



GRAĐEVINSKI FAKULTET

Sveučilišta u Rijeci

**HRVATSKO DRUŠTVO ZA ODVODNJAVANJE
I NAVODNJAVANJE**

PRIRUČNIK

ZA HIDROTEHNIČKE MELIORACIJE

II. KOLO

NAVODNJAVANJE

KNJIGA 7

MEHANIZACIJA I OPREMA
ZA NATAPANJE

Rijeka 1999.

Sadržaj ove knjige predstavlja rezultat druge i treće godine istraživanja u okviru znanstvenog projekta "Znanstvene osnove za razvoj navodnjavanja u Hrvatskoj", financiranog od Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike Republike Hrvatske. Izdavanje rezultata istraživanja u vidu priručnika u ograničenom broju primjeraka novčano je potpomoglo:

*- Javno vodoprivredno poduzeće "Hrvatske vode", Zagreb,
Avenija grada Vukovara 220*

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike
Republike Hrvatske

Projekt: Znanstvene osnove za razvoj natapanja u Hrvatskoj

Šifra: 114104

Voditelj projekta: Prof.dr. Zorko Kos

Istraživači:

Prof.dr. Zorko Kos

Prof.dr. Frane Tomić

Prof.dr. Stanislav Tedeschi

Doc.dr. Dragutin Gereš

Doc.dr. Davor Romić

Dr. Nevenka Ožanić

Mr. Ivica Plišić

Katalogizacija u publikaciji - CIP

Sveučilišna knjižnica Rijeka

UDK 626.81/.84 (035)

PRIRUČNIK za hidrotehničke melioracije // urednik Zorko Kos/.

- Rijeka: Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci / etc./,

1992- . - sv. ; 24 cm

Kolo

2: Navodnjavanje

Knj.

7 :Mehanizacija i oprema za natapanje.

- 1999. - X, 210 str. : ilustr., graf. prikazi

Bibliografija iza svakog poglavlja

Rezultati istraživanja na temi tokom 1998. i 1999.

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Sveučilišta u Rijeci

**HRVATSKO DRUŠTVO ZA ODVODNJAVANJE
I NAVODNJAVANJE**

PRIRUČNIK

ZA HIDROTEHNIČKE MELIORACIJE

II. KOLO

NAVODNJAVANJE

KNJIGA 7

**MEHANIZACIJA I OPREMA
ZA NATAPANJE**

Autori:

Prof.dr. Zorko Kos

Prof.dr. Frane Tomić

Doc.dr. Dragutin Gereš

Doc.dr. Davor Romić

Rijeka, 1999.

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Sveučilišta u Rijeci

Za izdavača:

Prof.dr. Zorko KOS

Uredništvo:

Prof.dr. Zorko KOS

Prof.dr. Juraj PLENKOVIĆ

Prof.dr. Edvard PAVLOVEC

Doc.dr. Ivica KOŽAR

Prof.dr. Ante MATKOVIĆ

Glavni i odgovorni urednik:

Prof.dr. Zorko KOS

Recenzenti:

Prof.dr. Ognjen BONACCI

Doc.dr. Dragutin PETOŠIĆ

Lektor:

Mr. Istočnica BABIĆ

Kategorizacija:

Znanstvena monografija

Adresa uredništva: Rijeka, Viktora Cara Emina 5

Naklada: 250 primjeraka

Grafička obrada i kompjutorski prijelom:

Vanja PEJIĆ, Senko VLAH

PREDGOVOR

U predgovoru prethodnog broja Priručnika (br. 6) navedeno je da je "dovršen i posljednji svezak Priručnika" - dakako to se odnosilo na program iz 1981., ali kako vrijeme, neumitno iznova, svakodnevno piše nove "programe" to se i Priručnik "proširio" izvan ranije utvrđenih granica. Prema tome, umjesto ranije planiranog "biblijskog" broja od 12 svezaka, pojavio se, eto, i broj 13., ako računamo sveske oba kola. Međutim, kako brojka 13 u pučkom vjerovanju i općenarodnoj predrasudi simbolizira nesreću, red je da se niz nastavi bar do broja 14, što je, za utjehu poštovanim čitaocima, već i učinjeno.

U skladu s ritmom razvoja znanosti i tehničkih dostignuća postignutog u zadnjih par decenija u svim granama gospodarskih aktivnosti, neminovno se postavlja pitanje do kojeg je stupnja taj trend stigao u ovoj grani krajem milenija. U skladu s time pojavila se potreba da se i u domeni natapanja obradi tema mehanizacije i automatizacije te grane danas.

Prva mehanizirana naprava za natapanje kišenjem većih površina ratarskih kultura pojavila se u SAD sredinom 30- tih godina (Bočno krilo- 1935.). Istovremeno se na drugom kraju svijeta i u drugačijem okruženju pojavio stroj veoma čudnih i kontroverznih značajki (DDA- 100, SSSR). Oba ova stroja u različitim gospodarskim uvjetima, uz stalni uzlazni trend tehnološkog razvoja i uspona nadživjela su prohujala vremena i široko se koriste i dan- danas. Od spomenutih prvih početaka do danas konstruirano je na stotine naprava i strojeva kako bi se opskrba vodom bilja uskladila (ili bar približila) opskrbi vodom drugih korisnika tog najvećeg bogatstva ovog planeta koji se zove Zemlja. Najveći uspon u razvoju mehanizacije natapanja i najveći broj novoisporučenih modela tržištu zabilježen je 60- tih i 70- tih godina. To se poklapa i pojavom metode lokaliziranog natapanja koja bilježi, novu, modernu granu u ovoj domeni.

Da bi se korisnicima ovog rada osigurala svrsishodna upotreba Priručnika, potpisnik je organizirao, a Predsjednik društva je realizirao prikupljanje tehničkih podataka o najnovijim materijalima, napravama i strojevima koji se širom svijeta koriste u navodnjavanju. Odaslani pozivi pristigli su iz 20- tak tvrtki koje su dostavile podatke o svojim najnovijim proizvodima (strojevima) iz čitavog svijeta. Najveći broj se odnosi na Europu, Sjevernu Ameriku i Izrael. Ova je knjiga zapravo sažetak sadržaja tih silnih kataloga i prospekata, dakako uz odgovarajuća stručna i znanstvena obrazloženja.

U moje ime, kao i u ime ostalih autora i suradnika tim se organizacijama najtoplije zahvaljujem.

I, na kraju, još nekoliko riječi o opsegu obavljenog posla u ovome projektu. Naime, u prethodnome je svesku navedeno nekoliko podataka o količini izvedenih radova zaključno sa šestim sveskom II. kola. S obzirom da se serija zaključuje s ovom knjigom u nastavku ćemo rekapitulirati osnovne veličine projekta.

Izdavački projekt “Priručnik za hidrotehničke melioracije” realiziran je u razdoblju od 1983.g. do 2000.g. Radovi su podjeljeni u dva kola i to I. kolo “Odvodnjavanje” i II. kolo “Navodnjavanje”. U prvom kolu objavljeno je 6 svezaka s ukupno 1650 stranica. U drugom je kolu tiskano 7 svezaka s ukupno 1560 stranica, ili svega 3210 stranica. U pravilu, svaka knjiga obrađuje po jednu temu. Time je obuhvaćeno cjelokupno gradivo, danas u svijetu raspoloživo iz ove discipline, a koje bi moglo biti od koristi našim stručnjacima. Iako naša zemlja spada u kategoriju malih država, ovaj se rad može mjeriti sa sličnima u najvećim i najrazvijenijim državama svijeta. Voditelju ovoga projekta i njegovim suradnicima bilo bi izuzetno zadovoljstvo doživjeti da i implementacija sustava obrađenih u ovome Priručniku bude na razini najrazvijenijih zemalja svijeta, što, nažalost, danas još nije.

Rijeka, prosinac 1999.

Prof.dr. Zorko Kos

SADRŽAJ

1. UVOD	1
<i>Prof. dr. Zorko Kos</i>	
1.1. OPĆENITO	1
1.2. MEHANIZACIJA I OPREMA ZA NATAPANJE KIŠENJEM	2
1.3. MEHANIZACIJA I OPREMA KOD LOKALIZIRANOG NATAPANJA	3
2. MEHANIZACIJA I OPREMA ZA POVRŠINSKE NAČINE NATAPANJA	5
<i>Doc. dr. Dragutin Gereš</i>	
2.1. UVOD	5
2.2. TEMELJNE POSTAVKE POVRŠINSKIH NAČINA NATAPANJA	5
2.3. AUTOMATIZACIJA I KONTROLA POVRŠINSKIH NAČINA NATAPANJA	8
2.3.1. Principi automatizacije	8
2.3.2. Prednosti i nedostaci	9
2.3.3. Distribucijski sustav vode	10
2.4. ZAKLJUČAK	13
LITERATURA	14
3. MEHANIZACIJA I OPREMA ZA NATAPANJE KIŠENJEM	15
<i>Prof. dr. Zorko Kos</i>	
3.1. ELEMENTI SUSTAVA ZA NATAPANJE KIŠENJEM	15
3.1.1. Općenito	15
3.1.2. Crpke	16
3.1.3. Cjevovodi	17
3.1.4. Uređaji za kišenje	22
3.2. NEMEHANIZIRANO NATAPANJE KIŠENJEM	31

3.3. NATAPANJE VELIKIM RASPRSKIVAČIMA	37
3.3.1. Općenito	37
3.3.2. Opis tipičnog rasprskivača tipa “boom”	38
3.3.3. Neke značajke pri primjeni velikih rasprskivača	40
3.4. NATAPANJE POMIČNIM RAMPAMA	42
3.4.1. Povlačne rampe	43
3.4.2. Rampe s cjevovodom – osovinom (bočno krilo)	46
3.4.3. Rampe s cjevovodom neovisnim od osovine	49
3.5. NATAPANJE TRAKOVA SAMOVUČNIM UREĐAJIMA	54
3.5.1. Općenito	54
3.5.2. Strojevi vučeni s pomoću užeta	56
3.5.3. Strojevi vučeni opskrbnom cijevi od polietilena	57
3.6. STROJEVI S AUTOMATSKIM PREMJEŠTANJEM POLOŽAJA	71
 3A. MEHANIZACIJA I OPREMA ZA NATAPANJE KIŠENJEM	 76
<i>Doc. dr. Dragutin Gereš</i>	
 3.7. KRUŽNO – POMIČNE RAMPE (PIVOT)	 76
3.7.1. Uvod	76
3.7.2. Načela rada kružno – pomične rampe	77
3.7.3. Opis rada kružno – pomične rampe	80
3.7.4. Rasprskivači vode ili sprinkleri	87
3.7.5. Natapanje kutnih dijelova polja	94
3.7.6. Potrošnja energije za pogon kružne rampe	96
3.7.7. Radni tlakovi kružne rampe	97
3.7.8. Brzina rotacije i kapacitet kružne rampe	100
3.7.9. Ograničenja u primjeni kružnih rampi	103
3.7.10. Prilagodba kružne rampe različitim oblicima polja	105
3.7.11. Kakvoća natapanja kružno – pomičnim rampama	107
3.7.12. Ekonomija natapanja kružno – pomičnim rampama	108
3.7.13. Pogon, održavanje i nadzor kružne rampe	110
3.7.14. Planiranje natapanja kružno – pomičnim rampama	111
3.7.15. Dodavanje kemikalija natapnoj vodi	116
3.7.16. Korištenje upotrijebljene vode	117
 3.8. TRANSLATORNO – POMIČNE RAMPE	 117
3.8.1. Uvod	117
3.8.2. Oprema tipa “Square – Matic”	118
3.8.3. “Valley – Rainager” translatorno – pomična rampa	120
3.8.4. Zimmatic Lindsay translatorno – pomična rampa	127

3.8.5. Ostali tipovi translatorno – pomičnih rampi	129
3.8.6. Zaključci o translatorno – pomičnim rampama	129
3.9 STABILNI SUSTAVI ZA NATAPANJE KIŠENJEM	129
3.9.1. Uvod	129
3.9.2. Opis stabilnog sustava za kišenje	130
3.9.3. Planiranje stabilnoga natapnog sustava	137
3.9.4. Pogon i troškovi stabilnog sustava	138
3.10. ZAKLJUČAK O IZBORU TIPA OPREME KOD NATAPANJA KIŠENJEM	140
3.10.1. Uvod	140
3.10.2. Mjerila za uspoređivanje	140
3.10.3. Ograničenja lokalnim prilikama	141
3.10.4. Različiti kriteriji za klasifikaciju opreme za natapanje	141
3.10.5. Klasifikacija opreme prema različitim kriterijima	143
3.10.6. Rezultati nekih komparativnih studija	144
3.10.7. Zaključak	147
ZAHVALA	148
LITERATURA	149
4. MEHANIZACIJA I OPREMA ZA LOKALIZIRANO NATAPANJE	151
<i>Prof. dr. Frane Tomić</i>	
<i>Doc. dr. Davor Romić</i>	
4.1. UVODNE NAPOMENE	151
4.2. KAPANJE	151
4.2.1. Cijevi u sustavu kapanja	152
4.2.2. Kapaljke	165
4.2.3. Pribor za cijevi i kapaljke	172
4.2.4. Proizvodnja, pakiranje, gradnja i primjena sustava kapanja..	173
4.3. FILTRI	177
4.3.1. Pjeskoviti filtri	178
4.3.2. Hidrociklonski filter	180
4.3.3. Mrežasti ili rešetkasti filter	182
4.3.4. Lamelni filter	184
4.4. REGULATORI TLAKA	187
4.5. UREĐAJ ZA UBACIVANJE (UŠTRCAVANJE) HRANIVA ..	189
4.6. VENTILI	190

4.7. KOMPJUTORSKO KONTROLIRANJE	191
4.8. MINI RASPRSKIVAČI	193
4.9. ZAKLJUČNE NAPOMENE	209
LITERATURA	210

1. UVOD

*Prof. dr. Zorko Kos
Građevinski fakultet
Sveučilišta u Rijeci*

1.1. OPĆENITO

Nalazimo se u predvečerje 20. stoljeća, koje će, prema svima sada očitim znacima, biti obilježeno kao stoljeće "bitke za vodom" i zaštite okoliša. Iako je vodno bogatstvo našeg planeta golemo u odnosu prema sadašnjoj "relativno maloj" potrošnji, čitav niz okolnosti ukazuje na razloge pesimističkih prognoza (izuzetno malen postotak iskoristive vode, znatna prostorna neravnomjernost raspodjele i potrebe i sl.).

Promjene u količini i strukturi potrošnje tijekom 20. stoljeća drastično su izmijenile poimanje čovjeka i odnos društva prema ovome najvećem bogatstvu našeg planeta. Procjenjuje se da je tijekom 20. stoljeća potrošnja vode za sve namjene porasla oko 10 puta. Međutim, taj rast nije ravnomjeran. Dok je poljoprivreda, uglavnom natapanje, 1900. trošila 90 % od ukupno potrošene količine, računa se da će krajem ovog stoljeća taj odnos iznositi "svega" oko 66 %, iako je u tom razdoblju potrošnja porasla za gotovo sedam puta. Dakako, kod drugih je potrošača taj trend bio još izraženiji tako da će udio industrije od 6 posto u 1900. godini, porasti na oko 24 posto u 2.000. godini; ukratko, na prijelazu u treće tisućljeće predviđa se da će odnosi u potrošnji biti ovi: poljoprivreda 66 %, industrija 24 %, a stanovništvo 10 %.

U poljoprivredi će se, vjerojatno, trend relativnog smanjenja potrošnje nastaviti i u idućem stoljeću, i to osobito genetskim istraživanjima koja su u tijeku, a odnose se na pronalaženje novih sorti s manjom specifičnom potrošnjom vode. Bitan pomak za racionalnije korištenje vodnog bogatstva već je učinjen time što se poljoprivredi namjenjuju vode niže kvalitete (otpadne, zaslanjene), a sasvim je vjerojatno da će se to u budućnosti i nastaviti. Kako je od ukupnih poljoprivrednih površina na svijetu (3.419 mil. ha) prikladno za natapanje oko 470 mil. ha, a 1990. je natapano 273 mil. ha, predviđa se da bi se potkraj 21. stoljeća razvoj mogao približiti gornjoj granici.

U globalnim je razmjerama poljoprivreda bila, jest, a vjerojatno će i ostati najveći potrošač vode. I kako danas još uvijek gotovo polovina ukupne potrošnje vode u poljoprivredi ide na različite vrste gubitaka, budući razvoj treba u prvom redu usmjeriti na veću učinkovitost upotrebe sada raspoloživih voda. Značajan je

prilog rješavanju ovog problema i ova knjiga koja obrađuje najnoviju opremu i mehanizaciju za raspodjelu vode poljoprivrednim kulturama, čime se, u jednom segmentu natapanja, bitno povećava učinkovitost natapnog procesa.

1.2. MEHANIZACIJA I OPREMA ZA NATAPANJE KIŠENJEM

Od svih načina natapanja koji su dan - danas još uvijek u upotrebi, daleko najveći broj strojeva i opreme koristi se pri natapanju kišenjem. Međutim, u svijetu se ulažu veliki naponi da se i za konvencionalne, površinske načine pronađu adekvatna suvremena rješenja koja bi ih po pogonsko - gospodarskim značajkama približila novijim metodama. To je posebno važno stoga što se još uvijek daleko najveće površine natapaju tim konvencionalnim načinima (prelijevanje, infiltracija, potapanje). To se odnosi čak i na većinu najrazvijenijih zemalja svijeta. Prema tome, cilj je suvremenih istraživanja u mehanizaciji i automatizaciji natapnog procesa i osposobljavanje naslijeđenih natapnih sustava kako bi se mogli ravnopravno "nositi" s onima novijeg datuma.

Bitna nastojanja znanstvenika i konstruktora u planiranju i projektiranju strojeva za natapanje kišenjem bila su do sada uvijek usmjerena na težnju da se s jednim strojem (napravom) natapa što veća površina poljoprivrednog tla. Tako su nastale brojne naprave i strojevi, počev od bočnog krila iz SAD - a i DDA u SSSR - u još 1935. pa sve do sofisticiranih uređaja tipa booma, povlačnih samovučnih topova, pivotirajućih rampi i Robot raina u najnovije vrijeme. U knjizi su prikazane i opisane sve vrste strojeva koje su do sada isporučene tržištu, najčešće s kronologijom pojave te učestalosti u primjeni, odnosno s udjelom u korištenju u poljoprivrednim gospodarstvima.

Obradom i prikazom podataka o proizvodnom programu velikog broja proizvođača iz najnovijeg razdoblja (1998.) zaključuje se da u zadnjih 20- 25 godina nema gotovo nijednoga "revolucionarnog" proizvoda. Osnovni su modeli iz ranijih razdoblja uglavnom poboljšani: bolje mehanizirani i automatizirani, a raspodjela vode bilju kvalitetnija.

Kod najvećih strojeva u ovoj grupi (pivotirajuće i translatorno pomične rampe) - usavršen je proces isporuke vode bilju u odnosu prema veličini kišnih kapi, vrsti uzgajanih kultura te utjecaju na radu na vjetrovitim lokacijama.

1.3. MEHANIZACIJA I OPREMA KOD LOKALIZIRANOG NATAPANJA

Pojava lokaliziranog natapanja ili, kako se na početku zvala, natapanje kap po kap (odnosno kapanjem) uvjetovana je izumom proizvodnje visokokvalitetnih plastičnih masa, uglavnom polietilena (PE). Dogodilo se to negdje 60 - ih godina, a u postupku usavršavanja pogona ovog načina natapanja, negdje 80 - ih godina u natapni proces uključeni su u većoj mjeri mikro i minirasprskivači pa je prevladao naziv lokalizirano natapanje. Zanimljiva je specifičnost ovog načina u odnosu prema ostalima u tome što je sustav uvijek stabilan i što su gotovo svi elementi u cijelosti izrađeni od plastične mase. Iako ima više verzija o mjestu i vremenu gdje i kada se ta metoda prvi put pojavila, nepobitno je da je ona usavršena i relativno najranije i najviše primijenjena u Izraelu. Dapače, od prvih početaka pa do danas, Izrael je zemlja koja prednjači i u relativno najširoj primjeni te metode na svijetu i po pronalaženju novih znanstvenih i tehnoloških dostignuća u toj grani te po proizvodnji opreme i uređaja za tu namjenu.

U knjizi su obrađeni najnoviji modeli uređaja i opreme tog načina natapanja koji su se do sada pojavili na tržištu. Posebno su detaljno opisani razni tipovi i modeli kapaljki, zatim sve vrste filtera koji se u ovim sustavima primjenjuju (pješčani, ciklonski, mrežasti, lamelni), te mikro i mini rasprskivača. Dakako, prikazana je i sva pomoćna oprema i uređaji koji služe kao pomoćna pomagala u sustavu ili se koriste za posebne namjene (fertirigacija). Tekst je bogato ilustriran fotografijama i crtežima te tablicama s tehničkim i pogonskim značajkama uređaja.

2. MEHANIZACIJA I OPREMA ZA POVRŠINSKE NAČINE NATAPANJA

Doc. dr. Dragutin Gereš
Javno vodoprivredno poduzeće
“Hrvatske vode”, Zagreb

2.1. UVOD

U skladu s klasifikacijom usvojenom u ovom znanstvenom projektu, a koja je uobičajena u europskim zemljama, površinske načine natapanja dijelimo u natapanje:

1. prelijevanjem
2. potapanjem
3. infiltracijom.

Ti načini natapanja analizirani su i obrađeni te tiskani u knjizi 3. II. kolo Navodnjavanje, u 1994. godini, stranice 1-116. U ovom se poglavlju istražuju i prikazuju mogućnosti unapređenja tih načina natapanja, i to u teoretskom dijelu i u dijelu budućih projektnih potreba.

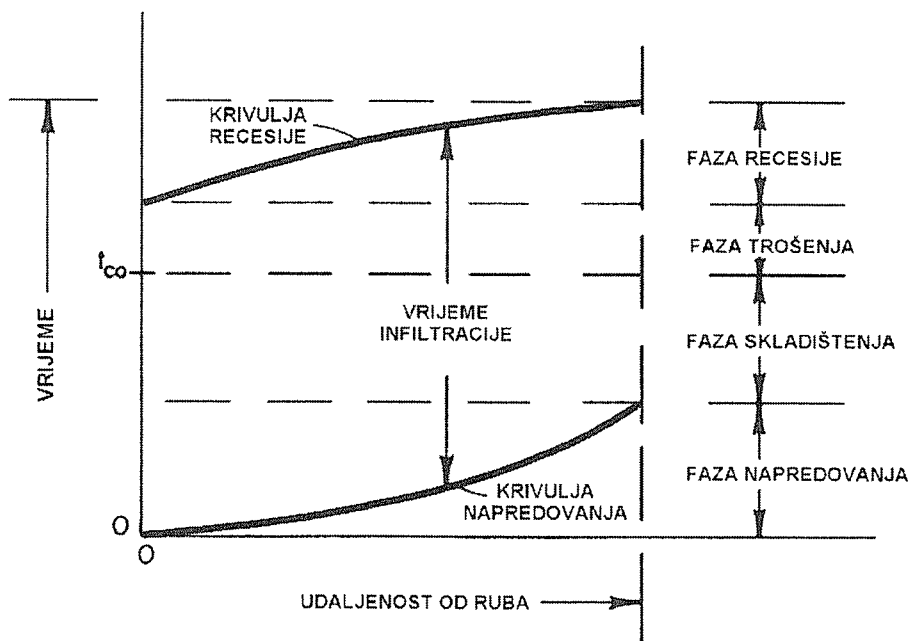
Pitanja koja nisu dovoljno proučena u planiranju površinskih načina natapanja, odnose se na neizvjesnosti infiltracije. Promjene su veličina infiltracije velike i ne mogu se prognozirati. Iz tih se razloga u površinskim načinima natapanja u budućnosti može očekivati automatska kontrola upuštanja vode da bi se precizno regulirao protok i time izjednačile nepredvidive infiltracije.

2.2. TEMELJNE POSTAVKE POVRŠINSKIH NAČINA NATAPANJA

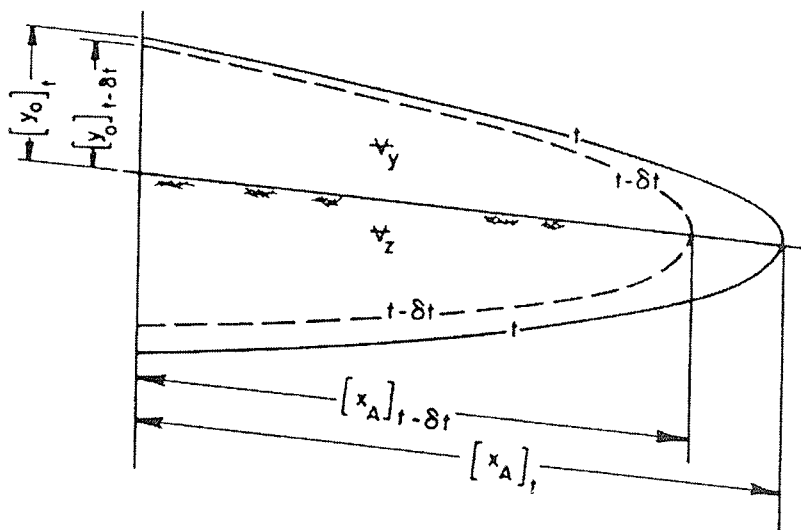
Kod površinskih načina natapanja koriste se otvoreni kanali za dovod vode. Voda se iz kanala upušta u polja. Pokretna je sila u takvim sustavima gravitacija. Sustavi su površinskog natapanja općenito jeftiniji u početnim, investicijskim troškovima. To nije slučaj kada se površine moraju urediti za te načine natapanja - kada su potrebni veliki radovi planiranja terena. Potreba velikih radova na uređenju površina jest jedan od glavnih razloga razvoja ostalih načina natapanja.

