Timpul de funcționare este mai mare, dar temperatura maximă atinsă după-masa este mai mică decât cea de la bazinele puțin adânci. Apa de prelucrat rămâne timp de câteva zile în bazinele adânci până la evacuarea concentratului datorată atingerii pragului de concentrație. În bazinele puțin adânci, temperatura apei la amiază este sensibil mai mare

decât la celelalte. Ca urmare, producția în primele ore ale după-amiezii este mai mare decât cea a bazinelor adânci, dar mai mică seara datorită răcirii mai rapide a apei din distilator. Alimentarea cu apă a bazinelor "superficiale" se face la intervale mai scurte.

Pentru (re)alimentarea cu apă brută a bazinelor, recomandăm una dintre următoarele patru variante:

a. În bazinele adânci, alimentarea cu apă să se facă la interval de câteva zile, atunci când concentrația în bazin tinde spre limita de solubilitate;

b. Bazinele "superficiale" să fie alimentate, de obicei dimineața devreme, la un capăt (ex: prin pâlnii), iar concentratul să fie eliminat prin deschiderea unei vane, la partea opusă a bazinului. Dacă suprafața fundului bazinului nu este perfect plană, cantități de apă pot rămâne în bazin și după deschiderea vanelor de evacuare, iar sulfatul de calciu se poate depune;

c. La bazele construite pentru alimentare continuă, apa înlocuiește continuu concentratul, care este condus spre ieșirea reprezentată de o conductă specială de evacuare. Fundul bazinului trebuie să aibă o pantă ușoară, având o serie de mici baraje peste care apa salină formează cascade. Turbulențele formate la aceste mici baraje minimizează formarea de depuneri. Alimentarea continuă presupune unele pierderi de apă fierbinte și de căldură, dar care nu au valori importante.

d. Pentru a împiedica depunerile sau dezvoltarea unor plante de apă se poate prevedea un sistem de evacuare completă a apei. La partea de ieșire a concentratului este montată o conductă deschisă care poate fi rotită sus-jos. Prin rotirea în poziția dorită a conductei se poate asigura atât evacuarea completă a concentratului cât și după caz, menținerea nivelului dorit în blază. În acest fel poate fi reglat nivelul în fiecare bazin care formează blaza solară în intenția de a obține adâncimea optimă a stratului de apă, fără a apărea porțiuni uscate la sfârșitul perioadei de evaporare.[149]

Golirea completă a bazinului este recomandată la un interval de aproximativ două săptămâni în perioada verii și la perioade mai lungi în celelalte anotimpuri, funcție de intensitatea radiațiilor solare. Operatorul golește bazinele distilatorului pe grupuri. În timp ce un grup este golit, altul, anterior golit este alimentat cu apă iar altul este în plină funcționare ș.a.m.d.

4. Întreținerea și protejarea blazei

Costurile și mentenanța sunt prezentate în detaliu în cap. 8. Menționăm doar necesitatea absolută de a exploata instalația în așa fel încât cheltuielile de întreținere să fie reduse la minimum posibil. De exemplu, necesitatea unei curățiri mecanice a bazinelor chiar după un an de exploatare, va mări sensibil costul apei produse. În consecință este deosebit de important să nu se permită nici

un fel de acumulare sau depunere de săruri și/sau microorganisme în bazine pentru a nu afecta serios performanțele. Depunerile nu pot fi îndepărtate printr-o simplă spălare cu un jet de apă.[42]

Trebuie subliniat că distilatorul este proiectat să funcționeze **cu apă în el**. O blază care este lăsată parțial sau complet fără apă va atinge rapid o temperatură mai mare decât cea normală de lucru. În funcție de natura materialelor folosite pentru construcția sa, distilatorul va suferi stricăciuni mari sau foarte mari. Materialele plastice în absența apei se supraîncălzesc și își pierd astfel proprietățile mecanice, iar din bitumul folosit pentru căptușirea bazinelor se pot distila unele componente volatile depunându-se pe acoperiș sau în jgheburile de colectare.

Grija pentru asigurarea corespunzătoare a apei de alimentare necesare poate evita apariția acestor probleme.

Analizând funcționarea în timp a unui distilator, am ajuns la concluzia că este necesară îngrădirea suprafeței ocupate de bazine cu un gard de protecție.

Gardul servește atât pentru a reduce probabilitatea apariției unor stricăciuni datorate intervenției unor persoane neavenite cât și pentru a ține la distanță animalele, care pot deteriora și ele părți ale instalației (spargerea acoperișului ori găurirea foliilor de plastic).

7.5. Instalația pilot de la Seceani

Ținând seama de rezultatele practice obținute cu ajutorul modulului experimental construit, am considerat necesară verificarea fiabilității instalației printr-o utilizare concretă.

Am construit o instalație pilot similară celei experimentale și am montat-o în localitatea Seceani, la început într-o gospodărie individuală (la nr.499 din luna februarie 1994-ianuarie1995),iar ulterior la dispensarul medical din sat, unde funcționează și în prezent.(fig.7.2)

Am ales localitatea Seceani din următoarele considerente:

-apa potabilă este poluată cu nitriți,nitrați,substanțe organice,cloruri și depășește valorile admise la Mn^{2+} (vezi tab 2.5).Poluarea este datorată probabil infiltrațiilor în pânza freatică a îngurășămintelor agricole administrate necorespunzător;

-este o localitate mică (250 de gospodării),fără perspective de a construi stații de epurare a apei potabile;

-face parte dintre localitățile din zona de vest cu o bună insolație anuală;

-există o disponibilitate a locuitorilor și a conducerii primăriei pentru rezolvarea problemei apei potabile.

În urma exploatării blazei pilot,rezultatele practice obținute au fost în cea mai mare parte.în

concordanță cu presupunerile teoretice și identice cu cele obținute cu modul experimental. În 1994 și 1995, pentru amplasarea în gospodăria de la nr499.am obținut următoarele producții zilnice și lunare-pentru 2m² suprafață de evaporare (tabelul 7.5). Au fost efectuate analizele ne-

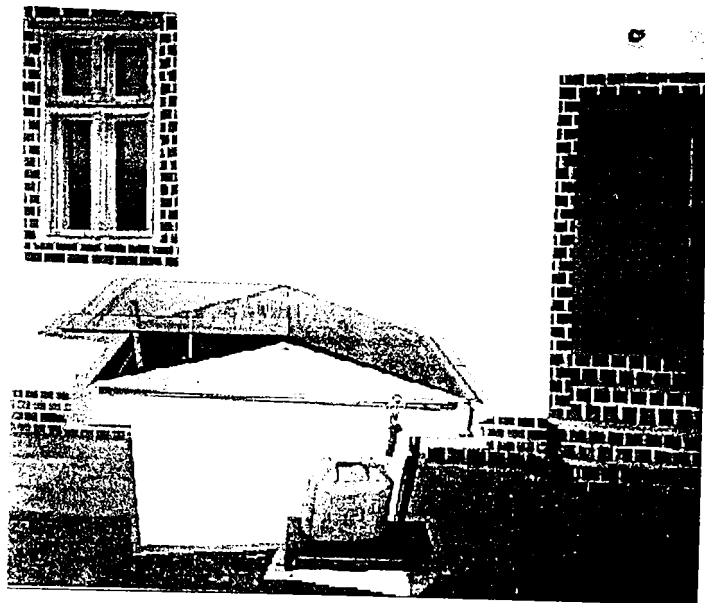


Fig. 7.2

cesare pentru a stabili dacă apa produsă în biază este potabilă sau nu. Din toate buletinele de analiză a rezultat faptul că apa obținută prin distilare solară în instalația pilot, corespunde la toți indicatorii normelor prevăzute în STAS 1342/1991 și instrucțiunilor Ministerului Sănătății.

Ca urmare,apa obținută a fost utilizată pentru băut, pt. gătit, pentru adăparea animalelor și în mai mică măsură pt. necesitățile igieneice ale gospodariilor

Pentru a o putea utiliza apa băut, apa obținută prin distilare a fost trecută peste



un pat de criblură de marmură în vederea mineralizării. Criblura era amplasată în interiorul recipientilor de colectare, apa fiind utilizată după cel puțin 6 ore de la obținere, pentru a putea avea loc procesul de remineralizare.

Tabelul 7.5

Luna	Producția medie			
	Zilnică [l/zi]		Lunară [l/lună]	
	1994	1995	1994	1995
Ian.	-	0,71	-	22,01
Feb.	1,20	1,40	33,60	39,20
Mar.	2,46	2,26	72,26	70,06
Apr.	3,05	3,10	91,15	93,00
Mai	3,84	3,95	119,04	122,45
Iun.	4,11	4,10	123,30	123,00
Iul.	4,20	4,13	130,20	128,03
Aug.	3,75	3,99	116,25	123,69
Sept.	3,50	3,61	105,00	108,30
Oct.	2,70	2,80	83,70	86,80
Nov.	1,14	1,30	34,20	39,00
Dec.	0,60	0,80	18,60	24,80

O parte din apa obținută a fost folosită direct ca apă distilată pentru acumuloarele și radiatoarele mașinilor agricole ale unor gospodari.

Din luna ianuarie 1996 instalația pilot a fost utilizată la dispensarul medical al satului, acesta având program nepermanent (trei zile pe săptămână). Apa distilată obținută este folosită pentru sterilizarea instrumentarului, pentru dezinfecții și pentru utilizări igienice de către pacienți.

Datorită interesului manifestat de către utilizatorii potențiali (gospodării individuale, dispensar, școală, unități de alimentație publică), am considerat util să proiectăm un prototip modular pentru utilizare în mediul rural, având în vedere comercializarea sa ulterioară.

7.6 Prototip modular pentru utilizare în mediul rural

7.6.1 Calcule de rezistență și dimensionare

Varianta 1

- Bazin din beton armat B200;
- Hidroizolație din bitum pentru o suprafață de 5,12 m²;
- Profile OL 20 x 1000 x 5 pentru fixare și rigidizare;
- Acoperiș din sticlă de 5 mm grosime;
- Etașări cu chedere din cauciuc;
- Conducte de alimentare și de colectare din țevă ϕ 1 1/2";
- Rezervor de 40 l pentru colectarea apei (2 bucăți);
- Jgheaburi colectoare din sticlă.

Desenele de detaliu ale acestui prototip sunt prezentate în figurile 7.3, 7.4 și 7.5.

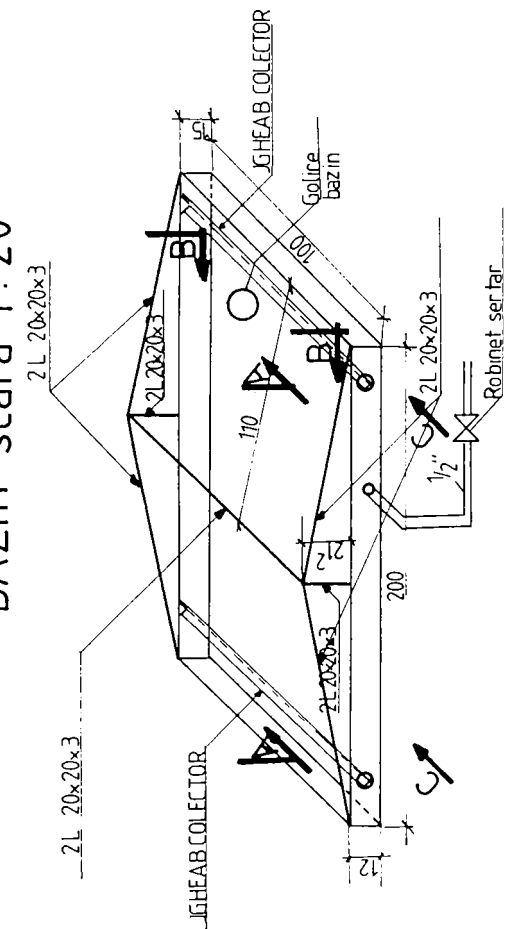
Varianta 2

- Bazin din sticlă de 6 mm grosime;
- Izolație din cauciuc siliconic pentru 5,12 m²;
- Acoperiș din sticlă de 5 mm grosime;
- Etașări cu chedere din cauciuc;
- Conducte ϕ 1 1/2" pentru alimentare și evacuare;
- Rezervoare 20 litri;
- Jgheaburi colectoare din sticlă;
- Cadru - suport din OL pentru montaj.

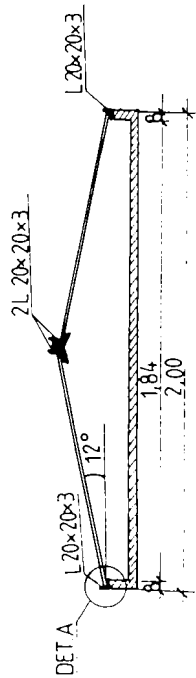
Principalele date inițiale avute în vedere la proiectare sunt prezentate în tabelul 6.2.

Pentru varianta 1 este necesar un calcul de dimensionare a peretului din beton, a radierului și a armăturii.

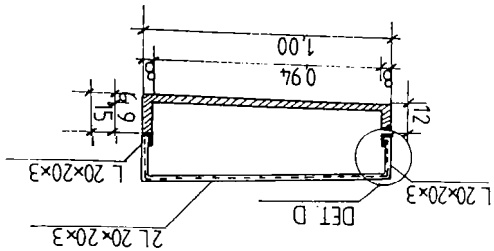
BAZIN scara 1:20



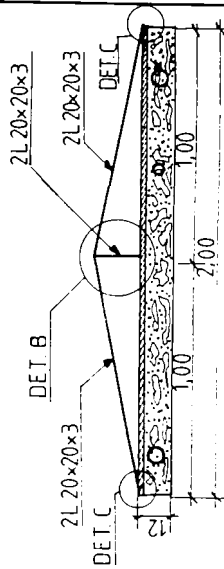
SECTIUNEA A-A scara 1:20

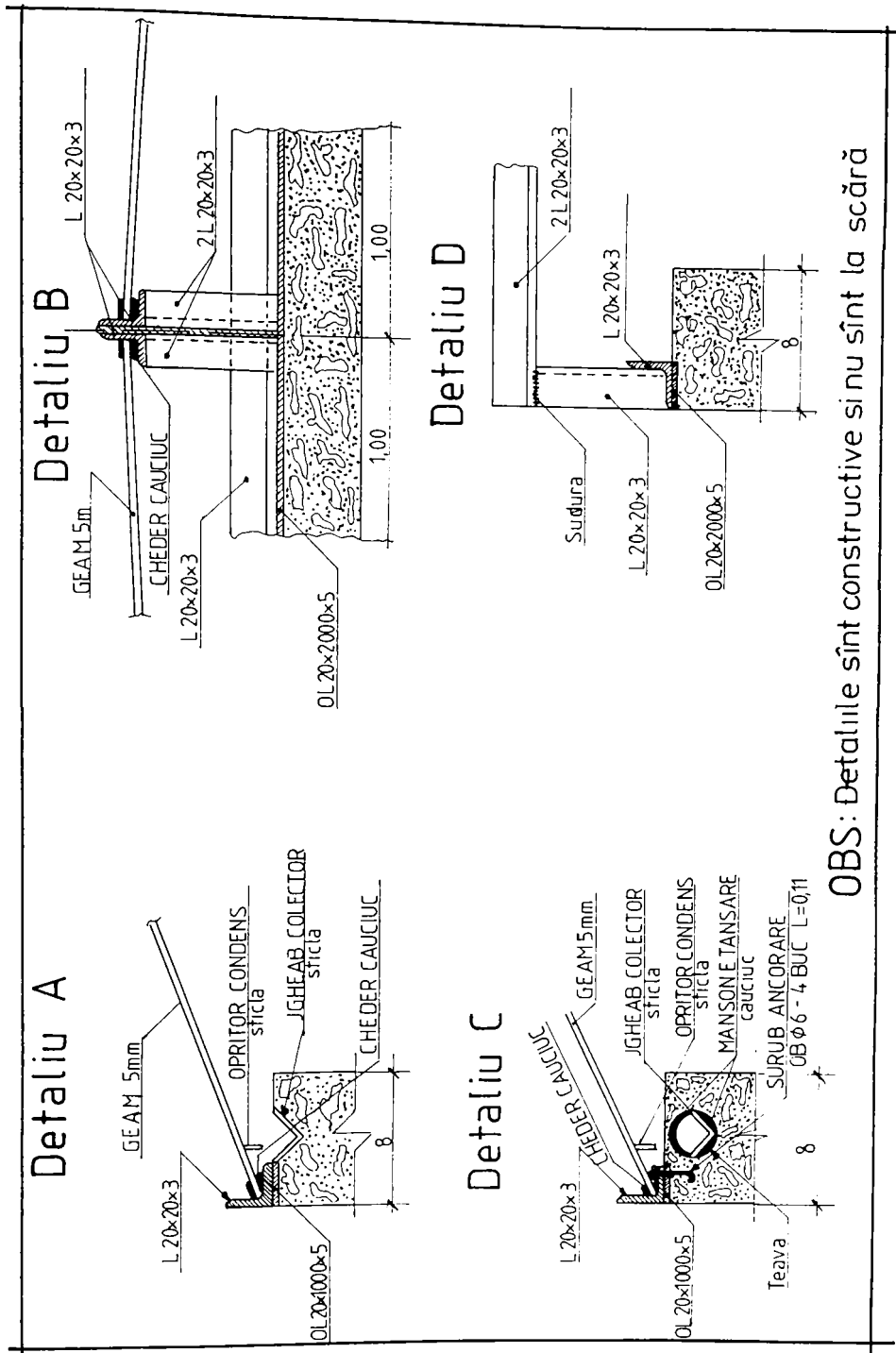


SECTIUNEA B-B scara 1:20



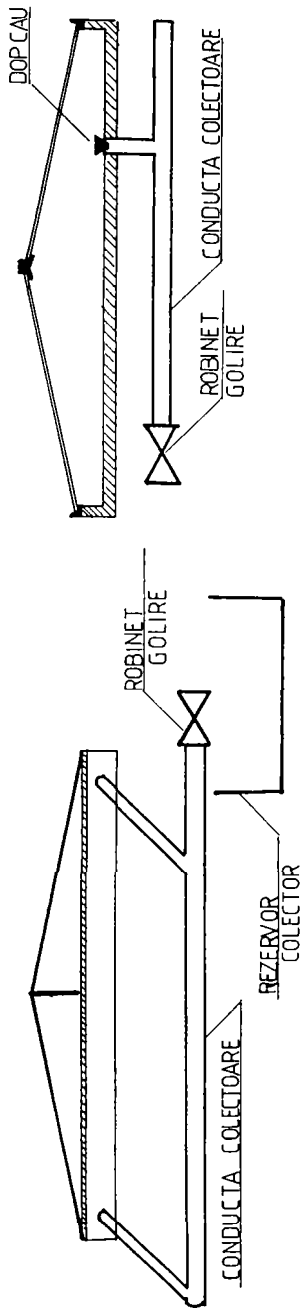
VEDEREA C-C scara 1:20





OBS: Detaliile sînt constructive si nu sînt la scări

Fig. 7.4



Observații pentru montaj:

1. La montajul țevii în care se introduce jigheabul de sticlă se va menține înclinația jigheabului. Țeava se va alege astfel încît jigheabul de sticlă să încapă în diametrul ei. Capătul țevii care iese spre exterior va fi racordat la conducta de colectare de 1 1/2" Capătul conductei de colectare va fi dotat cu un robinet de golire care va goli conținutul conductei într-un rezervor colector.
2. Rezervorul colector al apei de pe jigheaburi va avea o capacitate de minim 20l pentru un modul.
3. Alimentarea cu apă se va face cu o țevă de 1 1/2" care străpunge peretele de beton, partea de jos a țevii fiind situată la minim 6 cm de fundul radierului de beton.
4. Evacuarea concentratului se va face printr-o țeava de 1 1/2" care străpunge radierul de beton fiind legată la conducta de colectare de același diametru.
5. Etanșarea dintre jigheab și conducta din peretele din beton se va face cu un manșon de cauciuc termoizolant.

Fig. 7.5

1. Calculul peretelui bazinului

În ipoteza că sunt neglijabile momentele încovoietoare care apar datorită legăturii monolite dintre perete și radier (ipoteză acceptată la calculul rezervoarelor de capacitate redusă) se face calculul eforturilor de întindere din peretele bazinului.

$$p^N = \gamma \cdot H = 1000 \cdot 0,06 = 60 \text{ daN/m}^2$$

$$N^n = \frac{60 \cdot 20}{2} = 6000 \text{ daN}$$

$$N_{\text{calcul}} = n \cdot N^n = 1,1 \cdot 6000 = 6600 \text{ daN}$$

unde: p^N = efortul de întindere din peretele bazinului; [daN/m²]

γ = coeficient de presiune [daN/m³]

H = înălțimea apei; [m]

N^n = efortul normal; [daN]

n = coeficient de încărcare (1,1)

Calculul la starea limită de rezistență

-Secțiunea de armătură A_a longitudinală calculată este:

$$A_a = \frac{N_c}{R_a} = \frac{6600}{2100} = 3,1 \text{ cm}^2$$

unde: N_c = efortul calculat; [daN]

R_a = rezistența la întindere a betonului; [daN/cm²].

Din condiții constructive, ținând seama de efortul mic la care este supus bazinul, se aleg armături 2 ϕ 14, având $A_a = 3,08 \text{ cm}^2$.

Se face verificarea la deschiderea maximă a fisurilor, ținând seama de condiția:

$$\alpha_f \leq 0,1 \text{ mm}$$

α_f = deschiderea fisurilor.

Calculul stării limită de fisurare

Distanța între fisuri, λ_f , se obține din:

$$\lambda_f = \beta_f \frac{A_{sE}}{U}$$

unde: β_f = coeficient de armătură;

A_{bt} = aria secțiunii de beton; [cm²]

u = perimetrul armăturii (8,79 cm).

$$\beta_f = 0,65 + 40 \frac{\mu}{d}$$

relație valabilă pentru armăturile alese OB 38.

$$\mu = \frac{A_a}{b \cdot h} = \frac{3,08}{8 \cdot 100} = \frac{3,08}{800} = 0,00385$$

$$\beta_f = 0,65 + 40 \frac{0,00385}{14} = 0,661$$

$$\lambda_f = 0,661 \frac{6 \cdot 100}{8,79} = 45,08$$

Deschiderea fisurii este:

$$\alpha_f = \lambda_f \cdot \frac{\Psi \cdot \sigma_a}{E_a}$$

unde: Ψ = coeficient tabelat pentru calcul la fisurare funcție de beton ($\Psi = 1$);

σ_a = efortul la întindere; [daN/cm²]

E_a = modul de elasticitate; [daN/cm²].

$$\sigma_a = \frac{N_c}{A_a} = \frac{6600}{3,08} = 2142,85 \approx 2143 \text{ daN/cm}^2$$

$$\Rightarrow \alpha_f = 45 \cdot \frac{2143}{2 \cdot 100000} = 0,05 < 0,1$$

Deci condiția de fisurare este acoperită prin secțiunea de armătură aleasă.

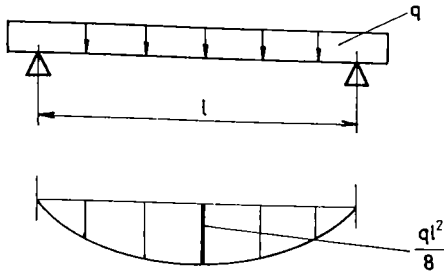
2. Dimensionarea radierului

Radierul se dimensionează și se calculează ca o placă încovoiată pe două direcții.

Dimensiunile de gabarit: 200 x 100 cm.

Raportul laturilor: $l_2 / l_1 = 200 / 100 = 2$.

Se admite, prin convenție, un calcul analog cu cazul încovoierii cilindrice, luând ca deschidere de calcul deschiderea mică:



q este sarcina de calcul

$$M_{\max} = ql^2 / 8$$

Grosimea plăcii se acceptă din: $M_{\max} = \frac{ql^2}{8}$

$$h_p = \frac{l_1 + l_2}{900} = \frac{300}{900} = 0,33 \text{ cm}$$

Din considerente constructive, pentru betoanele monolite se adoptă $h_p = 6 \text{ cm}$.

Sarcina permanentă utilă q este formată din:

- greutatea proprie $1,00 \times 1,00 \times 0,06 \cdot 2400 = 144 \text{ daN/m}^2$;
- greutatea hidroizolației (bitum pentru $5,12 \text{ m}^2$) $= 35 \text{ daN/m}^2$;
- apa din bazin ($2 \times 1 \times 0,06 \cdot 1000$) $= 60 \text{ daN/m}^2$

$$239 \text{ daN/m}^2$$

$$q_{\text{calcul}} = q \cdot n = 240 \cdot 1,3 = 312 \text{ daN/m}^2$$

unde: n = coeficient de încărcare.

$$M = \frac{312 \cdot 1,05^2}{8}$$

$$l = l_o + A = 100 + 5 = 105 \text{ cm}$$

$$A = 0,05 \cdot l_o = 0,05 \cdot 100 = 5 \text{ cm}$$

Se impun dimensiunile plăcii:

$b = 100 \text{ cm}$; $h = 6 \text{ cm}$; $h_o = 4,5 \text{ cm}$.

Marca betonului: B 200, OB 38.

$$R_a = 2100 \text{ daN/cm}^2, \quad M = B \cdot b \cdot h_o^2 \text{ [daN}\cdot\text{cm]}$$

3. Armarea betonului

Pentru un procent optim de armare impus de $\mu = 0,6 \%$ (coeficient optim de armare).
obținem $B = 11,81$.

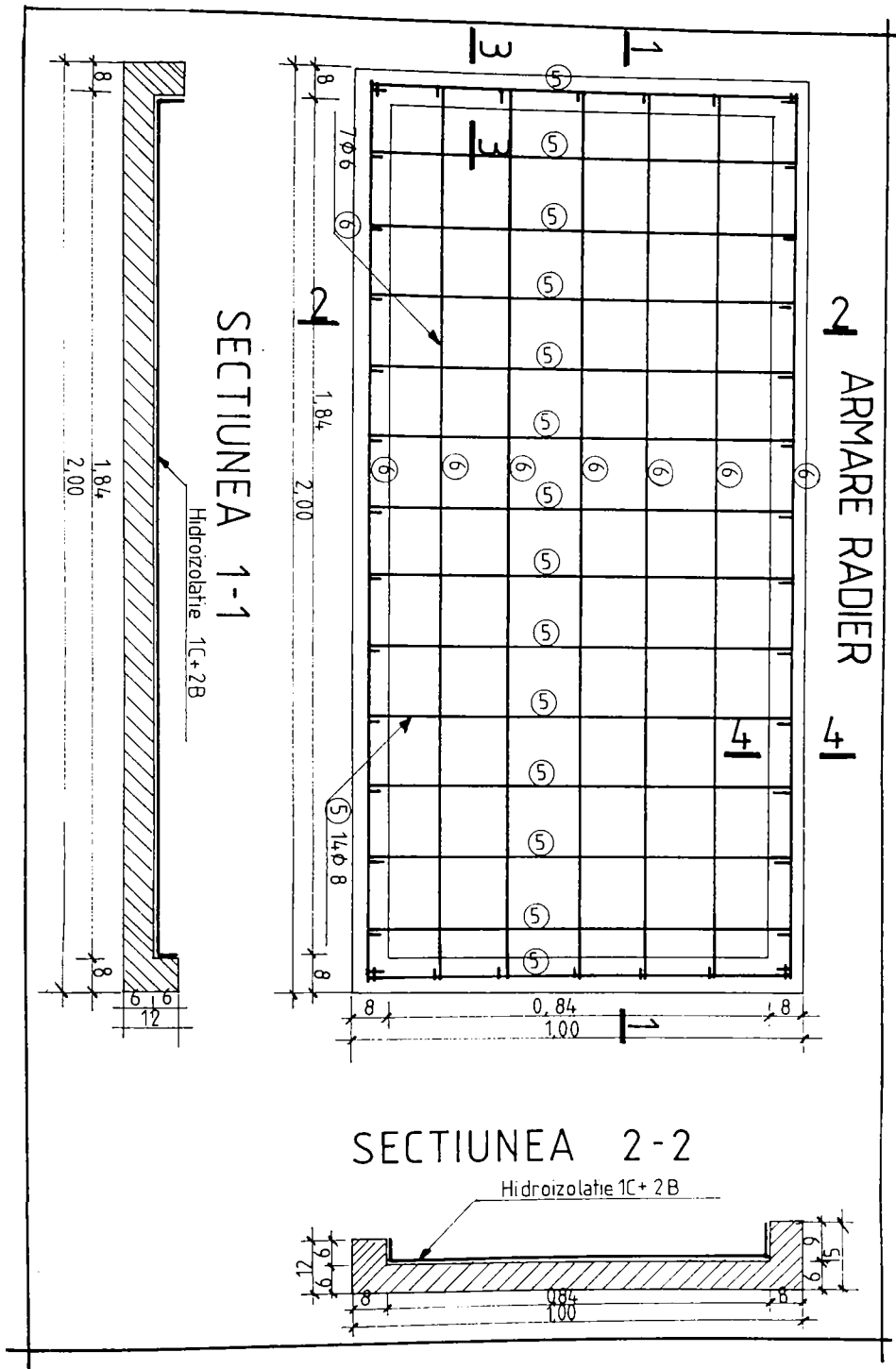
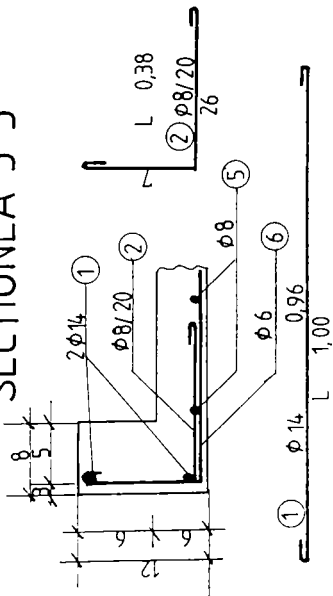
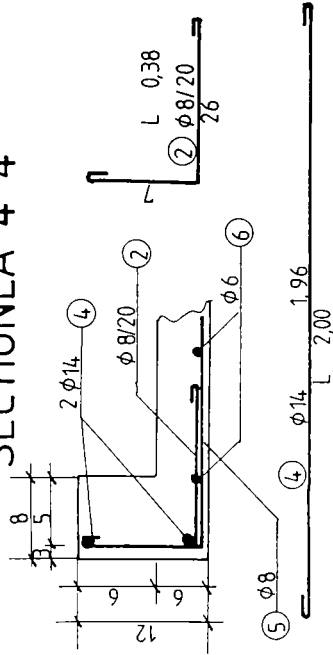


Fig. 7.6

SECTIUNEA 3 3



SECTIUNEA 4 4



EXTRAS ARMATURA

MARCĂ	φ	CANTITATE	LUNG. UNEL BARE	LUNG. BARE PE φ		
				φ 6	φ 8	
1	14	4	1,00		φ 14	
2	8	30	0,38	11,4	1,00	
3	6	4	0,11	0,44		
4	14	4	1,96		7,84	
5	8	14	1,00	14,00		
6	6	7	2,00	14,00		
LUNG. TOTALE PE φ				14,44	25,40	8,84
GREUTATE PE φ/ML				0,222	0,395	12,08
GREUTATI TOTALE PE φ/ KG				3,20	10,03	10,67
TOTAL GENERAL KG				24 KG		

Fig. 7.7

$$M = 11,81 \times 100 \times 4,5^2 = 23915,25 \quad [daN \cdot m]$$

Secțiunea de armătură se calculează cu:

$$A_a = 0,6 \cdot \frac{100 \cdot 4,5}{100} = 2,70 \text{ cm}^2$$

sau verificarea cu relația:

$$A_a = \frac{M}{\gamma \cdot h_o \cdot R_a} = \frac{23915}{0,937 \cdot 4,5 \cdot 2100} = 2,70 \text{ cm}^2$$

$$\gamma = 0,937.$$

Se aleg bare de armare ϕ 8/15 cm, cu $A_a = 3,35 \text{ cm}^2$.

Armarea se face pe o singură direcție cu armătura de rezistență paralelă cu latura scurtă (fig. 7.6). Armătura de repartiție: ϕ 6/15 cm (fig. 7.7).

7.6.2 Calcule de deviz

Extrasul de materiale pentru varianta 1 este prezentat în tabelul 7.6, iar devizul analitic, pe stadii fizice, este prezentat în tab. 7.7. Pentru varianta 2 devizul este redat în fig. 7.8

Tabelul 7.6

EXTRAS DE MATERIALE	
Beton B 200	0,235 mc
Armatura	24 kg
Hidroizolatie	5,12 mp
Bitum	10,00 kg
L 20×20×3	10,91kg
OL 20×1000×5	1,88 kg
OL 20×2000×5	3,77 kg
Geam 5 mm	2,30 mp
Cheder cauciuc	10,47 ml
Teava 1½"	7,87ml

Tabelul 7.7

Nr. crt.	Articol de deviz	UM	Cant.	Preț unitar (PU)	Valori totale		
					Material	Manop.	Utilaj
0	1	2	3	4	5	6	7
1	<u>CB 01 x B</u>						
	-Dulapi rășinoase	m ³	0,114	220000	25080	-	-
	-Decofrol	kg	0,7	660	462	-	-
	-Material mărunț	%	0,45	-	115	-	-
	-Manopera	ore	11,352	1941	-	22034	-
	-Utilaj	ore	-	-	-	-	-
2.	<u>CA 05 x B</u>						
	-Beton B200	m ³	0,242	117873	28525	-	-
	-Manopera	ore	1,558	1900	-	2960	-
	-Utilaj	-	-	-	-	-	-
3.	<u>CC 02 x B</u>						
	-Oțel beton OB 37 > 8	kg	15,63	1320	20632	-	-
	-Sârmă ϕ 1,25	kg	0,15	1320	198	-	-
	-Distanțieri	buc.	5	200	1000	-	-
	-Manopera	ore	1,214	4000	-	4856	-
4.	<u>CC 02 x E</u>						
	-Oțel beton OB 37 < 8	kg	12,195	1500	18293	-	-
	-Sârmă neagră ϕ 1,5	kg	0,12	1320	158	-	-
	-Manopera	ore	1,006	4000	-	4024	-
5.	<u>CK 10 x A</u>						
	-Luminator metalic	kg	16,56	1500	24840	-	-
	-Material mărunț	%	0,05	-	124	-	-
	-Manoperă	ore	6,895	1941	-	13383	-
6.	<u>CM 03 x D</u>						
	-Geam tras simplu 5 mm	m ²	2,65	10066	26675	-	-
	-Chit de miniu	kg	0,8	847	678	-	-
	-Manopera	ore	2,645	1200	-	3174	-
7.	<u>CN 03 x C</u>						
	-Vopsea Vinarom	kg	0,22	7910	1740	-	-
	-Grund alb Vinarom	kg	0,09	5546	500	-	-
	-Ipsos pt. construcții	kg	0,04	122	5	-	-
	-Hârtie de șlefuit	buc	1	100	100	-	-
	-Manoperă	ore	1	1914	-	1914	-
8.	<u>IZ D02 x A</u>						
	-Grund tip G 335 - 2	kg	0,06	6372	382	-	-
	-Diluant tip D 005 - 1	kg	0,006	1052	10	-	-
	-White spirt rafinat	kg	0,004	2714	11	-	-
	-Bumbac de șters	kg	0,0003	-	-	-	-
	-Manoperă	ore	0,03	3000	-	90	-

0	1	2	3	4	5	6	7
9.	<u>IZ FO 4 x e</u>						
	-Bitum pt. hidroizolații	kg	11,26	611	6880	-	-
	-Deșeuri de lemn	kg	11,26	100	1126	-	-
	-Filer de calcar	kg	2,05	500	25	-	-
	-Pânză bitumată tip A55	m ²	5,9	1435	8467	-	-
	-Manoperă	ore	1,89	3800	-	7182	-
	-Utilaje	-	-	-	-	-	-
	Total 1				165902	69617	
	Cheltuieli aprovizionare 15 % din val. material				24885		

	Manopera se indexează cu 20 %				190787		
						11923	

	Total 2				262237	71540	
	Diverse, neprevăzute 5%				13116		

	Total varianta I				275443		

Observatii.

Prețurile la materiale corespund pentru luna septembrie 1996.

Prețul betonului gata preparat - produs de Prefatim Timișoara

Prețul manoperei - preț aplicat la tarif orar în septembrie 1996 în Prefatim Timișoara și Extraceram

Tabelul 7.8

Nr. crt.	Articol de deviz	UM	Cant.	Preț unitar (PU)	Valori totale		
					Material	Manop.	Utilaj
0	1	2	3	4	5	6	7
1.	<u>CK 10 x A</u> -Luminator metalic -Material mărunț -Manoperă	kg % ore	16,56 0,05 6,895	1500 - 1941	24840 124 -	- - 13383	- - -
2.	<u>CM 03 x D</u> -Geam tras simplu 5 mm -Chit de miniu -Manopera	m ² kg ore	2,65 0,8 2,645	10066 847 1200	26675 678 -	- - 3174	- - -
3.	<u>IZ D02 x A</u> -Grund tip G 335 - 2 -Diluant tip D 005 - 1 -White spirīt rafinat -Bumbac de șters -Manoperă	kg kg kg kg ore	0,06 0,006 0,004 0,0003 0,03	6372 1052 2714 - 3000	382 10 11 - -	- - - - 90	- - - - -
4.	Bazin sticlă geam 5 mm Manopera	m ² ore	3,54 5	10066 2000	35634 -	- 10000	- -
	Total 1 Cheltuieli aprovizionare 15 % din val. material				87674 13151 ----- 100825	26647	
	Manoperă indexare 20 %					5330 ----- 31977	
	Total 2 Diverse, neprevăzute 5%				132802 6640 -----		
	Total varianta II				139442		

7.7 Îmbunătățiri ale prototipului

Apa condensată pe acoperișul de sticlă, reflectă o parte destul de importantă a radiației solare incidente, mai ales în cazul condensării sub formă de film, ceea ce are ca urmare micșorarea căldurii utile și deci a producției de distilat.

Indiferent de tipul condensării vaporilor (laminară sau sub formă de picături) și ulterior de felul curgerii de-a lungul acoperișului înclinat, viteza de alunecare a condensului este factorul cu influența cea mai mare asupra pierderilor de energie prin reflexie. **Pentru reducerea efectului negativ al staționării condensului pe pereții acoperișului, propunem utilizarea unui sistem mecanic de dirijare rapidă a condensului spre jgheburile colectoare. Acesta este format din două ștergătoare de parbriz, acționate electric.**

Pentru o anumită intensitate a radiației solare, independent de suprafața acoperișului, am obținut curbe de variație a producției P_z funcție de turația motorului de acționare a ștergătoarelor cu alura din figura 7.8.

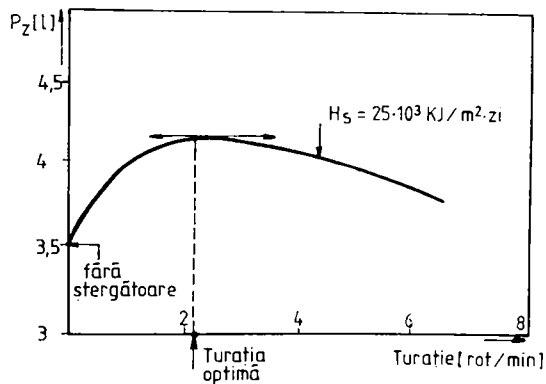


Fig. 7.8

Pentru toate valorile de turație încercate (0,5;1;2;5;10;20)rot/min, pentru H_5 dat, am obținut un maxim al producției situat în apropierea valorii de 2 rotații/minut. Prin utilizarea ștergătoarelor, producția zilnică de apă crește cu aproximativ 20 %.

Utilizarea ștergătoarelor a avut ca rezultat benefic și micșorarea inerției termice a sistemului, adică a timpului până la începerea producției de la 40 minute (fără ștergător), la aproximativ 20 minute, așa cum se observă și din graficul din fig. 6.29

Ca sistem mecanic de dirijare a condensului poate fi utilizat orice grup motor-ștergător de parbriz de la autoturisme, cu montajul adaptat blazei. Costul unui astfel de sistem este de aproximativ 400.000 lei (la prețurile anului 1996), incluzând și acumulatorul necesar furnizării puterii de aprox.3-4 W.

CAPITOLUL 8

ASPECTE ECONOMICE PRIVIND BLAZA SOLARĂ

8.1. Considerații generale

O problemă critică pe care o ridică utilizarea distilatoarelor solare o reprezintă costul lor, comparativ cu cel al procedeelelor alternative. După cum am arătat în capitolul 5 există numeroase procedee de distilare, fiecare cu mai multe variante constructive. O parte din ele au fost testate, iar câteva au fost chiar exploatate la nivel industrial. Studii privind aspectele economice, de cele mai multe ori cu scop limitat, au fost asociate unora dintre aceste procedee.[14],[105],[140]

În contrast cu alte procedee de potabilizare la care costul energiei utilizate este foarte important, dacă nu chiar cel mai important element al costului total, energia utilizată în distilarea solară nu implică practic nici un cost. Experimentele efectuate au arătat că valoarea costului mâinii de lucru este mic, comparativ cu procesele de potabilizare convenționale. **Ca urmare, capitalul total investit pe unitate de distilare, în relație cu rata dobânzilor investiției și cu amortizarea**(care depind direct de durata de viață a instalației), **constituie elementele de bază care trebuie controlate în costul final al apei produse cu ajutorul blazelor solare.**[37].[152]

În evaluarea distilării solare, ca mijloc de producere a apei potabile, trebuie urmărite în mod uzual trei criterii economice:

1. pentru un anumit loc de instalare și pentru volumul de apă necesar a fi produsă, raportul dintre costul apei produse în blazele solare și cel al apei potabile obținute prin orice alt mijloc (costul relativ);

2. costul relativ al diferitelor variante de blaze solare și al câtorva procedee comerciale de obținere a apei potabile utilizând combustibili sau energie electrică. Problema nu se pune dacă apa potabilă naturală este mai ieftină decât cea obținută prin diferite procedee tehnice;

3. costul relativ, pentru întreaga durată de viață a instalației solare, dintre diferitele procedee solare care s-au dovedit tehnic fiabile, în afară de cazul când unul dintre procedeele clasice de

distilare este mai economic.

Așa cum am arătat anterior, cea mai mare parte a instalațiilor aplicate cu relativ succes o reprezintă cele de tip bazin. Deoarece instalația experimentală construită este de acest tip, calculele economice pe care le-am efectuat se referă numai la distilatoarele de tip bazin.

Deoarece în capitolul 7 am prezentat o calculație de cost pentru un modul de blază (cu suprafața de 2 m²), vom analiza în continuare costurile legate de o blază cu suprafață mai mare (100 m²). Pentru această dimensiune de blază producția de apă crește proporțional cu suprafața, în timp ce cheltuielile aferente au valori care nu se modifică totdeauna proporțional cu suprafața.

La distilarea solară, ca de altfel în aproape toate procedeele industriale, în costul total al produsului intră următoarele elemente de cost:

- materii prime, materiale și energie;
- cheltuieli de investiție;
- rata de amortizare a investiției;
- rata dobânzilor;
- impozite, taxe și asigurări;
- cheltuieli de întreținere și reparații (muncă și materiale).
- cheltuieli de funcționare și supraveghere a instalației;

8.2. Elemente de cost

8.2.1. Materiile prime și energia

Pentru distilarea solară, costul materiei prime poate fi asimilat cu cel al aducțiunii apei de prelucrat la bazinul blazei. În afara unei cantități mici de chimicale necesare a fi adăugate pentru a controla dezvoltarea microorganismelor în bazin, singura materie primă implicată în proces este apa brută^{*}.

Cu excepția situației (neobișnuite) în care apa de alimentare este disponibilă de la un nivel superior celui al bazinului, o cantitate mică de energie este necesară pentru pomparea apei în bazinul blazei. Deoarece energia pentru evaporare este furnizată de soare, nu apar alte costuri legate de energie. Uneori este necesară o anumită energie pentru a pompa apa produsă spre rezervoarele de stocare sau în sistemele de distribuție; aceste costuri trebuie incluse mai degrabă în costul stocării

*prin apă "brută" înțelegem în continuare apa de prelucrat, conținând fie impurități, fie componente în soluție care o fac improprie consumului.

și distribuției, decât în costul de producție.

Apa brută preluată de pe țărmul mării, poate fi considerată un avantaj economic. Costul apei preluate din puțuri sau fântâni are o valoare fixă, care depinde de costul forajului, al diferitelor cheltuieli anuale și al capacității de producție a puțului.

Analiza instalației experimentale și a altora similare arată că pentru costul apei brute și al energiei necesare pompării se ajunge la valori de aproximativ 0,008-0,03 $\$/m^3$. Valori puțin mai mici pot fi luate în calcul pentru situații favorabile, în timp ce valori mai mari trebuie avute în vedere pentru instalații mici cu localizare defavorabilă față de sursa de apă de alimentare. **Pentru instalația pilot de la Seceani acest cost este de 0,01 $\$/m^3$.**

8.2.2. Cheltuieli de investiții

Pentru estimarea cheltuielilor de investiție au fost propuse mai multe variante. Unele dintre acestea s-au bazat pe experiența actuală în construirea tipurilor de instalații cu dimensiuni diverse. Altele s-au bazat pe extrapolarea pentru dimensiuni mari a costurilor actuale pentru instalații de mai mici dimensiuni. Câteva variante s-au bazat pe considerații întrucâtva speculative implicând anumite costuri pentru materiale și cheltuieli de construcție.

Este evident că valoarea investițiilor va fi variabilă funcție de costul materiilor prime și al materialelor, de salarii și de cheltuielile de construcție.

Experiență practică, precum și datele din literatura consultată conduc la concluzia că în momentul de față, valoarea costurilor pentru blazele de tip bazin, având suprafața cuprinsă între 50 m^2 și 4000 m^2 , este între 10-20 $\$/m^2$; [112],[73] Această marjă de valori credem că este acoperitoare pentru toată gama de instalații experimentale sau industriale care pot fi construite în țară, incluzând diferite materiale și gabarite ale blazelor, precum și salarii dintre cele mai diverse, toate depinzând de localizarea geografică a acestora.

În câteva programe de dezvoltare ale acestor instalații, firme renumite estimează costurile de investiție chiar la valori puțin sub 10 $\$/m^2$; la Muresk-Australia, spre exemplu, costurile sunt în jurul a 6 $\$/m^2$. [47]

Cheltuielile de investiție singure nu sunt un criteriu suficient pentru compararea diferitelor instalații, deoarece nu pot fi utilizate direct în măsurarea costului unei cantități date de apă produsă. Ele ar putea fi reduse prin sacrificii la nivelul proiectării instalației, reducând cantitatea de apă dorită a fi produsă și (sau) durata de funcționare (de viață) a instalației. Ambele căi de reducere tind să crească costul apei produse.

Este foarte clar că numai **combinarea optimă a acestor trei factori - investițiile, durata de viață a distilatorului și producția anuală - constituie elementul fundamental în calculurile economice ale instalației.**

Defalcarea investițiilor totale în cheltuieli cu materialele și cheltuieli de construcție depinde foarte mult de proiectul blazei și de grilele de salarizare practicate în zona de construire. În unele cazuri, proporția este de 50 % - 50 %. În altele, mai ales pentru zone mai puțin industrializate, o pondere mult mai mare o au investițiile materiale.

Pentru exemplificare, prezentăm un deviz de calcul pentru pregătirea terenului în vederea construirii (montării) unei blaze având suprafața de captare totală de 100 m².

DEVIZ DE CHELTUIELI

1. TSE 06 x B

Pregătirea platformei de pământ în vederea așternerii unui strat izolator sau de repartiție din din nisip sau balast, prin nivelare manuală și compactare cu rulou compactor static autopropulsat de 10-12 tone. Se măsoara la 100 m².

Materiale

Apă	m ³	1 x 100 =	1 m ³
-----	----------------	-----------	------------------

Manoperă

Muncitor necalificat	ore		13,25 ore
----------------------	-----	--	-----------

Utilaj

Rulou compactor	ore		1,40 ore
-----------------	-----	--	----------

DA 06 A

791611010000

Strat de agregate naturale cilindrate, având funcția de rezistență filtrantă, izolare, aerisire, antigelivă și anticăpilară cu așterneri manuală. Se măsoară la m³ după compactare.

$$100 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m grosime} = 10 \text{ m}^3$$

Materiale

Nisip 0 - 7 mm	m ³	1,311 x 10 =	13,11 m ³
----------------	----------------	--------------	----------------------

Apă	m ³	0,232 x 10 =	2,32 m ³
-----	----------------	--------------	---------------------

Manopera

Muncitor	ore	1,16 x 10 =	11,6 ore
----------	-----	-------------	----------

Utilaje

Rulou compactor	ore	0,153 x 10 =	1,53 ore
-----------------	-----	--------------	----------

Nr. crt.	Articol de deviz	UM	Cant.	Preț unitar (PU)	Valori totale		
					Material	Manop.	Utilaj
0	1	2	3	4	5	6	7
1.	<u>TSE 06 x B</u>						
	-Apă	m ³	1	278	278	-	-
	-Manopera	ore	13,25	-	-	19716	-
	-Utilaj	ore	1,40	-	-	-	35000
2.	<u>DA 06 A</u>						
	-Nisip 0-7	m ³	13,11	117990	26675	-	-
	-Apă	m ³	2,32	645	678	-	-
	-Manopera	ore	11,6	-	-	18560	-
	-Utilaj	ore	1,53	-	-	-	38250
	Total				118913	38276	73250
	Total general				230439		
	Diverse, neprevăzute 5 %				11522		

	Cost amenajare teren				241961		

Observație. Prețurile în lei sunt la nivelul lunii septembrie 1996, iar tarifele sunt negociabile

funcție de executant.