Pri planiranju/projektiranju tih načina natapanja potrebno je riješiti pitanja:

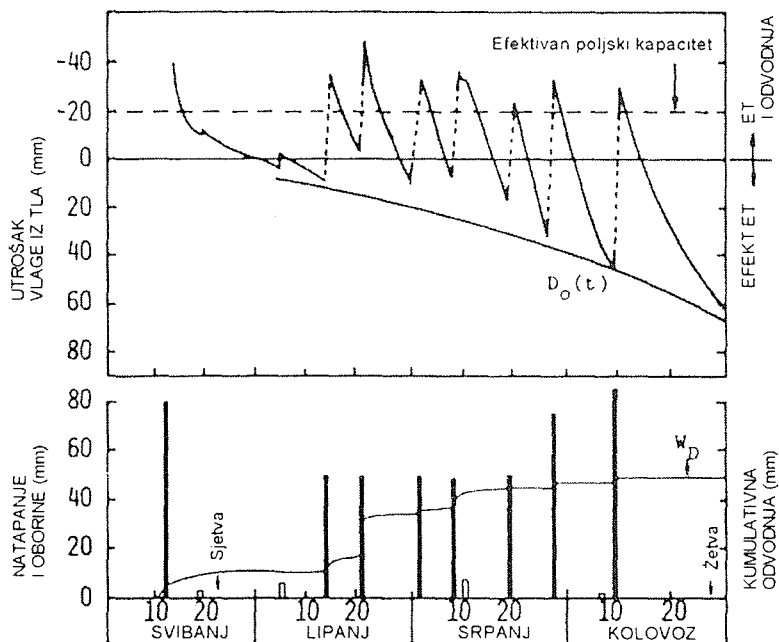
1. Dubina vode: to je najvažnija varijabla koju treba definirati. Prikazuje se kao srednja dubina vode za svako polje. Većina načina površinskog natapanja planira se tako da se zadovolji kapacitet tla za vodu u zoni korijena biljke do razine poljskog kapaciteta za vodu. Dio isporučene vode na polje gubi se u tom slučaju. Ovaj se način primjenjuje kada ima dovoljno vode na raspolaganju i da se smanji broj zalijevanja. Time se smanjuje i potrebna radna snaga.
 2. Hidrauličke varijable: dimenzioniranje površinskih načina natapanja jest problem nejednolikog tečenja. Glavne su promjenjive veličine pad polja i otpori tečenju. Mora se razmatrati erozija tla, koja ograničava maksimalni iznos obroka vode.
 3. Topografija tla: podaci o topografiji tla mogu ograničiti primjenu određenog načina površinskog natapanja.
 4. Infiltracija: infiltracijske su karakteristike tla primarne ulazne veličine. Promjenjive su u vremenu i prostoru. Te varijacije veličine infiltracije mogu utjecati na rješenje natapanja, a ponekad čine nemogućom primjenu površinskih načina.
- Na slikama 2.2.-1 i 2.2.-2 prikazane su osnovne postavke površinskog natapanja.



Slika 2.2.-1 Shema s pojmovima kod nekih vrsta površinskog natapanja



Slika 2.2.-2 Površinski i podpovršinski profil napredovanja vode u dva sukcesivna vremena



Slika 2.2.-3 Sezonska raspodjela vlažnosti u tlu kod površinskih načina natapanja

2.3. AUTOMATIZACIJA I KONTROLA POVRŠINSKIH NAČINA NATAPANJA

Da bi se povećala učinkovitost natapanja i postigla ušteda vode, rada i energije, javlja se tendencija mehaniziranja i automatizacije opskrbnih i distribucijskih podsustava te podsustava isporuke vode na polja. Da bi se postigle uštede, cijeli se natapni sustav mora isporučivati vodu na fleksibilan način u pogledu učestalosti, veličine i trajanja svakog obroka natapanja. Za poboljšani pogon sustava, protok vode mora biti kontroliran na mjestu ispuštanja vode u polje.

Kod površinskih načina natapanja primjena velike zaljevne struje - obroka vode smanjuje vrijeme primjene i potrebe za radnom snagom. Važno je da se dovod vode zatvori kada se dostigne norma natapanja. Sva je dodatna voda izgubljena.

Poluautomatizirani sustavi zahtijevaju prisustvo radnika na polju koji upravlja upustom vode i kontrolira sve operacije. Podešava veličinu protoka, tlak vode, vrijeme isporuke vode na polje itd. Oprema je za poluautomatski rad jednostavna, postoje standardni tipovi opreme za kontrolu koji ne zahtijevaju veliko održavanje niti reviziju. Većinom automatiziranih i ponekim poluautomatiziranim sustavom može se daljinski upravljati s pomoću centralno smještenih jedinica kontrole. Za takva rješenja potrebna je veza - komunikacija između kontrole i komponenti sustava u polju. Veza se ostvaruje kablovima, hidrauličkim ili pneumatskim vodovima ili radiovalovima.

2.3.1. *Principi automatizacije*

2.3.1.1. *Komponente sustava*

Automatizirani površinski natapni sustav sličan je redovnom sustavu, ali uključuje:

1. pripremu polja za kontrolirano tečenje natapne vode
2. kontrolu natapne vode: objekti ili zasuni koji su automatski kontrolirani
3. uređaje za isporuku vode koji daju specificiranu količinu vode u svakom turnusu
4. mehanizme (opremu) koja automatski zatvara ili otvara dovod vode u izabranom vremenu.

2.3.1.2. *Slijed operacija (pogona)*

Općenito, principi su pogona automatiziranih površinskih načina natapanja slični pogonu sustava cjevovoda i otvorenih kanala, ali su objekti, zasuni i ostala oprema, različiti. Natapanje se uobičajeno vrši ili uzvodno ili nizvodno kontrolirano, a pojedini dio polja zalijeva se u slijedu. U slučaju otvorenoga

dovodnog kanala i izabranim slijedom rada natapanja u uzvodnoj kontroli, to jest od donjeg dijela kanala, dijelovi polja uz niži dio kanala prvi dobivaju vodu. Voda se automatski kontrolira uzastopce pri svakom uzvodnom izlaznom objektu i raspodjeljuje polju putem automatski kontroliranog ispusta. Kada se natapa nizvodnom kontrolom, slijed je operacija obrnut. Uzvodni i nizvodni slijed operacija natapanja imaju svoje prednosti i nedostatke.

Slučajan slijed operacija natapanja može se primijeniti kada se ispusti vode ili zasuni otvaraju ili zatvaraju ovisno o tlaku vode.

2.3.1.3. Vrijeme natapanja

Trajanje natapanja mjeri se uobičajeno mehaničkim, elektromehaničkim ili elektronskim satovima. Danas se uobičajeno koriste elektronski mjerači vremena. Za natapanje su potrebne dvije funkcije mjerenja vremena: jedna za zadržavanje, dok ne započne natapanje, i druga za trajanje natapanja.

Trajanje natapanja može se kontrolirati mjerenjem vlažnosti tla s pomoću tenziometara, električnim mjerenjem otpora i slično. Upotreba je senzora za početak natapanja vrlo povoljna. S današnjim stanjem senzora zadovoljava njihovo korištenje za određivanje početka natapanja, a nakon toga se koristi mjerenje vremena ili mjerenje volumena ispuštene vode za trajanja zalijevanja.

Elektromehanički i elektronski programirani kontrolori u sustavima za kišenje ili lokalizirano natapanje mogu se ponekad koristiti u istom ili modificiranom obliku kod površinskih natapnih sustava. Neki od tih kontrolnih uređaja nemaju traženi kapacitet za mjerenje trajanja zalijevanja.

2.3.1.4. Mjerenje protoka

Mjerenje je količine vode nužno u ovoj vrsti natapanja. Mjerenjem protoka dobije se učinkovitiji sustav. S kontrolom volumena vode postižu se bolji rezultati. Drugi je način kontrola izračunavanjem volumena vode za vrijeme trajanja natapanja. Postoji kontrolna instrumentirana oprema koja prekida dovod vode kada je ispuštena potrebna količina vode.

2.3.2. Prednosti i nedostaci

U planiranju automatizacije površinskih načina natapanja mora se razmotriti veći broj ograničavajućih faktora.

1. **Fleksibilna opskrba vodom:** stupanj automatizacije ovisi u velikoj mjeri o dovodnom podsustavu za vodu. Vrlo često koristi se poluautomatska kontrola kada korisnik prima vodu rotacijom. Za potpunu automatizaciju nužno je da korisnik prima vodu prema potrebi. Većina postojećih sustava dovoda vode nema mogućnost zadovoljiti promjenjivu isporuku vode. Kanali najvišeg reda koji su opremljeni kontrolnim uređajima za održavanje konstantne vodne

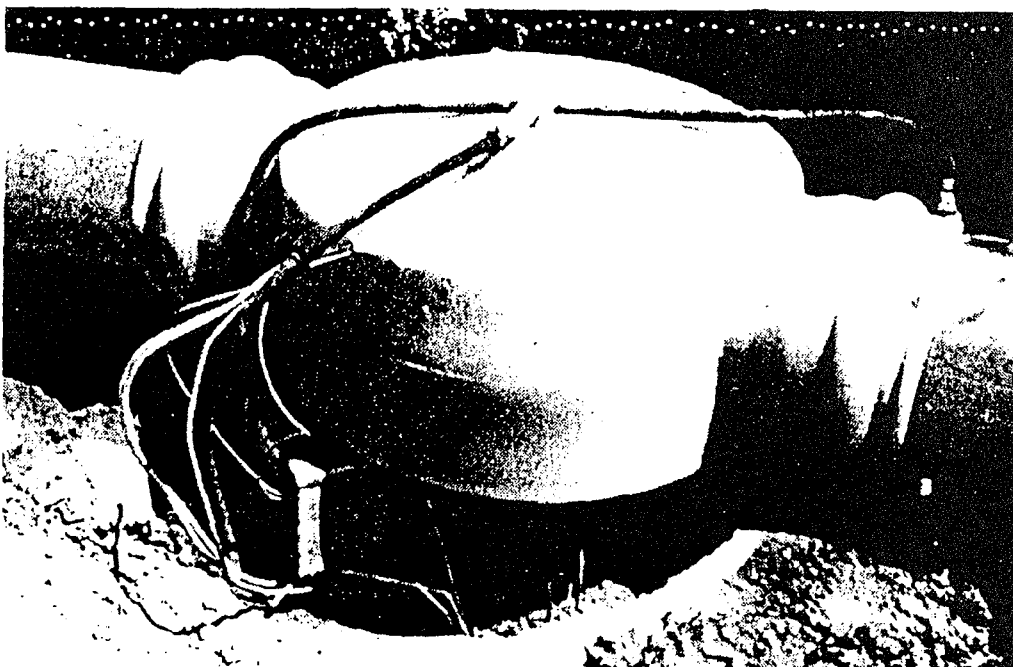
- razine mogu zadovoljiti sve zahtjeve za isporuku vode. Vodospreme ili retencije na poljima opskrbljuju distribucijski sustav s velikom fleksibilnosti.
2. Promjenjive količine vode koje se procjeđuju u tlo: pogon automatiziranog natapanja brazdama te upravljanje njime vrlo je kompleksno jer je količina vode koja se infiltrira u tlo promjenjiva. Jedan od glavnih uzroka različitih obroka procjeđivanja između brazdi jest u nejednolikom pragu nastalom prolaskom traktora. Promjenjiv pad terena također utječe na veličinu procjeđivanja.
 3. Utjecaj opreme: ograničenje u automatizaciji površinskih načina natapanja jest nedostatak odgovarajuće opreme na tržištu, cjelokupnoga komercijalnog sustava ili dijelova opreme. Često se oprema i komponente moraju prilagođavati za sve namjene. Nedostatak može biti i nedostatak električne energije na polju.
 4. Ispusti vode: trošak automatiziranog natapanja iz brazdi ovisi o potrebnom broju ispusta. Cijena pojedinog ispusta mora biti niska. Broj ispusta varira između 22 i 32 kom/ha. Za usporedbu broj sprinklera kod pivot sustava iznosi od 0.8 do 1.9 kom. po 1 ha.
 5. Erozijski problem je izražen kod stepenasto nagnutog terena, u kojem se slučaju povećava tlak u cijevima. Struja vode tada može praviti štetu. Problem se umanjuje ugradnjom plastične cijevi na svakom ispustu.
 6. Nečistoća u vodi: razno je smeće u vodi uobičajeni problem kod površinskog natapanja. Zamuljenje i onečišćenje zapornica i ispusta vode ne može se dopustiti u automatiziranom sustavu. Čista je voda uvjet normalnog rada.

2.3.3. *Distribucijski sustav vode*

Sustav dovoda vode s pomoću cjevovoda može se lakše automatizirati nego sustav dovoda otvorenim kanalima. Cjevovodi mogu biti podzemni ili položeni po površini. Postojeći sustavi mogu se opremiti automatskim zatvaračima i ostalim komponentama i na taj se način smanjuju troškovi pretvorbe u automatski sustav.

1. Pneumatski zatvarači: pneumatski kontrolirani zatvarač sadrži "O" prsten ili gumenu dijafragmu i gumenu poklopac. Slika 2.3.-1 prikazuje komercijalni tip zatvarača. Proizvodi se s naglancima za montažu. Ovi zatvarači moraju imati komprimirani zrak za pogon.
2. Zatvarači na vodeni pogon: samozatvarajući regulatori koriste se vodom za pogon. Zatvarači rade kao neovisne jedinice, bez vanjskog izvora energije. Koristi se voda iz cjevovoda za zatvaranje zatvarača. Otvaranje i zatvaranje kontrolira se baterijskim pogonom.
3. Podzemni dovodi vode (laterali): ovakav je sustav razvijen 1973. godine. Sustav se sastoji od podzemnih cjevovoda s ispuštima vode za svaku brazdu. Voda se upušta od jedne podzemne cijevi do druge u slijedu s pomoću

automatskih zatvarača. Prednost je podzemnih cjevovoda u tome što omogućuju obradu tla iznad cijevi.



Slika 2.3.-1 Pneumatski zatvarač za automatski cijevni sustav

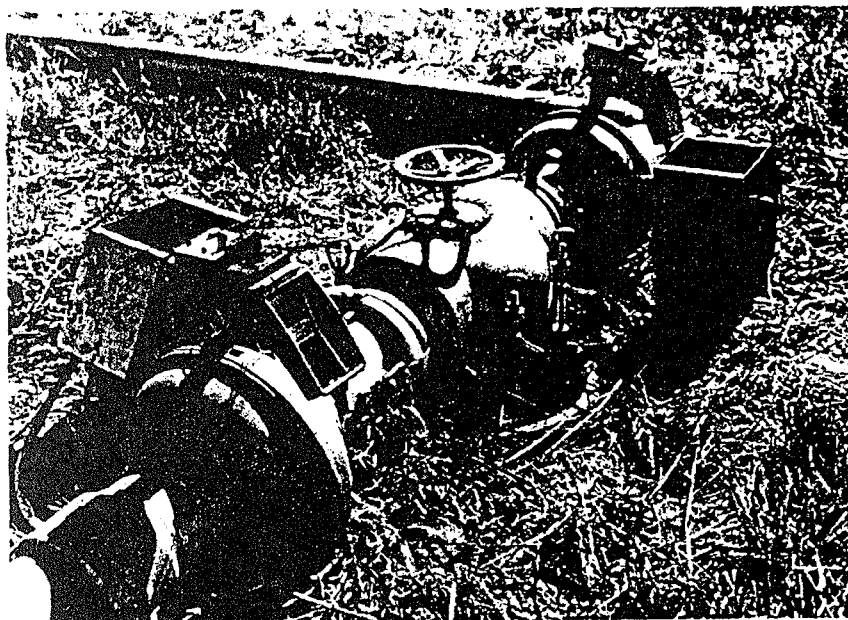
4. Dovodi vode otvorenim kanalima: na kanalima se mogu koristiti jednostavni, vremenski kontrolirani ispusti različitih oblika.

Tip je zapornice na slici 2.3.-3 uobičajena zapornica za otvaranje i zatvaranje dovoda vode. Kad se uređaj zatvori voda se usmjerava na polje ili iz jednog kanala na drugi. Primjenjuje se u zemljanim ili obloženim kanalima.

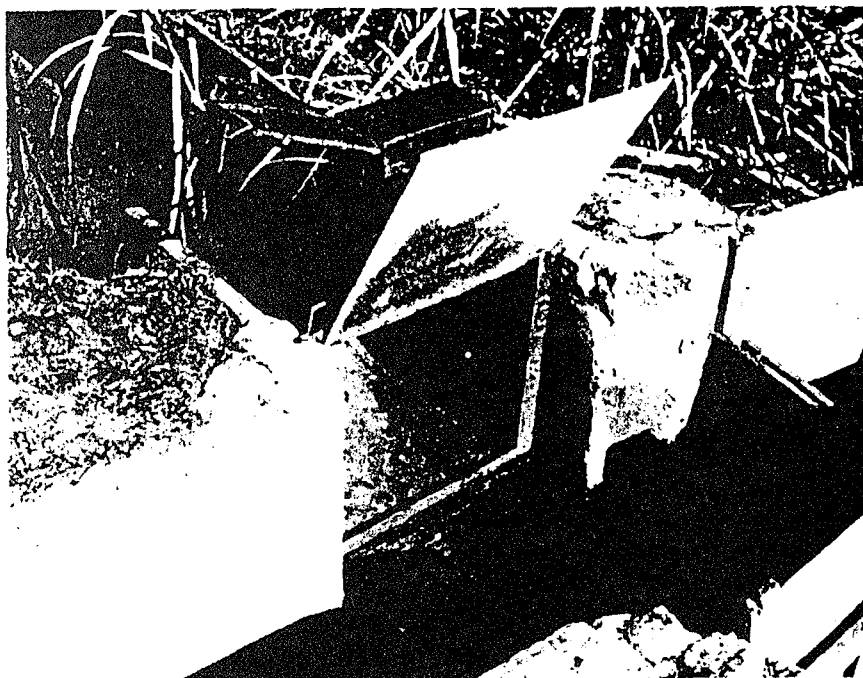
Tip zapornice sa slike 2.3.-4. ugrađuje se često u u paru s poluautomatskom zapornicom sa slike 2.3.-3.

5. Automatske pločaste zapornice: prikazane na slici 2.3.-5 imaju zračni cilindar. Komprimirani zrak razvodi se do pilot zatvarača na dnu cilindra koji otvori zapornicu, ili do zatvarača na vrhu, koji zatvara ploču zapornice. Ovaj se tip primjenjuje kao kontrolna ustava ili ispusni objekt.

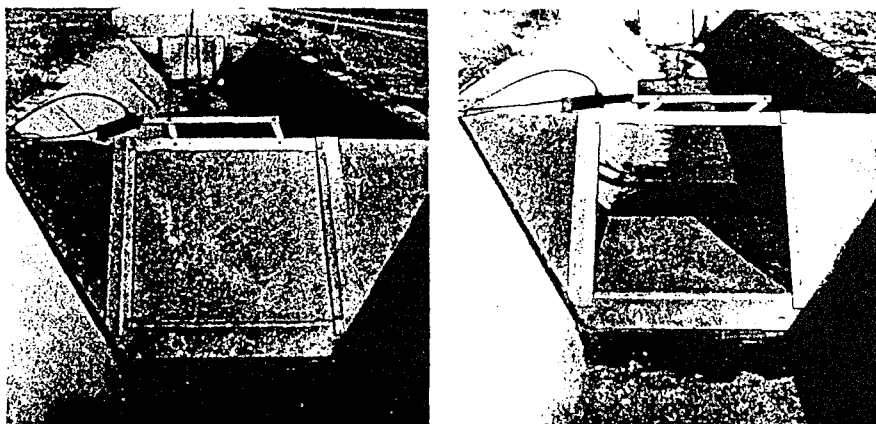
6. Ostali uređaji: u upotrebi je veći broj ostale vrste opreme za zatvaranje - kontrolu dovoda vode ili ispusta vode na polje. Ti se tipovi razvijaju lokalno.



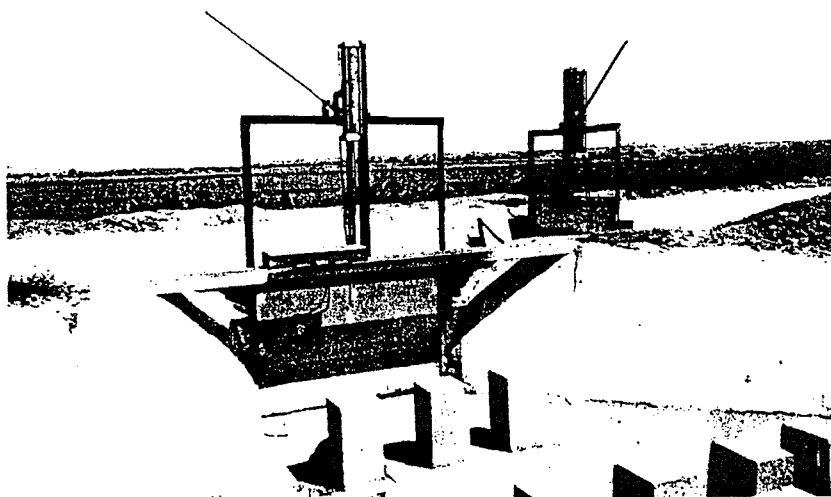
Slika 2.3.-2 Automatski zatvarač koji se koristi vodom za pogon



Slika 2.3.-3 Poluautomatska vremenski kontrolirana zapornica



Slika 2.3.-4 Hidraulički pogon zapornice u obloženom kanalu



Slika 2.3.-5 Automatska zapornica za natapanje bazena

2.4. ZAKLJUČAK

Mnogi su automatizirani sustavi za površinske načine natapanja u eksperimentalnoj i razvojnoj fazi. Neki od sustava nisu mogli napredovati u dovoljnoj mjeri za masovniju primjenu.

Troškovi su automatizacije sustava relativno visoki i ovise o opskrbi vodom te o terenskim uvjetima. Troškovi automatiziranoga površinskog natapanja s pomoću podzemnih cijevi mogu se približno usporediti s kišenjem s pomoću "Tifona".

LITERATURA

1. Criddle, W.D., Devis, S., Pair, C.H. (1956.): Methods for Evaluating Irrigation Systems. Agric. Handb., 82. USDA.
2. Gereš, D. (1986.): Površinsko navodnjavanje. U knjizi: Navodnjavanje poljoprivrednih površina, DGIT i DONH, Zagreb.
3. USDA (1979.): Border Irrigation, CH4, Sec. 15. Soil Conser. Ser. N.E. Handbook.
4. Hillel, D. (1982.): Advances in Irrigation, Vol. 1. Academic Press, New York.
5. Jensen, M. E. (1981.): Design and Operation of Farm Irrigation Systems. ASAE Monograph N^o3. Michigan.

3. MEHANIZACIJA I OPREMA ZA NATAPANJE KIŠENJEM

*Prof. dr. Zorko Kos
Građevinski fakultet
Sveučilišta u Rijeci*

3.1. ELEMENTI SUSTAVA ZA NATAPANJE KIŠENJEM

3.1.1. *Općenito*

Natapanje je kišenjem jedini način koji više-manje uspješno oponaša fenomen prirodne opskrbe bilja vodom pa je zato dobilo i takvo ime. Razvilo se početkom ovog stoljeća nakon što su bili ispunjeni tehnički uvjeti za njegov pogon, odnosno jeftina proizvodnja visokotlačnih cijevi, crpki i rasprskivača, te mogućnosti osiguranja odgovarajućih pogonskih strojeva.

U odnosu prema do tada "raspoloživima" površinskim načinima natapanja (prelijevanje, potapanje i brazde) kišenje je predstavljalo revoluciju u toj grani hidrotehnike. Glavne prednosti jesu:

- Može se primijeniti na tlo bilo koje konfiguracije jer ne zahtijeva gotovo nikakvo prethodno uređenje (planiranje) tla.
- Ne oduzima (smanjuje) obradivu površinu jer dovodni i razvodni (natapni) sustav mogu činiti podzemni, zračni ili pokretni cjevovodi.
- Može se uspješno primjenjivati na tlima bilo koje teksture - od najveće do najmanje infiltracijske moći.
- Obrok i intenzitet natapnja mogu se po volji regulirati ovisno o vrsti natapanog bilja i značajkama tla, čime se uvelike štedi voda.
- Osigurava ravnomjernu raspodjelu vode po čitavoj natapnoj površini.
- Ima višenamjensku primjenu jer se može upotrebljavati za zaštitu voćnjaka od mraza, doziranje gnojiva i zaštitnih sredstava; dakako pod uvjetom da su topivi u vodi.
- Može bitno smanjiti potrebu za radnom snagom jer se može mehanizirati i automatizirati, ali zato troši veće količine pogonske energije.

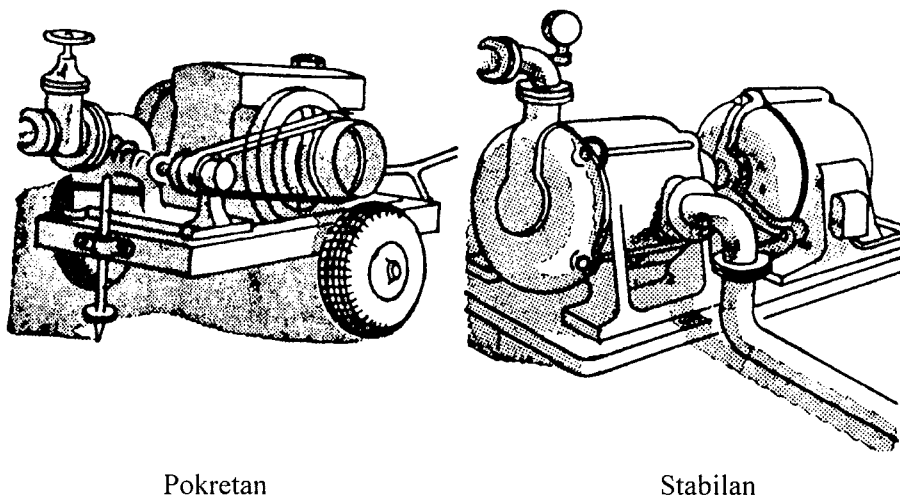
Općenito uzevši, natapanje kišenjem može se, u odnosu prema pokretljivosti elemenata sustava, podijeliti na tri skupine: pokretno, polupokretno i stabilno.

Pokretni su oni sustavi kod kojih se svi elementi dopremaju i sastavljaju na mjestu primjene prije svakog zalijevanja, a nakon isporuke obroka natapanja rastavljaju i otpreme na sljedeću lokaciju. Danas se ti tipovi koriste sve manje i manje, i to uglavnom za male, izdvojene, površine. Razlog za to jest utrošak velike količine radne snage za montažu, demontažu i otpremu - dopremu. Polupokretni su oni sustavi kod kojih je osnovna - dovodna - mreža stabilna i najčešće načinjena od ukopanih cjevovoda, a razvodna (natapna) mreža pokretna, odnosno uređaji i mehanizacija za natapanje. Taj se tip, u okviru natapanja kišenjem, danas još uvijek najviše primjenjuje, pogotovo u predjelima s manjim posjedima, odnosno manjim parcelama (kao što je to npr. u Europi). I, konačno, stabilni su sustavi oni kod kojih su čitava natapna mreža i oprema stabilni. Ništa se ne miče tijekom čitave vegetacijske sezone. Koristi se uglavnom za natapanje voćnjaka te u ratarstvu na velikim parcelama i mehaniziranom pogonu (centar pivot, npr.).

Ako se izuzmu raznovrsni motori koji se koriste za pogon crpki i natapnih uređaja, onda su osnovni elementi svakog sustava: crpke, razni cjevovodi, uređaji za kišenje te pomoćna oprema.