În tabelul 8.1 prezentăm cheltuielile de investiție în câteva instalații construite deja sau numai proiectate, cu repartizarea (aproximativă) pe categorii de cheltuieli, precum și cheltuielile estimate pentru instalația experimentală construită de noi. Compararea trebuie făcută cu prudență datorită diferențelor sensibile de preț cât și modificării acestora în timp (în special pentru instalația proprie).

Trebuie să menționăm că pot apărea variații destul de mari ale volumului investițiilor în funcție de localizarea instalației propuse.

Disponibilitatea și intermitența radiațiilor solare este un factor important al producției distilatorului și deci al costului. Prețul materialelor și costul transportului lor la locul de utilizare depind de gradul de industrializare al țării, de distanțele și accesibilitatea locului de construire.

Tabelul 8.1 Cheltuieli de investiție ale unor blaze solare (\$/m²)

	Las Marinas (500m ²)			Daytona Beach (300m ²)			Patmos (4000m ²)			Proiect SUA (2000 m ²)			Instalația propusă (100 m ²)		
	Costuri actuale			Costuri actuale			Costuri actuale			Costuri estimate			Costuri estimate		
	Mate-riale	Mano-pera	Total	Mat	Man.	Total	Mat	Man.	Total	Mat	Man.	Total	Mat	Man.	Total
1.Pregătirea terenului	0,26	0,4	3,6				0,1	0,9	1,0	0,1	0,2	0,3			
2.Construcții din beton	2,11	2,5	4,0				1,9	1,0	2,9	1,3	0,7	2,0			
3. Zidărie	0,63	0,7	1,1	0,9			0,6	0,4	1,0	0,3	0,1	0,4			
4. Materiale pentru izolații		3,2	5,1	2,6			1,5	1,0	2,5	0,5	0,15	0,65			
5. Sticlă	5,02	3,7	5,1	2,3			2,5	1,0	3,5	3,1	0,5	3,6			
6. Conducte, jgheaburi	1,88	0,3	0,4	0,6			0,3	0,1	0,4	0,2	0,05	0,25			
7. Echipament divers	2,46			0,5						0,2	-	0,2			
8. Electrice	1,78			0,5											
9. Operații speciale	1,46			1,9						0,9	0,1	1,0			
10. Rezervor pentru distilat		0,3	0,5				0,3	0,2	0,5	0,2	0,1	0,3			
11. Rame din aluminiu				2,8											
12. Onorariu antreprenor			3,2						1,2						
Subtotal		11,1	8,7	12,1	3,0	15,1			7,2	4,6	6,7	1,9			
Total	15,60		23,0			15,1			13,0			8,7			

Disponibilitatea și gradul de calificare al lucrătorilor, precum și costurile operațiilor de construcție constituie o a treia variabilă importantă.

Ca urmare, costul unei instalații gata proiectate poate varia, funcție de amplasament, cu până la 40%. În concluzie, cheltuielile de investiție pot fi estimate în faza de proiectare, dar calculul lor exact se face numai bazat pe cunoașterea condițiilor specifice ale locului de amplasare al instalației.

Considerațiile prezentate anterior pot fi subliniate prin câteva comparații, folosind unele date extrase din tab. 8.1. Se obține astfel tab.8.2 care prezintă pentru câteva instalații în funcțiune în alte țări și pentru instalația pilot, posibil de construit folosind proiectul modulului experimentat propus, cu suprafața de 100 m², cheltuielile cu manopera și cele materiale, precum și ponderea acestora în total investiție.

Tab. 8.2 Cheltuieli și ponderi ale acestora pentru câteva blaze solare

Cheltuieli cu : ----- Blaza	Manopera		Materiale	
	Valoare [\$/m ²]	Pondere în total I [%]	Valoare [\$/m ²]	Pondere în total investiții [%]
Daytona (SUA) (300m ²)	8,7	37	11,1	48
Proiect SUA (2000 m ²)	4,7	35	7,2	55
Patmos (Grecia) (4000 m ²)	3	20	12,1	80
Instalație pilot (România) (100 m ²)	1,9	22	6,8	78

Valorile sensibil mai mici ale manoperei pentru instalația de la Patmos (Grecia) și pentru instalația pilot proprie sunt datorate valorilor tarifelor orare ale lucrătorilor (5 \$/zi, respectiv 3 \$/zi) comparate cu cele ale unui lucrător din S.U.A.. (30 \$/zi). Ca urmare, costurile cu materiale și manopera, vor fi semnificativ mai mici în regiunile unde tarifele de salarizare sunt mai mici, așa cum este și cazul țării noastre.

O estimare aproximativă a investițiilor necesare poate fi făcută considerând costurile materialelor la valori de aprox. 5-10 \$/m² și necesarul de manoperă de 3-10 om-oră/m², depinzând de gradul de tehnicitate al echipamentului utilizat. Pentru instalații de mare întindere, manopera ar putea fi redusă până la 1 om-oră/m².

Fondul de rulment și prețul terenului nu au fost incluse în cheltuielile de investiții datorită valorii lor ne semnificative în total. **Chiar și la un preț de 500 \$/ha, terenul costă numai 0,05 \$/m². Aceasta reprezintă pentru comunități mici și regiuni asemănătoare cu cele din țara noastră, mai puțin decât 1 % din totalul cheltuielilor de investiții.** Este de remarcat că pentru majoritatea tipurilor de distilatoare este necesar ca suprafața să fie plană, iar dacă este necesară o nivelare a terenului, costul operațiilor de pregătire pentru construcție poate crește în mod semnificativ.

Nu au fost luate în calcul investițiile în sistemul de distribuire a apei, deoarece acestea, în măsura în care există, pot fi considerate ca parte a sistemului de alimentare cu apă, indiferent dacă apa distribuită este naturală sau obținută prin desalinizare. Deoarece aceste costuri variază în limite largi, de la 0 până spre 0,2 \$/m³, includerea lor în aceste calcule economice ar face neclară compararea între diferitele variante de procese și instalații. Prin urmare, ne vom rezuma la operațiile și costurile aferente distilatorului propriu-zis, precum și împrejurimilor sale. Dacă stocarea apei este o componentă obiectivă a procesului de obținere a apei, costul ei trebuie luat în considerare. Calculele aferente sunt prezentate separat.

8.2.3. Amortizarea investițiilor

Dintre toate componentele costului distilării solare deprecierea echipamentului este cel mai puțin bine stabilită. Nici o instalație solară nu a funcționat încă un timp destul de îndelungat pentru a stabili experimental durata uzuală de viață.

Există în funcționare, în momentul de față, două tipuri de blaze solare:

1. -realizate din materiale asemănătoare cu cele utilizate în construcții: sticlă, beton, asfalt, bitum, cauciuc siliconic, sau alte materiale de etanșare;
2. -realizate, cel puțin parțial, din materiale a căror fiabilitate în acest domeniu de utilizare este puțin cunoscută: folii și materiale plastice pentru acoperișuri și căptușeli, metale galvanizate, beton și lemn.

Considerând distilatoarele din prima categorie, durata de viață presupusă este de 20 ani putând ajunge chiar la 50 de ani, funcție de calitatea întreținerii și în absența unor deteriorări accidentale.

Un factor important în calculul amortizării, puțin cuantificat în momentul de față, îl constituie uzura morală a proiectului (demodarea). Dezvoltarea de proiecte îmbunătățite, probabil incluzând sisteme mai ieftine, mai durabile sau mai eficiente, poate impune o amortizare mai rapidă a unei instalații existente, parțial demodată. Creșterea necesarului de apă al unei comunități, prin creșterea

populației sau prin dezvoltare industrială cu necesitatea măririi suprafeței distilatorului peste anumite limite, poate face ca alte procedee de obținere a apei să devină mai economice. Distilarea solară este în mod special vulnerabilă la uzura morală (demodare) din cauza caracterului intensiv al investițiilor sale de capital.

La stadiul actual al dezvoltării distilării solare este probabil imprudent să anticipăm mai mult de 20 de ani de funcționare economică a instalației. Pentru anumite localizări și 20 de ani este prea mult. Se pare că la acest tip de blaze solare, durabilitatea materialelor este suficient de mare pentru ca factorul limitativ să fie uzura morală (demodarea) și nu uzura fizică (deteriorarea) a construcției.

Deci, 20 de ani este perioada maximă de funcționare economică ce poate fi prevăzută prin proiect. Estimarea duratei de serviciu a unor instalații încă neexperimentate, trebuie făcută cu deosebită prudență.[152]

Pentru distilatoarele din categoria a doua, există o experiență foarte limitată în timp. Despre foliile din plastic (poliester, polivinil) se știe că au o durată de viață de câțiva ani (2-3). Amortizarea în acest tip de distilatoare trebuie făcută pentru două categorii de elemente: cele care au o uzură lentă, sticlă, beton și cele cu uzură rapidă. În perspectiva apariției unor materiale plastice cu calități superioare, rata amortizării trebuie calculată pentru maximum 3 ani de funcționare, incluzând deci o rată anuală de 33 % sau mai mult pentru componentele cu uzură rapidă. Cu toate că pot fi folosite și metode de calcul mult mai detaliate pentru obținerea amortizării, utilizarea lor nu se justifică datorită numeroaselor elemente aproximative pe care le conține calculul. Prin urmare, cifrele sugerate anterior sunt în măsură să evalueze suficient de corect amortizarea în stadiul actual de dezvoltare a distilării solare.

8.2.4. Rata dobânzilor

Dobânzile la capitalul investit sunt un factor important de influență în costul apei produse prin distilare solară. Au marje largi de variație de la o localizare la alta.

În mod normal, departamentele guvernamentale sunt capabile să dispună împrumuturi cu dobânzi reduse, ținând cont că asigurarea apei potabile este o problemă de interes public. În țările industrializate, rata anuală curentă este de 5 până la 7 %, cu un plus de 1-2 % pentru credite speciale.[115] În țările mai puțin dezvoltate, valoarea este de 15 % sau mai mult. **La noi în țară, dacă evoluția dobânzilor la credite este cea actuală, aprecierea valorii preferențiale de 10-15 % este plauzibilă.**

8.2.5. Impozite, taxe și asigurări

Impozitele și asigurările pentru o blază solară tip bazin pot varia în limite largi, depinzând de tipul de proprietate și de politica fiscală a organismelor implicate. **Ca proprietate a municipalității sau a unei comunități, instalația ar fi scutită de taxe**, iar rezervele financiare ale proprietarului în acest caz ar permite autoasigurarea ei.[146] Pe de altă parte, ca proprietate privată, taxele sunt mai mari, asigurările de asemenea. Sunt necesare asigurări împotriva deteriorărilor blazei și asigurări ale personalului. Deteriorările instalației pot avea următoarele cauze: vântul, cutremurele, dezordini civile, vandalism, animale nesupravegheate. În numeroase situații și în special pentru țara noastră, ar putea fi asigurate subsidii publice pentru activitatea de producere a apei potabile, ceea ce ar reduce sau chiar elimina complet costurile aferente impozitelor și taxelor.

8.2.6. Cheltuieli de întreținere și reparații

Costul anual al întreținerii și reparării unui distilator solar se ia, prin convenție ca procent din totalul capitalului investit. Se speră că, în curând, evaluarea acestui procentaj să se facă mai precis, odată cu dobândirea de experiență și vechime în utilizarea instalațiilor. Momentan se fac numai aproximări, pe baza datelor culese pentru perioade scurte de funcționare de numai câțiva ani. Proiectul de blază propus, practic nu necesită întreținere permanentă. Dacă nu ar fi astfel și ar fi necesară întreținerea zilnică, costul distilatorului ar deveni prohibitiv. Spre exemplu, un singur angajat pentru întreținere la un distilator de 10.000 m² la care fiecare modul ar trebui abordat o dată pe an, ar avea zilnic de întreținut 40 m². Dacă ar fi necesare operații ca izolări, reparații parțiale, curățiri, acest volum de muncă ar fi maximumul pe care l-ar putea îndeplini. Într-o țară industrializată activitatea sa ar costa cam 5000 \$/an, iar dacă distilatorul ar putea produce 1m³/m² de apă pe an, numai costul întreținerii ar reprezenta 0,5 \$/m³:[106]. În țări unde salariile sunt mai mici, costul întreținerii este mai mic, aprox. 0.1 \$/m³ apă produsă.[60]

Exemplul prezentat arată ca fiind deosebit de important ca instalația să nu necesite practic întreținere.

Pentru blaza cu suprafața utilă totală de 100 m², formată di 50 de module de câte 2 m², normarea muncii pentru personalul de întreținere se face după cum urmează:

-FML = 1 executant / muncitor gr. I

-Salar (luna sept. 1996) - 201.950 lei / lună (1185.80 lei / oră)

-Procesul de muncă cuprinde:

- demontare acoperiș și spălare cu jet de apă o dată pe săptămână;
 - alimentarea - la două zile - cu apă a fiecărui modul;
 - asigurarea curățeniei zonei de funcționare a instalației;
 - spălarea cu apă a acoperișului o dată pe săptămână
- Gradul de ocupare al personalului:

$$50 \text{ module/săptămână} : 5 \text{ zile} = 10 \text{ module / zi}$$

$$10 \text{ module / zi} : 8 \text{ ore} \approx 1,2 \text{ module / oră}$$

$$UM = 1 \text{ modul}$$

-Norma de timp (N_T):

$$N_T = 48 \text{ minute / modul} = 0,80 \text{ ore.zi / modul}$$

-Retribuția:

$$PU / \text{buc} = 0,80 \cdot 1185,80 = 948,65 \text{ lei / modul}$$

-Norma de producție (N_p):

$$N_p = TM / N_T = 8 \text{ ore} / 0,8 \text{ ore/buc} = 10 \text{ buc} / 8 \text{ ore.}$$

Pentru un distilator din materiale standard și proiectat cu minimum de lucrări pentru întreținere și reparații, rata anuală de 1-2 % din cheltuielile de investiții este cea mai probabilă. Cu alte cuvinte, reparațiile necesare trebuie considerate numai acelea datorate funcționării în condiții atipice ocazionale.

În comparație cu alte instalații de desalinizare de mici dimensiuni, costurile mici pentru întreținere și reparații aferente distilării solare reprezintă un mare avantaj al metodei.

La blazele utilizând folii din plastic și alte materiale (metal, lemn), deși nu există destulă experiență în utilizarea lor, se pot lua 2-4 % din investițiile totale drept cheltuieli de întreținere și reparații.[122]

Pentru instalația propusă a fi aplicată în țară, ținând seama de nivelul salariilor, de costurile materialelor pentru reparații și pentru transport, apreciem ca realistă valoarea de 0,3 % din total cheltuieli de investiții, pentru întreținere și reparații.

8.2.7. Concluzii privind elementele de cost

În paragrafele anterioare, estimările au fost făcute prin procente anuale din capitalul investit. Aceste valori trebuiesc ponderate anual cu ratele: de amortizare ale dobânzilor, ale impozitelor și asigurărilor, de întreținere și reparații. Suma acestor procentaje poate fi aplicată investiției totale

pentru a fi calculată valoarea cheltuielilor fixe anuale.

Bazat pe estimările anterior menționate și pe procentajele aferente, pentru o instalație "clasică", cu credite cu dobânzi preferențiale, costurile fixe anuale reprezintă 9-12 % din capitalul investit, iar pentru distilatoare "cu folie" cam 17-20 %. Pentru cheltuieli de investiții de 10 \$/m² și pentru o producție de apă de 1 m³/m² costurile fixe anuale vor fi de aproximativ 0,9-1,2 \$/m² corespunzând la 0,95-1,25 \$/m³ apă. Pentru investiții de numai 6 \$/m² (valoare apropiată de cea a instalației experimentale), am considerat o valoare de 11 % pentru costurile fixe (spre limita superioară a intervalului 9-12 %, acoperind eventuală uzură mai rapidă și cheltuieli de întreținere mai mari, datorate utilizării materialelor mai ieftine). În această situație costurile fixe ajung la aprox. 0,9 \$/m³.

Câteva valori comparative sunt prezentate în tab.8.3. **Pentru blaza proiectată și propusă a fi dezvoltată în țară, se remarcă valoarea satisfăcătoare a costului apei produse (0,90 \$/m³), deși am avut în vedere pentru estimare un procent la limita superioară, pentru cheltuielile fixe.** Evident, în condiții concrete, aceste cheltuieli pot fi micșorate sub 9 %. Menționăm că valorile prezentate în tab.8.1 sunt aproximative datorită unora dintre elementele de cost.

Tabelul 8.3 Ponderele cheltuielilor fixe în cheltuielile de investiții pentru câteva blaze solare

Cheltuieli de investiții CI [\$/m ²]	Localizare geografică	Producția medie [m ³ /m ²]	Costuri fixe		
			% din CI	\$/m ²	\$/m ³ apă produsă
6	* Australia	1	12	0.77	0.8
8	* Instalație pilot	1	11	0.85	0.90
10	* Proiect SUA * Patmos (Grecia)	1	9	0.9	0.95
15	* Las Marinas (Spania)	1	9	0.9	0.95
>20	* Daytona Beach (SUA)	1	8	0.8	1.0

În calculele prezentate în acest paragraf am considerat ca producție medie de apă 1 m³/m².an. Evident această valoare depinde foarte mult de regimul radiațiilor solare la locul de funcționare a instalației precum și de variațiile performanțelor sale datorate deteriorărilor premature sau insuficienței sau incorectei întrețineri. Deși valori ceva mai mari ale producției anuale, pot fi

obținute practic, apare ca improbabilă depășirea valorii de 1.25 m^3 de apă/ m^2 .an fără modificări esențiale (și costisitoare) ale proiectului, prin izolarea deosebită a fundației sau prin reutilizarea căldurii de vaporizare.

8.2.8. Cheltuieli de funcționare și supraveghere

Costul operațiilor legate de funcționarea și supravegherea distilatorului este un factor practic independent de valoarea investițiilor totale. Cheltuielile de funcționare nu includ întreținerea și reparațiile, ci se referă numai la manevrele de rutină pentru accesul și evacuarea apei de alimentare, a apei produse și a rezidului, a agenților chimici de tratare, pentru înregistrări de date curente, centralizarea aprecierilor consumatorilor privind apa produsă, precum și organizarea și supravegherea operațiilor de întreținere (dacă sunt necesare). Unele dintre aceste operații pot să nu fie incluse în anumite instalații, ele fiind executate de agenți specifici. Oarecum necuantificată este la ora actuală necesitatea de a spăla sau curăța bazinul blazei. Creșterea unor organisme vegetale nu este întotdeauna dăunătoare, dar o îndepărtare periodică a lor ar putea fi necesară.

Natura distilării solare face ca procesul să se autoregleze. Singurele manevre manuale ar fi pornirea pompelor de alimentare și evacuare-stocare și eventual adăugarea de chimicale lichide sau solide. Chiar dacă aceste manevre se fac manual și nu automat, și dacă operațiile de înregistrare și sondaj sunt efectuate la blază, sunt necesare numai câteva ore săptămânal, depinzând de mărimea instalației. **Practic, o blază care produce apă potabilă pentru o comunitate, necesită o singură persoană pentru operare, care poate desfășura această activitate în completare cu altele** În acest caz numai o parte din salarizarea sa este trecută în cheltuielile aferente distilatorului. Plata depinde de anvergura operațiilor solicitate și de tarifele de salarizare locale.

Există instalații care nu necesită deloc supraveghere și manevrare, cu excepția situațiilor datorate avariilor.

Din studierea mai multor exemple de instalații în funcțiune, rezultă că nu există motive pentru ca salariile să depășescă 600 \$/an. Această valoare este relativ mică pentru instalațiile mari (peste $50 \text{ m}^3/\text{zi}$) și apreciabilă pentru cele mici (cca. $4 \text{ m}^3/\text{zi}$).

Deci, cu excepția regiunilor unde munca relativ necalificată este ieftină (maximum câțiva \$/zi), cheltuielile cu salariile trebuie reduse la minimum sau chiar eliminate prin automatizare.

Din acest punct de vedere, țara noastră, datorită tarifelor de salarizare practicate, prezintă avantaje evidente.

8.3. Costul apei produse

8.3.1. Productivitatea distilatorului

Pentru a putea calcula costul total al apei produse este necesară cunoașterea cantității de apă care poate fi produsă pe unitate de capital investit (sau pe unitate de suprafață). Productivitatea blazei este analizată mai în detaliu în cap.6. **Am arătat că producția obișnuită a unei blaze solare poate ajunge la $1 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{an}$, la care se poate adăuga apa captată din precipitații.**

8.3.2. Costul stocării

Este dificil de exprimat ponderea costului stocării în costul total al apei produse. Totuși, utilizând datele din tabelul 7.3, prezentăm în continuare un exemplu de calcul, în următoarele ipoteze:

- nu se captează apă din precipitații;
- cererea de apă este uniform distribuită pe an;
- întreaga cantitate de apă potabilă este furnizată de blaza solară.

Pentru a obține necesarul de stocare, am considerat ca producție lunară medie 8000 l/lună. (cu datele obținute din tab.7.3) egală cu necesarul de consum.

În tab.8.4 în coloana a doua sunt date valorile producțiilor lunare, iar în coloana a 3-a excesul sau deficitul de producție față de 8000 l/lună necesar. Se observă că din aprilie până în septembrie există un exces total de producție de aprox.20.000 l. Dacă acest exces ar fi stocat, s-ar acoperi deficitul din lunile octombrie până în aprilie.

Costul unui astfel de rezervor de stocare este de aproximativ 5000 S pentru exemplul considerat, având ca efect o creștere a costului de investiții cu aprox. 13 %, ceea ce ar adăuga la costul apei produse până la $0,15 \text{ S}/\text{m}^3$, la o apă al cărei cost este de aprox. $1 \text{ S}/\text{m}^3$. Exemplul consideră un necesar de stocare mare. Trebuie să menționăm că o eventuală captare a precipitațiilor de iarnă ar reduce atât gabaritul blazei, cât și necesarul de stocare.

Tabelul 8.4 Estimarea producției lunare a blazei și capacitatea de stocare necesară

Luna	Producția medie a lunii	Excesul (+) sau deficitul (-) lunar de apă	Totalul excesului sau deficitului
-	{1}	{1}	{1}
Aprilie	9100	+ 1100	
Mai	11800	+ 3800	
Iunie	12200	+ 4200	
Iulie	12900	+ 4900	
August	11800	+ 3800	
Sept.	10300	+ 2300	+ 20100
Oct.	8000	0	
Nov.	3900	- 4100	
Dec.	2500	- 5500	
Ian.	2100	- 5900	
Feb.	3900	- 4100	
Martie	7500	- 500	-20100

8.3.3. Costul apei produse

În rezumat, costul total al apei produse se compune din:

1. -costurile fixe anuale, ca procent din valoarea capitalului investit;
2. -costul anual al alimentării cu apă a blazei (costul materiei prime și al energiei);
3. -costurile variabile anuale (cheltuieli de operare și supraveghere).

Prin împărțirea costului total la producția anuală de apă (plus cantitatea de apă colectată din precipitații) se obține costul unui m³ de apă produsă. Dacă toată această apă produsă este și utilizată, se obține costul unui m³ de apă utilizată.

Relația de calcul (8.1) permite obținerea costului unui m³ de apă (S'/m³).

$$C = \frac{10^{-2}I(\bar{A} + \bar{D} + \bar{I}\bar{R} + \bar{T}\bar{A}) + T S N + C_{Al}}{S(Q_p + Q_c)} \quad (8.1)$$

unde: C = costul apei produse ($\$/m^3$)

I = investiții totale (\$)

A = amortismente anuale (% din I)

D = dobânzi la credite pentru investiții (% din I)

IR = cheltuieli de întreținere și reparații (% din I)

TA = taxe și asigurări (% din I)

T = timp anual de muncă (om oră)

s = salariul ($\$/om$ oră)

N = număr de lucrători

C_{AL} = costul total anual al alimentării cu apă a blazei (cheltuieli cu materialele și energia)(S)

Q_p = producția anuală specifică de apă (m^3/m^2)

Q_c = cantitatea anuală specifică de apă colectată (m^3/m^2)

S = suprafața utilă a blazei (m^2)

Deoarece unii termeni ai ecuației (8.1) depind de mărimea (suprafeței) blazei, iar alții nu, un calcul al costului efectiv trebuie bazat pe cunoașterea valorii suprafeței utile a bazinelor. În orice caz, ponderea cea mai mare în costul apei produse, o au cheltuielile fixe, care sunt legate de valoarea capitalului investit.