3.1.2. Crpke

Danas se za pogon natapnih sustava gotovo jedino upotrebljavaju centrifugalne crpke. Prednosti su im u tome što zauzimaju malo prostora, jednostavne su za upravljanje i ne uzrokuju nagli skok tlaka u mreži. Pokreću ih ili elektromotori ili motori s unutarnjim sagorijevanjem koji su najčešće izravno spojeni s crpkom. Tako složen agregat može biti stabilan ili pokretan.



Slika 3.1.-1 Primjeri crpnih agregata

Izbor tipa crpke provodi se na temelju prethodno utvrđenog protoka i manometarske visine dizanja ili - kako se najčešće kaže - pogonskog tlaka. Način proračuna mjerodavnog protoka provodi se na osnovi potrebe za vodom uzgajanih kultura, što je detaljno obrađeno u ranijim izdanjima. Kao mjerodavna uzima se maksimalna potreba u vegetacijskom razdoblju. Manometarska se visina dizanja dobiva zbrajanjem triju komponenata: geodetske visine (vrijednost između razine vode u usisnom bazenu i kote uređaja za kišenje), hidrauličkih gubitaka tlaka u natapnoj mreži te potrebnog tlaka na uređajima za kišenje. Kada je to utvrđeno, pristupa se izboru tipa crpke iz kataloga proizvođača, osobito konzultirajući radne dijagrame.

Pri proračunu potrebne snage motora treba držati na umu da male jedinice (do 25 l/s) imaju nisku vrijednost koeficijenta korisnog djelovanja (obično oko 50 %), kod srednjih (25-40 l/s) to iznosi oko 65 %, a kod velikih oko 75 %. Tako projektirane jedinice mogu raditi sa zadovoljavajućom učinkovitošću uz relativno mala odstupanja protoka i odgovarajuće promjene tlaka.

3.1.3. Cjevovodi

Cjevovodi koji se primjenjuju u natapnim sustavima mogu se klasificirati s različitim aspektima. Prema funkciji koju imaju u natapnom sustavu mogu biti dovodni, razvodni i spojni. Prema materijalu iz kojega su cijevi izrađene mogu biti lijevanoželjezni, čelični, betonski, azbestcementni i plastični. Ovisno o pokretljivosti pojedinih elemenata ili cijelog sustava, bilo koji dio mreže može biti stabilan ili pokretan, a sam sustav kao cjelina može biti i mješovita tipa, odnosno dio cjevovoda stabilan (osnovna mreža), a dio pokretan (natapna mreža).

a) Stabilni cjevovodi

Stabilni se cjevovodi najčešće primjenjuju za dovodni i razvodni dio sustava i obično su ukopani na dubini od 70 do 80 cm, a mogu biti metalni (čelik, lijevano željezo), azbestcementni (salonit), plastični (PVC), a rjeđe od armiranog betona.

Razvodne se cijevne mreže planiraju ili kao granate ili kao prstenaste. Izbor tipa ovisi o gospodarskim pokazateljima. Na mreži se obično ugrađuju hidranti ili barem T komadi sa zasunom svakih 50 ili 80 m. Time se uvelike štedi radna snaga za priključivanje uređaja za kišenje za vrijeme pogona. U svakom su slučaju investicijski troškovi takve mreže veoma visoki.

Pri dimenzioniranju dovodnih i razvodnih cjevovoda nije dovoljno samo udovoljiti cilju da cjevovod ima zahtijevani kapacitet, odnosno protok, već treba voditi računa o optimalnima gospodarskim uvjetima pogona. Slijedom toga, kod većih natapnih sustava treba pomno provesti proračun izbora optimalnih dimenzija cjevovoda, što je detaljno opisano u svesku 5 ovog priručnika. Pri tome treba imati na umu da linijski hidraulički gubici ovise o promjeru cijevi, vrsti materijala (starosti cjevovoda), o tipu i razmaku spojnika te o pravilnosti montaže.

U normalnim okolnostima protočna brzina ne treba prelaziti 3 m/s. Dapače, u najvećem broju praktičnih slučajeva ta će brzina biti bitno niža od 2 m/s. Pri tome treba imati na umu da se protočna brzina definira kao dopustivim gubitkom tlaka temeljenoga na računu ekonomičnosti koji se bilancira iz odnosa investicijskih i pogonskih troškova.

Već prilikom planiranja natapnog sustava treba paziti da protok za vrijeme pogona bude što ravnomjerniji bez obzira na broj uređaja (hidranata) koji je u pogonu, odnosno na veličinu površine koja se natapa. Iz toga slijedi nužnost da se hidraulički gubici u osnovnoj mreži svedu na minimum ili da se u mrežu ugrade uređaji za reguliranje protoka. U nekim većim natapnim sustavima postavlja se uvjet da maksimalno odstupanje tlaka na sapnici rasprskivača ne bude veće od $\pm 15\%$ od projektirane vrijednosti.

Ako je kod stabilnih natapnih sustava na razvodni cjevovod priključeno više od jednoga kišnog krila (pogotovo ako su jedan do drugoga), treba taj cjevovod računati kao cijev s više ispusta. To isto vrijedi i za kišno krilo koje opskrbljuje veći broj rasprskivača. U tom je slučaju najbolje računati dimenzije krila kao da se radi o cjevovodu s ravnomjerno raspoređenom potrošnjom po duljini. Još točnije rezultate dobit ćemo ako proračun počinjemo od priključka zadnje vertikale prema natrag, tj. prema glavnom cjevovodu, računajući gubitak za svaki segment između dvaju rasprskivača. Da bi se ubrzao proračun, Christiansen (1942.) preporučio je ovaj izraz:

$$H = F \cdot K \frac{L \left(\frac{Q}{C} \right)^m}{D^{2m+n}}$$

gdje je:

- H - gubitak tlaka kišnog krila duljine L s većim brojem ispusta istog protoka i na jednakom međusobnom razmaku
- K - konstanta, ovisna o sustavu mjernih jedinica, za metrički $K = 1,22 \cdot 10^{12}$
- L - duljina cjevovoda
- D - promjer cjevovoda
- Q - ukupan protok u cjevovodu
- m - eksponent brzine
- n - eksponent promjera cjevovoda
- N - broj ispusta krila.

Pri primjeni Hazen - Williamsove formule za hidrauličke gubitke $m = 1,852$, a $n = 1,167$.

Vrijednost za F može se izračunati s pomoću ove približne formule (Christiansen, 1942.):

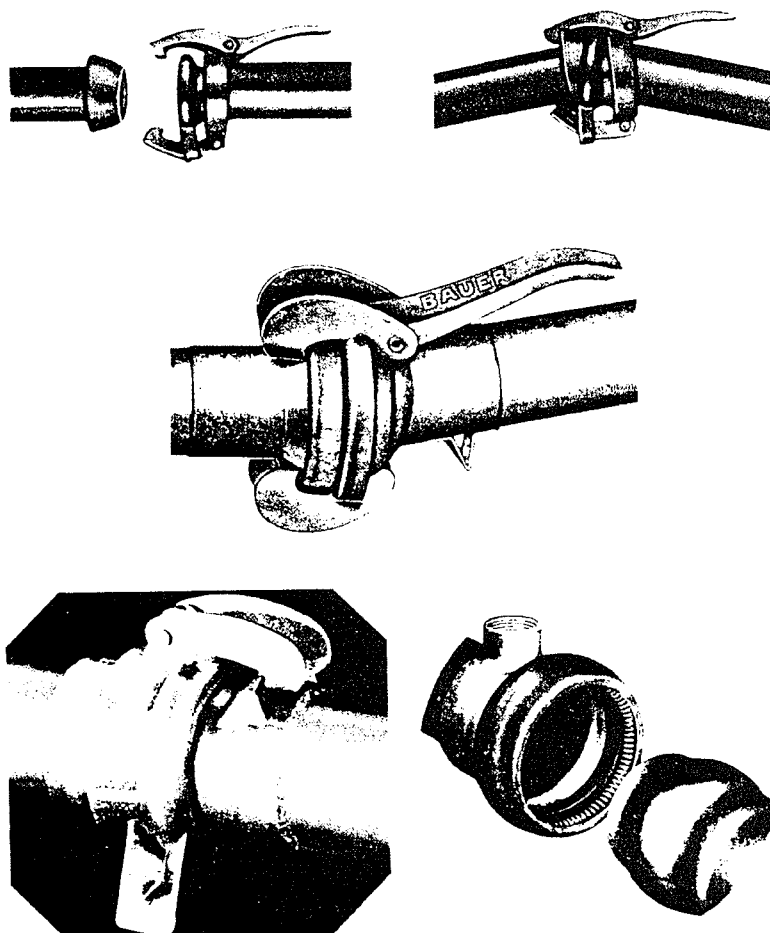
$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2}$$

Za više od 10 ispusta ($N > 10$), zadnji se član može izostaviti.

b) Pokretni cjevovodi

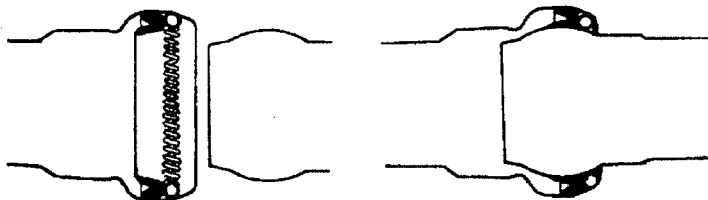
Pokretni cjevovodi koji se upotrebljavaju za kišna krila (laterale), mogu biti kruti (pocinčani čelik, aluminij i PVC) polukruti (polietilen) i savitljivi (kaučuk, armirana plastika i nepropusna tkanina).

Svi se pokretni cjevovodi, u pravilu, spajaju s pomoću ekspresnih spojnica kojih na tržištu ima mnogo vrsta.



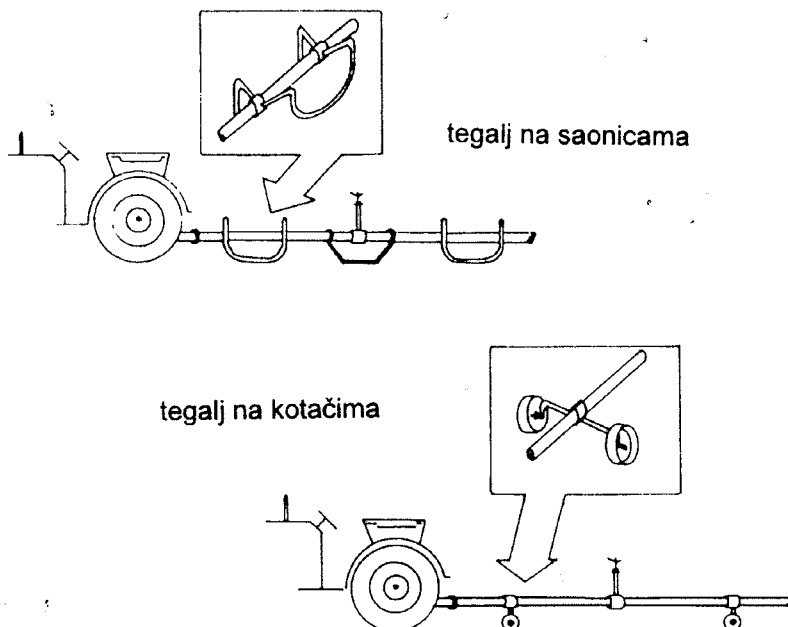
Slika 3.1.-2 Nekoliko tipova ekspresnih spojnica

Svi se tipovi spajaju gotovo trenutačno; dovoljno je utaknuti jednu cijev u drugu, ili eventualno zakrenuti je za neki kut. Svaka spojnica mora dobro brtviti i omogućiti fleksibilnost spoja, odnosno zakretanja (od 7° do 30° ovisno o proizvođaču), što je često nužno zbog neravnosti terena i potrebe za skretanjem s pravca. Neki tipovi postižu vododrživost tek pod tlakom vode u cjevovodu jer gumena brtva kojom je spojnica opskrbljena, reagira samo pod određenim tlakom vode.



Slika 3.1.-3 Model ekspresne spojnice koja se brtvi pod tlakom vode (SEPPIC)

Pokretni se cjevovodi polažu neposredno na površinu terena, na posebne nogare, ili se pak razvoze traktorom kada su opskrbljeni s odgovarajućim saonicama ili kotačima.

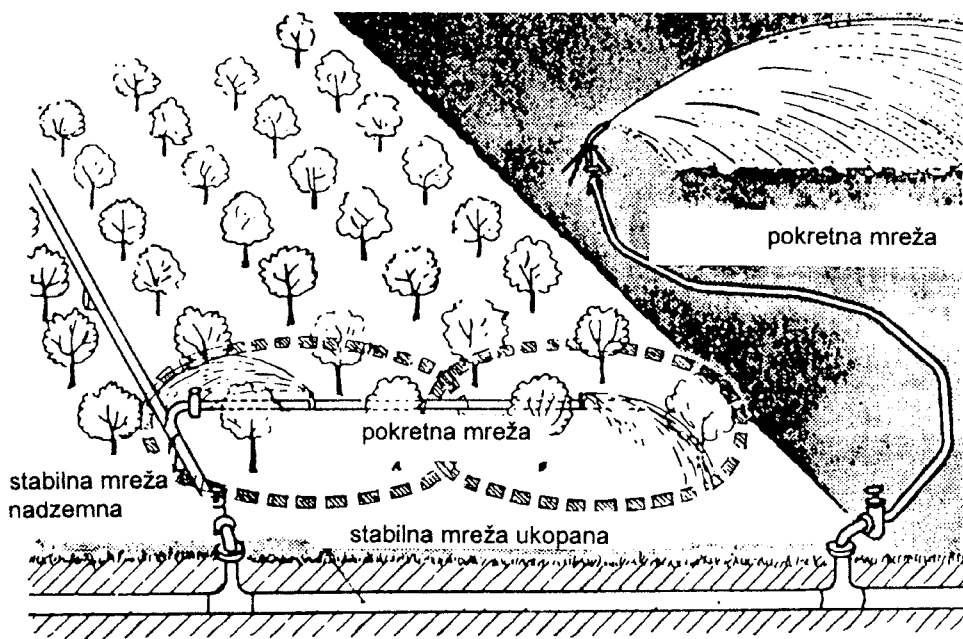


Slika 3.1.-4 Primjer razvoženja kišnih krila opskrbljenih saonicama ili kotačima

Na pokretni cjevovod koji opskrbljuje vodom više laterala dograđuju se T - komadi s odgovarajućim zasunima koji omogućuju priključak i pogon laterala za vrijeme dok je cjevovod pod tlakom. Ima više tehničkih rješenja koja omogućuju brzu montažu i demontažu tih uređaja.

Pokretni cjevovodi imaju izvjesnu prednost pred ukopanim stabilnim cjevovodima jer nisu potrebni nikakvi građevinski radovi prilikom polaganja, lako se nadziru i održavaju, višekratno se upotrebljavaju na znatno većoj površini, premještajući ih s jedne parcele na drugu, ali im je nedostatak što zahtijevaju više radne snage za premještanje s jedne lokacije na drugu.

Dakako, kao što je već ranije spomenuto, često se primjenjuje mješoviti tip sustava, tj. stabilan i ukopan glavni dovod, a nadzemni i pokretni sekundarni i eventualno tercijarni cjevovodi. U tom slučaju sustav ima neke osrednje značajke između stabilnih i pokretnih mreža. Na slici broj 3.1.-5 prikazan je jedan takav "školski" primjer, gdje je dovodna mreža stabilna i ukopana, a razvodna dijelom stabilna, a dijelom pokretna, ali površinska.

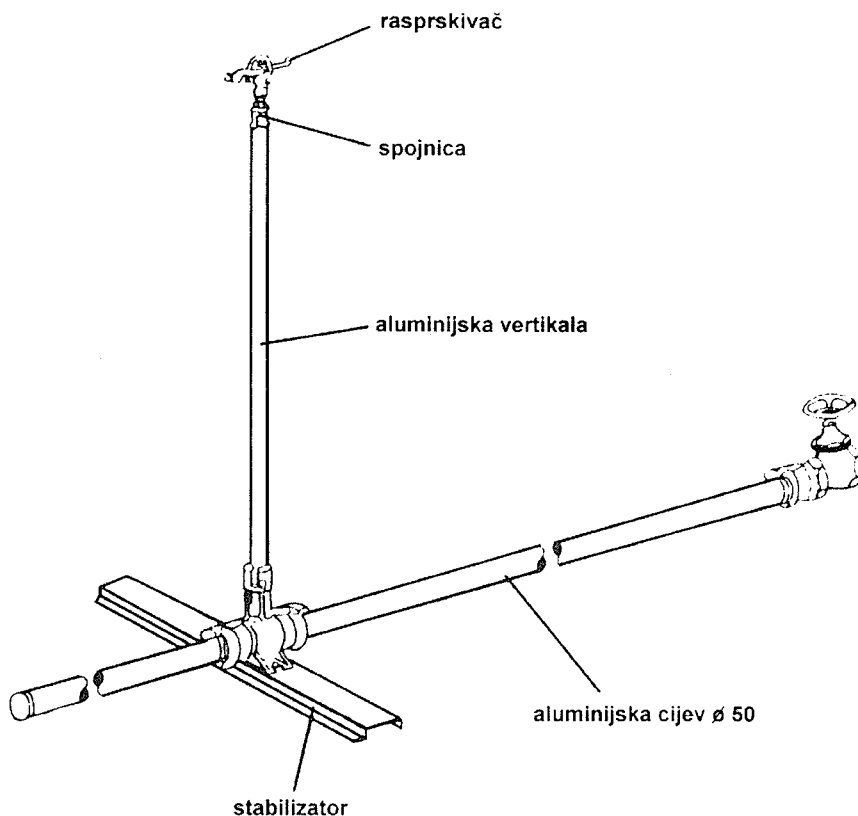


Slika 3.1.-5 Primjer sustava mješovita tipa

c) Spojni cjevovodi

Po konstrukciji ima dvije vrste spojnih cjevovoda, ali se po funkciji međusobno ne razlikuju. Naime, njihova je funkcija jedinstvena i odnosi se na spajanje izvora (zahvata, hidranta) vode s uređajem za kišenje. Ako se primjenjuju pojedinačni rasprskivači na većoj udaljenosti od hidranta, obično se upotrebljava neka vrsta

savijljivog cjevovoda. Najčešće se ovaj pojam pridružuje cjevovodu (vertikali) koji spaja kišno krilo s rasprskivačem. Spojni cjevovodi mogu biti različite duljine, već prema metodi kišenja i vrsti kulture, i to od nekoliko decimetara do nekoliko metara. Najveću duljinu (visinu) imaju za natapanje voćnjaka iznad krošnje. Moraju imati kvalitetnu ekspresnu spojnicu da bi se omogućilo što brže postavljanje sustava. Proizvode se od čeličnih i aluminijskih cijevi čiji promjer ovisi o kapacitetu rasprskivača.



Slika 3.1.-6 Spojni cjevovod (vertikala) s ekspresnom spojnicom firme Bancilhon Irrigation s.a.

3.1.4. Uređaji za kišenje

Na tržištu danas ima veliki broj uređaja za isporuku (rasprskivanje) vode poljoprivrednim kulturama. Oni svi odreda nastoje postići jednak učinak -

rasprskivanje vode u što sitnijim kapima i što ravnomjernije na određenu površinu - ali se konstruktivno međusobno bitno razlikuju. Ponekad je teško razlikovati prijelaz iz jedne kategorije u drugu. U ovom ćemo ih radu razvrstati u tri osnovne skupine i to:

- a) perforirane rampe
- b) rotacijski kišnici
- c) rasprskivači, bacači i topovi

Prema veličini pogonskog tlaka (tlak na sapnici), također ima veći broj klasifikacija, ali se najčešće spominje ova:

- visokog tlaka (5 bara i više)
- srednjeg tlaka (3-5 bara)
- niskog tlaka (ispod 3 bara).

Neovisno o vrsti uređaja i visini pogonskog tlaka, treba imati na umu da intenzitet kišenja uređaja ne smije prekoračiti brzinu infiltracije vode u tlo jer bi se, u protivnom, na nagnutim terenima pojavilo površinsko otjecanje, a na ravnima stagniranje vode na tlu. Prema rezultatima istraživanja T.W. Bendixena, H.F. Hershbergera i C.S. Slatera veličina infiltracije može se klasificirati ovako:

Klasifikacija vodopropusnosti tla

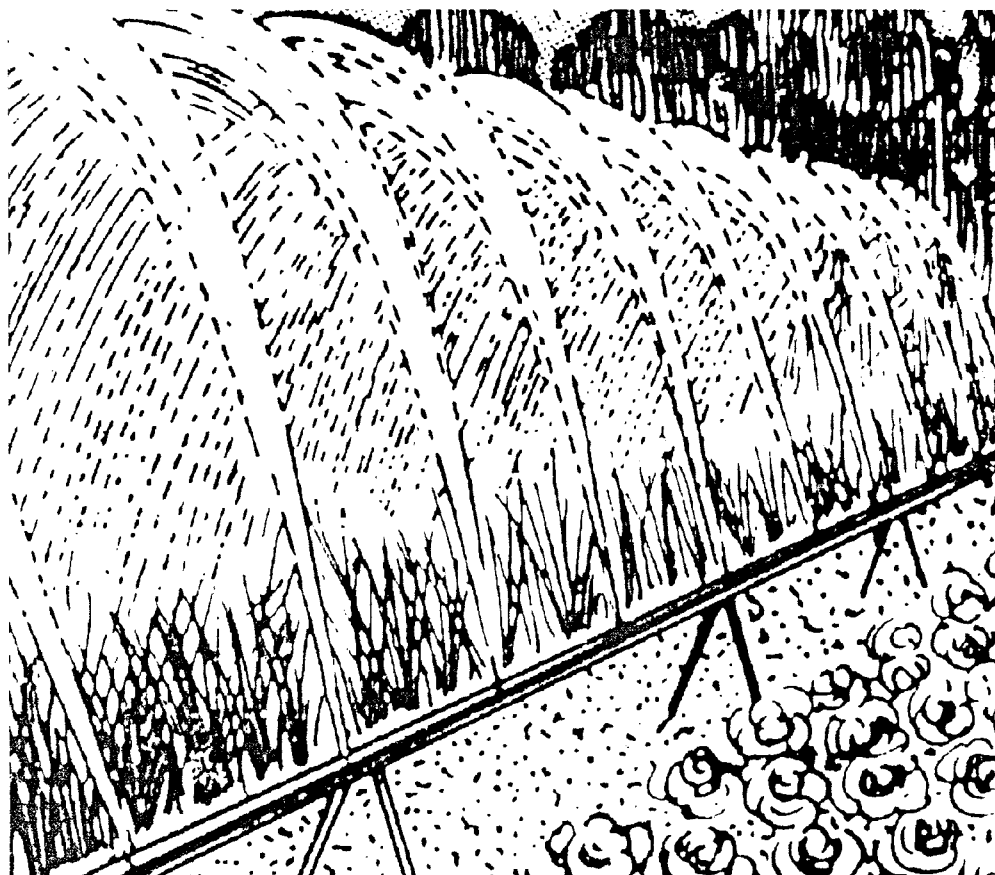
Tablica 3.1.-1

Stupanj vodopropusnosti	Veličina infiltracije u mm/h
veoma nizak	< 1,4
nizak	1,4 - 5,1
umjereno nizak	5,1 - 20,3
umjeren	20,3 - 63,5
umjereno visok	63,5 - 127
visok	127 - 254
jako visok	> 254

a) Perforirane rampe

Perforirane rampe ili kako se često zovu rampe za kišenje, sastoje se od čeličnih pocinčanih ili aluminijskih cijevi, promjera od 25 do 40 mm, spojenih ekspresnim spojnicama. Obično se postavljaju na razmacima od 3 do 5 m, a na pravilnim su razmacima probušene pa se kroz te otvore voda pod tlakom izbacuje u atmosferu, rasprskujući se jednolično po tlu. Položene su na stabilna ili pokretna postolja visine 0,5 - 1.5 m kako bi se voda mogla raspršiti ravnomjernije i na veću daljinu.

Rampe su ponekad tako konstruirane da rotiraju oko uzdužne osi za određeni kut (30° do 60°). Neki modeli imaju umjesto oslonaca kotače - najčešće na razmacima od 8 m - pa se pomiču s jednog položaja na drugi bez prekida pogona. Ima i tipova koji se kreću na tračnicama.



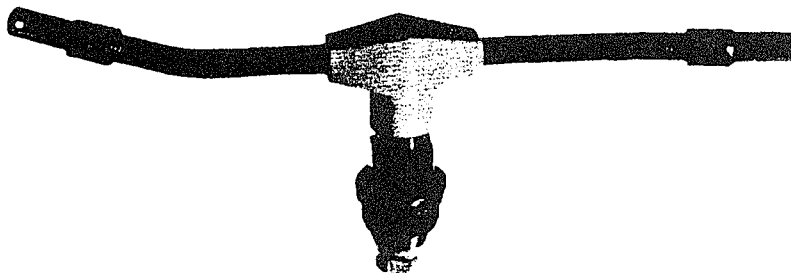
Slika 3.1.-7 Tip perforirane rampe

U novije se vrijeme na tržištu pojavilo više tipova rampi iz plastičnih masa koje se najčešće polažu neposredno na tlo. Sastoje se od cijevi na kojoj su na pravilnim razmacima probušene kalibrirane rupe koje izbacuju mlaz vode u različitim smjerovima.

b) Krilni rotacijski kišnici i podzemni rasprskivači

Krilni rotacijski kišnici (u SAD-u poznati pod nazivom "spinner") pojavili su se najprije kao oprema za natapanje manjih travnjaka po parkovima i vrtovima rezidencijalnih nastamba. Danas se njihova primjena proširila na natapanje skoro svih vrsta poljoprivrednih kultura.

Na tržištu postoji velik broj tipova krilnih rasprskivača koji se razlikuju i po kapacitetu i po konstrukciji. Dosta su rašireni tipovi koji se pomiču na tračnicama, i to automatski zbog reakcije mlaza vode. Izbačeni mlaz vode omogućuje dvije vrste gibanja: rotiranje krila i kretanje po tračnicama. Kod većih je uređaja domet mlaza obično oko 12 m pa se može planirati razmak postava od 20 do 25 m.



Slika 3.1.-8 Tip krilnoga rotacijskog kišnika

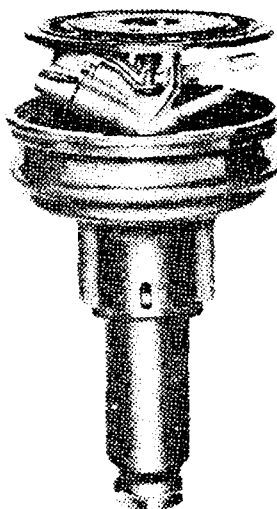
Za posebne namjene konstruirano je više tipova rasprskivača smještenih ispod razine terena, a na površini se vidi samo poklopac uređaja za kišenje. U američkoj se literaturi taj tip opreme pojavljuje pod nazivom "Pop-up", dok u katalozima "Pioggia Carnevali" (Porto Mantovano) dolaze pod nazivom "Funghetto" i "Fungone". Gotovo su svi modeli udešeni tako da se pri stavljanju mreže pod tlak poklopac automatski diže za nekoliko centimetara i započinje natapanje; pri zatvaranju vode događa se obrnuti proces. Pogodni su za natapanje parkova i raznih sportskih terena (nogometnih igrališta npr.), posebno travnatih površina, odnosno površina pokrivenih busenjem.

c) Rasprskivači, bacači i topovi

Konstruktija je rasprskivača veoma jednostavna. Na vrhu se nalazi glava koja se okreće oko svoje osi i na njoj se nalaze jedna ili dvije sapnice koje izbacuju vodu u obliku raspršenog mlaza. Na glavi se nalazi uređaj za postupno okretanje, najčešće reakcijom mlaza ili ugrađenog deflektora. Neki su modeli namješteni samo na dijelu kružne trajektorije - obično 270°, ali se to može prilagođavati (segmentni rasprskivači).

Razmak između rasprskivača ovisi o modelu, radnom tlaku, zahtijevanom koeficijentu ravnomjernosti vlaženja, brzini vjetra i namjeni natapnog sustava. Tako se za veoma vrijedne kulture zahtijeva visoki koeficijent ravnomjernosti (jagode, cvijeće, rasadnici), dok za neke druge (livade i pašnjaci) to nema gospodarskog opravdanja. Kod sustava koji je planiran za zaštitu od mraza vjerojatno neće biti nužno zahtijevati visok stupanj ravnomjernosti. Kako se sustav ne može projektirati za sve vjetrove koji se mogu pojaviti, on se prilagođuje na prosječne uvjete. Pri tome treba imati na umu ovo: što se brzina vjetra povećava, to se razmak rasprskivača smanjuje. Prema nekim ispitivanjima preporučuje se ovakvo smanjenje razmaka u ovisnosti o brzini vjetra:

Brzina vjetra	Razmak krila
tiho	65 % od promjera vlaženja
8 km/h	60 % od promjera vlaženja
8-16 km/h	50 % od promjera vlaženja
> 16 km/h	30 % od promjera vlaženja



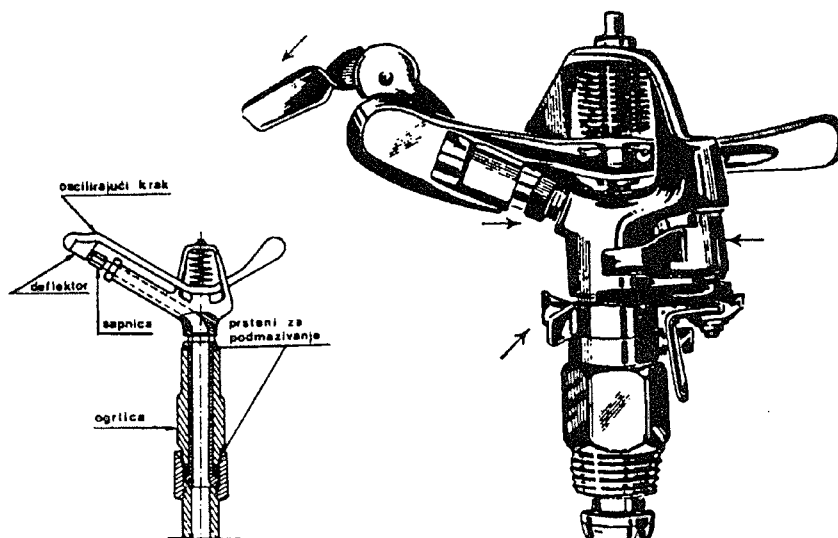
Slika 3.1.-9 Tip podzemnog rasprskivača kompanije Rain Bird

U ovoj su skupini najzastupljeniji i najviše u upotrebi rasprskivači (engleski: sprinkler). Najčešće se montiraju na vrhu spojnih cjevovoda, odnosno vertikala, gdje se, kada su u pogonu, kružno ili segmentno okreću oko svoje osi.

Radni je tlak većine modela između 200 i 400 kPa, a voda se na glavi izbacuje s pomoću jedne ili dviju sapnica i rasprskuje u sitne kapi. Polumjer mlaza vrlo varira od modela do modela pa za isti model, ovisno o tlaku, pretežno između 12 i 36 m. Intenzitet kišenja također varira u širokom rasponu, ali se najčešće kreće između 4 i 20 mm/h. Najčešće se izrađuju od mjedi, aluminijske i PVC-a.

Rasprskivači se na kišnim krilima mogu rasporediti na različite načine, ali u osnovi postoje tri mogućnosti: po kvadratu, trokutu i pravokutniku. Značajke tih načina vide se na priloženim crtežima. Raspored po trokutu ima u pravilu manje dvostrukog pokrivanja za isti učinak, dok se raspored po pravokutniku uglavnom primjenjuje kod sektorskih rasprskivača. Uostalom, svaka shema ima svoje prednosti i nedostatke. Tako se za promjenljive uvjete vjetra (brzine i smjera) smatra da postavljanje po kvadratu sa smanjenim stranicama daje povoljniji učinak ravnomjernosti. Kod rasporeda po pravokutniku dulja stranica predstavlja razmak između kišnih krila (da im se smanji broj), a rasprskivači se postavljaju na manjem

razmaku. U rasporedu po istostraničnom trokutu ravnomjernost je vlaženja obično problematična ako je razmak veći od 70 % efektivnog promjera vlaženja.



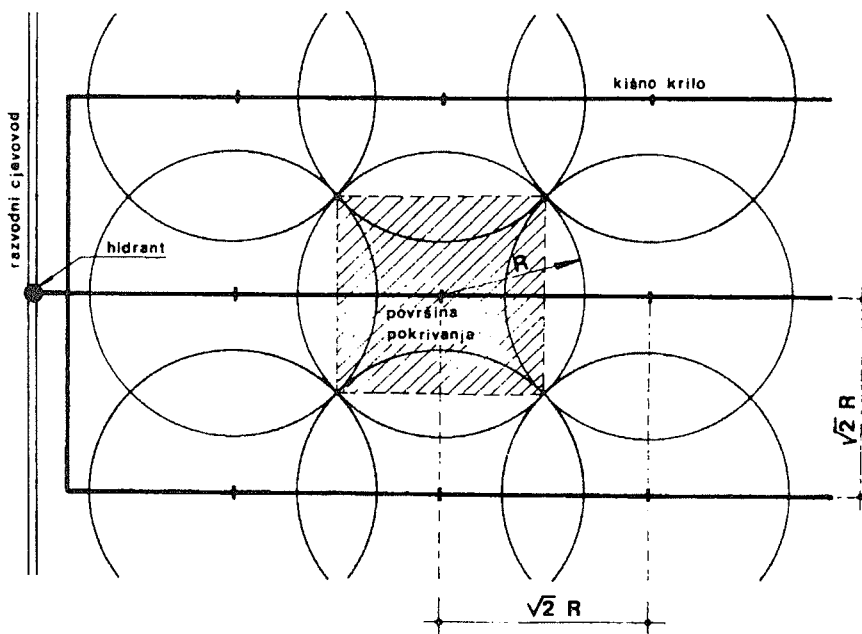
Slika 3.1.-10 Tipičan rasprskivač

Pri nabavljanju te opreme treba imati na umu da svaki proizvođač treba osigurati nužne podatke i značajke svakog modela koji se primjenjuje prilikom planiranja i projektiranja natapnih sustava. To se naročito odnosi na efektivni promjer vlaženja, na rad bez vjetera, protok za razne promjene sapnice i tlaka te potreban minimalan tlak za svaki promjer sapnice. Općenito uzevši, efektivni promjer vlaženja i jednoličnost raspodjele povećava se do izvjesne granice s povećanjem tlaka. Da bi se dobilo kvalitetno raspršivanje mlaza, tlak treba povećati s povećanjem promjera sapnice.

Pojedinačni osnovni model ovisno o promjeni sapnice, radnom tlaku u mreži te rasporedu rasprskivača, može imati i do pedesetak varijantnih rješenja. Tako tvrtke koje proizvode desetak tipova nude mogućnost primjene u pogonu više desetaka mogućih rješenja.

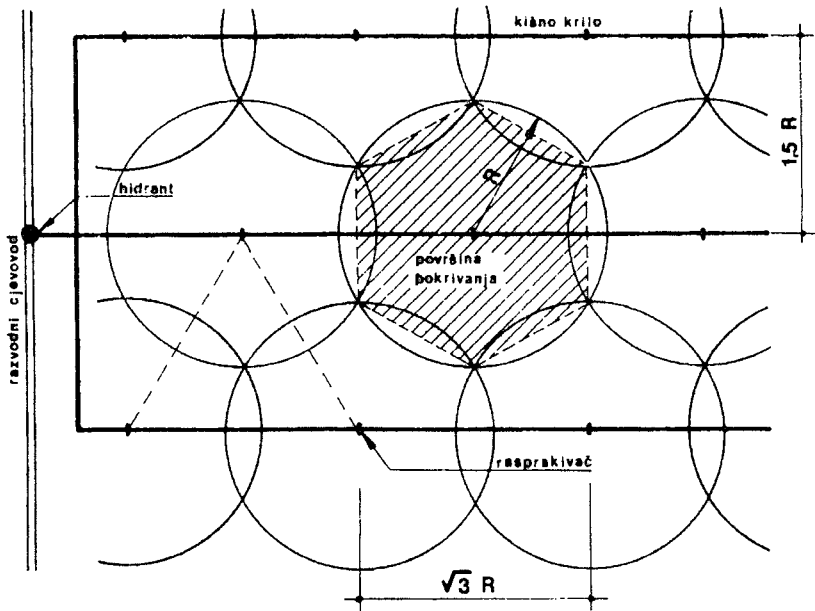
Bacač (mlaza) je neka vrsta prijelaznog tipa između rasprskivača i topa, a vrlo često se naziva i topom. Primjenjuje veći radni tlak (od 3 do 6 bara) pa, prema tome, troši i više energije. Sastoji se od savijene cijevi (obično 20° do 30°) prema

horizontalni, a smješten je na tronošcu. Na kraju cijevi ima cilindričan naglavak za izbacivanje mlaza bez turbulencije (okretanje mlaza), što mu osigurava veći domet. Trajektorije mlaza tekućine na izlazu iz naglavka međusobno su paralelne, što se postiže odgovarajućim rješenjem. Ravnomjernost raspodjele vode po tlu postiže se okretanjem uređaja oko vertikalne osi. Kao i kod rasprskivača, okretanje može biti potpuno, tj. 360° , ili djelomično kao i kod uobičajenih sektorskih rasprskivača. Okretanje bacača može se postići ili malom turbinom koju okreće mlaz (kao na slici) ili reakcijom pomoćnoga bočnog mlaza. Stariji su modeli imali dosta nedostataka, naročito glede ravnomjernosti vlaženja po duljini te veliki postotak krupnih kapi na kraju mlaza. Iako su noviji modeli uglavnom otklonili te manjkavosti, još se nisu značajnije raširili u praksi.

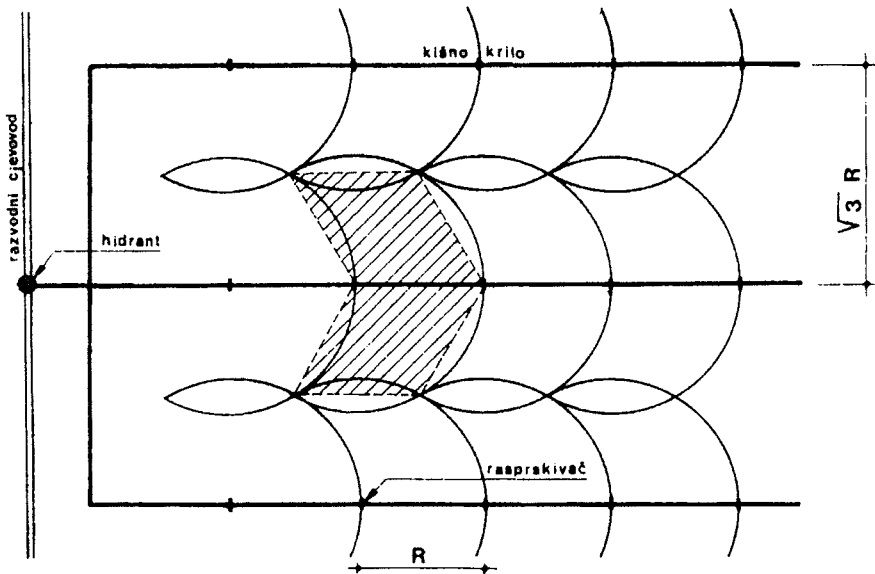


Slika 3.1.-11 Shema postavljanja rasprskivača po kvadratu

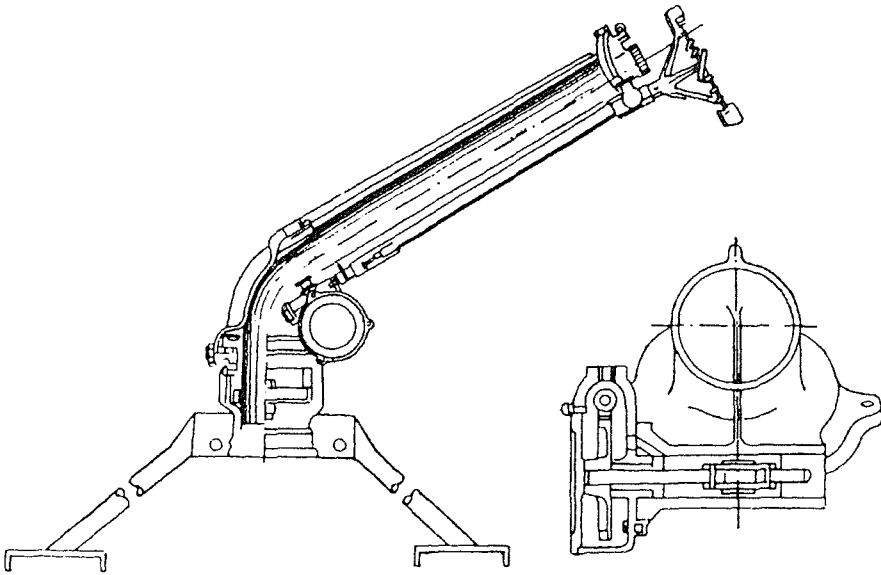
Nekad se pod nazivom top podrazumijevao uređaj montiran na spremnik s vodom pod tlakom. Taj mu je uređaj osiguravao energiju za izbacivanje i rasprskivanje mlaza na planiranu natapnu površinu. Smanjenjem tlaka on bi se zaustavio da bi se, nakon punjenja, ponovno aktivirao. Prednost je takva uređaja u tome što se s malim protokom može izbacivati mlaz na velike udaljenosti. Troši velike količine energije pa je prikladan za rad noću (kada je struja jeftinija) i za natapanje manjih površina. Danas se takav tip topa upotrebljava sve manje i manje.



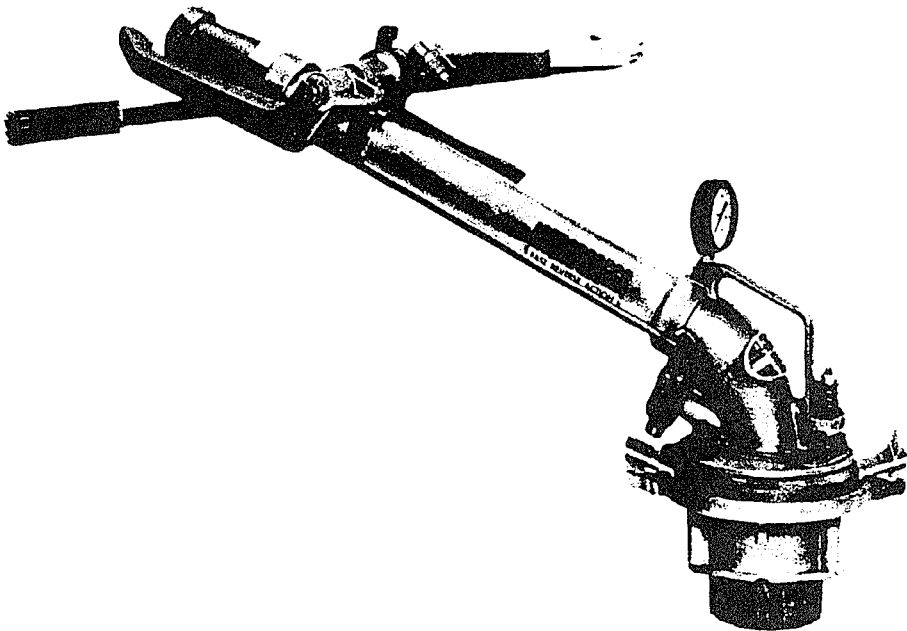
Slika 3.1.-12 Shema postavljanja rasprskivača po trokutu



Slika 3.1.-13 Shema postavljanja rasprskivača po pravokutniku



Slika 3.1.-14 Bacač mlaza



Slika 3.1.-15 Top Nelson P 150

U novije se vrijeme topom nazivaju rasprskivači velika učinka koji istodobno natapaju velike površine (do jednog ha). Zahtijevaju tlak od 3 do 11 bara, potrošnju vode od 10 do 150 m³/h, a imaju domet do 90 m. Ovakvi topovi te krilni rasprskivači velikog radijusa primjenjuju se veoma često na suvremenim strojevima za mehanizirano i autonomno natapanje.

Ti su rasprskivači znatno usavršeni istraživanjima posljednjih godina jer su im otklonjeni neki raniji nedostaci. Posebno su postignuta veća poboljšanja u ravnomjernosti rasprskivanja mlaza i smanjenju promjera kišnih kapi. Pri izboru te vrste opreme preporučuje se obratiti pozornost na:

- ravnomjernost raspodjele vode po duljini mlaza
- učestalost veličine kišnih kapi po duljini mlaza
- na intenzitet kišenja. Topovi velikog intenziteta (do 25 mm/h) nisu prikladni za sva tla pa treba birati modele manjeg intenziteta (primjerice do 10 mm/h).

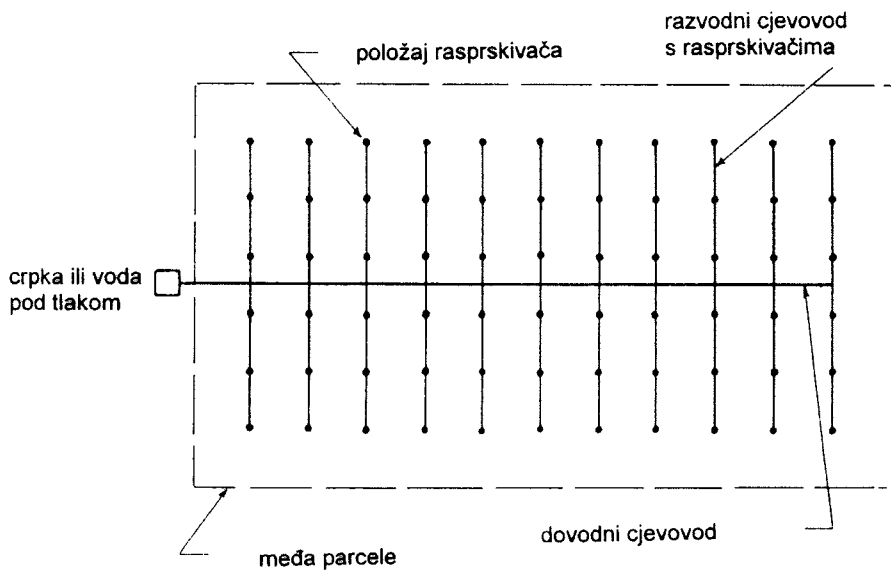
3.2. NEMEHANIZIRANO NATAPANJE KIŠENJEM

U prethodnom su poglavlju ukratko prikazani i opisani osnovni elementi koji se pojavljuju u svakom sustavu za natapanje kišenjem. Pri planiranju natapnog pogona pojedini elementi mogu se na različite načine ugrađivati i primjenjivati, najčešće ovisno o tome upotrebljavaju li se jednokratno ili višekratno tijekom vegetacijske sezone. Osnovni čimbenici o kojima to ovisi jesu:

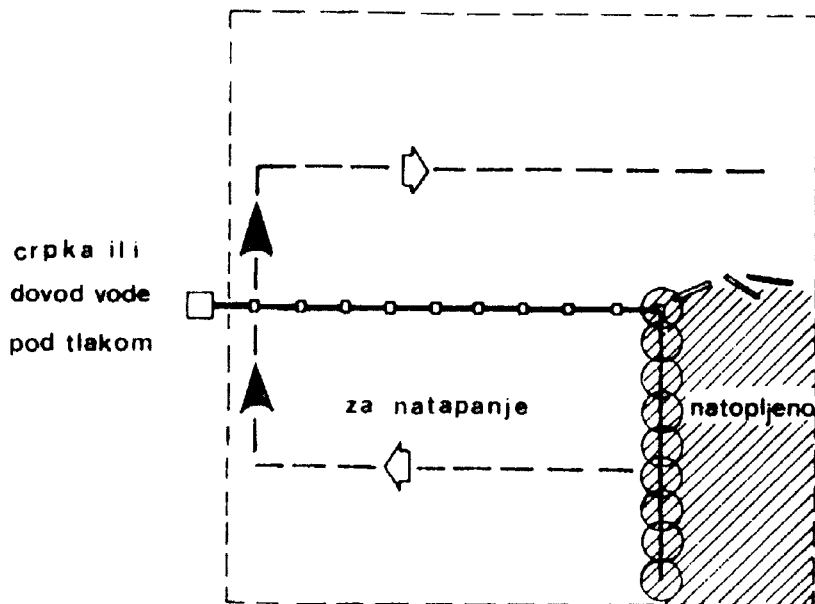
- tehnološki stupanj razvoja zemlje (kraja)
- raspoloživost i cijena radne snage
- vrsta uzgajanih poljoprivrednih kultura
- veličina posjeda (parcele)
- orografija, tekstura i položaj natapanih površina
- odnos društva prema razvoju poljoprivredne proizvodnje (subvencije, krediti i sl.)
- gospodarska i financijska moć poljoprivrednika (korisnika).

Tipičan primjer standardne natapne mreže za uobičajeno natapno polje prikazan je na slici 3.2.-1

U praksi se navedeni primjer može u pogonu primijeniti na veći broj mogućih varijanti "upotrebe" pojedinih elemenata, već prema tome koji će se dio ili dijelovi višekratno godišnje upotrijebiti, a koji će ostati fiksni. Sve što ima više "pokretnih" i višekratno upotrebljivanih elemenata, to je investicija jeftinija, ali su zato pogonski troškovi (radna snaga) veći. Analizom ukupnih godišnjih troškova i proračunom cijene kubičnog metra natapne vode za svaki pojedini slučaj (varijantu), može se za određeno gospodarsko stanje zemlje (kraja) izabrati najpovoljnije rješenje. U nastavku će se spomenuti neka moguća rješenja koja se često primjenjuju u praksi.



Slika 3.2.-1 Tipičan primjer nemehanizirane natapne mreže neke parcele



Slika 3.2.-2 Shema pokretnoga natapnog sustava

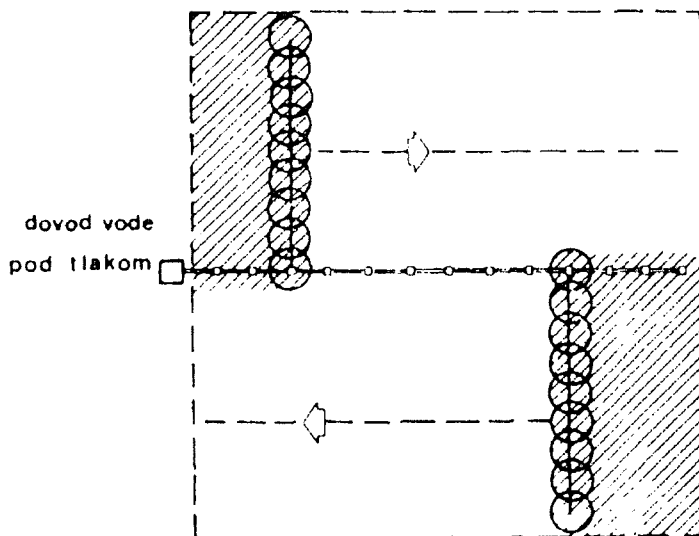
a) Pokretni sustavi

Ovi su natapni sustavi tako izgrađeni (montirani) da se svi dijelovi mreže mogu za vrijeme vegetacijske sezone premještati iz jedne lokacije na drugu. Kao izvorište vode može poslužiti hidrant regionalnoga natapnog sustava ili bunar, vodotok, jezero ili sl. U tome drugom slučaju potreban tlak u mreži postiže se, najčešće, traktorom s ugrađenom crpkom visokog tlaka. Natapanje se organizira tako da se sva potrebna oprema (cijevi, rasprskivači i dr.) dopremi traktorskom prikolicom, montira na predviđenu parcelu, obavi se natapanje parcele s predviđenom normom u zadanom turnusu, demontira se cijela oprema i preseli na drugu lokaciju. Dakako, postupak se ponavlja u skladu s kalendarom natapanja.

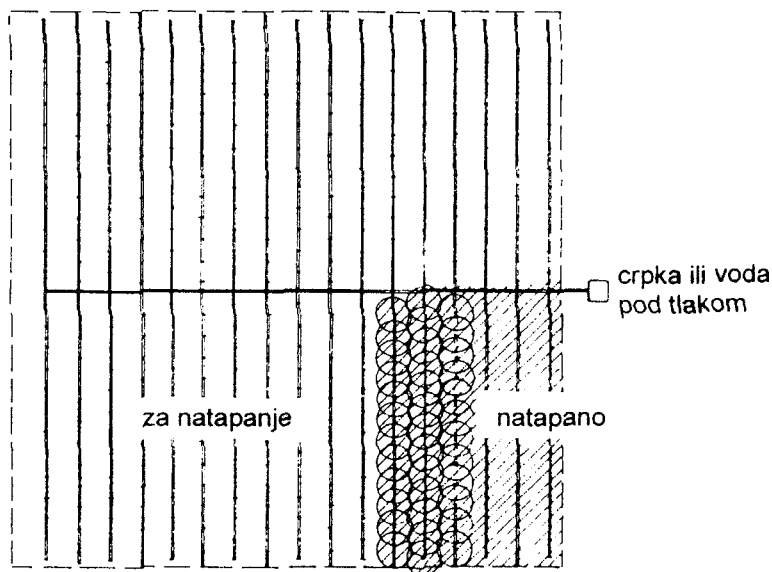
b) Polupokretni sustavi

Ako je dio natapnog sustava stabilan (ukopan ili površinski), a dio se premješta prilikom svakog natapanja, riječ je o polupokretnom (polustabilnom) sustavu. Pri tome ima nekoliko mogućnosti od kojih su najčešće ove dvije:

- stabilni su glavni dovod i hidranti, a pokretna su kišna krila s rasprskivačima;
- stabilni su glavni dovodni cjevovod i kišna krila, a pokretni su samo rasprskivači.