Valoarea investițiilor este aproape direct proporțională cu mărimea blazei, deoarece costurile relativ constante ale pompelor, conductelor și accesoriilor sunt mult depășite de costurile de construcție propriu-zise, proporționale cu suprafața.

Prin urmare, pentru blaze destul de mari (ex. având o productivitate medie anuală mai mare de $30 m^3/zi$, ceea ce presupune o suprafață de cel puțin $10.000 m^2$), în relația (8.1) pot fi neglijați termenii aferenți costurilor variabile și C_{AL} , iar valoarea costurilor fixe reprezintă aproape exact costul apei produse. La valoarea astfel obținută pot fi adăugați câțiva cenți aferenți C_{AL} .

Pentru blaze mici (sub $1m^3/zi$ producție), costurile variabile și C_{AL} nu trebuie neglijate.

Cu aceste considerente, costul apei produse poate lua valori între $(0.8-1.6) \$/m^3$, cu multe variații în plus (datorate eventualei neutilizări complete a apei produse), sau în minus (dacă se captează precipitații sau (și) se utilizează mână de lucru ieftină).

Un calcul al costului apei produse în blaza prototip de $100 m^2$ a condus la valoarea de $\approx 1900 lei / m^3$ (la prețurile lunii septembrie 1996).

Considerăm ca deosebit de promițătoare pentru dezvoltarea blazei propuse valoarea obținută, prin comparare cu costul unui m^3 de apă potabilă furnizată de Aquatim, care este de aproximativ

1500 lei / m³ (septembrie 1996).

8.4. Comparații economice

Se pot face comparații între costul apei obținute în blaze solare și obținute prin alte procedee alternative sau o comparație cu alte metode de desalinizare a apei.

Există numeroase situații în care apa potabilă este scumpă sau în care dezvoltarea umană sau economică este limitată de insuficiența acesteia.

Costul apei potabile depășește valoarea de 1,6 \$/m³ în situația în care ea este transportată cu cisterne sau sacale, cu ajutorul animalelor sau chiar de către om. În locurile în care apa potabilă este scumpă, cauza o reprezintă fie inexistența apei în general, fie existența apei de proastă calitate, nepotabilă (prin depășirea pragului de ppm admisibil, exces de săruri dizolvate etc.)

Pentru zone aride, semideșertice, cu apă brută la adâncime mică sau unde sursele de apă potabilă sunt la distanțe mai mari decât 100 km, blazele solare complet automatizate sunt evident de preferat.

Este cazul unor întinse zone de pășunat din Australia, America de Sud, Africa Ecuatorială. Singura problemă care trebuie rezolvată pentru astfel de situații este aceea a depozitării concentratului rezultat în urma producerii apei potabile.

O altă situație în care blazele solare pot fi o alternativă economic viabilă este aceea în care în regiune există apă suficientă, dar de proastă calitate (fie sărată, fie sălcie, fie cu alte componente minerale prezente sau absente). Este cazul majorității localităților sau chiar zonelor de la noi din țară, în care nu sunt întrunite toate caracteristicile de potabilitate.

Pot fi luate spre comparație cu distilarea solară, următoarele alte metode de distilare nesolare:

1. evaporarea simplă cu căldură
2. evaporarea cu efect multiplu
3. compresia de vapori
4. osmoza inversă și electrodializa.

Pentru instalații uriașe (peste 5000 m³/zi), distilarea solară la nivelul actual nu poate concura din punct de vedere economic cu evaporarea simplă.

Evaporarea cu efect multiplu devine foarte scumpă - sub 50 m³/zi producție.

Calculul economic arată că pentru un necesar de apă între 20-100 m³/zi, un cost estimat al apei produse prin distilare solară de 0,8 \$/m³ este mai mic decât al oricărui alt procedeu care presupune aducerea combustibilului necesar din altă parte. Afirmația este în mod special adevărată

acolo unde mâna de lucru este ieftină și unde există restricții (severe) privind sursele de energie convenționale, calificarea forței de muncă sau pierderile de căldură.

Compresia de vapori concurează ca alternativă pentru producții între 50-200 m³/zi, devenind neeconomică sub 50 m³/zi sau peste 200 m³/zi.

Putem afirma că pentru apa potabilă obținută din ape brute mediu impure, la un necesar între 20-50 m³/zi, blazele solare sunt în mod curent soluția optimă economic.

Pentru valori între 50-100 m³/zi, se analizează în condițiile specifice ale locului de instalare a blazei, evaporarea cu efect multiplu, compresia de vapori și distilarea solară.

Peste 100 m³/zi distilarea solară iese din discuție.

Sub 20 m³/zi trebuie analizate în condițiile specifice metodele utilizând combustibil clasic, osmoza inversă și distilarea solară, cu mențiunea că aceasta din urmă are o mult mai mare flexibilitate în eventuala modificare a cererii.

Considerațiile mai sus menționate sunt centralizate și prezentate în tab.8.5.

Tabelul 8.5 Domenii de utilizare pentru unele procedee de obținere a apei

Producția [mc/zi]	< 20	20-50	50-100	100-200	200-300	> 300
Procedee de obținere a apei:						
Distilare solară		OPTIM				
Evaporare simplă						
Evaporare multi - efect						
Compresie de vapori						
Osmoză inversă; Electro-dializă						

8.5. Concluzii privind aspectele economice

În momentul actual, la nivel mondial, s-au realizat și funcționează câteva sute de blaze solare care permit unele concluzii economice.

Blazele tip bazin construite din materiale durabile, au mărimi cuprinse între câțiva m², și mii de m², cu costuri de construcție între 6-20 \$/m². La aceste costuri, cu productivități, amortizări și costuri variabile uzuale, costul apei produsă în condiții climatice favorabile este cuprins între 0,8 -

1,6 \$/m³. Dacă se colectează și se utilizează și apa din precipitații, acest cost poate scădea sub 0.8 \$/m³.

Dintre numeroasele tipuri de blaze solare prezentate și analizate până acum, cele construite din beton, asfalt, sticlă și metale necorodabile pare că au cele mai mari șanse de a se impune; în mod curent ele sunt și sursele cele mai ieftine de apă potabilă. Am arătat că la blazele solare utilizând sticla pentru acoperiș, costurile fixe, costurile variabile și cele cu materiile prime reprezintă cam 10 % din totalul investiției necesare, în timp ce la blazele utilizând folii din plastic, reprezintă cca. 20 %. La acestea din urmă, cercetările întreprinse în ultimul timp au ca urmare o continuă scădere a costurilor, ceea ce le va face să devină în cel mai scurt timp competitive.

În ansamblul procedeeelor de desalinizare, distilarea solară are avantaje economice pentru capacități de până la 100 m³/zi, în special pentru producții de 20 – 50 m³/zi.

Pentru comunitățile mici, relativ izolate, în climat cu insolație anuală suficientă, în zone unde sursele clasice de energie nu sunt disponibile sau sunt scumpe, unde mâna de lucru este în exces, blazele solare au avantaje economice distincte între procedeele de desalinizare. Costul total al apei produse în aceste condiții, deși mai mare decât al apei potabile produse pe scară largă în comunități mari, este totuși sensibil mai mic decât cel al unor surse alternative, așa cum am arătat deja. De o importanță specială în economicitatea blazelor solare este posibilitatea de a se folosi materiale de construcție disponibile la locul de amplasare.

Cu aceste observații, se poate aprecia că în perspectivă, costul (încă) destul de mare al apei produse, vă scădea constant.

Dacă la costul apei obținute în blaza prototip aplicăm un coeficient de corecție pentru factori locali defavorabili ($k = 1,1$), obținem o valoare de aproximativ 2100 lei / m³ apă potabilă. Chiar și această valoare este deosebit de competitivă în condițiile în care costul apei furnizate - acolo unde este cazul - (în medie 1500 lei / m³), crește continuu.

CONCLUZII

• 1.Motivația alegerii temei

Este unanim recunoscut că rezervele de apă sunt limitate și destul de mici.Se poate vorbi de o criză a apei pe plan mondial și implicit național.Criza este **absolută**, ca urmare a secetei determinate de reducerea suprafeței pădurilor și de creșterea volumului total de apă consumată și **relativă** , datorată poluării,consecință a tuturor activităților desfășurate în industrie și agricultură.

Zona de vest a României are probleme deosebite legate de insuficiența resurselor de apă precum și de calitatea necorespunzătoare a apei destinate consumului uman și animal.

2.Scopul lucrării

Prin analiza complexă, interdisciplinară, a unor zone geografice din țara noastră având probleme privind potabilitatea (ape salmastre, cu compoziție necorespunzătoare sau poluate) să oferim soluții practice pentru îmbunătățirea calității acesteia, utilizând energia solară.

3.Principalele realizări și contribuții

Din punctul de vedere al cercetării propriu-zise principala dificultate a constituit-o interdisciplinaritatea temei deoarece în fenomenele studiate au fost implicate simultan cunoștințe din domeniile:

- *hidrologie*; bazine hidrografice, debite, resurse de apă;
- *ecologie*; poluarea mediului și în particular a apelor, metode de înlăturare a efectelor negative ale agenților poluanți, legislație în domeniu;
- *chimie* ; stabilirea compoziției apei, distilare, remineralizare, osmoză, electroodializă;
- *igiena alimentației* ;condiții de potabilitate a apei, metode STAS de control a potabilității;
- *fizică*; unde electromagnetice (propagare, absorbție, reemisie).termodinamica fenomenelor

de transmitere a căldurii (radiație,conducție), fenomenele de evaporare și condensare,curgerea lichidelor;

- *tehnologie*; materiale de construcții, procedee de fabricație și montaj;
- *economie* ; elemente și calculații de cost, amortizări, analize economice;

În lucrare am încercat să aduc contribuții la înțelegerea fenomenelor complexe ce rezultă din suprapunerea domeniilor enunțate,analizând mecanismele fizico-chimice care au loc și contribuția fiecărui element în parte la realizarea scopului propus: potabilizarea în condiții tehnice fezabile și economic convenabile a apei salmastre sau/și poluate.

■ Capitolul 2 - "Apa potabilă în zona de vest a României" redă pentru început un studiu bibliografic privind dimensiunile și starea rețelei hidrologice și a nivelului general de poluare a acesteia.

Un studiu personal privind potabilitatea apei în zona de vest a României prezintă date culese la fața locului și apoi analizate, din aproximativ 100 de localități din județele Timiș, Arad și Caraș-Severin, completat cu date din statisticile Inspectoratelor Sanitare județene. **Rezultatele prezentate în tabelul 2.5 evidențiază calitatea necorespunzătoare a apei în numeroase localități.** Spre exemplu,în localitatea Parța (la grădiniță !) valoarea unora dintre componentele apei potabile este :

- nitriți	0,7	admis	0	mg/dm ³
- nitrați	128	admis	45	%
- substanțe organice	16	admis	10	mg/dm ³
- germeni	200	admis	20	coli/cm ³
- bacterii	28	admis	2	coli/100 cm ³
- fier	1	admis	0.1	mg/dm ³

Din analiza depășirii limitelor admise pentru diferitele caracteristici de potabilitate (tab. 2.5 și [167]) se pot constata următoarele:

-la substanțele organice exprimate în KMnO₄ se constată că aproape în toate determinările și forajele efectuate (96 %) există depășiri;

-la indicatorii NH₄, Fe, azotați, depășiri la 99 % din analize;

-la azotiți - 90 % depășiri;

-la mangan, clor, la 45 - 60 % din determinări s-au constatat depășiri;

-la calciu, în 38 % din analize se constată depășiri;

-se constată o tendință de alcalinizare a apei subterane, depășindu-se pH = 7.4;

-procentul de analize bacteriologice necorespunzătoare este de 50 %.

Trebuie să menționăm că unele date luate din statisticile Inspectoratelor sanitare s-au dovedit

neconforme cu analizele efectuate de noi în cele mai multe localități. Acest fapt denotă, pe de o parte, un nivel încă scăzut al responsabilității celor implicați, iar pe de altă parte, slaba dotare cu mijloace tehnice adecvate.

Cauzele principale ale calității necorespunzătoare a apei potabile din surse subterane sunt următoarele:

-folosirea incorectă a îngrășămintelor, pesticidelor și erbicidelor pe terenurile agricole. În momentul actual, în cea mai mare parte a localităților analizate, utilizarea lor se face anarhic, inconștient față de urmări;

-dejecțiile evacuate de către toate complexele de creștere a porcinelor și cele avicole;

-apele reziduale orășenești neepurate care ajung în apele de suprafață și apoi, prin infiltrare, în pânza freatică;

-depozitele de nămoluri neprelucrate de la complexele porcine, localități etc.

-existența unor bataluri de stocare a apelor reziduale (Bacova, Gătaia II, Partoș etc.).

Rezolvarea globală a problemei calității apei este posibilă numai prin înlăturarea completă a cauzelor care au generat degradarea ei. Aceasta este o problemă deosebit de complexă și, din păcate, de durată.

Până la "macrosoluționarea" problemei potabilității apei, ne propunem să oferim soluții concrete, specifice unei anumite zone, pentru purificarea apei utilizând energia solară.

■ În capitolul 3 am sintetizat legile care guvernează principalele fenomene implicate în termoconversia energiei solare:

- undele electromagnetice - ecuațiile lui Maxwell.aspecte cuantice;

- radiația termică și interacția radiațiilor solare cu atmosfera;

- predeterminarea intensității radiației solare pe plane cu orientare variabilă.

Prin programul RAD,se pot determina valorile curente ale principalelor mărimi fizice componente ale radiației solare I_s .

Pentru dimensionarea corectă a instalației de potabilizare utilizând energie solară este deosebit de importantă cunoașterea principalelor date meteorologice radiația solară globală,distribuția diurnă a acesteia,durata de strălucire a Soarelui,numărul zilelor cu cer senin,parametrii atmosferici,intensitatea și frecvența vântului.precipitațiile.

Toți acești parametri au fost înregistrați în fiecare zi, continuu sau la intervale orare fixate.Unele date au fost obținute din bibliografie [55], altele au fost urmărite pe parcursul anilor 1987-1995 în cadrul unor studii proprii [33],[35].

Duratele de insolație au valori mai mari decât cele pentru teritoriul Germaniei. comparabile

cu cele pentru partea centrală și de nord a Franței.

Comparativ cu celelalte regiuni din țară, în zona de vest se constată condiții meteorologice mult mai potrivite pentru utilizarea energiei solare.

Concluzia celor studiate în capitolul 3 este că, dintre toate zonele geografice ale României, zona de vest se caracterizează prin cel mai bun "potențial solar", având și un regim al precipitațiilor potrivit scopului pe care ni l-am propus.

■ Prezentarea, în capitolul 4, a legilor care guvernează transferul de căldură și a mărimilor fizice implicate a avut drept scop asigurarea premiselor pentru cercetările de optimizare a instalației concepute. O atenție deosebită a fost acordată fenomenelor de evaporare - condensare, acestea având rolul principal în creșterea eficienței blazei construite. Analiza condensării, cu cele două modalități de realizare - în film și în picături, a evidențiat că mai potrivită scopului propus este condensarea în film, cu viteza de deplasare a particulelor mărită printr-un procedeu original.

Un accent deosebit s-a pus în lucrare pe analiza metodelor de potabilizare a apei - osmoza inversă, electrodializa, termocompresia, distilarea, procedee combinate - astfel încât, din compararea avantajelor și dezavantajelor să se poată alege pentru studiu metoda cea mai convenabilă scopului propus în prezenta cercetare.

Ținând seama de condițiile climatice și de relief din zona de aplicare am ajuns la concluzia că cea mai potrivită metodă de obținere a apei potabile este distilarea solară cu efect simplu, iar instalația optimă este distilatorul solar tip bazin.

Argumentele pentru alegerea metodei mai sus menționate sunt atât de natură tehnică, cât și economică. Cele două aspecte nu pot fi diferențiate net, argumentele tehnice implicând conotații economice.

Scopul studiului efectuat fiind îmbunătățirea regimului de alimentare cu apă a unor localități și zone din țară, având necesități variabile ca ordin de mărime, am considerat că flexibilitatea procedurii alese este deosebit de importantă. Din acest punct de vedere distilatorul de tip bazin format din module corespunde perfect.

Materialele necesare construcției distilatorului sunt convenționale și se găsesc cu ușurință.

Construcția instalației este simplă și poate fi realizată pe orice teren.

Procedul ales poate fi cu ușurință combinat cu alte procedee, fără modificări tehnice costisitoare.

Întreținerea și funcționarea instalației nu necesită personal calificat, cu un minimum de instructaj putând fi efectuată de oricine.

Distilarea solară corespunde celor mai exigente cerințe ecologice.

În anumite condiții este cel mai ieftin procedeu și poate asigura potabilizarea apelor care conțin cei mai diverși vectori de impurificare. Această din urmă calitate nu se întâlnește la procedeele cu membrană decât cu costisitoare completări tehnologice ale instalației propriu - zise.

4. Contribuții experimentale și de calcul

■ Acestea sunt prezentate în capitolul 6 "Distilarea solară":

1. Propunem utilizarea termenului de "BLAZĂ SOLARĂ" pentru "ansamblul tuturor componentelor instalației de potabilizare a apei prin distilare tip bazin - folosind energia solară".

2. Am conceput și realizat practic un prototip experimental sub formă de "modul de bază", în mai multe variante.

Prin modificarea componentelor constructive principale (bazin, izolație, grosime acoperiș), a geometriei ansamblului, a variantelor de montaj, a parametrilor funcționali, în condiții ambientale diferite, am urmărit influența fiecăreia asupra performanțelor tehnice și economice ale blazei.

Rezultatele experimentale sunt prezentate în 6.2.3 și au fost obținute utilizând două blaze asemănătoare, funcționând în aceleași condiții externe. Am modificat pe rând câte un parametru până la a-i stabili influența asupra performanțelor blazei.

Procedând astfel am modificat succesiv:

- izolația bazinului și a peretelui posterior;
- grosimea și poziția acoperișului;
- starea suprafeței interioare a peretelui posterior;
- grosimea stratului de apă din bazin;
- orientarea blazei;
- tipul alimentării cu apă;
- viteza de curgere a filmului de condens.

Interpretarea rezultatelor experimentale s-a făcut în baza ecuațiilor bilanțului energetic, rezultând următoarele concluzii:

-cauciucul siliconic este materialul izolator cel mai potrivit pentru blaza cu bazin din sticlă (fig. 6.12 și 6.13), iar pentru blaza cu bazin din beton armat, bitumul folosit ca izolant a dat cele mai bune rezultate (fig. 6.14 și 6.15):

-peretele posterior al balzei trebuie izolat pe toată înălțimea - la exterior, ci trebuie aplicat un material reflectorizant pe partea sa interioară (fig. 6.16); producția crește cu cca. 25 %;

-creșterea grosimii acoperișului asigură un surplus de producție nesemnificativ ($0,05 \text{ l m}^{-2} \text{ zi}$).

ceea ce nu se justifică din punct de vedere economic;

-stratul de apă trebuie să aibă o grosime cât mai mică, spre valoarea minimă de siguranță (2 cm), iar realimentarea să se facă la interval de două zile; amplasarea N - S a muchiei acoperișului s-a dovedit mai benefică (fig. 6.18 și 6.19).

Cei mai importanți factori externi cu influență asupra productivității îi reprezintă radiația solară (medie) zilnică H_s și temperatura aerului T_{ae} . Influența cumulată a acestor doi factori, pentru cele două blaze experimentale este prezentată în fig. 6.21.

Determinarea teoretică a productivității blazei necesită rezolvarea celor 6 ecuații de bilanț. Deoarece aceasta nu se poate face în mod explicit, **propunem construirea unei nomograme pentru rezolvarea grafică a acestora (în 6.2.4.3).**

Analizele comparative între previziunile teoretice și rezultatele experimentale au demonstrat o bună concordanță între acestea, ceea ce arată că metoda propusă poate constitui o bază pentru înțelegerea proceselor fizice care au loc în blaza solară și pentru proiectarea acesteia.

3. În vederea conducerii cercetării până la stadiul de realizare a proiectelor concrete pentru instalații de potabilizare apei, în capitolul 7 este prezentat proiectul de execuție al unei blaze destinate comunităților mici.

Menționăm că toate calculele de dimensionare, de deviz și de productivitate ne aparțin în totalitate.

Conform proiectului, am realizat un prototip pilot supus experimentărilor de durată (3 ani) în comuna Seceani, județul Timiș.

Apa potabilă obținută întrunește toate condițiile de potabilitate prevăzute în norme. Costul unui modul de blază nu este prohibitiv (275.000 lei - la prețurile din luna septembrie 1996). Cu îmbunătățirile aduse prototipului prezentate în paragraful 7.7 pentru creșterea productivității cu aproximativ 20 %, costul blazei poate ajunge la maximum 600.000 lei. Chiar în aceste condiții, utilizatorii potențiali (gospodării individuale, dispensar, școală, unități de alimentație publică) și-au manifestat interesul pentru blaza propusă.

5. Aspecte economice implicate în potabilizarea apei folosind energia solară

■ În capitolul 8 s-a pus accentul pe calcule economice într-o viziune modernă, în interdependență cu ansamblul problemelor tehnice și ecologice } S-au avut în vedere trei criterii cu ajutorul cărora au fost analizate elementele de cost: materiile prime și energia, investițiile, amortizări, rata dobânzilor, impozite și taxe, cheltuieli de funcționare și întreținere.

Am avut în vedere calculații de cost atât pentru un modul de blază cu suprafața de 2 m² (în cap. 7), cât și pentru o blază cu suprafața mai mare (100 m²), formată din mai multe module. Pentru aceasta din urmă, producția de apă crește proporțional cu suprafața, în timp ce cheltuielile aferente au valori care nu se modifică totdeauna proporțional cu suprafața.

Pentru blaza proiectată și propusă a fi dezvoltată în țara. remarcăm valoarea satisfăcătoare a costului apei produse (1900 lei/m³ la prețurile lunii septembrie 1996). Considerăm ca deosebit de promițătoare valoarea obținută, prin comparare cu costul unui m³ de apă potabilă furnizată de AQUATIM - care este de aproximativ 1500 lei/m³ (septembrie 1996).

Pentru comunitățile mici, relativ izolate, în climat cu insolație anuală suficientă, în zone unde sursele clasice de energie nu sunt disponibile sau sunt scumpe, unde mâna de lucru este în exces, blazele solare au avantaje economice distincte între procedeele de desalinizare. Costul total al apei produse în aceste condiții, deși mai mare decât al apei potabile produse pe scară largă în comunități mari, este totuși sensibil mai mic decât cel al unor surse alternative, așa cum am arătat deja. De o importanță specială în economicitatea blazelor solare este posibilitatea de a se folosi materiale de construcție disponibile la locul de amplasare.

Cu aceste observații, se poate aprecia că în perspectivă, costul (încă) destul de mare al apei produse, vă scădea constant.

6. Concluzia finală a cercetării dezvoltate pe parcursul anilor 1990 - 1996

În zona de vest calitatea apei potabile utilizate în alimentație este în multe localități necorespunzătoare. Acest fapt are implicații deosebite mai ales pe termen lung asupra stării de sănătate a consumatorilor.

Dacă pentru potabilizarea apelor provenind din surse de suprafață, tehnologiile "convenționale" actuale oferă soluții destul de convenabile (re)potabilizarea apelor provenind din surse de adâncime (pânza freatică) este un proces foarte dificil, de durată și fără o rezolvare tehnologică verificată.