Slika 3.2.-3 Shema polupokretnog sustava u kojemu su pokretna kišna krila i rasprskivači



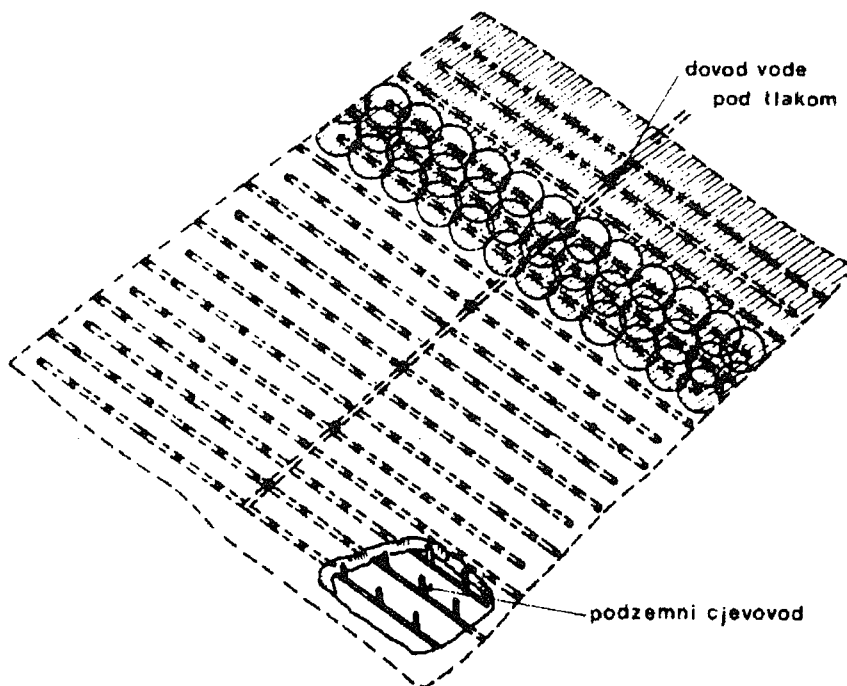
Slika 3.2.-4 Shema polustabilnog sustava gdje su pokretni samo rasprskivači

c) Stabilni sustavi

Stabilni su sustavi tako projektirani i izgrađeni da su svi elementi natapne mreže fiksni i ne premještaju se tijekom vegetacijske sezone. Međutim, i tu ima izuzetaka i različitih "varijanti". Kao primjer spominje se pojava u nekim krajevima gdje su takvi sustavi izgrađeni na voćnjacima tako da se vertikale (spojni cjevovodi) zajedno s rasprskivačima premještaju po dijelovima voćnjaka (kako napreduje natapanje) radi višekratne upotrebe.

Stabilni su se sustavi naročito raširili zadnjih nekoliko desetljeća (uz lokalizirano natapanje), i to zato da se što manje opterećuje pogon radnom snagom koja postaje sve skuplja i skuplja. Izbor tipa sustava i karakterističnih elemenata ovisi o vrsti kultura koje će se uzgajati, o načinu pogona, veličini, obliku i topografiji polja te o raspoloživoj radnoj snazi.

Stabilni se sustavi najviše primjenjuju za natapanje voćnjaka te u cvjećarskoj i rasadničkoj proizvodnji. Najčešće se projektiraju s kišnim krilima koja su paralelna s redovima voćaka ili usjeva i s razvodnim cjevovodom koji je okomit na redove stabala (ili ide po rubu polja). U nekim se plantažnim voćnjacima i vinogradima kišna krila postavljaju dijagonalno na smjer redova stabala.



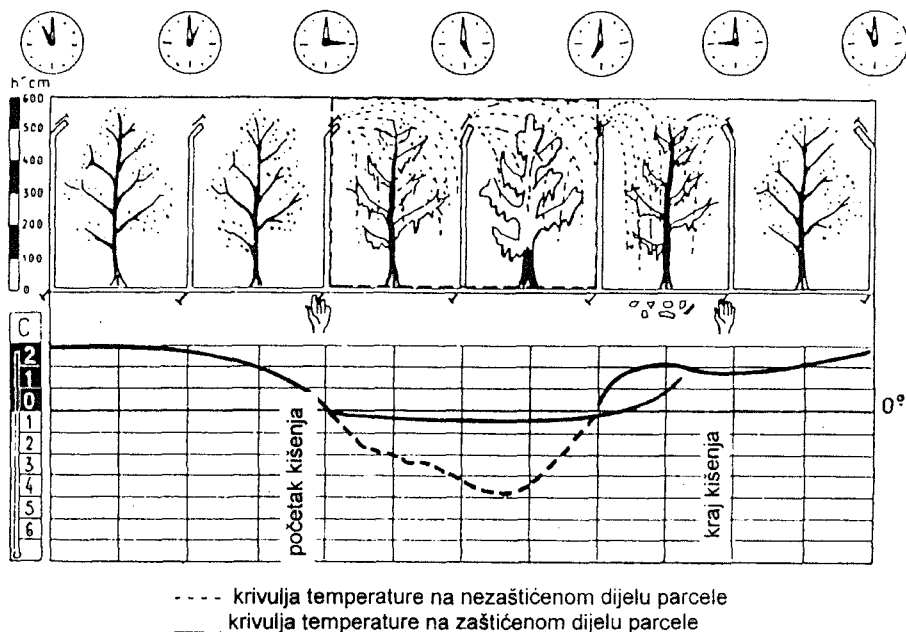
Slika 3.2.-5 Shema stabilnog sustava za natapanje kišenjem

Prije nekoliko decenija počeli su se upotrebljavati fiksni natapni sustavi i za zaštitu od mraza. U tom slučaju treba planirati da natapanjem bude pokriven cijeli voćnjak istovremeno. Pri tome se najčešće zahtijeva intenzitet kišenja od 2 do 5 mm/h. To se natapanje izvodi za zaštitu od kasnih mrazeva (travanj - svibanj) na voćkama koje u tom vremenu cvjetaju.

Malo je čudnovato ali istinito da je ta metoda zaštite od mraza pronađena pukim slučajem. Naime, sredinom 50-ih godina jedan poljoprivrednik u Njemačkoj ostavio je u pogonu preko noći na dijelu svog voćnjaka stabilan sustav za natapanje iznad krošnje. Desilo se da se upravo te noći temperatura u tom kraju spustila ispod nule. I gle čuda! Dio voćnjaka koji je bio natapan osvanuo je rano ujutro pod ledom, ali je tijekom dana ustanovljeno (nakon što se led otopio) da je samo ta površina ostala zaštićena od mraza, a sve ostalo se smrzlo i ostalo bez uroda.

Zaštita od mraza kišenjem može se vrlo jednostavno objasniti. Naime, voda koja se upotrebljava za natapanje ima, u svakom slučaju, temperaturu iznad nule. Tijekom noći temperatura zraka opada prelazeći na negativne vrijednosti, a to se istovremeno zbiva s temperaturom natapne vode koja se u jednom trenutku (vidi skicu) počinje smrzavati. Prelaženjem vode iz tekućeg u kruto stanje, oslobađa se značajna količina topline (80 kalorija po gramu vode). To je dovoljno da

temperatura dijelova biljke obloženih ledom ne padne ispod $-0,3^{\circ}\text{C}$ što nije štetno po život vegetativnih stanica biljke. Važno je napomenuti da se za vrijeme trajanja toga postupka ne smije ni u kom slučaju natapanje prekidati. Intenzitet kišenja ovisi o vrsti kulture i o prognoziranom sniženju temperature. Pri tome treba imati na umu mogućnost oštećenja voćaka zbog nagomilavanja leda na krošnjama. Obično se smatra da bi debljina leda veća od desetak mm mogla biti pogubna za pojedine dijelove krošnje voćaka.



Slika 3.2.-6 Zaštita od mraza kišenjem

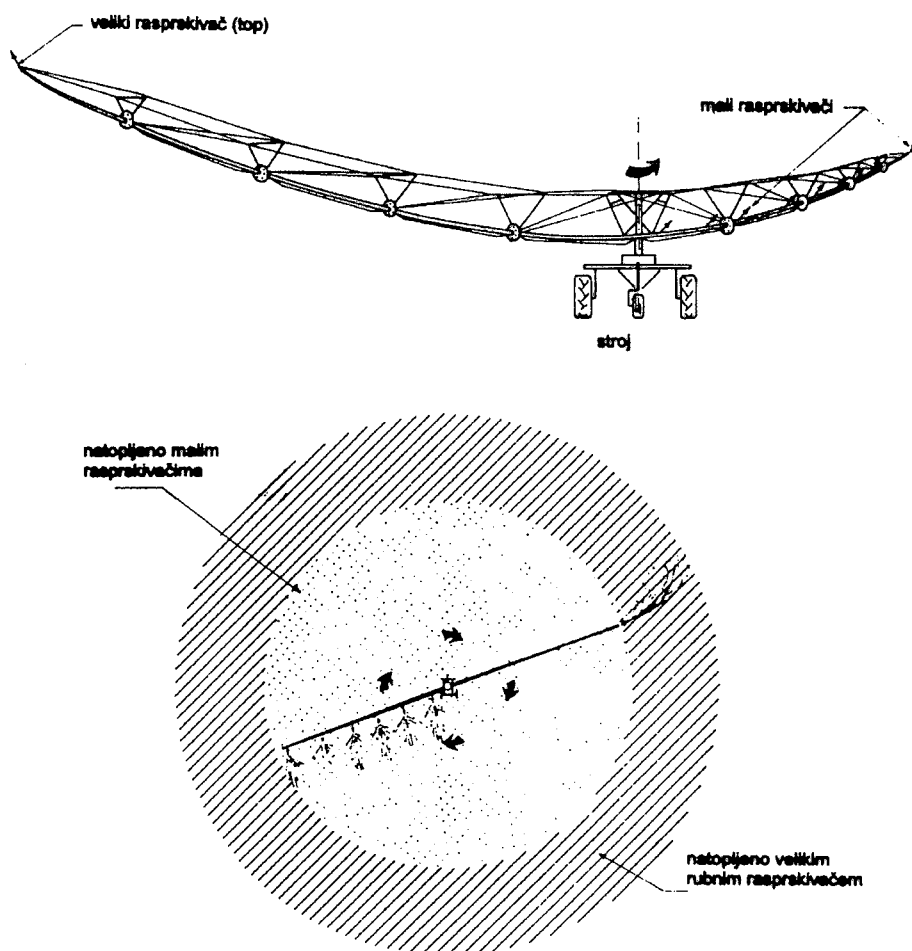
Dosadašnja istraživanja tog fenomena ukazala su na potrebu da se natapanje stavi u pogon u trenutku kad temperatura zraka padne na nulu (u razini sredine biljke) i održava sve dok se ne popne na nekoliko stupnjeva iznad nule. To je zato što se, u tom slučaju, troši toplina u jednakoj mjeri u kojoj se oslobađala prilikom smrzavanja.

I, na kraju ovog poglavlja naglašava se da se natapanje kišenjem može upotrijebiti i za doziranje bilju stajskog ili umjetnih gnojiva te pojedinih zaštitnih sredstava (pod uvjetom da su topivi u vodi). Ako se upotrebljava stajski gnoj, masa mora biti prethodno temeljito zdrobljena i razređena, a uređaji za kišenje primjereni tom postupku.

3.3. NATAPANJE VELIKIM RASPRSKIVAČIMA

3.3.1. Općenito

Razvoj natapanja kišenjem - od prvih početaka pa sve do danas - odvijao se otprilike jednakim putom kao što se i ova materija ovdje izlaže. Od malih jedinica, niskog tlaka i kapaciteta i ručno pogonjenih, do sve većih i većih uređaja i strojeva, sposobnih da s malim ili gotovo nikakvim sudjelovanjem radne snage natapaju površine od više desetaka pa čak i stotina ha.



Slika 3.3.-1 Princip rada velikog rasprskivača

Tipičan primjer u potvrdu ove tvrdnje jest stroj koji ćemo opisati u ovoj točki. Radi se naravno o tzv. velikom rasprskivaču (engleski "boom"; francuski "arroseur géant"). Nastao je bitnim "povećanjem" dimenzija i s tim u vezi kapaciteta krilnog rasprskivača opisanog u točki 3.1.4. Naime, osnovni je motiv koji je poticao stručnjake u proteklih 50-ak godina na stvaranje mnoštva strojeva i uređaja sve većih i većih dimenzija, povećanje natapne površine po jedinici natapnog uređaja kako bi se smanjio ili eliminirao broj premještanja, smanjila gustoća mreže, a posebno sudjelovanje radne snage.

U osnovi se veliki rasprskivač sastoji od postolja - kolica na kojima je montirana horizontalna ili lučna rampa opskrbljena rasprskivačima i po jednim topom na svakom kraju. Dakako, rampa je priključena na izvor vode i slobodno rotira oko svoje osi natapajući veliku površinu.

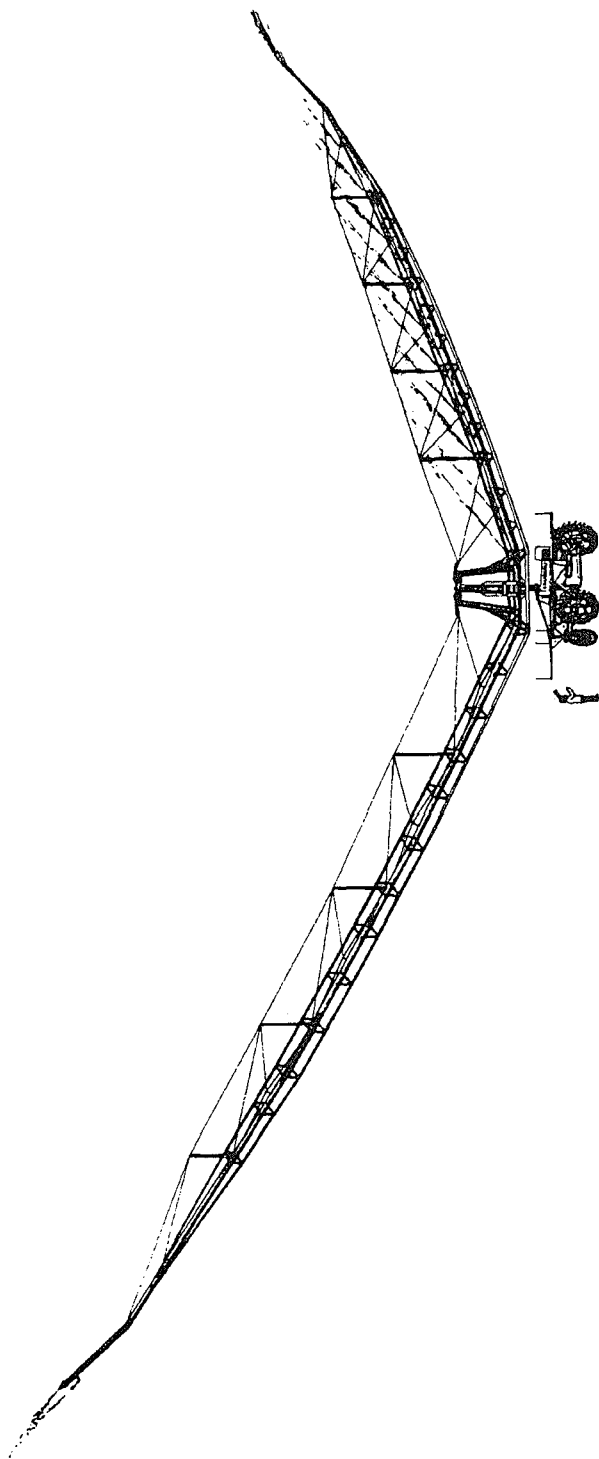
Danas se pod pojmom "boom" navode i različiti modeli nastali transformacijom uređaja s jednim topom koji se povlači s opskrbnom cijevi od jednoga do drugoga kraja parcele (Typhon), a koji može imati translatorno i kružno kretanje. Prema tome, teško je svu tu mehanizaciju razvrstati u neke određene standardne cjeline, ali će se svi modeli koji su piscu dostupni (za koje su prikupljeni odgovarajući prospekti od proizvođača) prikazati s manje ili više detalja u tekstu koji slijedi.

U nastavku će se prikazati klasični tip velikog rasprskivača opisan u FAO Irrigation and Drainage Paper № 35.

3.3.2. Opis tipičnog rasprskivača tipa "boom"

U Francuskoj su najpoznatiji proizvođači tih strojeva Laureau, Perrot i Irrifrance, ali se mnogo modela proizvodi i u drugim zemljama, posebno u SAD-u, Italiji, Mađarskoj, bivšem SSSR-u i drugdje. Zanimljivo je spomenuti da su se u bivšoj Jugoslaviji proizvodila dva modela tog tipa, i to 60 EM i 70 EM (Metalski zavod "Tito" - Skoplje). Nije poznata sadašnja sudbina te proizvodnje.

Dakle, za primjer poslužit će najveći model firme Laureau iz Francuske. Uređaj je montiran na postolje - samohodna kolica opskrbljena motorom s unutrašnjim sagorijevanjem, što mu omogućuje da ga strojar po potrebi premješta iz jedne lokacije na drugu. Postolje je opskrbljeno trima kotačima - dva su stražnja pogonska, a prednji je za upravljanje. U sredini je postolja opskrbna cijev koja je, najčešće, s pomoću savitljive cijevi spojena na hidrant. Voda se pod odgovarajućim tlakom dalje odvodi na sve rasprskivače smještene na kišnim krakovima. Uređaj je opskrbljen motorom od 33 KS, što mu omogućuje brzinu kretanja od 0,5 do 15 km/sat. Ako je potrebno prevesti pokretne aluminijske cijevi, postolje može biti opskrbljeno platformom za prihvat 111 komada aluminijskih cijevi dužine 9 m i promjera četiri palca.



Slika 3.3.-2 Veliki rasprskivač Laureau

Ključni element opskrbe vodom krila jest tzv. rotirajući križ, smješten na gornjem dijelu platforme koji pivotira oko vertikalne osi i ravnomjerno opskrbljuje vodom rampe.

Opisani model ima duljinu krakova od po 46,50 m, odnosno ukupnu duljinu natapne rampe od 93 m. Kao što se na slici može primijetiti krakovi su izgrađeni od prostorne metalne konstrukcije u kombinaciji s nosivom užadi. Stroj je opskrbljen hidrauličnim mehanizmom koji omogućuje da se cijela konstrukcija podigne za određenu visinu (kada je u pogonu), odnosno da se spusti (radi prijevoza ili premještanja).

Raspodjela vode bilju osigurava se s pomoću većeg broja rasprskivača raspoređenih uzduž jednoga kraka i jednog topa na kraju drugoga kraka. Uz top ima i dopunski (rezervni) rasprskivač koji se može po volji orijentirati i upotrebljavati.

Stroj ima ukupnu težinu od 2800 kg uz ukupnu visinu od 4,70 m te širinu kolica od 2,50 m. Slobodna visina ispod krakova uza samo postolje jest 2,30 m. Okreće se oko svoje osi reakcijom mlazeva rasprskivača. Baždarenje orijentacije rasprskivača smještenih na jednom kraku provodi se na početku i trajno je, dok se orijentacija topa na drugom kraku prilagođuje ovisno o vjetrovitosti.

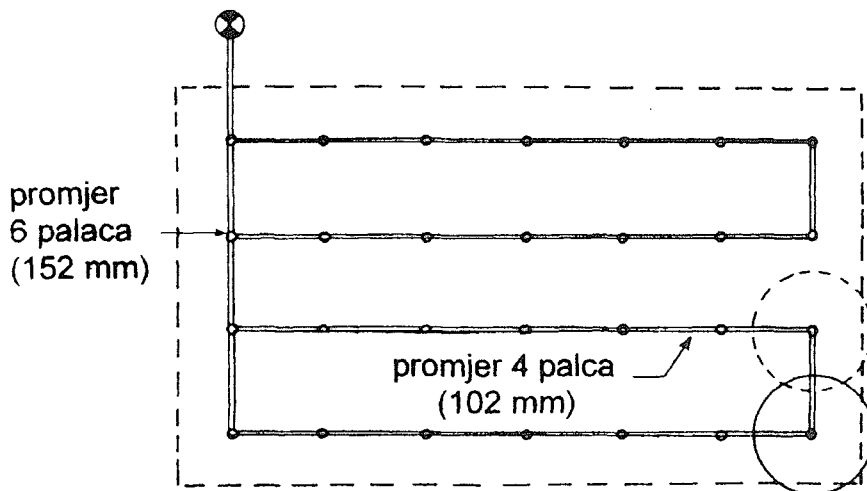
Kao što se može primijetiti na prethodnoj slici, krak s malim rasprskivačima natapa osnovnu kružnu površinu, dok drugi, s topom na kraju, dopunsku u obliku omotača na osnovnu. Raspored je stajališta najčešće ili po kvadratu ili po istostraničnom trokutu, pri čemu se preporučuje površina dvostrukog prekrivanja od 20 do 30 %. Stroj se koristi vodom pod tlakom od 5 bara, pri čemu osigura intenzitet kišenja od 5 mm/h, što se postiže uz prosječnu brzinu okretanja od 3 minute za jedan okretaj. Stroj na jednom stajalištu natapa površinu promjera 170 m, odnosno 2,36 ha (uz raspored 135 x 135 m), pri čemu troši 80 m³ vode na sat.

3.3.3. Neke značajke pri primjeni velikih rasprskivača

Za vrijeme dok je stroj u pogonu nužno se oštećuje dio zasijane kulture koja je na trasi prolaza kolica. Ta površina, u pravilu, iznosi do 2 % ukupne površine polja (kod kukuruza su to obično 4 reda). Da bi se ta šteta minimalizirala, u novije se vrijeme običava taj pojas ostaviti na ugaru ili se ta traka zasije nekom drugom kulturom (npr. livadom). Često se primjenjuje kod kultura koje se uzgajaju u redovima, redovi tako planiraju da kotači postolja stroja prolaze između redova biljaka.

U praksi se pak pojavljuju tri različita rješenja mreže opskrbnih cjevovoda. U prvom redu može se sagraditi stabilna i ukopana natapna mreža, a svaki priključak snabdjeti hidrantom. Nadalje, kod polupokretnog sustava moguće je nekoliko tehničkih rješenja. Tako se, npr. cijevna mreža u polju može sagraditi (montirati) prije početka sezone natapanja - dakako po površini - a nakon žetve može se demontirati, odvesti i pohraniti. Daljnja je mogućnost da se čitava natapna mreža sastoji od površinskih montažnih cijevi. Za početak se montira jedna staza (obično

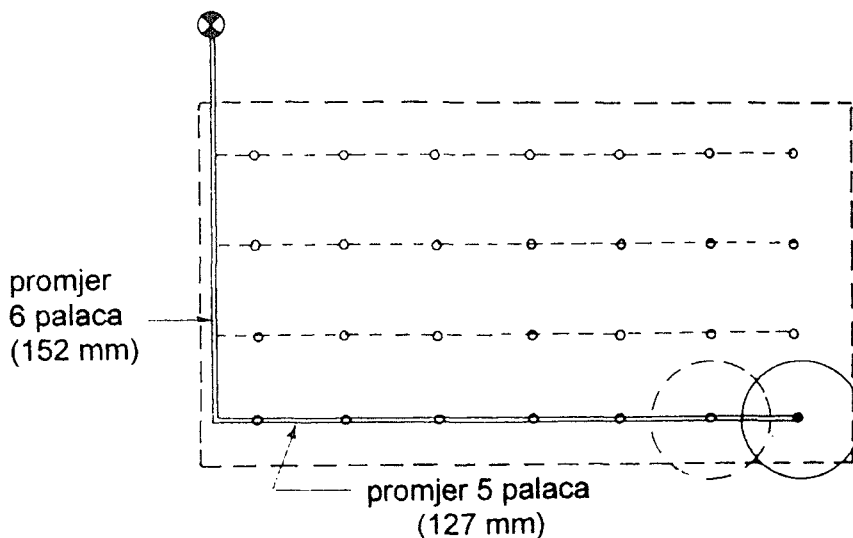
najudaljenija), započinje pogon i kako se stroj premješta s jednog stajališta na drugo, tako se taj dio cjevovoda rastavi i složi na platformu kolica da bi se potom montirao na drugoj trasi. Ovaj je tip i vjerojatno najekonomičniji, samo što zahtijeva nešto radne snage za manipulaciju cijevnom mrežom.



Slika 3.3.-3 Shema stabilnoga natapnog sustava pri natapanju velikim rasprskivačima

Da bi se smanjili negativni učinci pri premještanju stroja s jedne lokacije na drugu, svojevremeno su američka firma Vermeer i francuska Bancelhon lansirale na tržište model koji se, za vrijeme pogona, pokreće, vučen užetom uz pomoć stroja smještena na suprotnoj strani polja. Kod takvog rješenja opskrba vodom stroja realizira se s pomoću savitljivog cjevovoda. Dakako, brzina kretanja je veoma mala i podređena uvjetu postizanja programirane norme natapanja.

Treba pak istaknuti da se kvaliteta natapanja (ravnomjernost; zbijanje tla) tog stroja ni u čemu ne razlikuje od ostalih tipova i metoda. Intenzitet se kreće negdje oko 5 mm/sat, što je inače uobičajeno; ravnomjernost vlaženja može se prilagoditi razmakom stajališta, a finoća kiše ovisi o kvaliteti rasprskivača.



Slika 3.3.-4 Shema pokretnoga natapnog sustava pri natapanju velikim rasprskivačima



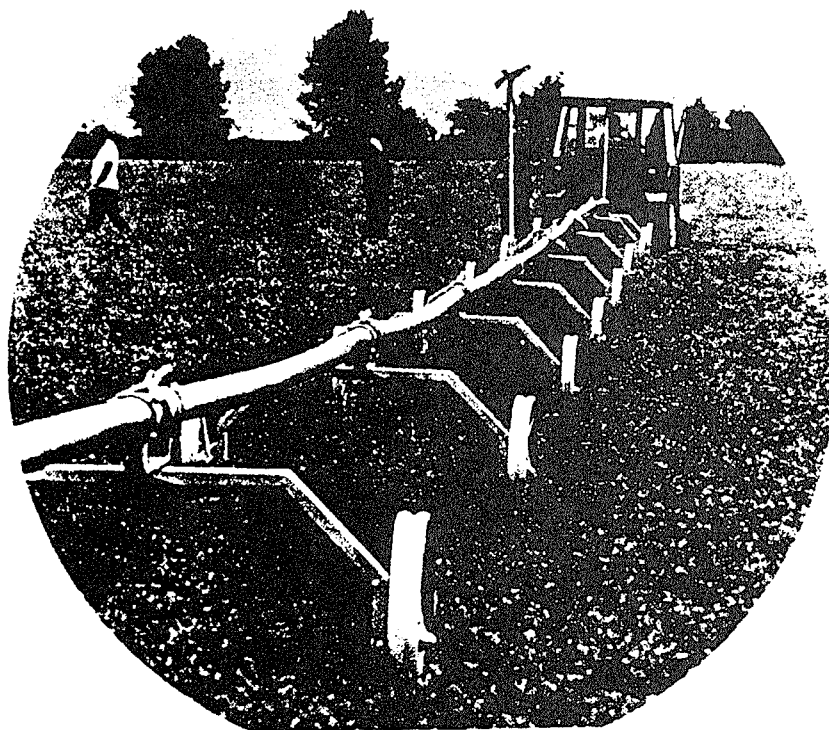
Slika 3.3.-5 Veliki rasprskivač vučen užetom za vrijeme natapanja

3.4. NATAPANJE POMIČNIM RAMPAMA

U ovu kategoriju spada veći broj modela koji su se na tržištu pojavili u zadnjih 70-ak godina, od kojih svaki ima neki poseban trgovački naziv, a i različita konstruktivna rješenja. U nastavku će se u odvojenim točkama opisati neki karakteristični tipovi koji se međusobno razlikuju po nekima konstruktivnim rješenjima. Većina tih modela razvijena je u SAD-u i u najvećem broju slučajeva imaju gornju granicu duljine od 400 m. To je radi toga jer većina imanja u SAD-u imaju širinu od 1/4 milje (oko 400 m) ili su im stranice jednake toj vrijednsoti.

3.4.1. Povlačne rampe

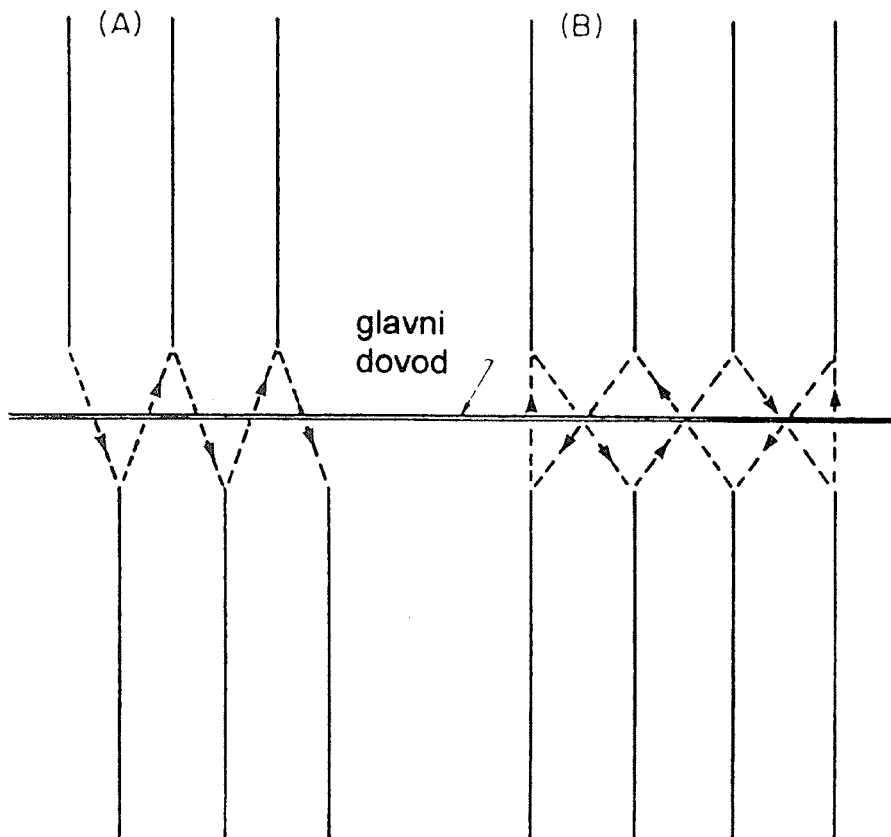
Sustav povlačne rampe sastoji se od krutih (ili polukrutih) cijevi montiranih na točkovima - parnjacima, a cijeli se skup dovlači (i premješta) traktorom na mjesto natapanja. Najčešće se primjenjuje za natapanje pašnjaka i livada, ali i kukuružišta. Čini se da taj uređaj spada među najjeftinije modele mehaniziranog natapanja. U SAD-u, a i u nekim drugim zemljama, sve se manje i manje koristi jer ga potiskuju novi modeli koji stalno pristizu na tržište.



Slika 3.4.-1 Tip povlačne rampe u Mađarskoj

Povlačna se rampa u pravilu sastoji od aluminijskih cijevi, promjera 75 ili 100 mm, duljine 9 ili 12 m međusobno spojenih i montiranih na kotačima. Ovisno o kulturi, rasprskivači se montiraju na odgovarajuće spojne cjevovode i raspoređuju se po nekom od uobičajenih pravila (12 m x 12 m; 18 m x 18 m ili drugi). Uza svaku je spojnicu cijevi automatski ventil za pražnjenje cjevovoda, što se čini uvijek prije premještanja rampe na drugu lokaciju. Za premještanje rampe primjenjuju se dvije vrste elemenata: saonice i kotači. Saonice se ugrade neposredno ispod cijevi, a kotači u parovima na odgovarajuće postolje, i to uglavnom na razmacima od 12 m.

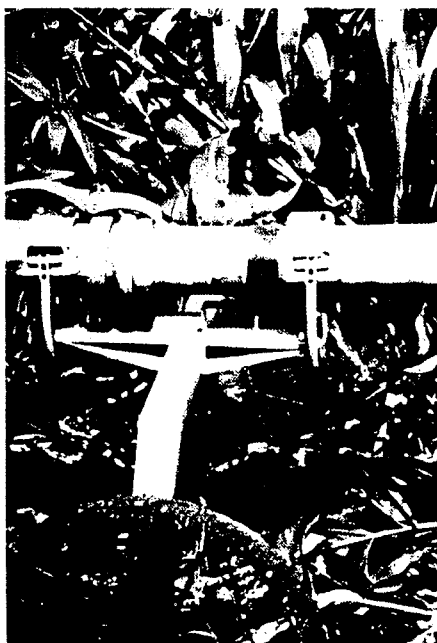
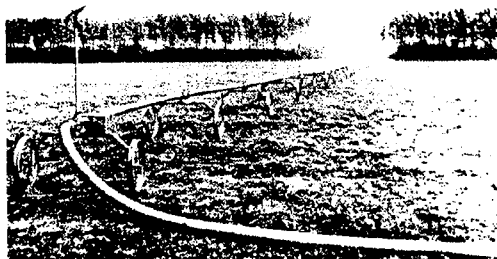
Postupak premještanja rampe odvija se tako, da se najprije zatvori zasun na hidrantu (glavnom dovodu), potom se pričeka 15-20 minuta da se cjevovod isprazni, priključi se rampa na traktor i odvuče na sljedeće stajalište. Dakako, tu se priključi na sljedeći hidrant (ili na raniji s pomoću savitljivog cjevovoda) i natapanje se nastavlja.



Slika 3.4.-2 *Moguće varijante premještanja rampe kada je glavni cjevovod u sredini polja*

Na jednoj parceli istovremeno može biti u pogonu više rampi (čest slučaj u Imperial Valley, SAD).

U istočnoj Europi bio je svojevremeno jako raširen model ALVZ mađarske proizvodnje. Rampa je bila duljine 242 m ili 216 m, a raspoređivala se na razmacima od 24 m ili 36 m. Kolica su bila na međusobnim razmacima od 6 m. Računa se da se natapanjem pomičnim rampama usjevi oštećuju na površini polja od oko 4 %.



Slika 3.4.-3 Rampa ALVZ za vrijeme natapanja kukuruza

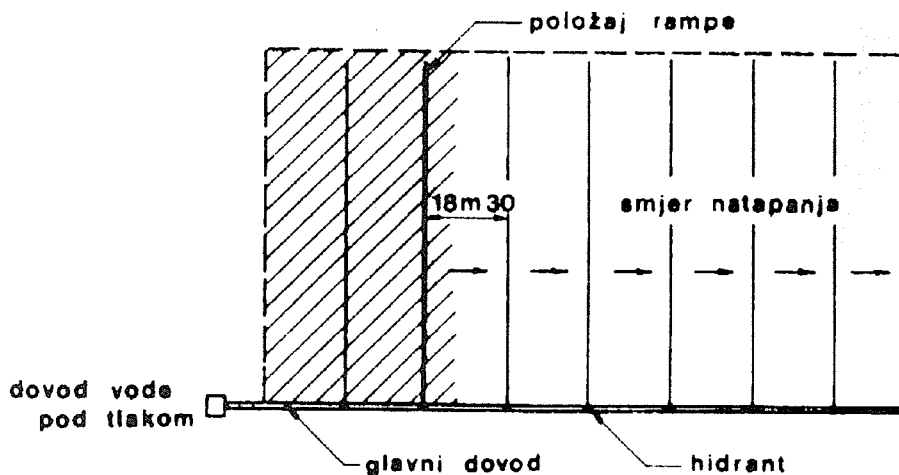
Sljedeći model koji se u literaturi navodi potječe iz australske tvrtke Southern Cross, koja je inače poznata po proizvodnji većeg broja drugih strojeva za natapanje. Specifičnost je tog modela u tome što su mu kotači dosta visoko pričvršćeni za cijev pa je svaka cijev lučno savijena (prema rasprskivačima), što omogućuje brzo pražnjenje prije premještanja. Nadalje, kotači su montirani na vertikalnu osovinu koja se može okretati u svim smjerovima, što omogućuje da se rampa može tegliti u svim pravcima.



Slika 3.4.-4 Rampa tvrtke Southern Cross

3.4.2. Rampe s cjevovodom - osovinom (bočno krilo)

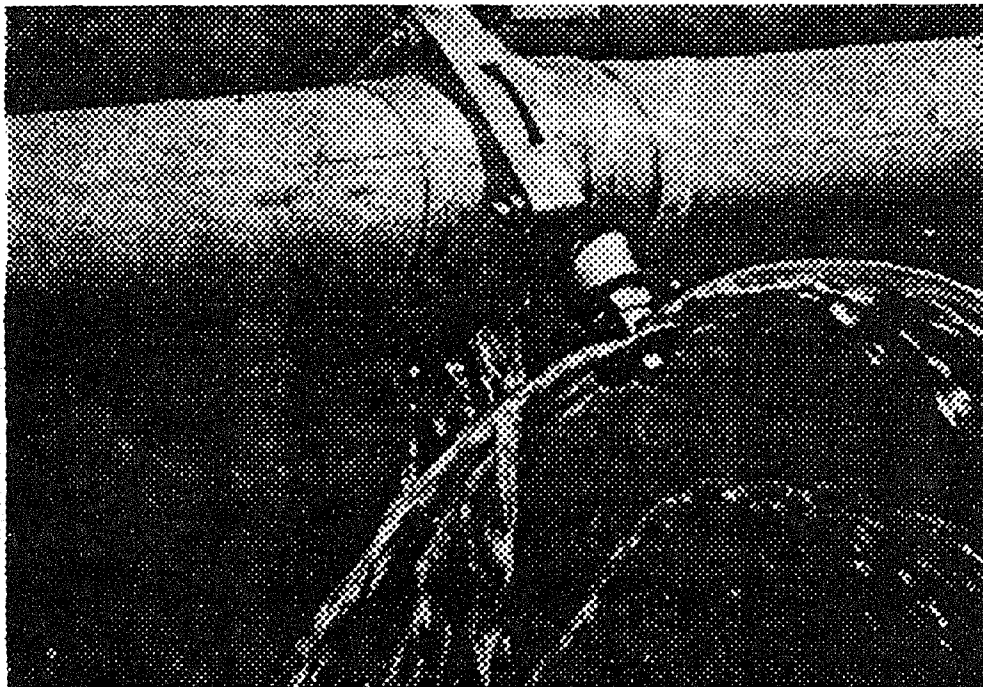
Specifičnost je ovog modela u tome što rampe imaju opskrbnu cijev položenu tako da služi kao osovina kotačima kojima se uređaj premješta na iduće stajalište. Prvobitno (prije više od 40 godina) uređaj se premještao s lokacije na lokaciju tako da se rastavljaao, prenosio i ponovno sastavljaao. Danas se to obavlja motorom (najčešće benzinskim) koji je obično ugrađen na sredinu rampe.



Slika 3.4.-5 Shema natapanja s pomoću Powerolla

Prvi uređaji tog tipa pojavili su se na tržištu još 1935. pod općim nazivom "Wheel line sprinkler". Najpoznatiji je model "Poweroll" tvrtke Wade Rain. Inače na engleskom jezičnom području taj tip uređaja naziva se još i "Side-roll". Iako je to jedan od prvih mehaniziranih uređaja za natapanje kišenjem i dan-danas je jako

popularan i upotrebljava se gotovo u svim zemljama svijeta. Računa se da se samo u SAD-u upotrebljava za natapanje više od milijun hektara poljoprivrednih površina, a pod raznim trgovačkim nazivima proizvodi se u velikom broju zemalja (proizvodio se i u bivšoj Jugoslaviji - u Skoplju).

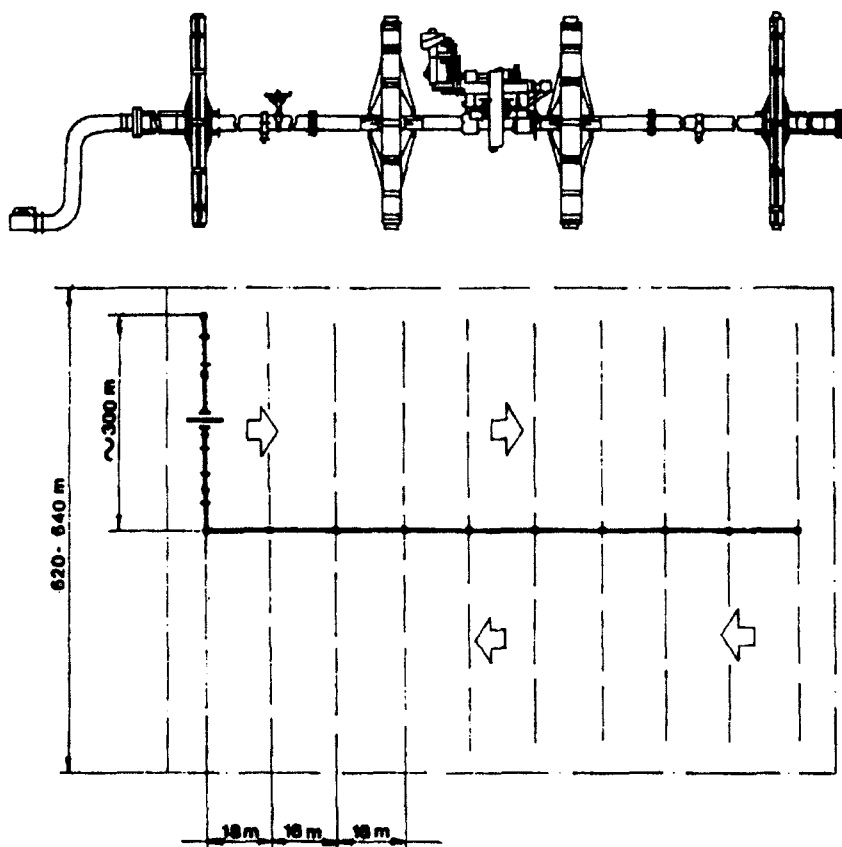


Slika 3.4.-6 Automatski ispust za pražnjenje cijevi

Bočno krilo tipa Poweroll sastoji se od aluminijskih cjevovoda - osovine promjera 4 ili 5 palaca (102 ili 127 mm), s duljinama pojedinih cijevi od 9 i 16 m, s razmakom kotača od 18 m. Kotači su od pocinčanoga čeličnog lima s metalnim žbicama promjera između 1,5 i 2,0 m. Na svakoj cijevi ugrađeni su automatski ventili za pražnjenje cijevi prije početka pomicanja na sljedeće stajalište. Brzina hoda pri premještanju sa stajališta na stajalište može se prilagođavati od 0,3 do 20 m/min. Razmak je između susjednih stajališta 18,30 m, a duljina krila prilagođuje se prema širini polja i obično doseže do 400 m. Za premještanje se obično upotrebljava benzinski ili hidraulički motor snage oko 4,5 kW, koji se nalazi u sredini krila. U standardnom režimu natapanja, jednom svakih 8 dana, s tri položaja dnevno (natapanje na svakom stajalištu po 8 sati), jednim se uređajem može pokriti (ukupno 24 stajališta) oko 18 ha (točnije 17,57 ha). Krila često imaju uređaje za automatsko niveliranje rasprskivača, tj. ako se krilo zaustavi u položaju u kojemu neki rasprskivač nije vertikalno, rasprskivač se automatski postavlja u taj položaj. Jedan od nedostataka tog stroja jest u tome što nije prikladan za natapanje kultura

viših od polovine promjera kotača. Prema tome, za kotače promjera 2,0 m, ta je granica od 1,0 m.

Već ranije spomenuta tvornica Metalški zavod "Tito" - OOZT Metalna, Štip proizvodila je iz te skupine motornu garnituru za natapanje MGN, koja se sastoji iz ovih osnovnih dijelova: motora IMT - 506, Al - cijevi, kotača, savitljive gumene cijevi za priključak na hidrant i rasprskivača. Ovisno o vrsti kulture koja se natapala i veličini natapne norme, može se ugraditi bilo koji tip rasprskivača iz proizvodnog programa MZT.



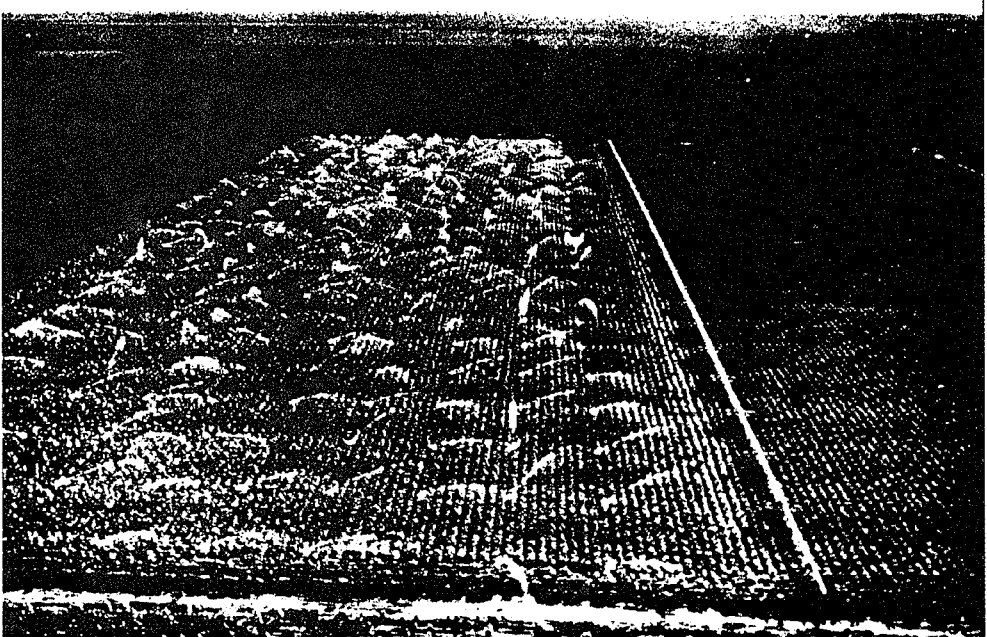
Slika 3.4.-7 Shema organizacije natapanja motorne garniture MGN

Garnitura se proizvodila u duljinama od 150 m do 300 m te, ovisno o tome, poprimala ove trgovačke nazive: MGN 150, MGN 200, MGN 250 i MGN 300. Ukupna je visina rampe 1500 mm, a visina do osovine cijevi jest 750 mm, što je i ograničenje za visinu natapanih kultura. Promjer je kotača 1500 mm, a širina naplatka 100 mm. Pojedine su cijevi duljine 10 m, a promjer 110 mm. Na cijevima

je rasprskivač od 1", a može se montirati bilo koji tip MZT od 20 do 70. U sredini je pogonski uređaj s dva posebna kotača. Snaga je motora 5 kW s maksimalnom brzinom kretanja naprijed ili nazad od 10 m/min. Voda se iz cjevovoda prazni prije pomicanja s pomoću ispusnih ventila koji se automatski otvaraju čim tlak u cjevovodu padne ispod 0,3 bara.

3.4.3. Rampe s cjevovodom neovisnim od osovine

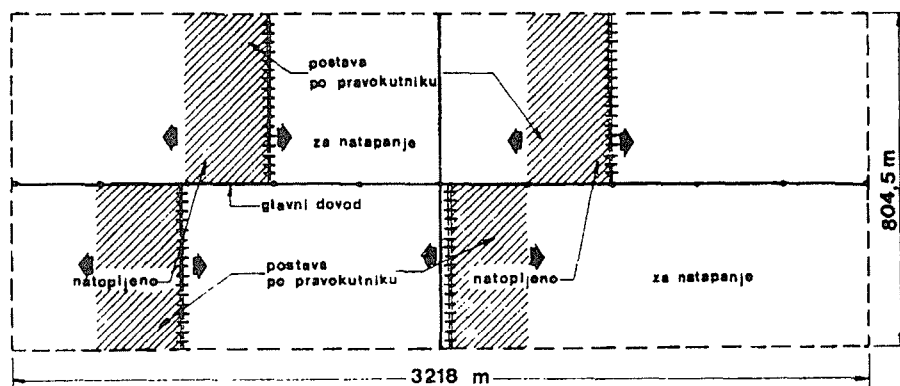
Da bi se eliminirali glavni nedostaci povlačnih rampi tipa bočno krilo, opisanih u prethodnoj točki, a to je nemogućnost bočnog kretanja (u pravcu osovine rampe) i ograničenje visine kultura koje se mogu natapati, razvijen je veliki broj modela od kojih će se najvažniji opisati u ovoj točki.



Slika 3.4.-8 Zračni snimak "TRI-MATIC-a" u pogonu

Glavni je predstavnik te skupine, svakako, američki uređaj "TRI-MATIC", koji je već 30-ak godina veoma popularan u SAD-u, a do sada je isporučeno poljodjelicima više tisuća kompleta. Standardni model ima akumulacijsku opskrbnu cijev montiranu na postoljima, koja može varirati od 119 m do 638 m, ali najčešće to iznosi 402 m (1320 stopa). Opskrbni cjevovod najučestalije verzije ne nosi rasprskivače, već vuče pomoćne rampe na kojima se ti rasprskivači nalaze (obično duljine 109 m). Cjevovod ima najčešće promjer od 178 mm (7 palaca) kapaciteta od 295 m³/h uz radni tlak od 4,5 bara. Model ima uređaje i za automatsko

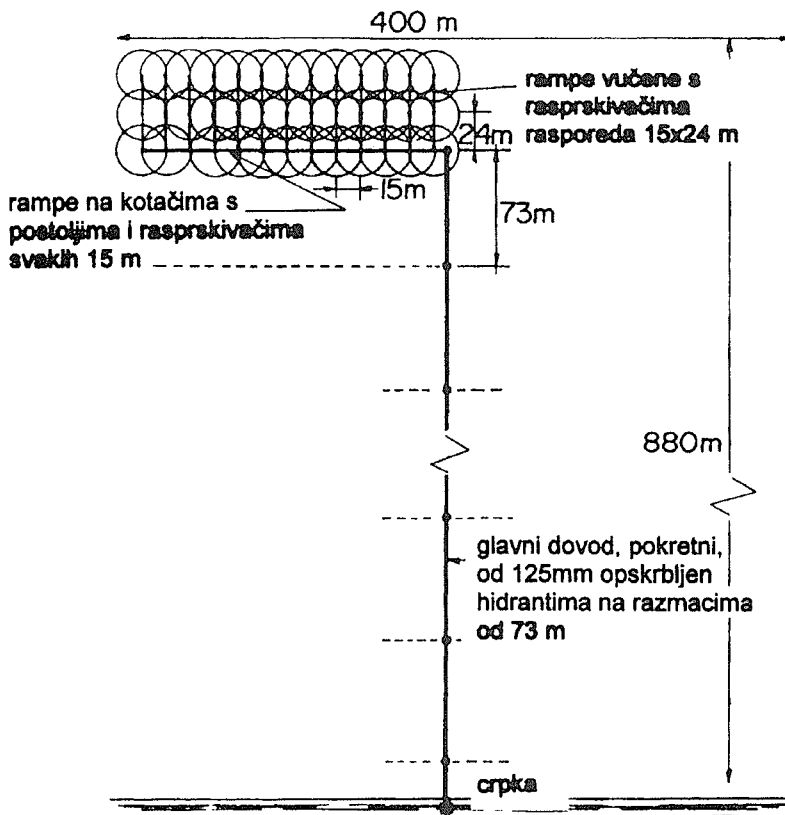
pražnjenje cjevovoda (prije premještanja) i za horizontiranje rasprskivača koji se nalaze na razmacima od 9,3 m. Na jednom stajalištu natapa 4,5 ha tla. Pokreće ga motor od oko 12 kW, a pri premještanju može razviti brzinu od 4 do 6 m/min. Za visoke kulture (kukuruz) ima modela s opskrbnim cjevovodom na visini od 2,50 m. Stroj se uvijek premješta samo po suhom tlu (natapano ostaje otraga). Za premještanje se obično utroši 20 do 25 minuta. Sekundarne (natapne) rampe raspoređene su na razmaku od 15,25 m (50 stopa) i spojene na opskrbeni cjevovod u razini potpora kotača. Rasprskivači su raspoređeni na razmacima od 9,3 m. Svi su cjevovodi opskrbljeni ekspresnim spojnicama.