S-a impus deci, găsirea unei soluții simple, rapide și ieftine pentru asigurarea unei apei potabile de calitate prin prelucrarea apei brute poluate. Considerăm că aceasta este potabilizarea apelor salmastre și/sau poluate folosind metoda distilării, iar ca sursă de energie, energia solară. **Metoda propusă este fezabilă tehnic, convenabilă tehnologic, acceptabilă economic și absolut obligatorie pentru protejarea sănătății populației.**

BIBLIOGRAFIE

1. Acilov B.M., Ciugukov V.V. - "Calculul regimului termic al instalațiilor de desalinizare solară"; în rev."Geliotehnica", URSS nr.2/1982
2. Actes de Sy. Int. "Desalination and water reuse", org. par l'IDEA, 1988 - 1992
3. Actes de Sy. Int. "Fresh water from the sea", 1986 - 1990
4. Ahlgren R.M. - "Potential for water reuse in conjunction with desalination systems"; r.World Water 10/1989
5. Ahlgren R.M., Smith I. - "Review of large desalination plant experience in Americas", r. Desalination nr.14/86
6. Ahlmann F. - "Integrated production of power and water"; Sy."Der Mensch und sein Lebensraum", Soest, may 1984.
7. Al-Hoti B.A.,Abdullah R. - "Reuse of stormwater runoff for irrigation in Kuwait"; Proc.III Conf.Arab WCO-held Dubai 1988 dec.
8. Al-Mutaz I.S. a.o. - "Optimum design for a hybrid desalting plant"; r.Desalination vol.IV/1986.
9. Al - Mutaz I.S., Al - Ahmed M.I. - "Evaluation of solar powered desalination processes", r. Desalination, vol. III, 1975
10. Al-Sofi M.A.K.,Khalaf S. - "Practical experience in scale control"; r. Desalination v.III/85
11. Anderson B. - "Energia solară. Bazele proiectării construcțiilor"; (trad. din lb. engl.), INID 463.959, Editura Pergamon Press 1982
12. Avissar, R., Mahrer Y. - "Water Desalination in Solar Earth Stills: A Numerical Study", în: Water resources research, vol.22. no.7, july 1986
13. Awerbuch L., a.o. - "Hybrid desalting systems"; Pr.Int.Conf. of Water utilisation-Sophia Antipolis,France, nov.1991
14. Bahari E. - "Procedee și cheltuieli de desalinizare"; r. Ch.and Process Eng. 50 nr.3 mart.1989 (trad.din lb.engl)
15. Bairamov R., ș.a. - "Metodă de calcul al regimului tehnologic al unei instalații solare de desalinizare"; în rev. "Gheliotehnica" URSS nr.3/1982(trad.din lb.rusă)

16. Bairamov R. - "Epurarea apei cu ajutorul energiei solare" (trad. din lb.engl.în lb.rusă); ed."Ilym-Ashabad" 1987; INID 327.703/191 G.
17. Bazargan M.,Simonson J.R. - "Transferul de căldură și masă în blaza solară și aplicația sa în procesul de distilare cu energie solară"; r. Solar World Forum. vol.2 London, ed. Pergamon Press,1982 (trad.din lb.engl.)
18. BELGARD EV - "15 years' experience in scale control"; r. Desalination vol.III/1975
19. Bernard R., Menguy G., Schwartz M. - "Le rayonnement solaire. Conversion thermique et applications"; ed. Tech.et Doc., Paris 1980
20. Bizerea M., Soceneanu D. - "Surse neconvenționale de energie"; în vol."Priorități tehnice în prezent și în perspectivă" ICED Brașov 1987 pp.219-231
21. Bizerea M. - "Factorii care influențează proiectul optim al unei instalații de desalinizare prin osmoză inversă"; în lucr.ses.șt.ICEMENERG Buc.1989 vol.II pp 101-105.
22. Bizerea M. - "Varianta de instalație solară utilizând osmoza inversă (RO)"; În lucr. ses.șt. "Energii neconvenționale în contextul crizei energetice"-Casa Tineretului Timișoara 1989 pp.26-33
23. Bizerea M. - "Desalinizarea apei-stadiul actual"; referat doctorat , IPTV Timișoara 1991
24. Bizerea M., Bizerea O. - Utilizarea motorului solar și a osmozei inverse pentru obținerea apei potabile"; în vol.XII "Studii de economie" Univ. din Timișoara 1991 pp.15-22
25. Bizerea M., Bizerea O. - "Desalinizarea apelor sărăturoase"; în vol. XII "Studii de economie", Univ din Timișoara 1991 pp.23-32
26. Bizerea M. - "Echipament pentru desalinizare utilizând conversia fotovoltaică a energiei solare și osmoza inversă"; în vol.XIII "Studii de economie", Univ. din Timișoara. 1992 pp.101-106
27. Bizerea M., Falniță E. - "O speranță pentru satisfacerea necesităților reduse de apă potabilă-distilarea solară"; în vol. XIII "Studii de economie", Timișoara 1992 pp.107-113 , 4 fig., 4 ref.bibl.
28. Bizerea M. - "Aspecte teoretice și experimentale în desalinizarea apei prin distilare, folosind energia solară"; referat doctorat. IPTV 1992
29. Bizerea M.- "A mobile reverse osmosis demonstration plant" în vol. XIII "Studii de economie", Timișoara 1992 pp.114-117 , 2 fig., 1 tab.2 ref.bibl.
30. Bizerea M., Falniță E. - "Distillation solaire de l'eau de mer et des eaux saumâtres"; în "Studii de economie" vol.XIII pp.118-124, 9 fig., 1 tab., 4 ref.bibl., Timișoara 1992
31. Bizerea M. - "Varianta de instalație solară de desalinizare prin osmoză inversă": în "Rev.română de Energie Solară(SRES) vol.2 nr.1-2. București 1993 pp.109-112 , 2 fig., 3 ref.bibl.

32. Bizerea M. - "Distilarea solară, procedeu complementar de asigurare a apei potabile"; în: "Rev.română de En.Solară", vol.2 nr.1-2 București 1993 pp.113-115, 2 fig., 1 tab., 3 ref. bibl.
33. Bizerea M., Bizerea O. - "Factori care influențează performanțele unui distilator solar"; în vol.XIV "Studii de economie", Univ.din Timișoara 1993 , pp.140-146
34. Bizerea M., Bizerea O. - "Rezolvarea ecuațiilor de bilanț și calculul producției zilnice la un distilator solar experimental"; în vol.XIV "Studii de economie", Univ.de Vest Timișoara 1993, pp.146-154
35. Bizerea M. - "Influența captării precipitațiilor asupra productivității unui distilator solar"; în vol.XV "Studii de economie", Univ. de Vest Timișoara 1994 pp.189-194. ISSN 1223-1894
36. Bizerea M., Bizerea O.- "Comparație între performanțele teoretice și cele practice ale unei instalații solare pentru producerea apei potabile"; în vol.XV "Studii de economie", Timișoara 1994 pp.223-231 ISSN 1223-1894
37. Bizerea M. - "Considerații privind costurile unei blaze solare"; în vol.XVI "Studii de economie", Univ. de Vest Timișoara, 1995, pp.214-225.
38. Bizerea M. - "Factori care influențează costul apei potabile produse prin distilare solară"; în vol.XVI "Studii de economie", Univ. de Vest Timișoara, 1995. pp.225-231
39. Bloemer J.W. ș.a. - "Bazin pentru blaze solare"; (trad. din lb.engl.); r. Solar Energy nr.9/1985
40. Boesch W. - "World's first solar powered RO desalination plant"; r. Desalination no.41, may 1982.
41. Böhner A. - "Solar desalination with a high efficiency multi-effect process offers new facilities"; r. Desalination v.III/1985
42. Borashid K., Kato K. (Bahrain and Tokyo) - "Rehabilitation of desalination plants at Sitra Power"; r. Desalination 21/1990
43. Bouabdallah M. - "Determination des caracteristiques d'un champ de capteurs solaires plans pour la recuperation de solvants par distillation "; Proc. III Sy. of Water-Reuse. Tunis 1990
44. Bougard J. - "Distillation solaire de l'eau de mer"; r. Metallurgie XXII-2/1992
45. Bouros O'K. a.o. - "The USAID Desalination Manual"-prep. by CH.2 M; Hill int.corp., Washington 1980
46. Caouris Y.G., Kantsos E.T., Zagouras N.G.(Patras -Gr.) - "Economic aspects of low-temperature multi-effect desalination plants"; r. Desalination v.71/1989
47. Chew M. ș.a. - "Utilizarea în gospodărie a apei de mare desalinizate"; in Journ.Am.Water Works Ass.-66 nr.1/1984 (trad din lb.engl.)

48. Ciplea L.I., Ciplea Al. - "Poluarea mediului ambiant"; Ed.Tehnică Buc.1978, pp.28-30
49. Coffey J.P. - "Distilarea solară pe verticală"; r. Solar Energy 17 nr.6/1979
50. Constantinescu A., Munteanu C. - "Surse noi de energie-culegere tematică"; 137553 INID Buc.1981
51. Corre A. - "Energie solaire (effets thermique); selection de brevets"; ed.Tech.& Documentation, Paris 1981
52. Crețu Tr. - "Fizică generală"; Ed.Tehnică, București, 1984
53. Cywin A. - "Asigurarea resurselor de apă pentru anul 2080"; în Mech. Engineering-SUA, 93 nr.7/1981
54. Dabbagh T.A., Al-Saqabi A.-"The increasing demand for desalination"; r. Desalination vol 73/1988
55. Dămăcuș Gh., Udriște N. - "Elemente de analiză critică și prognoză privind radiația solară la Stația meteo-Timișoara; com.la Ses. abs.curs post-univ. Univ.Iași, 1989
- ✓ 56. Dăncilă M. - "Tehnologii de valorificare a energiei solare"; sinteză INID București 1983
- ✓ 57. Dănescu A., Bucurenciu S., Petrescu St. - "Utilizarea energiei solare": ed.Tehnică-Bucuresti 1980
58. Daniels J.Farrington A.- "Direct use of the sun's energy"; ed. Yale University Press 1987
59. Darwish M.A., Abdel Jawad M. - "Technical aspects of reducing desalting water costs by distillation methods"; r.Desalination vol.IV /1986
60. Delyannis A.A., Delyannis E.- " Solar desalination"; r. Desalination 50/1984
61. De Sabata C., Borneas M., Rothenstein B., Munteanu A.- "Bazele fizice ale conversiei energiei solare"; ed.Facla, Timișoara 1982
62. De Sabata C.- "Fizica solidului"; IPTVT , 1975
- ∖ 63. De Sabata C. - "Tehnologii energetice solare; realizări și perspective"; în vol."Prezentul și viitorul energiei solare" Ed.Acad.București, 1982
- × 64. De Sabata C.- "Asupra posibilității de termoconversie a energiei solare cu captatoare plane, fără consum de metal"; a XX-a Conf.de instalații. Sinaia. 2. pp.291. 1988
65. De Sabata C., ș.a.- "Considerations concernant l'action des facteurs meteorologiques sur la surface du capteur plan"; lucr. Sem.Matem.-Fizică, IPTVT. pp.109-114, 1982
66. De Sabata C., Marcu Cr. - "Influența formei și a dimensiunilor celulei de captare a energiei solare la insolatoare plane în regim dinamic"; Bul.șt.și Teh., IPTVT. 24(38). fasc.1. 1979
67. De Sabata C., Luminosu I. - "Complex experimental base for the study of heat conversion and sun energy storage"; în Rev.Română de En.Solară. vol.2. nr.1-2. Buc.1993

68. Dobrevsky I., Mavrov V., Bonev B. - "Effect of recovery on desalination of the Black Sea water"; r. Desalination 41/1982
69. Dobrevsky I., Georgieva M. - "Some possibilities for solar evaporation intensification"; r. Desalination vol.45/1983
70. Duffie J.A., Beckman W.A. - "Solar engineering of Thermal Processes"; ed. Wiley, New-York-1980
71. El-Nashar A., Qamhiyeh A. - "Performance simulation of the heat accumulator of the Abu-Dhabi solar desalination plant"; r. Solar energy vol.44/1990
72. El-Nashar A., Ishii K. - "Abu - Dhabi solar distillation plant"; r. Desalination 52/1985
73. El-Nashar A., Baghdadi A.M. - "Sea-water distillation by solar energy"; r. Desalination 61, 49-66/1987
74. El-Nashar A. - "Computer simulation of the performance of a solar desalination plant"; r. Solar Energy vol.44/1990
75. Eng. Adv. Assoc. of Japan and W. and E. Depart. (Abu-Dhabi) - Research and Development Cooperation on Solar En. Desalination plant, Final Report (31.03.1986)
76. Ericsson B., Hallmans B. - "A comparative study of the Economics of RO and MSF"; r. Desalination 55/1988
- ✕ 77. Fara VI., Grigorescu R. - "Conversia energiei solare în energie termică; Principii și aplicații"; ed. Șt. și Enciclopedică București, 1982
78. Fara VI., Grigorescu R. - "Stocarea termică a energiei solare"; Ed. Ceres. Buc., 1991
79. Fiumara A. - "Actualități și perspective în domeniul desalinizării"; r. La Nuova Chimica, Italia 46 nr.2 1990 (trad. din lb. italiană)
80. Frick G., Sommerfeld J.V. - "Instalație solară de distilare cu suprafață de evaporare înclinată din material textil"; r. Solar Energy 14/1983 (trad. din lb. germ.)
81. Friedrich P.J. - "Apa și energia solară"; în: L'energie sol. develop.-rap. Conf. Int. Bruxelles, 1980 (trad. din lb. franceză)
- × 82. Gheorghie A.V. - "Strategii și opțiuni energetice solare"; în vol. Prezentul și viitorul energiei solare, E.A. Buc. 1982
83. Gheorghiev M.G., ș.a. - "Vaporizator solar"; brevet R.P. Bulgaria nr. 29921/1981
84. Ghimicescu G., Hîncu I. - "Chimia și controlul poluării apei"; Ed. Tehn., Buc., 1974, pp. 5-11
85. Ghid de utilizare World-Star; Ed. Rom. Softw. Comp., Clu-Napoca, 1991

86. Glueckstern P., Kantor Y., Ricklis J., Wilf M. - "Progress of RO Desalting in Israel"; pres.at the XV-th Nat.Sy.on Desalination, Ashkelon, June 1983
87. Goto T. - "Development of solar desalination technique"; Kagaku Sochi, (Plant and Process), vol.26 nr.1-1984
88. Grenet E.T. - "Utilizarea energiei solare pentru prelucrarea apelor sărate în scopul obținerii altor forme de energie, materii prime și apă potabilă"; brevet Franța nr.2449255 /80
89. Hahne E., u.a. - "Warmetechnik"; I T.W. Stuttgart , 1985
90. Hamad G.F., Gupta M.C., Veziroglu T.W. - "A unique experiment in solar-powered sea-water desalination"; in: Proc.Int. Sy.Florida , USA, may 1980
91. Hamatek H.L., ș.a. - "Instalație de desalinizare hibridă utilizând energia solară"; în:Proc.16-th Intersoc.En.Converse , Atlanta-vol.2/1981 (trad.din lb.engl.)
92. Hameed M.S. - "Design method of RO units used in desalination"; r. Desalination nr.3/1993
93. Headley O.St., Morrie J.B. - "Instalație solară pentru obținerea apei distilate"; în:Int.Journ.of Ambient Energy, U.K., 1 nr.4/1984 ; (trad.din lb.engl.)
94. Iliina M., Bandrabur C., Oancea N.-"Energii neconvenționale utilizate în instalațiile din construcții"; Ed. Tehn.Buc., 1978
95. Kamal I., Schneider W., Tusel G.F. - "Process arrangements for hybrid seawater desalination plants";Sy.Desalination in total water resource management, held N.Y.(USA).June 1987
96. Kastien H. - "Solarenergie und Meteorologie"; rev.M+K Computer nr.6/1990
97. Keefer B.G., Schrack F. - "Optimized matching of solar PV power with RO desalination"; r. Desalination 54/1985
98. Khafaji A.Al-, Howarth D.A. - "Waste-water reclamation and reuse in Europe, Middle East and North Afrika"; r. Desalination v.III/1975
99. Kikuchi K., Inaba H., Tsuji T. - "Solar heat-dispersion multiple-effect seawater desalination-technique development project"; in: Journ.of Re-Use Technology vol.VI /1993
100. Kimura S., Ohya H., Murayama Y., Kikuchi M., Hiral M., a.o. - "Five years operating experience of a 800 mc/day RO seawater desalination plant": the I.D.A.Mag. vol.1/1985
101. Kirilin V.A. - " Termodinamică "; E.St. București 1985
102. Kremen S.S., Allday E.J. - "High Recovery vs. Low Pressure"; r. The Economist nr.4/1984 (pres.at WSIA Meet., Orlando. USA. apr.1984)
103. Langee V. - "Sonnen-Energie"; Freizeit Verlags GmbH. Baden-Baden. 1987

104. Larson R., Allers W., Beckman J., Freeman S. - "The Carrier-Gas Process (CGP). a new desalination and concentration technology"; r. Desalination 73 /1989
105. Leitner G.F. - "Costs for desalination in real terms. 1979 through 1989 and projection for 1999"; r. Desalination vol.III/1989 (roundtable disc.)
106. Liberti I., a.o. - "Technical and economic trends of water desalting in the '90 years"; r. Desalination nr.14/1988
107. Lippmann G., Schubert K. - "Solar seawater desalination by means of multi-stage evaporation"; publ. Dornier Post(engl.ed.), no.1/1990
108. Luca E., Ciubotariu C., Păduraru A. - " Fizică generală "; EDP, București 1981
109. Luminosu I. - "Potențialul helioterma în perioada ianuarie-mai 1985 în zona vestică a României"; în lucr.Sem.de Matem.-Fizică, mai-noi.1990, IPTVT
110. Luminosu I. - "Ridicarea randamentului captatorilor solari plani prin studiul fenomenelor fizice implicate în termoconversie"; Teză de doctorat - Univ.Tehnică Timișoara. 1993
111. Luminosu, I., Tămășdan C. - Valori posibile ale componentelor radiației solare pe plane cu orientare arbitrară, latitudine 45, furnizate prin program pe calculator; în "Analele Universității din Oradea - Fizică", tom IV/1994, pp. 83 - 89
112. Luminosu, I., Marcu, C. - Estimarea eficienței conversiei helioterma, în dependență orară și diurnă; în lucr. Simp. Naț. cu participare internațională - "Instalațiile pentru construcții și confortul ambiental". ed. 5-a, Timișoara 28 - 29 martie 1996
113. Malik M.A.S., ș.a. - "Modelarea blazelor solare cu o singură treaptă"; în: Proc.6-th Int.Sy.Fresh Water Sea, Las Palmas, 1972, vol.2 (trad.din lb.engl.)
114. Maruko S. - "Solar still"; U.S.Pat.4337996 /feb.1983
115. Masarczyk C., Hanson C., Solomon R. - "Desalination plant at KWK Debiensko, Poland; Advanced mine drainage water treatment engineering for zero discharge"; Proc.Sy."Water reuse and brine disposal", Lodz, vol.2, apr.1991
116. Matthofer H. - "Sonnen-Energie"; Umschau Verlag. Fr./Main 1987
117. Maurel A. - "Dessalement solaire "; CEA-Cadarache. France. SEATN nr.259/1985
118. Maurel A. - " Le dessalement de l'eau de mer"; rev. La Recherche nr.120/1981
- ✓ 119. Mercea Fl., Mercea R. - "Economia de energie și proiectarea instalațiilor solare"; ed. Dacia, Cluj-Napoca 1983
120. Miller R. - "Desalinizarea în dezvoltare"; în rev.: Ch.Eng. SUA. 79 nr.4/1982 (trad.din lb.engl.)

121. Mohamed M.A., Veziroglu T.N. - "Fields tests of different water-proofing materials for simple solar water distiller"; Sy. Coral Gable, Fl., USA, dec.1983
122. Mohamed M.A., Alawi H., Jassar A.Al-, Sayigh A.M. - "Solar water distillation using appropriate technology"; Proc.of the First Arab Int.Solar En. Conf.-Kuwait, dec.1982
123. Morse R.N., Read W.R.D. - "O bază rațională pentru dezvoltarea tehnologică a instalațiilor solare de distilare"; r.Solar Energy nr.8/1984 (trad.din lb.engl.)
124. Moustafa S.M.A., ș.a. - "Utilizarea directă a energiei solare pentru desalinizarea apei"; r.Solar Energy 22.nr.2/1989 (trad. din lb.engl.)
125. Nadler M. - " Proiect de instalație de distilare de mare eficiență. utilizând energia solară"; în: "Proc.16-th Intersoc.En Converse " - Atlanta, SUA , vol.2, 1981(trad.din lb.engl.)
126. Naim M.M., Veziroglu T.N. - "A compacte three-stage unit for salt-water desalination"; r. Clean Energy Research, dec.1986
- ✓ 127. Negulescu M. - "Protecția calității apei"; E.T.Buc.1982 pp.15-17;
128. Neumaier R. - "Producerea apei potabile pornind de la apa de mare și de la apele salmastre"; r. Pumps-Anglia nr.43/1990 (trad.din lb.engl.)
129. Nițu V., Pantelimon L., Ionescu C. - "Energetica generală și conversia energiei"; E.D.P. Buc.1980
130. Olivet J. - "Solaire et geothermie contre petrole"; ed.du Moniteur, Paris 1991
131. Pandey G.C. - "Analiza proceselor în blazele solare"; în: 4-th Miami Int.Conf.Alternative En.Sources, Fl.-USA, sept.1982 (trad.din lb.engl.)
132. Pavlov C.F., ș.a.- "Procese și aparate în ingineria chimică"; E.T.Buc.1981, pp.537
133. Perrier J.L. - "Energie solaire et hydrogene"; ed.Tech.et Scientifique, Paris. 1980
134. Peyturaux R. - " L'energie solaire "; ed.Press Univ.de France, 1988
135. Prabhakar S., Patra R., a.o.- "Management and feasibility of RO schemes for rural water supply in India "; r. Desalination 73, vol.I/1988
136. Pleșca T. - "Activizarea ventilației la adăposturile pentru animale. cu ajutorul energiei solare"; în Rev.Rom.de En.Solară. vol.2, nr.1-2, Buc.1993
137. Pleșca T. - "Activizarea ventilației naturale cu ajutorul energiei solare"; lucr.șt.ale USAB. XXIV/1991
138. "Project Development and Financing in the Water and Sanitation Sector"; Proc.Seminar. PAHO-India 1980
139. Rajvanshi A.K.- "Influența vopselelor asupra procesului de distilare solară"; în rev.Solar Energy-Anglia 27 nr.1/1981 (trad. din lb.engl.)