Slika 3.4.-9 Shema natapanja s 4 jednaka stroja tipa "TRI-MATIC" na polju od 258,7 ha

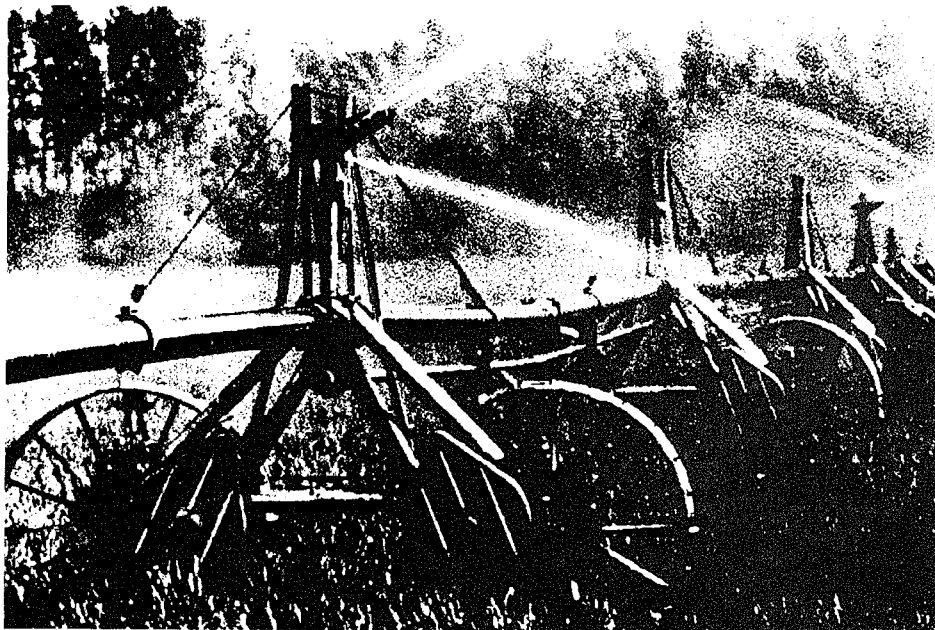
Od ostalih modela koji se mogu uvrstiti u tu kategoriju ukratko će se prikazati ovi:

- a) Model "Husky" tvrtke Wright Rain s glavnim cjevovodom - nosačem rasprskivača od aluminija, a pokreće ga termički motor od oko 5,0 kW. Razmak nosača - kotača iznosi 15 m. Sekundarne rampe imaju cjevovode promjera 32 mm.
- b) Model "O.B.A.", koji je razvila mađarska tvrtka Mezogef a' Szekszard veoma je sličan Huskyju i predviđen je uglavnom za natapanje niskih kultura (livade i povrtnjaci). Jedan od modela ima duljinu opskrbnog cjevovoda od 228 m, s rasprskivačima Tisza II na svaka 24 m. U jednom položaju natapa 0,57 ha površine. Najprikladniji je za natapanje površina od 40 do 50 ha. Motor omogućuje brzinu kretanja od najviše 9,6 m na minutu.

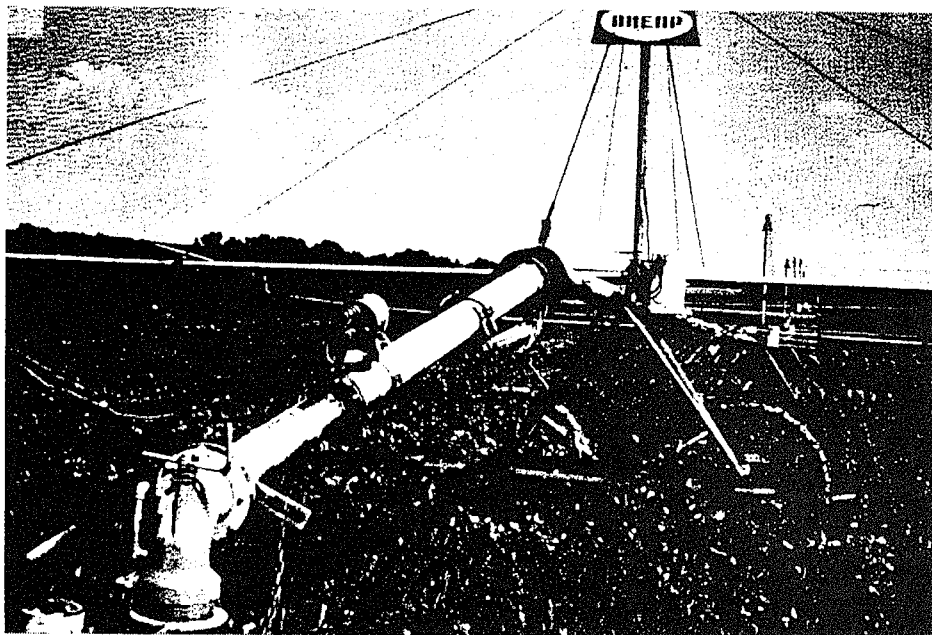


Slika 3.4.-10 Shema organizacije natapanja uređajem "Husky" na polju od 35,2 ha

- c) Model "Dniepr", proizveden u bivšem SSSR-u po konstrukciji je sličan ranije opisanim modelima. Glavni mu je opskrbeni cjevovod od aluminijskog promjera 180 mm, visine iznad zemlje od 2.0 m i duljine 460 m. Ima 17 potporanja za kotače koji su na razmacima od 27 m. Za premještanje s jednog stajališta na drugo opskrbljen je elektromotorima koji su ugrađeni na svakom postolju. Potrebnu energiju za pogon isporučuje mu traktor koji se nalazi na rubu parcele. Jedan traktor s posadom od dva radnika (vozač i pomoćnik) mogu pružiti potporu grupi od 6 do 8 strojeva istog tipa. Na jednom stajalištu može natapati oko 2,5 ha tla jer mu je efektivni promjer rasprskivača 54 m, kapacitet 432 m³/sat uz tlak od 4,5 bara. Rasprskivači su ugrađeni na glavnom opskrbnom cjevovodu te na sekundarnim rampama postavljenim okomito na osovini stroja tako da na svakom stajalištu natapa pojas od 460 x 54 m. Hidranti su raspoređeni na svakih 54 m, a rasprskivači po shemi 27 x 26 m.



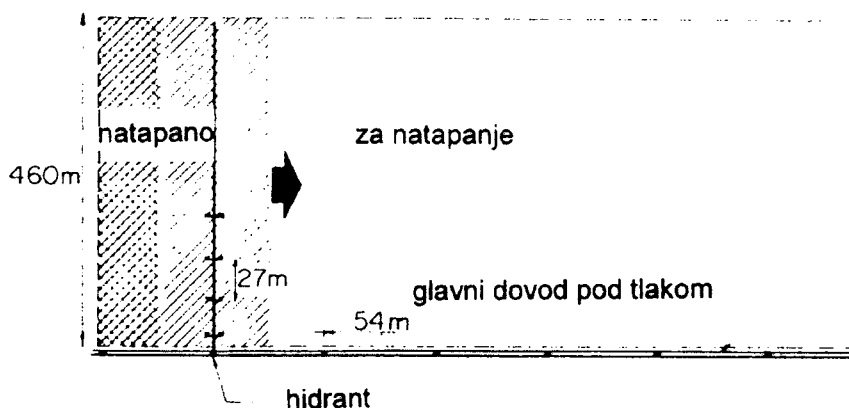
Slika 3.4.-11 Fotografija uređaja "O.B.A." u pogonu



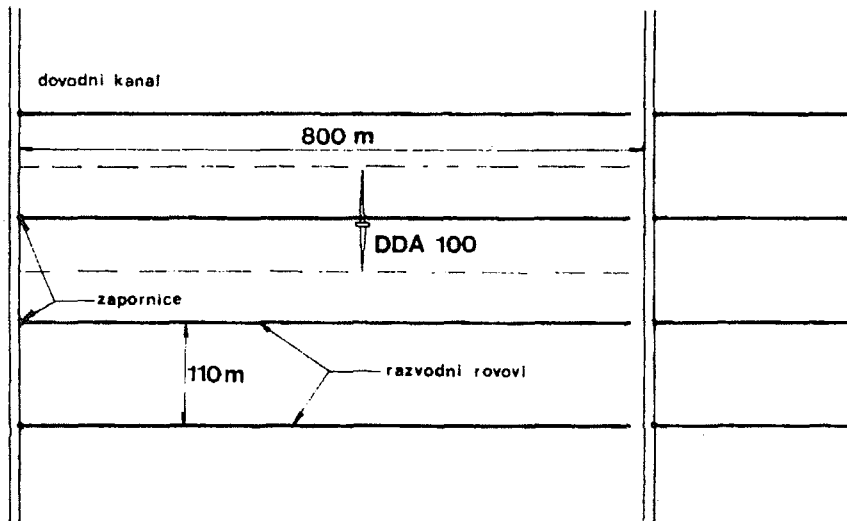
Slika 3.4.-12 Fotografija stroja Dniepr

d) Model tipa "DDA 100" ruske proizvodnje, strogo gledano, ne spada u tu grupu strojeva jer se radi o modelu montiranome na traktor s dugačkim rampama (50 m sa svake strane), koji pojas te širine natapa u hodu. To je u stvari neki prijelazni tip između booma i bočnog krila. Strojevi tog tipa pojavili su se u Rusiji već oko 1937. pa je SSSR bio vjerojatno prvi na svijetu koji je razvio neki stroj za natapanje s pomoću rampi montiranih na traktor. Još sredinom 80-ih godina bilo je u SSSR-u u pogonu oko 25.000 jedinica tog tipa, ali nešto i u nekim zemljama istočne Europe (Mađarska i Bugarska). Modeli sličnih značajki, ali u manjem broju, sporadično su se pojavljivali i u nekim drugim zemljama (npr. Španjolskoj).

Specifičnost je toga stroja u tome što se na običan standardni traktor snage oko 40 kW (koji se može izvan natapne sezone upotrebljavati za druge namjene) montiraju dva simetrična konzolna rešetkasta nosača duljine po 50 m s opskrbnim cjevovodima i rasprskivačima. Natapanje se obavlja tako da se traktor s opremom kreće uz opskrbni kanal (dubine oko 80 cm), koji se mora posebno izgraditi za tu svrhu na razmacima od po 110 m. Stroj crpi vodu neposredno iz tog kanala crpkom ugrađenom na traktoru. Kapacitet je uređaja obično 100-150 l/s pa, uz brzinu kretanja od oko 350 m/h, izbacuje na tlo oko 12 mm oborine u svakom prohodu. Ako je, npr., norma natapanja 50 mm, onda traktor mora proći istom trasom 4 puta. Uobičajene dimenzije natapne parcele za taj stroj jesu: duljina 800 m, širina 110 ili oko 9,0 ha. Time bi kapacitet bio u cijelosti iskorišten uz radno vrijeme od 24 sata dnevno i za kulture veoma zahtjevne prema vodi. Nedostatak je tog modela što jedan radnik (vozač) mora biti neprekidno zaposlen (3 radnika za 24-satni pogon) i što je potrebno izgraditi dosta gustu mrežu otvorenih kanala - rovova za opskrbu vodom, a to, između ostaloga povećava i gubitke sustava. Najčešće je mrežu kanala potrebno obnoviti svake godine prije početka sezone natapanja.



Slika 3.4.-13 Shema natapanja strojem Dniepr



Slika 3.4.-14 Shema natapanja strojem "DDA 100"

3.5. NATAPANJE SAMOVUČNIM UREĐAJIMA

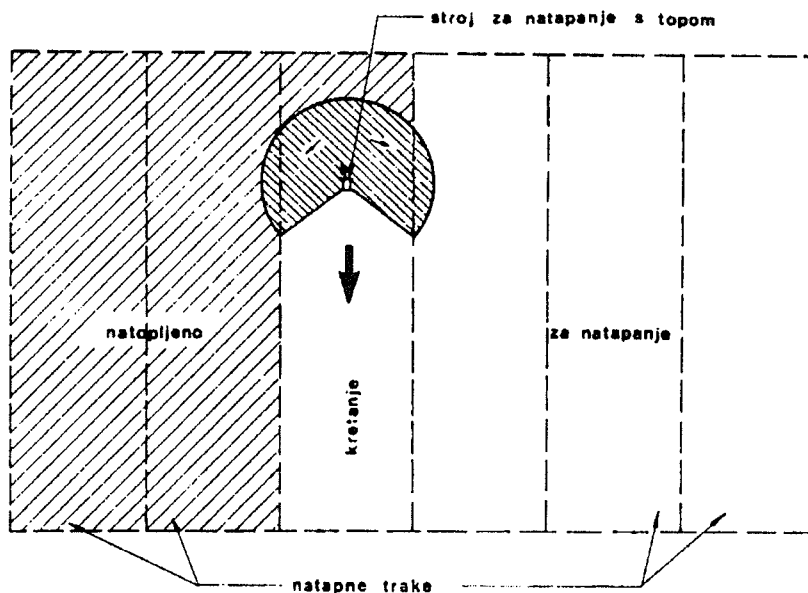
3.5.1. Općenito

U ovu kategoriju spada veliki broj modela i tipova koji se proizvode u mnogim zemljama širom svijeta i koji su jako zastupljeni u praksi. U američkoj se literaturi ovi strojevi pojavljuju pod općim nazivom "traveller sprinkler systems". Kod nas se najčešće nazivaju "samovučnim topovima", a obično se poistovjećuju s Typhonima, koji su jako popularni u Europi.

Prvi strojevi za natapanje većih ravnih trakova koji se nalaze jedan do drugoga služili su se topom koji se vukao s jednog kraja parcele na drugi s pomoću užeta. Pojavili su se u SAD-u 1965. godine (nešto kasnije nego pivotirajuće rampe). Računa se da je 1980. u SAD-u na taj način natapano oko 500.000 ha i da su se na toj razini zahtjevi stabilizirali.

U Europi se taj stroj pojavio otprilike oko 1971., i to ponajprije u zemljama s pomanjkanjem radne snage u poljoprivredi kao što su SR Njemačka, Francuska i Austrija, a brzo potom proširio se na nordijske zemlje i Čehoslovačku. U međuvremenu se uređaj neprekidno dotjerivao i usavršavao (što se događa i danas sa stalno dolazećim novim modelima) pa sada na tržištu ima veći broj novih tipova. U Europi se npr. usavršio model na kojem je uže zamijenjeno opskrbnim

cjevovodom od polietilena, koji, dakako, ima dvojaku funkciju: vuču topa i opskrbu vodom iz hidranta. Bilo je to moguće nakon što su razvijene cijevi iz PE visoke čvrstoće.

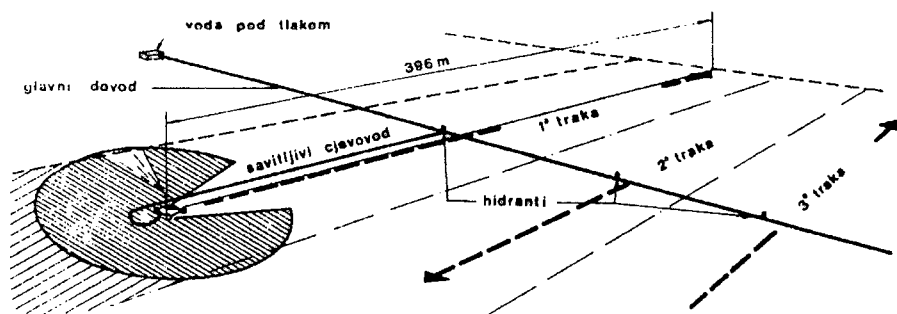


Slika 3.5.-1 Shema natapanja samovučnim strojevima

Uređaj se opskrbljuje vodom s pomoću tlačne crpke na početku traka ili, što je najčešće, spojen je na hidrant mreže pod tlakom. Hidrant je u osovini natapanog traka, obično na sredini. Voda se raspršuje najčešće s pomoću topa (ili više njih) ili pak serijom niskotlačnih rasprskivača, montiranih na horizontalnu cijev, položenu okomito na os kretanja. Uređaji za kišenje smješteni su na postolju opskrbljenome kotačima ili (rjeđe) saonicama. Opskrbljuje se vodom savitljivim cjevovodom čija je duljina (najčešće) polovina natapanog traka. Motor je za kretanje najčešće hidraulični, tj. koristi se tlakom vode u natapnoj mreži. U modelima koji se koriste samo jednim topom za natapanje, voda se najčešće sektorski raspršuje tako da kolica putuju po suhom tlu. Ukratko, stroj se sastoji od kolica s uređajem za kišenje savitljivoga opskrbnog cjevovoda, (eventualno) užeta za vuču i kalema za namatanje cijevi (užeta). Natapanje se provodi za vrijeme kretanja rasprskivača.

3.5.2. Strojevi vučeni s pomoću užeta

Ovi se uređaji sastoje od kolica - nosača rasprskivača (topa) - koja se na početku natapanja nalaze na suprotnom kraju parcele (u odnosu prema hidrantu) kamo se dovuku traktorom, a uže je usidreno uz hidrant. Natapanje počinje tako da se top stavi u pogon, uže se namata na odgovarajući kalem koji putuje s topom, a opskrba cijev klizi zajedno s topom. Uređaj se kreće s pomoću hidrauličkog motora (tlaka vode) ili kakvim drugim motorom s unutarnjim sagorijevanjem.



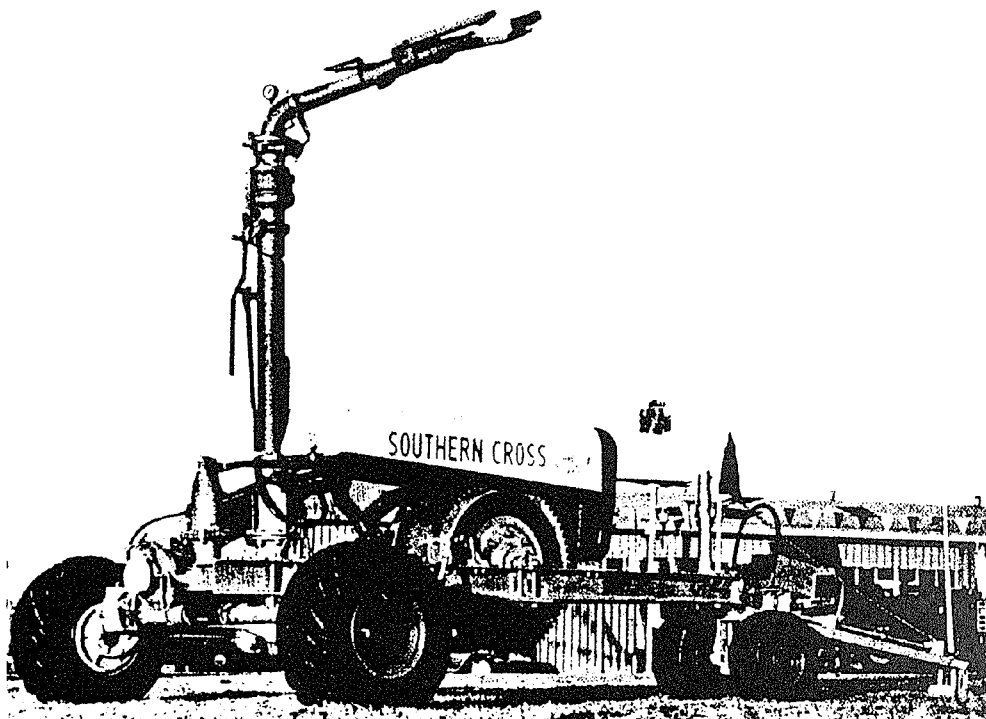
Slika 3.5.-2 Shema natapanja strojem vučenim užetom

Natapanje na jednom traku završeno je kada rasprskivač stigne na suprotnu stranu. Tada se uređaj traktorom otegli na susjednu lokaciju, cjevovod spoji na hidrant i uže usidri. Natapanje se nastavlja na sljedećem traku. Na tržištu ima veći broj modela prilagođenih za natapanje imanja različite veličine. Tako imamo strojeve za 12, 20, 30, 40, 65 i 80 hektara.

U svijetu je veoma raširen stroj takva tipa koji proizvodi australska tvrtka Southern Cross. Osnovne značajke toga stroja jesu:

- sastoji se od dvaju osnovnih dijelova: rasprskivača tipa topa, montiranoga na kolicima s 4 gumena kotača i namotača cijevi;
- pokreće ga jaki hidraulički klipni motor;
- duljina je vozila s topom 5 m, širina 2,50, visina 4 m, a težina približno 1000 kg;
- vozilo za prijevoz cijevi, teško je oko 1100 kg, dugačko 4,50, široko 3 m i visoko 1,75 m, na njemu se nalazi i manji kalem za namatanje užeta;
- savitljiva je cijev za opskrbu vodom obično dugačka 200 m, promjera 3 (76 mm) do 4 (102 mm) palca tako da teži između 180 i 270 kg, obično se proizvodi od armiranog kaučuka ili plastike visoke čvrstoće;
- top je tipa Nelson P200T s inklinacijom od 21° ili pak Nelson P150T s inklinacijom od 24° promjer je sapnice između 25 i 36 mm, radni tlak 5,6 bara, protok 49-84 m³/h, promjer natapnoga kruga 100-125 m, natapana

površina 2,6-3,2 ha, s visinom isporučene oborine od 25 i 41 mm za radno vrijeme od 11 sati na jednom traku.



Slika 3.5.-3 Fotografija stroja tvrtke Southern Cross

3.5.3. Strojevi vučeni opskrbnom cijevi od polietilena

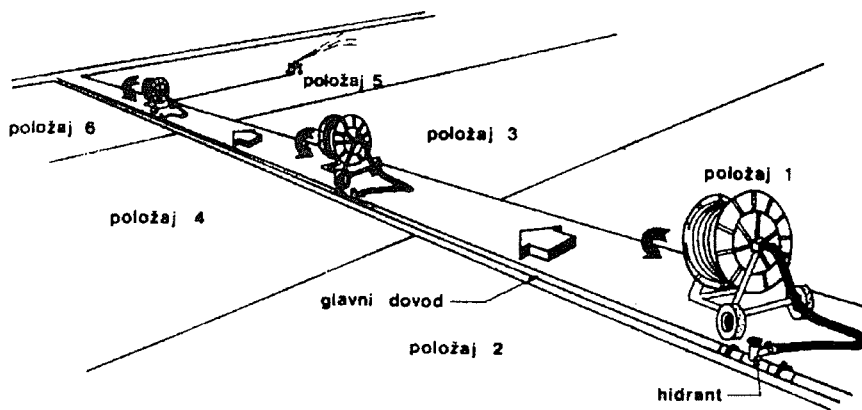
Strojevi za natapanje pojedinačnih trakova tla koji se vuku s pomoću polietilenske (PE) cijevi pojavili su se gotovo istovremeno oko 1970. u Saveznoj Republici Njemačkoj, Austriji i Francuskoj, ali su širu primjenu dobili tek iza 1973. Do 1980. otvorili su se pogoni za proizvodnju u gotovo svima europskim zemljama (Švedska, Danska, Finska, Čehoslovačka, Velika Britanija, Italija, Jugoslavija).

U frankofonskim se zemljama najčešće nazivaju "enrouleur", što znači kalem jer je jedan od bitnih elemenata stroja kalem za namatanje PE cijevi. Slično, u zemljama engleskoga govornog područja nazivaju ih obično "drum machine". Kod nas se i dan- danas ti strojevi obično nazivaju "typhon" po jednom modelu, veoma raširenome na tržištu, koji je svojevremeno plasirala tvrtka Irrifrance.

Budući da je taj stroj vjerojatno najučestaliji mehanizirani način natapanja u Europi, u nastavku će se ukratko prikazati proizvodni program nekih značajnijih europskih proizvođača.

a) Društvo Irrifrance (Francuska)

Ovo poduzeće ima dugogodišnju tradiciju i veliko iskustvo u proizvodnji materijala za natapanje kišenjem pa je među prvima razvilo proizvodnju tih strojeva pod nazivom Typhon.



Slika 3.5.-4 Shema natapanja Typhonom 110

Kao klasičan predstavnik ovog tipa, najprije će se opisati model 110, a kasnije će se, sažeto, prikazati proizvodni program firme. Stroj je projektiran za natapanje pravokutnih paralelnih i međusobno susjednih trakova tla. Najčešća je duljina vučno-opskrbnog cjevovoda 200 m pa je prikladan za natapanje parcela širine oko 400 m, a duljina može biti različita. Po sredini parcele mora biti ugrađen glavni dovodni cjevovod s hidrantima na koje se priključuje uređaj, a natapaju se naizmjenice trakovi s jedne i druge strane (vidi skicu). Natapanje počinje tako da se stroj postavlja u položaj 1 i priključuje na prvi hidrant s topom usmjerenim u pravcu traka 1. Traktorom se otegle kolica s topom do suprotne strane parcele (traka) uz istovremeno odmatanje cijevi s kalema. Nakon toga otvori se voda pa počinje natapanje. Istovremeno dok hidraulički motor polako namata kalem povlačeći kolica s topom, na suprotnom kraju top, okrećući se ravnomjerno, natapa trak programiranim intenzitetom (koje ovisi o brzini kretanja) sve dok se sasvim ne približi kalemu. Ako se kišenje provodi samo jednim topom, u tom se slučaju primjenjuje sektorsko rasprskivanje. U tom je trenutku natapanje prvog traka završeno i stroj se automatski zaustavlja. Tada se cijeli uređaj okrene za 180° u pravcu traka 2, kolica s topom odvuku se na suprotnu stranu i natapanje se nastavlja. Kada su prva dva traka natopljena, stroj se preseli do hidranta trakova 3-4

i natapanje se nastavlja. Ako parcela nije svugdje jednake širine, onda se za tu razliku savitljivi cjevovod ne odmota.

Stroj Typhon 110 sastoji iz dvaju osnovnih dijelova: kolica s kalemom na kojem je namotana cijev i kolica s rasprskivačem (topom). Kolica za prijevoz kalema s cjevovodom sastoje se od postolja od zavarenih čeličnih profila s dvama gumenim kotačima. Kalem je od zavarenih elemenata od čeličnog lima s limenim ukrućenjima u obliku žbica. Polietilenska je cijev duljine 225 m i vanjskog promjera 110 mm.