140. Rautenbach R., Gebel J. - "Technoeconomics of power/desalting cogeneration plants"; r. Modern Systems nr.2/1986
141. Rhodes W.A. - "Sistem solar de desalinizare"; brevet SUA nr. 4210494/1980
142. Riera J., ș.a. - "Eficiența instalațiilor solare de desalinizare"; în: "Solar En.Int.Proc.Sy.", New-York, feb.1990
143. Rqobah H., Munayis Al-, A. - "A recarbonation process for treatment of distilled water"; r. Desalination nr.12/1994
144. Rub F. - "Instalații și aparate pentru gospodărirea apelor"; în rev. Chemiker Zeitung, RFG, 94 nr.20 /oct. 1990
145. Sackinger C.T. - "Seawater RO at High Pressure": the IDA Magazine vol.2, 1985
146. Singh D., Sharma S.K. - "Performance ratio, area economy and economic returns for an integrated solar energy desalination plant"; r. Desalination vol.III/1975
147. Smolsky B.M., Livshits A.N. - "Solar distiler"; URSS Pat.2575873/1978
148. Sodha M.S., ș.a. - "Analiza tranzitorie a unei blaze solare"; în rev.: Energy Conversion and Management, U.K., 20 nr.3 /1980(trad.din lb.engl.)
149. Sorrou M.M., ș.a. - "Optimizarea distilatoarelor solare"; în lucr.: "4-th Miami Int.Conf.Alternative En.Sources"-Miami Beach, FL./1981 (trad.din lb.engl.)
150. Snyder W.L. - "Aparat pentru distilarea solară"; brevet SUA nr. 4276122/78
151. Stannikov E.V. - "Imbunătățirea calității apei distilate folosită ca apă potabilă"; în rev.: Ghighiena i sanitaria - URSS, 35 nr.12 /1989 (trad din lb.rusă)
152. Suri R.K., Marafie A.M., Maheshwari G.P. - "Cost effectivness of solar water production"; r. Desalination nr. 2, jan.1989
153. Swaidan B.E. - "Desalinizarea solară a apei"; în: Alternative En.Sources Int.Comp., vol.2, London 1988 (trad.din lb.engl.)
154. Taubmann E.I., ș.a. - "Metode de determinare a indicatorilor specifici ai instalațiilor pentru desalinizarea apei prin evaporare"; r. Vodospabnicie i sanitarnaia tehnika. URSS, 59 nr.10/1985 (trad.din lb.rusă)
155. Talbert S.G., ș.a. - "Manual pentru distilarea solară a apei saline"; în: Research and Progress Report, US -Dep.of the Interior , 1983(trad.din lb.engl.)
156. - "Ureche V. - "Universul", v.2"; ed.Dacia, Cluj-Napoca, pp.77, 132: 1987
157. * * * Using Desalination Technologies for Water Treatment-US Congress. Off.of Technology Assessment. OTA-BP-0-46. Washington D.C.. printing office , march 1988
158. Vasiliev V.P. - "Distilator solar"; brevet URSS nr. 928134/83

159. Verdier B.O - "Distillation and solar energy"; Proc.of a Summer School-Cadarache, France, vol.2/1992
160. Yadav Y.P. - "Transient Analysis of Double-Basin Solar Still Integrated with Collector"; r. Desalination nr.71/1989
161. Young K.G. - "Tehnologia desalinizării utilizată în problemele de control al poluării apei"; în: Jour.Am.Water Works Ass., SUA 63-1.ian.1994 (trad.din lb.engl.)
162. Zahrary Al.-A., Soliman M.A. - "An approximative analytical solution for the performance of RO plants"; r.Desalination vol.III/81
163. Walraven R. - "Calculating the position of the Sun"; r.Solar En.20. p.395. 1979
164. Wangnick K. - "Selection of small desalination plants for specific locations"; r.Desalination nr.52/1993
165. Wangnick K., Weise F.A. - "Instalații de desalinizare a apelor de mare prin tratarea apelor râurilor"; în rev. VGB Kraftwerktechnik, RFG, 57/1, 1987 (trad.din lb.germ.)
166. Wisseman R.-"Saudi site for innovative solar-powered desalter";r.World Water vol.6 nr.9/1986
167. Willier A. - "Design factors influencing solar collectors"; in "Low temperature eng.apl.of sol.energy", N.Y., Ashrae, 1967
168. * * * Inspectoratul Sanitar al jud.Timiș- date statistice, 1975-1995
169. Leonăchescu N. - "Termotehnica"; E.D.P.Buc., pp. 263, 1981
170. * * * Enciclopedia de Chimie; vol.III, Ed. Șt. și Encl., București, 1987

REVISTE, PERIODICE, STATISTICI

- * * * British Water Supply - Anglia; col.1975-1989
- * * * Chemical and Process Engineering-Anglia; 1985-1989
- * * * Chemiker Zeitung-RDG, RFG; col.1970-1995
- * * * Clean Energy Resources - SUA; 1990-1994
- * * * Das Solarzeitalter-Eurosolar Journal für ökologische Politik; RFG; 1990-1991
- * * * Desalination -Olanda, Japonia; 1964-1995
- * * * Echipamente și instalații pentru surse noi de energie; catalog C.E.2, INID Buc.466831;
1990
- * * * Effluent and Water Treatment Journal-Anglia; 1991-1993
- * * * Engineering - Anglia; 1977-1989; 1994
- * * * Energhetika - URSS, Rusia; 1980-1995
- * * * Energy International - Anglia; 1988-1993
- * * * Filtration and Separation - Elveția; 1990-1995
- * * * Gas und Wasserfach - RFG; 1984-1993
- * * * Gheliotehnika - URSS; 1972-1986
- * * * Intern.Jornal of Ambient Energy - Olanda; 1991, 1995

- * * * Intern.Journal of Solar Energy - Japonia; 1980-1988
- * * * Journal American Water Works - SUA; 1970-1994
- * * * La Termotecnica - Italia; 1985-1987, 1994
- * * * Modern Power Systems - Belgia; 1977-1993
- * * * Pumps - Anglia; 1990-1993
- * * * Revue Generale de Thermique - Franța; 1985-1993
- * * * Revue Intern. d'Heliotechnique-Franța; 1990-1994
- * * * Solar Energy - Anglia; 1970-1996
- * * * Solar En.Tech.-program 1990-1995; Bonn 1989
- * * * Stahl und Eisen - RFG; 1988, 1992-1994
- * * * Sun Paper - Anglia, SUA ; 1975-1987, 1990-1993
- * * * Systemes solaires-rev.int.d'information sur les energies renouvelables-Franța; 1989
- * * * Tech.de l'Eau et de l'Assainissement-Belgia; 1985-1993
- * * * Wasser, Luft und Betrieb - RFG; 1987-1994
- * * * Wasser und Boden - RFG; 1988, 1993, 1995
- * * * Water and Sewage Works - SUA; 1989, 1992, 1994
- * * * World Health Org.Statistics - Geneva; 1976-1995

ANEXIE

Program: **RAND**

```

USES CRT, graph, printer;
var PASII, DR, DA, DA1, GR, C, TETA0, EDN, EDO, EDS, EDA, KK: real; HC, D, CH: CHAR;
gd, gm, L, N, i, j, k, PAS, loo, P: integer;
ESS, EAS, F, dc, dd, et, ora, oral, ah, h, HH, NN, R, A1, D1, D2, DA2, DA3, DAE: REAL;
teta4, teta5, teta6, teta7, teta8, et1, et2, et3: real;
CC, S, FF, M, CS, renm, renMX, IIMX, ORALMX, ren, Q: REAL;
teta, teta1, teta2, teta3, ii, az, uh, uo, ul, u2: real; MM, OO: string[12];
const w=2*3.1416/365; A=0.95; llg=26.09; lg=21.23; lt=47.73;
X0=48; Y0=140; XX=80; YY=150; LO=468;
ori=' 4 6 810121416182022'; ver=' 0102030405060708090';
E0=1353; AA=0.88; B=0.28;
{ EDA-INT.RAD.SOLARE ABS.; S-SUPR.INSOLATOR; CC-CONDUCTANTA; FF-FACT.DE EFICIENTA
M-DEBIT FLUID; CS-CALD.SPECIF. A FLUID.DT-SUPRATEMP.; DTM-SUPRATEMP.MEDIE
DTMX-SUPRATEMP.MAX.; u, h-coordon. supratemp.max., Q-CALD.SPEC.UTILA}

PROCEDURE T(IX, IY: INTEGER; TE: STRING);
BEGIN OUTTEXTXY(IX, IY, TE); END;
PROCEDURE MENU;
begin
clrscr;
write('DATI LUNA : '); readln(l);
write('DATI ZIUA : '); readln(n);
write('UNGHIIUL AZIMUTAL AL PLANULUI 0..+90[S->V], 0..-90[S->E]: ');
readln(AZ);
write('dati indicele de refractie : '); readln(nn);
WRITE('DATI GROSIMEA PLACII DE STICLA (1,2,3,4) [mm] : ');
READLN(GR);
WRITE('DATI ORDINUL EFECTULUI DE SERA (1,2,3) : '); READLN(P);
write('DATI PASUL DE TIMP 1..10 [ur] : '); readln(pas);
WRITE('DATI PASUL UNGHIULUI DE POZARE 0..90[deg] : ');
READLN(PASII);
WRITE('DATI SUPRAFATA:'); READLN(S);
WRITE('DATI FACTORUL DE PIERDERI:'); READLN(CC);
WRITE('DATI FACTORUL DE EFICIENTA:'); READLN(FF);
WRITE('DATI DEBITUL DE FLUID:'); READLN(M);
WRITE('DATI CALDURA SPECIFICA A FLUIDULUI:'); READLN(CS);
write('RULAJ C_ontinuu sau D_iscret ? ');
HC:=upcase(readkey); write(hc); REPEAT until hc in ['C', 'D'];
write('Cu A_fisare sau F_ara Afisare ? ');
CH:=upcase(readkey); write(ch); REPEAT until ch in ['A', 'F'];
end;
PROCEDURE AXE;
BEGIN
gd:=detect; initgraph(gd, gm, 'c:\tp\bgi');
if graphresult<>0 then begin closegraph; halt(1); end;
{ line(x0,y0,x0+lo,y0); } line(x0+lo, Y0, x0+lo+xx, y0+yy);
line(x0+lo+xx, y0+yy, x0+xx, y0+yy); line(x0+xx, y0+yy, x0, y0);
line(x0, y0, x0, y0-round(2*y0/3)-20);
T(x0-40, y0-round(2*y0/3)-20, 'ren');
RECTANGLE(50, 0, 680, 50); RECTANGLE(53, 2, 677, 48);
STR(L:2, OO); T(70, 10, 'LUNA : ' +OO);
STR(N:2, OO); T(200, 10, 'ZIUA : ' +OO); STR(AZ:4:1, OO);
T(330, 10, 'UNGHI AZIMUTAL AL PLANULUI[deg]: ' +OO);
STR(NN:4:2, OO); T(70, 30, 'INDICE DE REFRACTIE : ' +OO);
STR(GR:4:2, OO); T(330, 30, 'GROSIME [mm]: ' +oo);
STR(P:2, OO); T(510, 30, 'EFACT SERA : ' +OO);
T(x0+round(lo*4/5), y0+yy+30, 'ORA LEGALA [h] =>');
RECTANGLE(X0+ROUND(LO*4/5)+143, Y0+YY+28,

```

```

X0+ROUND(LO*4/5)+209,Y0+YY+39);
T(x0-10-round(x0*2/3),y0+yy+20,'UNGGHI [deg] ');
RECTANGLE(X0-ROUND(X0*2/3),Y0+YY+20,X0-ROUND(X0*2/3)+50,Y0+YY+14);
RECTANGLE(X0-48,Y0-ROUND(2*Y0/3)-10,X0-2,Y0-ROUND(2*Y0/3)+15);
T(X0+LO,Y0-70,'S -'+#16);T(X0+LO,Y0-60,'CC-'+#16);
T(X0+LO,Y0-50,'FF-'+#16);T(X0+LO,Y0-40,'M -'+#16);
T(X0+LO,Y0-30,'CS-'+#16);
RECTANGLE(X0+LO-10,Y0-80,X0+LO+90,Y0-15);
for i:=0 to 9 do
begin
line(x0+XX+round(i*lo/9),y0+YY,x0+ROUND(i*lo/9)
+ ROUND(10*xx/yy)+XX,y0+yy+10);

line(x0+round(i*xx/9)-20,y0+round(i*yy/9),x0
+round(i*xx/9),y0+round(i*yy/9));
T(X0+I*ROUND(lo/9)+round(10*xx/yy)+xx-5,y0+yy+15,
copy(ori,2*i+1,2));
T(x0+round(i*xx/9)-40,y0+round(i*yy/9)-4,
copy(ver,2*i+1,2));

end;
end;
PROCEDURE REGIM;
BEGIN
SETFILLSTYLE(1,0);REPEAT D:=UPCASE(READKEY);
UNTIL D IN['-','+', '1'..'9','A','F','C','D','Q'];
CASE D OF 'A','F':CH:=D;'1'..'9':pas:=ord(D)-48;
'C','D':HC:=D;'-':pas:=-pas;'+':PAS:=ABS(PAS);
'Q':BEGIN CLOSEGRAPH;HALT(1);END;

END;
BAR(X0+ROUND(LO*4/5)+148,Y0+YY+29,X0+ROUND(LO*4/5)+208,Y0+YY+38);
BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
BAR(X0-46,Y0-ROUND(2*Y0/3)-8,X0-7,Y0-ROUND(2*Y0/3)+12);
T(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY,OO);SETFILLSTYLE(1,1);
END;
procedure calcul;
begin
ora:=oral+et-1/60*(llg-lg); AH:=PI/12*(ora-12);
h:=sin(lt*PI/180)*sin(dc*PI/180)+
cos(lt*PI/180)*cos(dc*PI/180)*cos(ah);
hh:=ARCTAN(H/SQRT(1-H*H)); uh:=hh*180/PI; uo:=ah*180/PI;
TETA4:=SIN(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)*COS(II*PI/180);
teta5:=-SIN(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*SIN(II*PI/180)*COS(AZ*PI/180);
teta6:= COS(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*COS(II*PI/180)*COS(AH);
teta7:=COS(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)*SIN(II*PI/180)*COS(AH);
teta8:=COS(DC*PI/180)*SIN(II*PI/180)*SIN(AZ*PI/180)*SIN(AH);
teta:=teta4+teta5+teta6+teta7+teta8;
IF(TETA>1) THEN TETA:=1;
IF ((TETA=1) AND (H>0.004)) THEN R:=SQR((NN-1)/(NN+1)) ELSE
if ((teta<1) and (teta>0) and (h>0.004)) then
begin

tetal:=ARCTAN(1/teta*SQRT(1-teta*teta));
u1:=tetal*180/PI; teta3:=sin(tetal)/nn;
teta2:=ARCTAN(teta3/SQRT(1-TETA3*TETA3));
u2:=teta2*180/PI;
R:=0.5*(sqr(Sin(teta2-tetal)/Sin(teta2+tetal))+
SQR(SIN(TETA2-TETA1)/(1-SQR(SIN(TETA2-TETA1)))/
SQR(SIN(TETA2+TETA1))*(1-SQR(SIN(TETA2+TETA1)))));
end ELSE R:=0;
IF R>0 THEN
BEGIN
DR:=(1-R)/(1+R*(2*P-1));DA:=EXP(-0.004*GR);DA1:=1-DA;
END ELSE
BEGIN DR:=0;DA:=0;DA1:=0;U1:=0;U2:=0;END;

```

```

A1:=1-A; D1:=DR*DA; D2:=D1*A;
CASE P OF
  1:BEGIN DA2:=D2/(1-0.16*A1);DA3:=0.27*DA1;END;
  2:BEGIN DA2:=D2/(1-0.24*A1);DA3:=(0.62*D1+0.15)*DA1;END;
  3:BEGIN DA2:=D2/(1-0.29*A1);DA3:=(0.75*D1*D1+0.45*D1+0.14)*DA1;END;
END;
DAE:=DA2+DA3;
TETA0:=SIN(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)+COS(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*COS(AH);
IF (TETA>1) THEN TETA:=1;
IF (TETA>0) AND (TETA0>0) THEN KK:=TETA/TETA0 else KK:=0;
IF (H>0.004) THEN
  EDN:=E0*C*AA*EXP(-B/H)
  ELSE EDN:=0;
EDO:=EDN*H;
EDS:=EDO*KK;
EDA:=EDS*DAE;
{ DT:=EDA/CC*(1-EXP(-S*CC*FF/M/CS));
DTM:=DTM+DT;
  IF DT>DTMX THEN BEGIN
DTMX:=DT;IIMX:=II;ORALMX:=ORAL;END;}
ren:=m*cs*dae/cc/s*(1-exp(-cc*s*ff/m/cs));
renm:=renm+ren;
ESS:=ESS+EDS*PAS/LO*18*3600;
Q:=ESS*RENM;
  if ren>renmx then begin
renmx:=ren;iimx:=ii;oralmx:=oral;end;
end;
{=====}
BEGIN
MENU;AXE;renMX:=0; renM:=0;ESS:=0;
  if ch='A' THEN
BEGIN
SETFILLSTYLE(1,0);BAR(X0+LO+35,Y0-70,X0+LO+89,Y0-16);
STR(S:5:3,OO);T(X0+LO+40,Y0-70,OO);
STR(CC:5:3,OO);T(X0+LO+40,Y0-60,OO);
STR(FF:5:3,OO);T(X0+LO+40,Y0-50,OO);
STR(M:5:3,OO);T(X0+LO+40,Y0-40,OO);
STR(CS:5:1,OO);T(X0+LO+40,Y0-30,OO);
SETFILLSTYLE(1,1);
END;
dd:=30*(1-1)+n; dc:=23.4*sin(2*PI/365*(284+dd));
et1:=-0.0002+0.4197*cos(w*dd)-3.2265*cos(2*w*dd);
et2:=-1*(0.0903*cos(3*w*dd)+7.3509*sin(w*dd));
et3:=-1*(9.3912*sin(2*w*dd)+0.3361*sin(3*w*dd));
et:=1/60*(et1+et2+et3);
C:=1+0.034*COS(DD*PI/180);
ii:=0; ESS:=0;II:=0; EAS:=0;
while ii<=90 do
begin
SETFILLSTYLE(1,0);STR(II:5:1,OO);
BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
T(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY+2,OO);
SETFILLSTYLE(1,1);SOUND(4000);DELAY(50);NOSOUND;
loo:=0;oral:=4;
while loo<=lo do
begin
calcul;
IF PAS<0 THEN
BEGIN
SETFILLSTYLE(1,0);
bar(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-100*ren),
x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90));
SETFILLSTYLE(1,1);
END ELSE

```

```

BEGIN
  IF PAS<2 THEN
    BEGIN
      bar(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-100*ren),
        x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90));
    END ELSE
      BEGIN SETFILLSTYLE(1,0);
        BAR(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-100*ren),
          x0+round(ii*xx/90)+loo+PAS,y0+round(ii*yy/90));
        RECTANGLE(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-100*ren),
          x0+round(ii*xx/90)+loo+PAS,y0+round(ii*yy/90));
        END;
      END;
      inc(loo,pas); oral:=4+loo*(18/lo);
      IF CH='A' THEN
        BEGIN
          STR(TRUNC(ORAL):5,OO);STR(FRAC(ORAL)*60:2:0,MM);
          OO:=OO+' ':'+MM;SETFILLSTYLE(1,0);
          BAR(X0+ROUND(LO*4/5)+144,Y0+YY+29,X0+ROUND(LO*4/5)+208,
            Y0+YY+38);
          T(X0+ROUND(LO*4/5)+140,Y0+YY+30,OO);
          SOUND(3000);DELAY(3);NOSOUND;
          BAR(X0-46,Y0-ROUND(2*Y0/3)-8,X0-3,Y0-ROUND(2*Y0/3)+12);
          STR(ren:5:3,OO);T(X0-45,Y0-ROUND(2*Y0/3)-2,OO);
          BAR(X0-46,Y0-70,X0-4,Y0-62);
          STR(renMX:5:3,OO);T(X0-45,Y0-50,OO);
          SETFILLSTYLE(1,1);
        END;
      END;
      IF HC='D' THEN REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
      IF KEYPRESSED THEN REGIM;
    end;
    IF CH='A' THEN BEGIN          renM:=renM*PAS/LO; Q:=REN*ESS;
      STR(renM:8:4,OO);T(ROUND(II*XX/90)+X0+LO,Y0+ROUND(II*YY/90)-5,OO);renM:=0
      STR(Q:3,OO);T(ROUND(II*XX/90+X0+LO+40),Y0+ROUND(II*YY/90+5),OO);ESS:=0;
      END;
      ii:=ii+PASII;
    end;STR(int(ORALMX):2:0,OO);T(0,100,'h'+OO);str(int(60*frac(oralmx)):2:0,oo
    T(24,100,' ':'+oo);
    STR(IIMX:4:1,OO);T(0,110,'U'+OO);
    REPEAT UNTIL KEYPRESSED; cpy;CLOSEGRAPH;
  END.

```

Program: **RAD**

```

uses crt, graph, PRINTER;
const x0=260;y0=85;
type Pa_Co_Fu=Array[1..250] of array[1..40] of real;par=file of pa_co_fu;
var pas, i,U, COLN, l, RIND, c, m, gd, gm, MASCA, SABLON: integer;
    pcf: pa_co_fu; ch: string[12]; fisa: par;
    XXX: STRING[255]; mc, ks: string[5]; DA: REAL; CC, HC, HH: CHAR;
}
{
    RA=m*c*dt/E/s=m*c/E/s*E/K*DA[1-exp(-K/m*c*s)];
    RA=m*c/K/s*DA[1-exp(-K*s/m/c)];
    X=m*c; Y=K*s; RA=X*DA[1-exp(-Y/X)];
}
procedure o(x,y: integer;t:string);
begin
    outtextxy(x,y,t);
end;
PROCEDURE MENU;
BEGIN
    CLRSCR; HIGHVIDEO; GOTOXY(20,20); da:=0;
    WRITELN('DATI PRODUSUL ECHIVALENT ABSORBTIE-TRANSMISIE:');
    writeln; writeln('DA =', DA:6:2); LOWVIDEO; GOTOXY(30,22);
    READLN(DA); WRITELN; writeln; writeln;
    repeat;
        gotoxy(40,24); write('P A S U L ? '); read(pas);
    until pas<20;
END;
PROCEDURE COPIE;
begin
    ch:='D'+ch+'.DTA'; assign(fisa,ch); reset(fisa); if ioresult <>0 then
        begin closegraph ; write('NU EXISTA FISIERUL '+ ch + ' !!'); END;
    read(fisa,pcf); close(fisa);
end;
procedure regim;
begin
    REPEAT
        SOUND(2000); DELAY(5); NOSOUND; CC:=UPCASE(READKEY);
        UNTIL CC IN['A','F','C','D','Q'];
        CASE CC OF
            'A','F': HH:=CC;
        END;
END;
BEGIN
    MENU; gd:=detect; initgraph(gd, gm, ''); if graphresult <> grok then halt(1);
    line(x0,y0,x0-250,y0+250); line(x0-250,y0+250,x0+270,y0+250);
    line(x0+270,y0+250,x0+520,y0); line(x0+520,y0,x0,y0); line(x0,y0,x0,5);
    o(270,3,'R A N D A M E N T ->'); rectangle(451,1,499,13);
    rectangle(450,0,500,14); o(0,y0,'CONDUCTANTA [W/m/m/grd]');
    OUTTEXTXY(0,y0+10,'x SUPRAFATA [m*m]'); setfillstyle(1,0);
    HC:='D'; HH:='A'; rectangle(679,29,719,41); rectangle(19,263,51,282);
    o(620,300,'P.E.Ab-Tr'); str(da:4:2,ch); o(620,320,'DA = '+ch);
    for l:=1 to 5 do
        begin
            line(x0+l*100,y0,x0+l*100,40); str(l*100,ch); o(x0+l*100-20,35,ch);
            o(0,y0-50,'debit [Kg/s]*c.sp. [J/Kg/GRD] ----->');
            line(x0-50*l,y0+50*l,x0-50*l,y0+50*l-30);
            str(l*50,ch); o(x0-50*l-10,y0+50*l-40,ch);
        end;
    rectangle(507,0,679,16);
    for m:=0 to 12 do
        begin
            str(m,ch); setfillstyle(1,1); settextstyle(5,1,0);
            bar(510+m*13,3,510+m*13+10,13); setfillstyle(1,0);
            bar(700,175,710,325); o(710,165,'fisier -> D'+ch+'.DTA'); o(520+m*13,18,

```



```

    settextstyle(5,0,0);str(12-m,ch); BAR(690,1,718,11);
    OUTTEXTXY(692,2,'M'+ch);str(m,ch);copie;
l:=1;
    WHILE L<=250 DO
    begin
        while c<20 do
        begin
            IF HC='D' THEN REGIM;IF KEYPRESSED THEN REGIM;setfillstyle(1,1);
            bar(m*40+x0+2*c-2-l,y0+l-1,m*40+x0+2*c-2-l,y0+l-1-round(pcf[l,2*c]*40));
            setfillstyle(1,0);
            putpixel(m*40+x0+2*c-1-l,y0+l-2-round(pcf[l,2*c]*40),0);
            putpixel(m*40+x0+2*c-0-l,y0+l-2-round(pcf[l,2*c]*40),0);
            putpixel(m*40+x0+2*c-2-l,y0+l-1-round(pcf[l,2*c]*40),15);
            putpixel(m*40+x0+2*c-1-l,y0+l-1-round(pcf[l,2*c]*40),15);
            str(pcf[l,2*c]*DA:4:2,mc);bar(453,3,497,11);if Hh='A' THEN o(459,4,mc);
            bar(20,264,50,281);str(l:3,mc);if Hh='A' THEN o(23,270,mc); inc(c,pas);
            bar(680,30,717,40);str(m*40+2*c:3,ks);
            IF HH='A' THEN o(687,32,ks);
            END;
            INC(L,2);
        end;
    end;
    repeat ch:=UPCASE(readkey) until ch='Q';
END.

uses crt,graph,PRINTER;
const x0=260;y0=85;
type Pa_Co_Fu=Array[1..250] of array[1..40] of real;par=file of pa_co_fu;
var pas,i,U,COLN,l,RIND,c,m,gd,gm,MASCA,SABLON:integer;
    pcf:pa_co_fu;ch:string[12];fisa:par;
    XXX:STRING[255];mc,ks:string[5]; DA:REAL;CC,HC,HH:CHAR;

{ RA=m*c*dt/E/s=m*c/E/s*E/K*DA[1-exp(-K/m/c*s)];
  RA=m*c/K/s*DA[1-exp(-K*s/m/c)];
  X=m*c; Y=K*s; RA=X*DA[1-exp(-Y/X); }

procedure o(x,y:integer;t:string);
begin
    outtextxy(x,y,t);
end;
PROCEDURE MENU;
) BEGIN
    CLRSCR;HIGHVIDEO;GOTOXY(20,20);da:=0;
    WRITELN('DATI PRODUSUL ECHIVALENT ABSORBTIE-TRANSMISIE:');
    writeln;writeln('DA =',DA:6:2);LOWVIDEO;GOTOXY(30,22);
    READLN(DA);WRITELN;writeln;writeln;
    repeat;
        gotoxy(40,24);write('P A S U L ? ');read(pas);
    until pas<20;
END;
PROCEDURE COPIE;
begin
    ch:='D'+ch+'.DTA';assign(fisa,ch);reset(fisa);if ioresult <>0 then
    begin closegraph ;write('NU EXISTA FISIERUL '+ ch + ' !!!');END;
    read(fisa,pcf);close(fisa);
end;
procedure regim;
begin
    REPEAT
        SOUND(2000);DELAY(5);NOSOUND;CC:=UPCASE(READKEY);
        UNTIL CC IN['A','F','C','D','Q'];
        CASE CC OF
            'A','F':HH:=CC;
            'C','D':HC:=CC;
            'Q':BEGIN;CLOSEGRAPH;HALT(1);END;
        END;
END;

```

Program: **CON**

```
{PROGRAM PT: dependenta conductantei functie de viteza vintului,  
pentru o anumita temperatura a suprafetei absorbante}
```

```
uses graph,crt;
```

```
const x0=40;y0=140;xx=100;ori=' 0 2 4 6 810';ver='0 1 2 3 4 5';  
ta=295;
```

```
yy=150;lo=500;
```

```
epp=0.95;epg=0.90;de=0.1;sig=5.67e-8;
```

```
var al,la,kr,ks,kiz,k,f,v,KM:real;
```

```
hc,ch,d:char;
```

```
gd,gm,l,n,nr,nc,i,j,ii,loo,pas,tp:integer;
```

```
oo:string[12];
```

```
PROCEDURE MENU;
```

```
BEGIN clrscr;
```

```
gotoxy(5,2);
```

```
WRITE('dati conductivitatea:');readln(la);
```

```
gotoxy(5,6);
```

```
write('dati temp. placii:');readln(tp);
```

```
gotoxy(5,10);
```

```
write('dati unghiul de pozare:');readln(ii);
```

```
gotoxy(5,14);
```

```
write('dati pasul vitezei (1-5):');readln(pas);
```

```
gotoxy(5,18);
```

```
write('rulaj C_ontinuu sau D_iscret?');
```

```
hc:=upcase(readkey);write(hc);
```

```
repeat until hc in ['C','D'];
```

```
gotoxy(5,22);
```

```
write('Cu A_fisare sau F_ara Afisare?');
```

```
ch:=upcase(readkey);write(ch);
```

```
repeat until ch in ['A','F'];
```

```
END;
```

```
PROCEDURE AXE;
```

```
begin clrscr;
```

```
gd:=detect;
```

```
initgraph(gd,gm,'');
```

```
if graphresult<>0 then begin closegraph;halt(1);end;
```

```
line(x0,y0,x0+lo,y0);
```

```
line(x0+lo,y0,x0+lo+xx,y0+yy);
```

```
line(x0+lo+xx,y0+yy,x0+xx,y0+yy);
```

```
line(x0+xx,y0+yy,x0,y0);
```

```
line(x0,y0,x0,y0-round(2*y0/3));
```

```
outtextxy(x0+5,y0-round(2*y0/3),'K[W/m/m/grd]');
```

```
str(tp:2,oo);outtextxy(5,20,'T.P.[K]='+oo);
```

```
str(ta:2,oo);outtextxy(120,20,'T.A.[K]='+oo);
```

```
str(la:3,oo);outtextxy(255,20,'LA[W/m/grd]='+oo);
```

```
str(ii:2,oo);outtextxy(465,20,'UNghi [deg]='+oo);
```

```
str(de:2,oo);outtextxy(590,20,'DE[m]='+oo);
```

```
outtextxy(x0+round(lo*4/5),y0+yy+30,'VIT.VINT[m/s]=>');
```

```
rectangle(x0+round(lo*4/5)+143,y0+yy+28,
```

```
x0+round(lo*4/5)+210,y0+yy+39);
```

```
outtextxy(x0-round(x0*2/3),y0+yy+20,'EF.SERA');
```

```
RECTANGLE(x0+5,y0-round(2*y0/3)+13,x0+72,y0-round(2*y0/3)+30);
```

```
rectangle(x0-round(x0*2/3),y0+yy-5,x0-round(x0*2/3)+50,y0+yy+14);
```

```
outtextxy(x0+lo+40,y0-90,'AL=');
```

```
OUTTEXTXY(X0+LO+40,Y0-80,'FR=');
```

```
outtextxy(x0+lo+40,y0-70,'KR=');
```

```
outtextxy(x0+lo+40,y0-60,'KS=');
```

```
outtextxy(x0+lo+40,y0-50,'KIZ=');
```

```
RECTANGLE(x0+lo+30,y0-101,x0+lo+130,y0-35);
```

```
OUTTEXTXY(X0+LO+80,Y0-20,'MEDIA');
```

```
SETTEXTSTYLE(1,1,4);
```

```
OUTTEXTXY(X0+LO+80,Y0-10,'<-');
```

```
SETTEXTSTYLE(0,0,1);
```

```
for i:=0 to 5 do
```

```

begin
line(x0+round(i*lo/5),y0,x0+round(i*lo/5)+
round(10*xx/yy)+xx,y0+yy+10);
line(x0+round(i*xx/5-20),y0+round(i*yy/5),
x0+round(i*xx/5)+lo,y0+round(i*yy/5));
outtextxy(x0+i*round(lo/5)+round(10*xx/yy)+xx-5,
y0+yy+15,copy(ori,2*i+1,2));
outtextxy(x0+round(i*xx/5)-40,y0+round(i*yy/5)-4,
copy(ver,2*i+1,2));
end;
end;
PROCEDURE REGIM;
BEGIN
SETFILLSTYLE(1,0);
repeat D:=upcase(readkey);until D in ['A','F','C','D','Q'];
CASE D OF 'A','F':CH:=D;
'C','D':HC:=D;
'Q':BEGIN;
CLOSEGRAPH;HALT(1);
END;
END;
bar(x0+round(lo*4/5)+148,y0+yy+29,x0+round(lo*4/5)+160,y0+yy+38);
bar(x0+6,y0-round(2*y0/3)+14,x0+71,y0-round(2*y0/3)+29);
end;
PROCEDURE CALCUL;
BEGIN
AL:=5.7+3.8*V;
F:=(1+0.058*N)*(5E-4*AL*AL-4E-2*AL+1);
KR:=1/(N/344*TP/EXP(0.31*LN((TP-TA)/(N+F)))+1/AL)+
SIG*(TP+TA)*(TP*TP+TA*TA)/
(1/(EPP+0.0425*N*(1-EPP))+(2*N+F-1)/EPG-N);
Ks:=KR*(1-(II-45)*(0.00259-0.00144*EPP));
KIZ:=LA/DE;
K:=Ks+KIZ;
KM:=KM+K;
END;
procedure grafica;
begin
if ch='A' THEN
begin
setfillstyle(1,0);
bar(x0+lo+70,y0-100,x0+lo+129,y0-36);
str(al:5:2,oo);outtextxy(x0+lo+80,y0-90,oo);
str(f:5:2,oo);outtextxy(x0+lo+80,y0-80,oo);
str(kr:5:2,oo);outtextxy(x0+lo+80,y0-70,oo);
str(ks:5:2,oo);outtextxy(x0+lo+80,y0-60,oo);
str(kiz:5:2,oo);outtextxy(x0+lo+80,y0-50,oo);
setfillstyle(1,1);
end;
end;
begin
menu;axe;
n:=1;
while n<6 do
begin
setfillstyle(1,0);
str(n:2,oo);
bar(x0-round(x0*2/3)+1,y0+yy,x0-round(x0*2/3)+49,y0+yy+12);
outtextxy(x0-round(x0*2/3)+5,y0+yy+2,oo);
loo:=0;
while loo<=lo do
begin
v:=loo/50;
calcul;grafica;

```

```

{
    setfillstyle(1,1);
    putpixel(x0+round(n*xx/5)+loo,y0+round(n*yy/5-k*18)-1,0);
    setfillstyle(1,0);
    bar(x0+round(n*xx/5)+loo+PAS,y0+round(n*yy/5),
        x0+round(n*xx/5)+loo,y0+round(n*yy/5-k*18)+1);
    RECTANGLE(x0+round(n*xx/5)+loo,y0+round(n*yy/5-k*18)+1,
        x0+round(n*xx/5)+loo+PAS,y0+round(n*yy/5));
    if ch='A' then
begin
    str(v:3,oo);setfillstyle(1,0);
    bar(x0+round(lo*5/6)+128,y0+yy+29,
        x0+round(lo*5/6)+190,y0+yy+38);
    outtextxy(x0+round(lo*5/6)+125,y0+yy+30,oo);
    sound(3000);delay(3);nosound;
    bar(x0+6,y0-round(2*y0/3)+14,x0+71,y0-round(2*y0/3)+29);
    str(k:6:3,oo);
    outtextxy(x0+12,y0-round(2*y0/3)+18,oo);
    setfillstyle(1,1);
end;
    if hc='D' then repeat until keypressed;
        if keypressed then regim;grafica;
        inc(loo,pas);
end;
    KM:=KM*PAS/LO;
    STR(KM:6:1,OO);
    OUTTEXTXY(X0+ROUND(N*XX/5)+LO+15,Y0-5+ROUND(N*YY/5),OO);
    n:=n+1; KM:=0;
end;repeat until keypressed; closegraph;
, end.

```

Program: **REF**

{PROGRAM REF: factorul energetic de reflexie a radiatiei pe suprafata sticloasa}

```
JSES CRT,graph,printer;
var PASII,RS:real;HC,D, CH:CHAR;gd,gm,L,N,i,j,k,PAS,loo:integer;
lc,dd,et,et1,et2,et3,et4,et5,et6,ora,oral,ah,h,HH,NN,R:Real;
teta,tetal,teta2,teta3,teta4,teta5,teta6,teta7,teta8,ii,az,uh,uo,u1,u2:real;
M,OO:string[12];
const w=2*3.14156/365;E0=1353;A=0.88;B=0.28;Ab=0.55;
llg=26.09;lg=21.23;lt=47.73;X0=44;Y0=140;XX=80;YY=150;LO=522;
ori=' 4 6 810121416182022';ver=' 0102030405060708090';
```

```
{
DC ---> DECLINATIA SOARELUI, DD--->ZIUA DIN AN
ET --->ECUATIA TAMPULUI, ORAL --->ORA LEGALA
ORA --->ORA SOLARA, AH --->UNGHI ORAR
LLG --->LONGITUDINEA LEGALA, LG --->LONG.LOCALA
H --->SINUSUL UNGHIULUI DE INALTARE
LT --->LATITUDINEA
II --->UNGHI DE POZARE AL SUPRAFETEI
AZ --->UNGHI AZIMUTAL AL PLANULUI,+SPRE VEST,-SPRE EST
TETA--->COSINUSUL UNGHIULUI DINTRE RAZA SI NORMALA LA PL
UH--->UNGHI DE INALTARE IN GRADE
UO--->UNGHI ORAR IN GRADE
U1--->UNGHI DE INCIDENTA IN GRADE
U2--->UNGHI DE REFRACTIE IN GRADE
R----->FACTOR ENERGETIC DE REFLEXIE }
```

```
Procedure CPY;
var bf:array[0..639] of byte;i,j,n1,n2,n3,Lin:integer;
GV,MGO,LS,STC,LH,LV,OFSET:INTEGER;
unction P2(k:integer):integer;
egin P2:=round(exp(k*ln(2)));end;
egin
GV:=1;MGO:=2;LS:=0;STC:=0;LH:=719;LV:=349;OFSET:=10;
3:=90;n2:=(LH)div(256);n1:=LH-256*n2;
f mgo=2 then n3:=76;if mgo=4 then n3:=75;write(lst,chr(27),chr(51),chr(24));
in:=ls;while Lin<=ls+lv do begin
or i:=0 TO LH-1 do begin BF[i]:=0;
or j:=0 TO round(8/mgv-1) do if Lin+j<GetMaxX-1 then
f getpixel(STC+i,Lin+j)<>0 then BF[i]:=BF[i]+(2*mgv-1)*p2(8-mgv-mgv*j);end;
:=0;while i<ofset do begin write(lst,' ');inc(i);end;
rite(lst,chr(27),chr(n3),chr(n1),chr(n2));
x i:=0 TO LH-1 do write(lst,chr(BF[i]));
in:=Lin+round(8/mgv);write(lst,chr(13),chr(10));end;end;
```

```
PROCEDURE MENU;
begin
clrscr;
gotoxy(5,5);
write('DATI LUNA '); readln(l);l:=6;
gotoxy(5,7);
write('DATI ZIUA '); readln(n);n:=21;
gotoxy(5,9);
write('DATI UNGHI AZIMUT AL PLANULUI 0..+90[S->V],0..-90[S->E]: ');
readln(AZ);az:=0;
gotoxy(5,11);
write('dati indicele de refractie : ');readln(nn);nn:=1.53;
gotoxy(5,13);
write('DATI PASUL DE TIMP 1..10 {ur} ');readln(pas);pas:=5;
gotoxy(5,17);
WRITE('DATI PASUL UNGHIULUI DE POZARE 0..90[deg] : ');
```

```

READLN(PASII);pasii:=10;
gotoxy(5,20);
write('RULAJ C_ontinuu sau D_iscret ? ');
HC:=upcase(readkey);write(hc);REPEAT until hc in ['C','D'];
gotoxy(5,22);
write('Cu A_fisare sau F_ara Afisare ? ');
CH:=upcase(readkey);write(ch);REPEAT until ch in['A','F'];
end;
PROCEDURE AXE;
BEGIN
    detectgraph(gd, gm);
    initgraph(gd, gm, 'c:\tp\bgi');
    if graphresult<>0 then begin closegraph;halt(1);end;
    line(x0,y0,x0+lo,y0);
    line(x0+lo,y0,x0+lo+xx,y0+yy);
    line(x0+lo+xx,y0+yy,x0+xx,y0+yy);
    line(x0+xx,y0+yy,x0,y0);
    line(x0,y0,x0,y0-round(2*y0/3)-20);
    outtextxy(x0-15,y0-round(2*y0/3)-20,'R');
    STR(L:2,00);OUTTEXTXY(5,10,'LUNA : '+00);
    STR(N:2,00);OUTTEXTXY(120,10,'ZIUA : '+00);
    STR(AZ:4:1,00);
    OUTTEXTXY(220,10,'UNGHI AZIMUTAL AL PL. [deg] : '+00);
    STR(NN:4:2,00);
    OUTTEXTXY(500,10,'INDICE DE REFRACTIE : '+00);
    OUTTEXTXY(x0+round(lo*4/5),y0+yy+30,'ORA LEGALA [h] =>');
    RECTANGLE(X0+ROUND(LO*4/5)+143,Y0+YY+28,
    X0+ROUND(LO*4/5)+209,Y0+YY+39);
    outtextxy(x0-10-round(x0*2/3),y0+yy+20,'UNGHI [deg] ');
    RECTANGLE(X0-44,Y0-ROUND(2*Y0/3)-10,X0-2,Y0-ROUND(2*Y0/3)+13);
    RECTANGLE(X0-ROUND(X0*2/3),Y0+YY-5,X0-ROUND(X0*2/3)+50,Y0+YY+
    14);
    OUTTEXTXY(X0+LO,Y0-70,'UNGHI [deg] :');
    OUTTEXTXY(X0+LO,Y0-60,'UH=');
    OUTTEXTXY(X0+LO,Y0-50,'UO=');
    OUTTEXTXY(X0+LO,Y0-40,'U1=');
    OUTTEXTXY(X0+LO,Y0-30,'U2=');
    RECTANGLE(X0+LO-10,Y0-80,X0+LO+90,Y0-15);
    for i:=0 to 9do
        begin SETLINESTYLE(1,1,1);
            line(x0+round(i*lo/9),y0,x0+ROUND(i*lo/9)+
            ROUND(10*xx/yy)+XX,y0+yy+10);
            line(x0+round(i*xx/9)-20,y0+round(i*yy/9),x0+
            round(i*xx/9)+LO,y0+round(i*yy/9));
            OUTTEXTXY(X0+I*ROUND(lo/9)+round(10*xx/yy)+xx-5,y0+yy+15,
            copy(ori,2*i+1,2));
            outtextxy(x0+round(i*xx/9)-40,y0+round(i*yy/9)-4,
            copy(ver,2*i+1,2));
        end;
    end;
PROCEDURE REGIM;
BEGIN
    SETFILLSTYLE(1,0);
    REPEAT D:=UPCASE(READKEY);UNTIL D IN['A','F','C','D','Q'];
    CASE D OF 'A','F':CH:=D;
        'C','D':HC:=D;
        'Q':BEGIN;
            CLOSEGRAPH;HALT(1);
        END;
    END;
    BAR(X0+ROUND(LO*4/5)+148,Y0+YY+29,X0+ROUND(LO*4/5)+208,Y0+YY+38);
    BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
    BAR(X0-41,Y0-ROUND(2*Y0/3)-8,X0-7,Y0-ROUND(2*Y0/3)+12);
    BAR(X0+LO+30,Y0-60,X0+LO+89,Y0-16); STR(II:5:1,00);

```



```

OUTTEXTXY (X0-ROUND (X0*2/3)+2,Y0+YY,OO) ;SETFILLSTYLE (1,1) ;
END;
procedure calcul;
begin
  ora:=oral+et-1/60*(llg-lg) ;
  AH:=PI/12*(ora-12) ;
  h:=sin(lt*PI/180)*sin(dc*PI/180)+
  cos(lt*PI/180)*cos(dc*PI/180)*cos(ah) ;
  hh:=ARCTAN(H/SQRT(1-H*H)) ;
  uh:=hh*180/PI ;
  uo:=ah*180/PI ;

  TETA4:=SIN(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)*COS(II*PI/180) ;
  teta5:=-SIN(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*SIN(II*PI/180)*COS(AZ*PI/180) ;
  teta6:=COS(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*COS(II*PI/180)*COS(AH) ;
  teta7:=COS(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)*SIN(II*PI/180)*COS(AH) ;
  teta8:=COS(DC*PI/180)*SIN(II*PI/180)*SIN(AZ*PI/180)*SIN(AH) ;
  teta:=teta4+teta5+teta6+teta7+teta8 ;
  if (teta>1) then teta:=1 ;
  IF ((TETA=1) AND (H>0.004)) THEN R:=SQRT((NN-1)/(NN+1)) ELSE
  if ((teta<1) and (teta>0) and (h>0.004)) then
    begin
      { teta1:=ARCTAN(1/SQRT(1+TETA*TETA)) ; }
      teta1:=ARCTAN(1/teta*SQRT(1-teta*teta)) ;
      u1:=teta1*180/PI ;
      teta3:=sin(teta1)/nn ;
      teta2:=ARCTAN(teta3/SQRT(1-TETA3*TETA3)) ;
      u2:=teta2*180/PI ;
      R:=0.5*(sqr(Sin(teta2-teta1)/Sin(teta2+teta1))+
      SQR(SIN(TETA2-TETA1))/(1-SQR(SIN(TETA2-TETA1)))/
      SQR(SIN(TETA2+TETA1))*(1-SQR(SIN(TETA2+TETA1)))) ;
      end ELSE R:=0 ;
  if ch='A' THEN
    BEGIN
      SETFILLSTYLE(1,0) ;
      BAR(X0+LO+30,Y0-60,X0+LO+89,Y0-16) ;
      STR(UH:5:1,OO) ;OUTTEXTXY(X0+LO+40,Y0-60,OO) ;
      STR(UO:5:1,OO) ;OUTTEXTXY(X0+LO+40,Y0-50,OO) ;
      STR(U1:5:1,OO) ;OUTTEXTXY(X0+LO+40,Y0-40,OO) ;
      STR(U2:5:1,OO) ;OUTTEXTXY(X0+LO+40,Y0-30,OO) ;
    SETFILLSTYLE(1,1) ;
  END;
end;
BEGIN
  MENU;AXE;
  dd:=30*(1-1)+n;
  dc:=23.4*sin(2*PI/365*(284+dd)) ;
  et1:=-0.0002+0.4197*cos(w*dd) ;
  et2:=-3.2265*cos(2*w*dd) ;
  et3:=-0.0903*cos(3*w*dd) ;
  et4:=-7.3509*sin(w*dd) ;
  et5:=-9.3912*sin(2*w*dd) ;
  et6:=-0.3361*sin(3*w*dd) ;
  et:=1/60*(et1+et2+et3+et4+et5+et6) ;
  ii:=0; RS:=0;
  while ii<=90 do
    begin
      SETFILLSTYLE(1,0) ;
      STR(II:5:1,OO) ;
      BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12) ;
      OUTTEXTXY(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY+2,OO) ;
      SETFILLSTYLE(1,1) ;
      SOUND(4000) ;DELAY(50) ;NOSOUND ;
      loo:=0;oral:=4;

```

```

while loo<=lo do
  begin
    calcul;

    putpixel(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0-1+round(ii*yy/90-100*R),0);
    bar(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-100*R),
    x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90));
    inc(loo,pas); oral:=4+loo*(18/lo);
  IF CH='A' THEN
    BEGIN
      STR(TRUNC(ORAL):5,OO);STR(FRAC(ORAL)*60:2:0,MM);
      OO:=OO+':'+MM;
      SETFILLSTYLE(1,0);
      BAR(X0+ROUND(LO*4/5)+144,Y0+YY+29,X0+ROUND(LO*4/5)+208,
      Y0+YY+38);
      OUTTEXTXY(X0+ROUND(LO*4/5)+140,Y0+YY+30,OO);
      SOUND(3000);DELAY(3);NOSOUND;
      BAR(X0-41,Y0-ROUND(2*Y0/3)-8,X0-3,Y0-ROUND(2*Y0/3)+12);
      STR(R:4:2,OO);OUTTEXTXY(X0-40,Y0-ROUND(2*Y0/3)-2,OO);
      SETFILLSTYLE(1,1);
    END;
  IF HC='D' THEN
    REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
  IF KEYPRESSED THEN REGIM;
  end;
  {
    STR(RS:6,OO);
    OUTTEXTXY(ROUND(II*XX/90)+X0+LO,Y0+ROUND(II*YY/90)-5,OO);
  }
  ii:=ii+PASII; RS:=0;
end;
REPEAT UNTIL KEYPRESSED;

copy;
CLOSEGRAPH;
END.

```

Program: **AT**

```
{PROGRAM AI: valoarea efectiva a produsului echivalent al absorbtiei-
transmisiei in ansamblul bazin - acoperis in dependenta sa
orara si diurna}
```

```
USES CRT,graph;
```

```
var DAE:real;HC,D, CH:CHAR;gd,gm,L,N,NR,i,j,k,loo,PAS:integer;
```

```
NN,R,DA,A,DR,DA1,A1,DD,D2,DA2,DA3,GR:REAL;
```

```
OO:string[12];
```

```
CONST X0=40;Y0=140;XX=100;YY=150;LO=520;ORI=' 0 1 2 3 4';VER=' 0 2 4 6 8';
{
    NN---->INDICE DE REFRACTIE AL PLACII DE STICLA
    R----->FACTOR ENERGETIC DE REFLEXIE AL PLACII DE STICLA
    DR---->FACTOR ENERGETIC DE TRANSMISIUNE CIND SE NEGLIJEAZA AB
    DA-->FACTOR ENERGETIC DE TRANSMISIE CIND SE NEGLIJEAZA REFL.
    DD---->FACTOR ENERGETIC DE TRANSMISIE TOTAL AL PLACII DE STIC
    DA2--->PRODUS ECHIVALENT AL TRANSMISIEI-ABSORBTIEI
    DAE---->VALOAREA EFECTIVA A PRODUSULUI ECHIVALENT
    GR----->GROSIMEA PLACII DE STICLA
    NR----->ORDINUL EFECTULUI DE SERA
    A----->FACTOR ENERGETIC DE ABSORBTIE AL PLACII NEGRE
}
```

```
PROCEDURE MENU;
```

```
begin clrscr;
```

```
gotoxy(5,5);
```

```
write('DATI FACTORUL DE ABSORBTIE : '); readln(A);
```

```
gotoxy(5,10);
```

```
write('DATI INDICELE DE REFRACTIE: '); readln(nn);
```

```
{ write('DATI PASUL GROSIMII 1..8 [mm] ');readln(pas);}
```

```
writeln;
```

```
gotoxy(5,15);
```

```
write('RULAJ C_ontinuu sau D_iscret ? ');
```

```
HC:=upcase(readkey);write(hc);REPEAT until hc in ['C','D'];
```

```
gotoxy(5,20);
```

```
write('Cu A_fisare sau F_ara Afisare ?. ');
```

```
CH:=upcase(readkey);write(ch);REPEAT until ch in['A','F'];
```

```
end;
```

```
PROCEDURE AXE;
```

```
BEGIN
```

```
gd:=detect;
```

```
initgraph(gd,gm,'');
```

```
if graphresult<>0 then begin closegraph;halt(1);end;
```

```
line(x0,y0,x0+lo,y0);
```

```
line(x0+lo,Y0,x0+lo+xx,y0+yy);
```

```
line(x0+lo+xx,y0+yy,x0+xx,y0+yy);
```

```
line(x0+xx,y0+yy,x0,y0);
```

```
line(x0,y0,x0,y0-round(2*y0/3));
```

```
outtextxy(x0+5,y0-round(2*y0/3),'DAE');
```

```
STR(A:2,OO);OUTTEXTXY(5,20,'FACTOR DE ABSORTIE = '+OO);
```

```
STR(NN:2,OO);OUTTEXTXY(450,20,'INDICE DE REFRACTIE = '+OO);
```

```
OUTTEXTXY(x0+round(lo*4/5),y0+yy+30,'ORDIN EF.SERA =>');
```

```
RECTANGLE(X0+ROUND(LO*4/5)+143,Y0+YY+28,
```

```
X0+ROUND(LO*4/5)+219,Y0+YY+39);
```

```
outtextxy(x0-10-round(x0*2/3),y0+yy+20,'GROSIME [mm]');
```

```
RECTANGLE(X0+5,Y0-ROUND(2*Y0/3)+13,X0+72,Y0-ROUND(2*Y0/3)+30);
```

```
RECTANGLE(X0-ROUND(X0*2/3),Y0+YY-5,X0-ROUND(X0*2/3)+50,Y0+YY+14);
```

```
OUTTEXTXY(X0+LO,Y0-90,'R=');
```

```
OUTTEXTXY(X0+LO,Y0-80,'DR=');
```

```
OUTTEXTXY(X0+LO,Y0-70,'DA=');
```

```
OUTTEXTXY(X0+LO,Y0-60,'DD=');
```

```
OUTTEXTXY(X0+LO,Y0-50,'D2=');
```

```
RECTANGLE(X0+LO-10,Y0-101,X0+LO+90,Y0-35);
```

```
for i:=0 to 4 do
```

```
begin
```

```
line(x0+round(i*lo/4),y0,x0+ROUND(i*lo/4)+
```

```
ROUND(10*xx/yy)+XX,y0+yy+10);
```

```
line(x0+round(i*xx/4)-20,y0+round(i*yy/4),x0+
```

```
round(i*xx/4)+LO,y0+round(i*yy/4));
```

```
OUTTEXTXY(X0+I*ROUND(lo/4)+round(10*xx/yy)+xx-5,y0+yy+15,
```

```

outtextxy(x0+round(1*xx/4)-40,y0+round(1*yy/4)-4,
copy(ver,2*i+1,2));
                                end;
                                end;
PROCEDURE REGIM;
BEGIN
    SETFILLSTYLE(1,0);
    REPEAT D:=UPCASE(READKEY);UNTIL D IN ['A','F','C','D','Q'];
    CASE D OF 'A','F':CH:=D;
              'C','D':HC:=D;
              'Q':BEGIN;
                  CLOSEGRAPH;HALT(1);
              END;
    END;
    BAR(X0+ROUND(LO*4/5)+148,Y0+YY+29,X0+ROUND(LO*4/5)+208,Y0+YY+38);
    BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
    BAR(X0+6,Y0-ROUND(2*Y0/3)+14,X0+71,Y0-ROUND(2*Y0/3)+29);
    BAR(X0+LO+30,Y0-79,X0+LO+89,Y0-16); STR(GR:5:1,OO);
    OUTTEXTXY(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY,OO);SETFILLSTYLE(1,1);
END;
procedure calcul;
begin
    R:=SQR(NN-1)/SQR(NN+1);
    DR:=(1-R)/(1+R*(2*NR-1));
    DA:=EXP(-0.004*GR);
    DA1:=1-DA;
    A1:=1-A;
    DD:=DR*DA;
    D2:=DD*A;
    CASE NR OF
        1:BEGIN
            DA2:=D2/(1-0.16*A1);
            DA3:=0.27*DA1;
            END;
        2:BEGIN
            DA2:=D2/(1-0.24*A1);
            DA3:=DA1*(0.15+0.62*DD);
            END;
        3:BEGIN
            DA2:=D2/(1-0.29*A1);
            DA3:=DA1*(0.14+0.45*DD+0.75*DD*DD);
            END;
        4:BEGIN
            DA2:=D2/(1-0.32*A1);
            DA3:=DA1*(0.12+0.31*DD+0.52*DD*DD+0.81*DD*DD*
            END;
    END;
    BEGIN
        DAE:=DA2+DA3;
    END;
    if ch='A' THEN
        BEGIN
            SETFILLSTYLE(1,0);
            BAR(X0+LO+30,Y0-100,X0+LO+89,Y0-36);
            STR(R:6:4,OO);OUTTEXTXY(X0+LO+40,Y0-90,OO);
            STR(DR:6:4,OO);OUTTEXTXY(X0+LO+40,Y0-80,OO);
            STR(DA:6:4,OO);OUTTEXTXY(X0+LO+40,Y0-70,OO);
            STR(DD:6:4,OO);OUTTEXTXY(X0+LO+40,Y0-60,OO);
            STR(D2:6:4,OO);OUTTEXTXY(X0+LO+40,Y0-50,OO);
            SETFILLSTYLE(1,1);
        END;
    end;
    BEGIN
        MENU;AXE;GR:=1;
        A1:=1-A;
        while GR<=8 do
            begin

```

```

        SETFILLSTYLE(1,0);
        STR(GR:5:1,OO);
        BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
        OUTTEXTXY(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY+2,OO);
        SOUND(4000);DELAY(50);NOSOUND;
        loo:=130;NR:=1;
    while loo<=lo do
        begin
            calcul;
            SETFILLSTYLE(1,1);
            putpixel(x0+round(GR*xx/8)+loo,y0-1+round(GR*yy/8-(DAE-0.4)*150)
            15);
            BAR(x0+round(GR*xx/8)+loo,y0+round(GR*yy/8),X0+ROUND(GR*XX/8)+LOO,
            Y0+ROUND(GR*YY/8-(DAE-0.4)*150));
            inc(loo,130);{ NR:=1+ROUND(LO/4);} INC(NR,1);
        IF CH='A' THEN
            BEGIN
                STR(NR-1:3,OO);
                SETFILLSTYLE(1,0);
                BAR(X0+ROUND(LO*4/5)+144,Y0+YY+29,X0+ROUND(LO*4/5)+208,
                Y0+YY+38);
                OUTTEXTXY(X0+ROUND(LO*4/5)+140,Y0+YY+30,OO);
                SOUND(3000);DELAY(3);NOSOUND;
                BAR(X0+6,Y0-ROUND(2*Y0/3)+14,X0+71,Y0-ROUND(2*Y0/3)+29);
                STR(DAE:6:3,OO);OUTTEXTXY(X0+12,Y0-ROUND(2*Y0/3)+18,OO);
                SETFILLSTYLE(1,1);
            END;
            IF HC='D' THEN
                REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
                IF KEYPRESSED THEN REGIM;
            end;
            GR:=GR+1/5;
        end;
        REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
        CLOSEGRAPH;
    END.
begin
    for i:=1 to 10 do begin
        fn[i,1]:=0;p[i,1]:=0;p0[i,1]:=0;q[i,1]:=0;q0[i,1]:=0;z[i,1]:=0;
        for j:=1 to 100 do force[j,1]:=0;end;
        end;t:=0;
        writeln('n,ndata,niter,dt,error');read(n,ndata,niter,dt,error);
        writeln('matricea M');inrmat(n,n,m);
        writeln('matricea K');inrmat(n,n,k);
        write('x0=');inrmat(n,1,x0);
        write('y0=');inrmat(n,1,y0);
        write('force=');inrmat(n,ndata,force);
        modl(n,niter,error:real;m,k:matr;var u:matr);
        for i:=1 to n do for j:=1 to n do ut[i,j]:=u[j,i];
        mply(n,n,n,ut,m,dum);
        mply(n,n,n,dum,u,m);
        mply(n,n,n,ut,k,dum);
        mply(n,n,n,dum,u,k);
        for i:=1 to n do wn[i,1]:=sqrt(k[i,i]/m[i,i]);
        invs(n,u,uinvs);
        mply(n,n,1,uinvs,x0,p0);mply(n,n,1,uinvs,y0,q0);
        for it:=1 to ndata do begin
            writeln('time=',t);
            for i:=1 to n do write('x0=',x0[i,1]);writeln;
            for i:=1 to n do write('y0=',y0[i,1]);writeln;
            fn[i,1]:=0;for j:=1 to n do fn[i,1]:=fn[i,1]+ut[i,j]*force[j,it];
            fn[i,1]:=fn[i,1]/m[i,i];
            for i:=1 to n do begin
                tresp(p0[i,1],q0[i,1],fn[i,1],z[i,1],wn[i,1],p[i,1],q[i,1]);
                p0[i,1]:=p[i,1];q0[i,1]:=q[i,1];end;
            mply(n,n,1,u,p0,x0);mply(n,n,1,u,q0,y0);
            t:=t+dt;
            end;
        end;
    end.

```

Program: **TEMP**

```

{PROGRAM TEMP: suprateratura fluidului termopurtator in variatia sa orara s
diurna, avind ca parametru unghiul de pozare}
JSES CRT,graph,printer;
var PASII,DR,DA,DA1,GR,C,TETA0,EDN,EDO,EDS,EDA,KK:real;HC,D, CH:CHAR;
gd,gm,L,N,i,j,k,PAS,loo,P:integer;
ESS,EAS,F,dc,dd,et,ora,oral,ah,h,HH,NN,R,A1,D1,D2,DA2,DA3,DAE:REal;
teta4,teta5,teta6,teta7,teta8,et1,et2,et3:real;
CC,S,FF,M,CS,DT,DTM,DTMX,IIMX,ORALMX:REAL;
teta,tetal,teta2,teta3,ii,az,uh,uo,u1,u2:real;MM,OO:string[12];
const w=2*3.1416/365;A=0.95;llg=26.09;lg=21.23;lt=47.73;
X0=48;Y0=140;XX=80;YY=150;LO=468;
ori=' 4 6 810121416182022';ver=' 0102030405060708090';
E0=1353;AA=0.88;B=0.28;
{ EDA-INT.RAD.SOLARE ABS.;S-SUPR.INSULATOR;CC-CONDUCTANTA;FF-FACT.DE EFICIENTIA
V-DEBIT FLUID; CS-CALD.SPECIF. A FLUID.DT-SUPRATEMP.;DTM-SUPRATEMP.MEDIE
JTMX-SUPRATEMP.MAX.;u,h-coordon.supratemp.max. }

```

```

Procedure CPY;
var bf:array[0..639] of byte;i,j,n1,n2,n3,lin:integer;
MVG,MGO,LS,STC,LH,LV,OFSET:INTEGER;
Function P2(k:integer):integer;
begin P2:=round(exp(k*ln(2)));end;
begin
MVG:=1;MGO:=2;LS:=0;STC:=0;LH:=719;LV:=349;OFSET:=10;
n3:=90;n2:=(lh)div(256);n1:=lh-256*n2;
if mgo=2 then n3:=76;if mgo=4 then n3:=75;write(lst,chr(27),chr(51),chr(24));
lin:=ls;while lin<=ls+lv-1 do begin
for i:=0 TO LH-1 do begin BF[i]:=0;
for j:=0 TO round(8/mgv-1) do if lin+j<GetMaxX-1 then
if getpixel(STC+i,lin+j)<>0 then BF[i]:=BF[i]+(2*mgv-1)*p2(8-mgv-mgv*j);end;
i:=0;while i<ofset do begin write(lst,' ');inc(i);end;
write(lst,chr(27),chr(n3),chr(n1),chr(n2));
for i:=0 TO LH-1 do write(lst,chr(BF[i]));
lin:=lin+round(8/mgv);write(lst,chr(13),chr(10));end;end;

```

```

PROCEDURE T(IX,IY:INTEGER;TE:STRING);
BEGIN OUTTEXTXY(IX,IY,TE);END;
PROCEDURE MENU;
begin
clrscr;
write('DATI LUNA : '); readln(l);l:=6;
write('DATI ZIUA : '); readln(n);n:=21;
write('UNghiUL AZIMUTAL AL PLANULUI 0..+90[S->V],0..-90[S->E]: ');
readln(AZ);az:=0;
write('dati indicele de refractie : ');readln(nn);nn:=1.53;
WRITE('DATI GROSIMEA PLACII DE STICLA (1,2,3,4)[mm] : ');
READLN(GR);gr:=4;
WRITE('DATI ORDINUL EFECTULUI DE SERA (1,2,3) : ');READLN(P);p:=2;
write('DATI PASUL DE Timp 1..10 [ur] : ');readln(pas);pas:=10;
WRITE('DATI PASUL UNghiULUI DE POZARE 0..90[deg] : ');
READLN(PASII);pasii:=15;
WRITE('DATI SUPRAFATA:');READLN(S);s:=4;
WRITE('DATI FACTORUL DE PIERDERI:'); READLN(CC);cc:=4.73;
WRITE ('DATI FACTORUL DE EFICIENTA:');READLN(FF);ff:=0.91;
WRITE('DATI DEBITUL DE FLUID:');READLN(M);m:=0.03;
WRITE('DATI CALDURA SPECIFICA A FLUIDULUI:');READLN(CS);cs:=1030;
write('RULAJ C_ontinuu sau D_iscret ? ');
HC:=upcase(readkey);write(hc);REPEAT until hc in ['C','D'];
write('Cu A_fisare sau F_ara Afisare ? ');
CH:=upcase(readkey);write(ch);REPEAT until ch in['A','F'];
end;
PROCEDURE AXE;

```



```

BEGIN
detectgraph(gd, gm); initgraph(gd, gm, 'c:\tp\bgi');
if graphresult<>0 then begin closegraph; halt(1); end;
{ line(x0,y0,x0+lo,y0); } line(x0+lo, Y0, x0+lo+xx, y0+yy);
line(x0+lo+xx, y0+yy, x0+xx, y0+yy); line(x0+xx, y0+yy, x0, y0);
line(x0, y0, x0, y0-round(2*y0/3)-20);
T(x0-40, y0-round(2*y0/3)-20, 'DT');
RECTANGLE(50, 0, 680, 50); RECTANGLE(53, 2, 677, 48);
STR(L:2, OO); T(70, 10, 'LUNA : ' +OO);
STR(N:2, OO); T(200, 10, 'ZIUA : ' +OO); STR(AZ:4:1, OO);
T(330, 10, 'UNGHII AZIMUTAL AL PLANULUI [deg] : ' +OO);
STR(NN:4:2, OO); T(70, 30, 'INDICE DE REFRACTIE : ' +OO);
STR(GR:4:2, OO); T(330, 30, 'GROSIME [mm] : ' +oo);
STR(P:2, OO); T(510, 30, 'EFECT SERA : ' +OO);
T(x0+round(lo*4/5), y0+yy+30, 'ORA LEGALA [h] =>');
RECTANGLE(X0+ROUND(LO*4/5)+143, Y0+YY+28,
X0+ROUND(LO*4/5)+209, Y0+YY+39);
T(x0-10-round(x0*2/3), y0+yy+20, 'UNGHII [deg]');
RECTANGLE(X0-ROUND(X0*2/3), Y0+YY-5, X0-ROUND(X0*2/3)+50, Y0+YY+14);
RECTANGLE(X0-48, Y0-ROUND(2*Y0/3)-10, X0-2, Y0-ROUND(2*Y0/3)+15);
T(X0+LO, Y0-70, 'S -'+#16); T(X0+LO, Y0-60, 'CC-'+#16);
T(X0+LO, Y0-50, 'FF-'+#16); T(X0+LO, Y0-40, 'M -'+#16);
T(X0+LO, Y0-30, 'CS-'+#16);
RECTANGLE(X0+LO-10, Y0-80, X0+LO+90, Y0-15);
for i:=0 to 9 do
begin
line(x0+XX+round(i*lo/9), y0+YY, x0+ROUND(i*lo/9)
+ ROUND(10*xx/yy)+XX, y0+yy+10);

line(x0+round(i*xx/9)-20, y0+round(i*yy/9), x0
+round(i*xx/9), y0+round(i*yy/9));
T(X0+I*ROUND(lo/9)+round(10*xx/yy)+xx-5, y0+yy+15,
copy(ori, 2*i+1, 2));
T(x0+round(i*xx/9)-40, y0+round(i*yy/9)-4,
copy(ver, 2*i+1, 2));

end;
end;
PROCEDURE REGIM;
BEGIN
SETFILLSTYLE(1, 0); REPEAT D:=UPCASE(READKEY);
UNTIL D IN['-', '+', '1'..'9', 'A', 'F', 'C', 'D', 'Q'];
CASE D OF 'A', 'F':CH:=D; '1'..'9':pas:=ord(D)-48;
'C', 'D':HC:=D; '-':pas:=-pas; '+':PAS:=ABS(PAS);
'Q':BEGIN CLOSEGRAPH; HALT(1); END;

END;
BAR(X0+ROUND(LO*4/5)+148, Y0+YY+29, X0+ROUND(LO*4/5)+208, Y0+YY+38);
BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1, Y0+YY, X0-ROUND(X0*2/3)+49, Y0+YY+12);
BAR(X0-46, Y0-ROUND(2*Y0/3)-8, X0-7, Y0-ROUND(2*Y0/3)+12);
T(X0-ROUND(X0*2/3)+2, Y0+YY, OO); SETFILLSTYLE(1, 1);
END;
procedure calcul;
begin
ora:=oral+et-1/60*(llg-lg); AH:=PI/12*(ora-12);
h:=sin(lt*PI/180)*sin(dc*PI/180)+
cos(lt*PI/180)*cos(dc*PI/180)*cos(ah);
hh:=ARCTAN(H/SQRT(1-H*H)); uh:=hh*180/PI; uo:=ah*180/PI;
TETA4:=SIN(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)*COS(II*PI/180);
teta5:=-SIN(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*SIN(II*PI/180)*COS(AZ*PI/180);
teta6:=COS(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*COS(II*PI/180)*COS(AH);
teta7:=COS(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)*SIN(II*PI/180)*COS(AH);
teta8:=COS(DC*PI/180)*SIN(II*PI/180)*SIN(AZ*PI/180)*SIN(AH);
teta:=teta4+teta5+teta6+teta7+teta8;
IF(TETA>1) THEN TETA:=1;
IF ((TETA=1) AND (H>0.004)) THEN R:=SQR((NN-1)/(NN+1)) ELSE

```

```

if ((teta<1) and (teta>0) and (h>0.004)) then
begin
teta1:=ARCTAN(1/teta*SQRT(1-teta*teta));
u1:=teta1*180/PI; teta3:=sin(teta1)/nn;
teta2:=ARCTAN(teta3/SQRT(1-TETA3*TETA3));
u2:=teta2*180/PI;
R:=0.5*(sqr(Sin(teta2-teta1)/Sin(teta2+teta1))+
SQR(SIN(TETA2-TETA1))/(1-SQR(SIN(TETA2-TETA1)))/
SQR(SIN(TETA2+TETA1))*(1-SQR(SIN(TETA2+TETA1))));
end ELSE R:=0;
IF R>0 THEN
BEGIN
DR:=(1-R)/(1+R*(2*P-1));DA:=EXP(-0.004*GR);DA1:=1-DA;
END ELSE
BEGIN DR:=0;DA:=0;DA1:=0;U1:=0;U2:=0;END;
A1:=1-A; D1:=DR*DA; D2:=D1*A;
CASE P OF
1:BEGIN DA2:=D2/(1-0.16*A1);DA3:=0.27*DA1;END;
2:BEGIN DA2:=D2/(1-0.24*A1);DA3:=(0.62*D1+0.15)*DA1;END;
3:BEGIN DA2:=D2/(1-0.29*A1);DA3:=(0.75*D1*D1+0.45*D1+0.14)*DA1;END;
END;
DAE:=DA2+DA3;
TETA0:=SIN(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)+COS(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*COS(AH);
IF (TETA>1) THEN TETA:=1;
IF (TETA>0) AND (TETA0>0) THEN KK:=TETA/TETA0 else KK:=0;
IF (H>0.004) THEN
EDN:=E0*C*AA*EXP(-B/H)
ELSE EDN:=0;
EDO:=EDN*H;
EDS:=EDO*KK;
EDA:=EDS*DAE;
DT:=EDA/CC*(1-EXP(-S*CC*FF/M/CS));
DTM:=DTM+DT;
IF DT>DTMX THEN BEGIN
DTMX:=DT;IIMX:=II;ORALMX:=ORAL;END;
end;
{=====}
BEGIN
MENU;AXE;DTMX:=0; DTM:=0;
if ch='A' THEN
BEGIN
SETFILLSTYLE(1,0);BAR(X0+LO+35,Y0-70,X0+LO+89,Y0-16);
STR(S:5:3,OO);T(X0+LO+40,Y0-70,OO);
STR(CC:5:3,OO);T(X0+LO+40,Y0-60,OO);
STR(FF:5:3,OO);T(X0+LO+40,Y0-50,OO);
STR(M:5:3,OO);T(X0+LO+40,Y0-40,OO);
STR(CS:5:1,OO);T(X0+LO+40,Y0-30,OO);
SETFILLSTYLE(1,1);
END;
dd:=30*(1-1)+n; dc:=23.4*sin(2*PI/365*(284+dd));
et1:=-0.0002+0.4197*cos(w*dd)-3.2265*cos(2*w*dd);
et2:=-1*(0.0903*cos(3*w*dd)+7.3509*sin(w*dd));
et3:=-1*(9.3912*sin(2*w*dd)+0.3361*sin(3*w*dd));
et:=1/60*(et1+et2+et3);
C:=1+0.034*COS(DD*PI/180);
ii:=0; ESS:=0;II:=0; EAS:=0;
while ii<=90 do
begin
SETFILLSTYLE(1,0);STR(II:5:1,OO);
BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
T(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY+2,OO);
SETFILLSTYLE(1,1);SOUND(4000);DELAY(50);NOSOUND;

```

```

loo:=0;oral:=4;
while loo<=lo do
begin
  calcul;\
  IF PAS<0 THEN
  BEGIN
    SETFILLSTYLE(1,0);
    bar(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-DT),
    x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90));
    SETFILLSTYLE(1,1);
  END ELSE
  BEGIN
    IF PAS<2 THEN
    BEGIN
bar(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-DT),
  x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90));
    END ELSE
    BEGIN SETFILLSTYLE(1,0);
    BAR(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-DT),
    x0+round(ii*xx/90)+loo+PAS,y0+round(ii*yy/90));
    RECTANGLE(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-DT),
    x0+round(ii*xx/90)+loo+PAS,y0+round(ii*yy/90));
    END;
    END;
    inc(loo,pas); oral:=4+loo*(18/lo);
    IF CH='A' THEN
    BEGIN
      STR(TRUNC(ORAL):5,OO);STR(FRAC(ORAL)*60:2:0,MM);
      OO:=OO+' ':'+MM;SETFILLSTYLE(1,0);
      BAR(X0+ROUND(LO*4/5)+144,Y0+YY+29,X0+ROUND(LO*4/5)+208,
        Y0+YY+38);
      T(X0+ROUND(LO*4/5)+140,Y0+YY+30,OO);
      SOUND(3000);DELAY(3);NOSOUND;
      bar(X0-46,Y0-ROUND(2*Y0/3)-8,X0-3,Y0-ROUND(2*Y0/3)+12);
      STR(DT:4:1,OO);T(X0-45,Y0-ROUND(2*Y0/3)-2,OO);
      bar(X0-46,Y0-70,X0-4,Y0-62);
      STR(DTMX:4:1,OO);T(X0-45,Y0-69,OO);
      SETFILLSTYLE(1,1);
    END;
    IF HC='D' THEN REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
    IF KEYPRESSED THEN REGIM;
  end;
  IF CH='A' THEN BEGIN          DTM:=DTM*PAS/LO;
  STR(DTM:6:1,OO);T(ROUND(II*XX/90)+X0+LO,Y0+ROUND(II*YY/90)-5,OO);DTM:=0;
  END;
  ii:=ii+PASII;
end;STR(int(ORALMX):2:0,OO);T(0,100,'h'+OO);str(int(60*frac(oralmx)):2:0,o
T(24,100,' ':'+oo);
STR(IIMX:4:1,OO);T(0,110,'U'+OO);
REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
CPY;
CLOSEGRAPH;
END.

```

Productia zilnică a blazei pentru valorile măsurate ale lui H_i

Ora	H_i	T_a	$\alpha_{ev} H_i$	Q_r+Q_{re}	Q_a	$Q_{p,av}$	$Q_{p,rc}$	$\alpha_{ev} \tau H_i$	Subtotal ST	$\alpha_s H_i$	ΔE	ΔT	FISA Nr. $\sum H_i =$ kJ/m ² zi 10' $T_{a,rc} =$ °C
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	-	-	-	-	-	3+4+5	$K_{st}(T_r - T_{a,rc})$	-	6+7+8	-	10-9	$T_{a,rc} - T_{a,rc}$	
6													$\alpha_{s,rc} =$
7													$\tau =$
8													$K_{p,rc} =$
9													$\alpha_s =$
10													$K_s =$
11													$\eta_s =$
12													$\lambda_{s,rc} =$
13													
14													OBS:
15													
16													
17													$P_{m,rc} =$
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
1													
2													
3													
4													
5													

$\sum H_i =$

TOTAL: $\int_0^{24} Q_{ev-c} dt =$ kJ/m²zi DATA

PRODUCTIA ZILNICĂ $P_b = \frac{k_s \eta_o}{\lambda_{va}} \int_0^{24} Q_{ev-c} dt =$ l/m²zi =