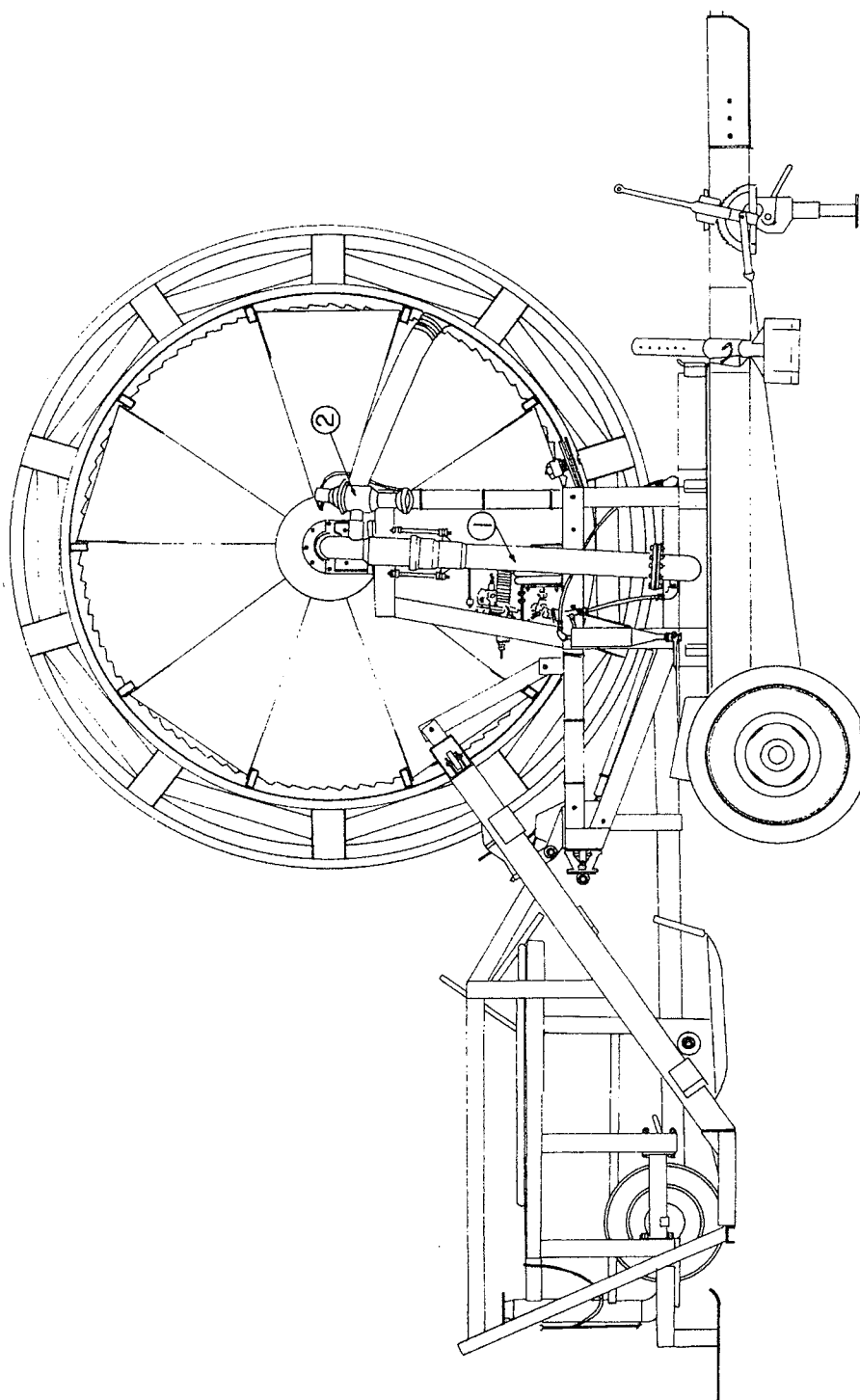
Kolica za prijevoz topa imaju dva kotača i četiri saonice radi stabilnosti te kratku čeličnu vertikalnu cijev na čijoj je gornjoj strani montiran rasprskivač, a na donjoj PE cijev. Stroj je opremljen topom Rain Gun 105 s protokom 50-110 m³/h, što ovisi o promjeru sapnice i tlaku vode u cjevovodu. Ukupna je duljina stroja 5,15 m, širina 2,60, a visina 4,00 m. Težina je s praznim cjevovodom 3540 kg, a ispunjenim vodom 4800 kg. Ovisno o izboru veličine promjera sapnice i visini radnoga tlaka, stroj može poprimiti različite pogonske značajke. Osnovni podaci za te moguće alternative prikazani su u tablici 3.5.-1

Iz tablice se vidi da se tlak na hidrantu za različite modele kreće od 6 do 10 bara, što nije uvijek lako osigurati. Ista tvornica proizvodi i model 90 identičnih značajki kao 110 samo s vanjskim promjerom opskrbnog cjevovoda od 90 mm. Ta su dva modela prikladna za natapanje parcela (imanja) od 40 do 50 ha pod uvjetom da se u doba najveće potrošnje radno vrijeme poveća na 20 sati dnevno uz uobičajeni turnus od 8 do 10 dana.

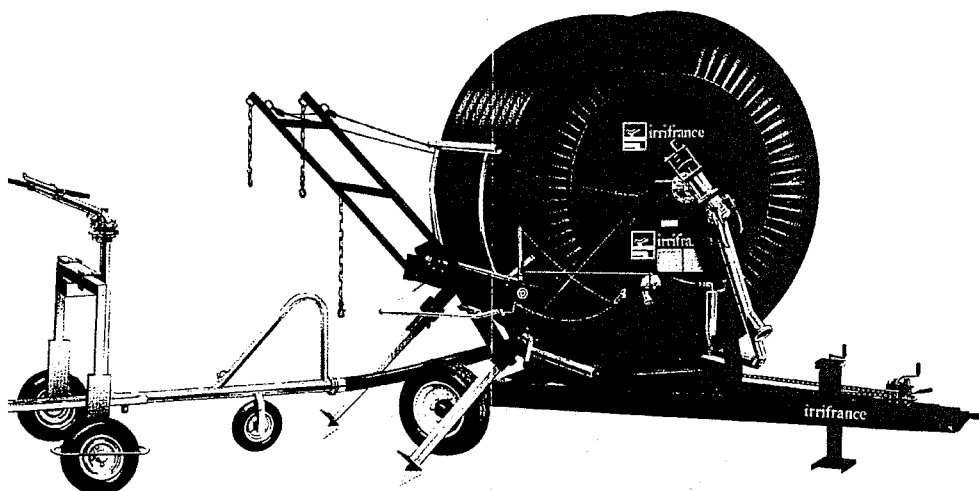
Karakteristični podaci za Typhon 110 uz top Rain Gun 105

Tablica 3.5.-1

Sapnica palaca (mm)	Protok		Tlak		Širina traka, m			
	ukupni m ³ /h	top m ³ /h	na topu bar	na hidrantu bar	72	81	90	99
0,890 (22,60)	50,5	48,5	5,6	6,4	x	x		
0,990 (25,15)	59,0 64,5	57,0 62,5	5,3 6,3	6,4 7,6	x x	x x	x x	
1,090 (27,68)	78,5	76,5	6,3	8,2	x	x	x	
1,190 (30,22)	87,0	85,0	5,6	7,9		x	x	x
1,290 (32,76)	103,5 109,5	101,5 107,5	5,6 6,3	9,2 9,8		x	x	x



Slika 3.5.-5 Crtež Typhona 110 – pogled sa strane

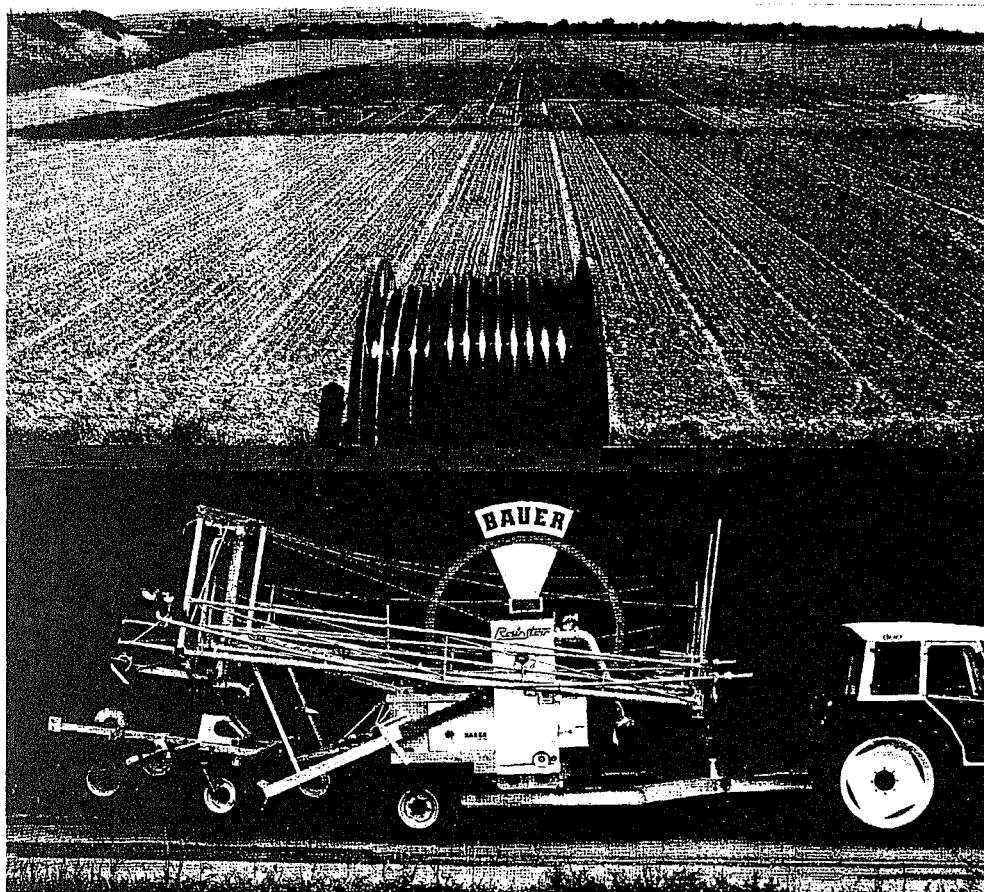


Slika 3.5.-6 Irrifrance noviji model

Prema novijim podacima (prospektima) proizlazi da to poduzeće danas proizvodi 138 modela (kombinacija različitih elemenata) primjenom 18 različitih promjera PE cjevovoda. Ovisno o modelu, kapacitet varira od 10 do 100 m³/h, a radni tlak od 3,5 do 11 bara. Svi su modeli svrstani u devet grupa, od Micro 44 do SIV. Najmanji model ima promjer opskrbe cijevi od 44 mm i duljinu od 120 m, a najveći ima promjer 125 mm i duljinu 400 m. Na slici 3.5.-6 prikazan je model osrednje veličine novije izvedbe.

b) Bauer, Ges. m.b.H. (Austrija)

Tvrtka "Röhren - und Punpenwerk Bauer Ges. m.b.H." osnovana je 1930., s programom proizvodnje crpki za otpadne vode. Razvoj tehnologije i proizvodnja materijala i opreme za natapanje započeli su 1947., da bi se već 1960. svrstala u sam svjetski vrh proizvođača natapne opreme. Prvi samovučni uređaj s topom pod nazivom Rainstar lansira na tržište 1970. Između 1970. i 1980. gradi velike natapne projekte te pogone za proizvodnju opreme na Kubi, u Tunisu, Mozambiku, Tanzaniji, Obali Slonove Kost i drugdje. Pivotirajuće i translatorne strojeve pod nazivom Centerstar i Linestar uvodi na tržište 1980. Od 1985. pa nadalje proširuje tržište na istočnu Europu, posebno Poljsku, Rumunjsku, Češku Republiku, Slovačku i Mađarsku. Od 1995. pa do danas razvija nove modele samovučnih strojeva serija Rainstar TX, Rainstar E i Rainstar HTX. U Kini i Indoneziji gradi velike natapne projekte 1997. U nastavku će se neki od tih modela detaljnije opisati.



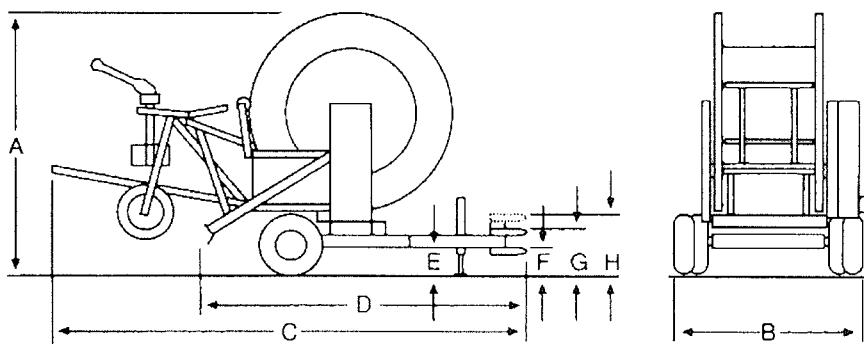
Slika 3.5.-7 Model Rainstar E₄ u pogonu (boom)

U skupini serije Rainstar E razvijeno je ukupno pet temeljnih jedinica pod nazivom E₁, E₂, E₃, E₄ i E₅. U ovisnosti o količini oborine koju treba isporučiti ti su modeli opskrbljeni turbinom Tx20 kapaciteta od 13 do 60 m³/h ili pak Tx60 kapaciteta od 25 do preko 100 m³/h. Što se tiče uređaja za rasprskivanje, svi modeli mogu biti opskrbljeni topom ili pak boom sustavom (horizontalna rampa s većim brojem rasprskivača). U zadnje se vrijeme Boom sustavi mnogo primjenjuju jer mogu raditi pod veoma niskim tlakom počev već od 0,8 bara, ali najčešće 2-3 bara. Nadalje rampa koja nosi rasprskivače može se podizati i spuštati (na 1,5-2,5 m) već prema potrebi, ovisno o vrsti kultura koje se natapaju. Modeli su izrađeni tako da mogu natapati trakove tla do 72 m. Za prijevoz uređaja na drugu lokaciju boom sustav skupi se (na principu harmonike) pa s njime nema nikakvih poteškoća (vidi sliku).

Dimenzije osnovnih elemenata serije E, mm

Tablica 3.5.-1

Osnovna jedinica	Visina A	Širina B	Duljina C	Duljina D	Visina E	Spojna visina			Kotaoči	Promjer kotača	Širina staze
						F	G	H			
E ₁	3380	2500	7100	5450	280	240	520	690	10,0/75 -15,3	780	1800- 2250
E ₂	3420	2500	7400	5750	320	280	560	730	11,5/80 -15,3	870	1800- 2250
E ₃	3530	2670	7750	6150	320	280	560	730	11,5/80 -15,3	870	1800- 2250
E ₄	3660	2670	7750	6150	340	300	580	750	12,5/80 -15,3	915	1800- 2250
E ₅	4030	2670	7810	6210	340	430	710	880	12,5/80 -15,3	915	1800- 2250



Slika 3.5.-8 Skica dimenzija serije E



Slika 3.5.-9 Stroj Rainstar TX u pogonu

U skupini serije Rainstar TX razvijene su četiri grupe osnovnih jedinica (65 TX, 75 TX, 85 TX i 90 TX) s ukupno 27 modela. Ta serija pokriva područje koje prethodi seriji E. Ne ulazeći u detaljniji opis pojedinih modela (radi uštede na prostoru) spomenut ćemo da se promjer opskrbnog cjevovoda kreće od 65 do 100 mm, duljina od 220 do 450 m, protok od 13 do 74 m³/h, a promjer sapnice od 14 do 30 mm. Uređaj za rasprskivanje može biti pojedinačni top ili boom sustav. Brzina kretanja motora može se prilagoditi od 50 do 350 m/h, što ovisi o visini programirane oborine. Boom sustavi prikladni su za natapanje veoma osjetljivih kultura (i tala) jer rade pod niskim tlakom s rasprskivačima veoma povoljnoga granulometrijskog sastava kiše. Ta skupina ima rampe za natapanje traka do 36 m širine. Ostali se modeli neće opisivati jer su slični već navedenima.

Osnovne značajke modela E (top)

Tablica 3.5.-3

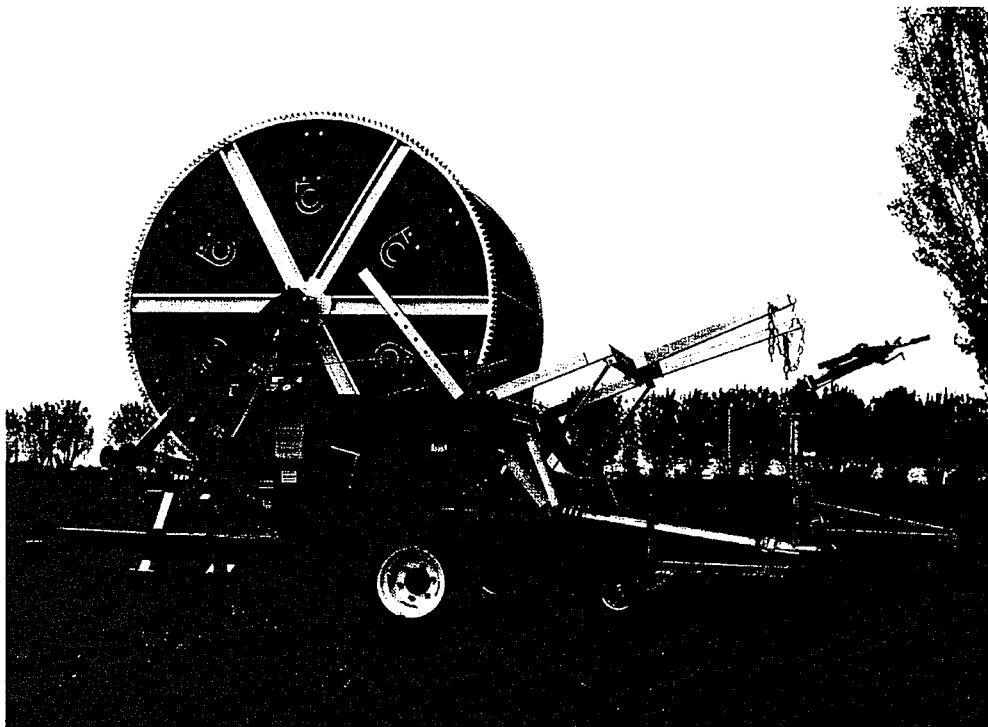
Osnovna jedinica	Model	PE cijev promjer (mm)	PE cijev duljina (m)	Širina traka (m)	Protok (m ³ /h)	Sapnica (mm)	Priključni tlak (bar)
E ₁	90-420	90	420	59-83	17-47	16-24	4,5-11,0
	90-450	90	450	56-80	16-44	16-24	4,5-11,0
	90-480	90	480	56-79	16-40	16-24	4,5-11,0
	90-510	90	510	56-76	16-38	16-22	4,5-11,0
	100-330	100	330	63-96	22-77	18-30	4,5-11,0
	100-350	100	350	63-96	22-77	18-30	4,5-11,0
	100-380	100	380	63-93	22-73	18-30	4,5-11,0
	110-300	110	300	74-105	38-106	24-36	4,5-11,0
E ₂	100-400	100	400	63-90	22-69	18-30	4,5-11,0
	100-430	100	430	63-90	22-63	18-28	4,5-11,0
	100-450	100	450	59-85	18-56	16-26	4,5-11,0
	110-350	110	350	73-100	38-100	24-36	4,5-11,0
	110-380	110	380	73-100	38-94	24-34	4,5-11,0
	110-400	110	400	70-97	38-88	24-34	4,5-11,0
	110-420	110	420	70-96	38-82	24-32	4,5-11,0
	120-300	120	295	75-106	40-110	24-36	4,5-11,0
E ₃	100-480	100	480	59-85	18-54	16-26	4,5-11,0
	100-500	100	500	59-84	18-52	16-26	4,5-11,0
	110-450	110	450	60-93	20-75	18-30	4,5-11,0
	110-470	110	470	60-90	20-70	18-30	4,5-11,0
	125-310	125	310	75-109	40-117	24-36	4,5-11,0
	175-356	125	350	75-106	40-110	24-36	4,5-11,0
E ₄	100-520	100	520	59-84	18-52	16-26	4,5-11,0
	100-550	100	550	59-80	18-48	16-26	4,5-11,0
	110-500	110	500	60-90	20-68	18-30	4,5-11,0
	110-520	110	520	60-88	20-65	18-30	4,5-11,0
	120-420	120	420	77-103	40-106	24-36	4,5-11,0
	125-370	125	370	77-106	40-110	24-36	4,5-11,0
	125-400	125	400	77-106	40-110	24-36	4,5-11,0
E ₅	110-570	110	570	63-87	22-59	18-28	4,5-11,0
	110-620	110	620	63-84	22-52	18-26	4,5-11,0
	110-650	110	650	63-84	22-52	18-26	4,5-11,0
	120-520	120	520	74-97	38-89	24-34	4,5-11,0
	125-450	125	450	74-100	38-100	24-36	4,5-11,0
	125-500	125	500	74-100	38-100	24-36	4,5-11,0

Kapacitet natapanja ovisno o promjeru sapnice i protoku**Tablica 3.5.-4**

Visina oborine	Dnevno natapana površina u ha uz 20-satno radno vrijeme													
	1,6	2,2	2,4	2,7	3,4	4,1	4,8	5,8	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0	
26 mm	1,6	2,2	2,4	2,7	3,4	4,1	4,8	5,8	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0	
30 mm	1,1	1,5	1,6	1,8	2,3	2,7	3,2	3,9	4,8	5,6	6,4	7,2	8,0	
40 mm	0,8	1,1	1,2	1,4	1,7	2,1	2,4	2,9	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0	
50 mm	0,6	0,9	1,0	1,1	1,4	1,6	1,9	2,3	2,9	3,4	3,8	4,3	4,8	
Ø sapnice mm	14	16	17	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	
Qmaks. m ³ /h	16	22	24	27	34	41	48	58	72	84	96	108	120	

c) C.I.P.A. s.r.l., San Quirico - Tresacali (Italija)

Ova tvrtka ima veoma bogat proizvodni program i u području natapanja i za ostale potrebe poljoprivrede. U području samovučnih strojeva s pomoću opskrbe cijevi ima velik broj modela koji mogu zadovoljiti svaku potrebu. Svi modeli (ukupno 30) svrstani su u dvije osnovne grupe, i to GT i EXP. U grupi GT (manje dimenzije) ima 13 modela koji su specificirani u tablici 3.5.-5.

**Slika 3.5.-10 Osnovni stroj serije GT**

Specifikacija modela GT**Tablica 3.5.-5**

Osnovne dimenzije	5 GT	6 GT	7 GT	8 GT	9 GT
Ø/L	75/250	75/330	82/330	90/350	100/430
Ø/L	63/280	90/300	90/300	90/400	90/400
Ø/L				100/350	125/320
Ø/L				110/300	

* Ø - promjer cjevovoda; L - duljina cjevovoda

U seriji EXP najmanji je model 82/330, a najveći 140/450.

Svi modeli serije GT su tako projektirani da mogu lako priključiti i top i natapne rampe tipa boom. Za modele serije 7 GT, 8 GT i 9 GT upotrebljavaju se aluminijske rampe duljine 44 m koje natapaju pojas širine 54 m, te rampe od 40 m za pojas od 50 m. Za model 6 GT upotrebljavaju se rampe od 30 m (natapaju pojas od 40 m), a za model 5 GT rampe od 20 m (natapaju pojas od 30 m).

Novitet su ove tvrtke boom-rampe "Gabiano", koje se proizvode u dvije veličine: 60 m (za modele 7 GT, 8 GT i 9 GT) te 90 m (za modele 10 EXP, 11 EXP i 12 EXP). Specifičnost je tih uređaja u tome što se koriste niskim pogonskim tlakom pa se mogu upotrebljavati za sve ratarske kulture (kukuruz, duhan, suncokret i sl.) jer se mogu podignuti do 3,0 m iznad tla. Taj je uređaj veoma jednostavan za upravljanje tako da sve operacije u pogonu može obavljati jedna osoba.

Posebnu seriju modela čine veoma male jedinice s osnovnim značajkama kao i ranije opisane velike, koje su prilagođene za natapanje sportskih terena, javnih i privatnih parkova, golf igrališta i sl. Neki se modeli mogu priključiti i na vrtnu slavinu.

Osnovne značajke "vrtnih" modela**Tablica 3.5.-6**

Značajka	Model			
	25/GT	32/GT	40/GT	50/GT
širina, cm	80	88	113	140
duljina, cm	96	110	123	145
visina, cm	90	104	136	180
težina, kg	70	107	220	420

d) *Pioggia Carnevali s.p.a., Porto Mantovano (Italija)*

I ova tvrtka, kao uostalom i ostale ranije opisane, ima veoma širok proizvodni program natapnih materijala. Proizvodi aluminijske i čelične cijevi sa svima potrebnim fazonskim komadima, rasprskivače, od najmanjih jedinica do naj snažnijih topova (uključujući i podzemne), veliki izbor samovučnih topova te pivotirajuće i translatorne rampe.

Proizvodni program samovučnih uređaja svrstan je u dvije serije: "Standard" i "America". U seriji "Standard" ima 8 grupa s ukupno 63 modela, počev od najmanjega, (500) s promjerom cijevi od 50 mm i duljinom od 150 m, pa do najvećega (1200) s promjerom cijevi od 140 mm i duljinom od 250 m. U seriji "America" ima 4 grupe s ukupno 41 modelom. Svi modeli nose trgovački naziv Carmobil.

Osnovne značajke modela Carmobil tipa 100/250/26 jesu:

- profil cijevi 100 mm
- dužina cijevi 250 m
- promjer sapnice 26 mm
- tlak na hidrantu 6,5 bara
- tlak na izljevu 4,0 bara
- protok 13,4 l/s
- širina trake 83 m.

Ovisno o brzini kretanja, stroj isporučuje ovu količinu oborine:

Brzina kretanja m/h	15	20	25	30	40	50
Količina oborine mm	38,7	29,0	23,2	19,3	14,5	11,6

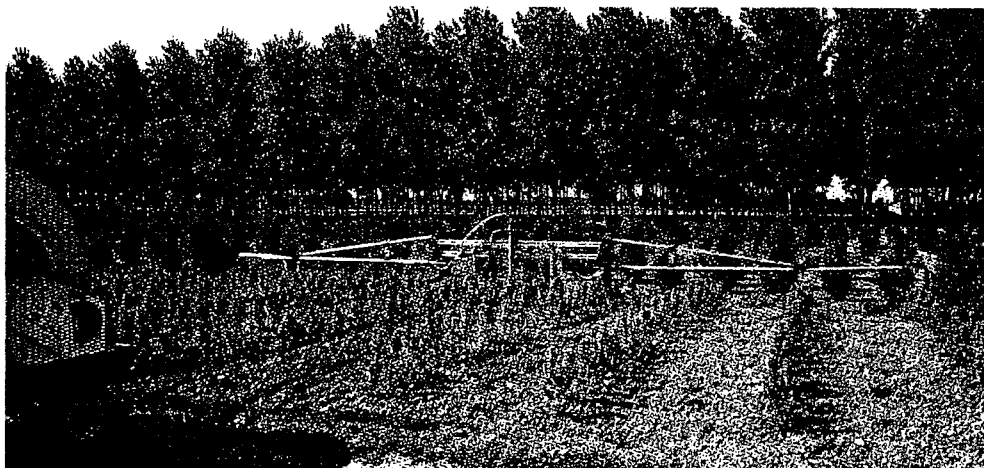
e) *Ferbo group, s.r.l., Villa Poma (MN, Italija)*

Od uređaja za natapanje povlačnim cjevovodom ova tvrtka ima pretežno modele velikog kapaciteta, slične prethodno opisanima drugih proizvođača. Pretežno su to jedinice s promjerom cjevovoda od 82 mm do 140 mm i duljine cjevovoda do 500 m. Najviše su u primjeni modeli Sorgente 82 i Sorgente 100.

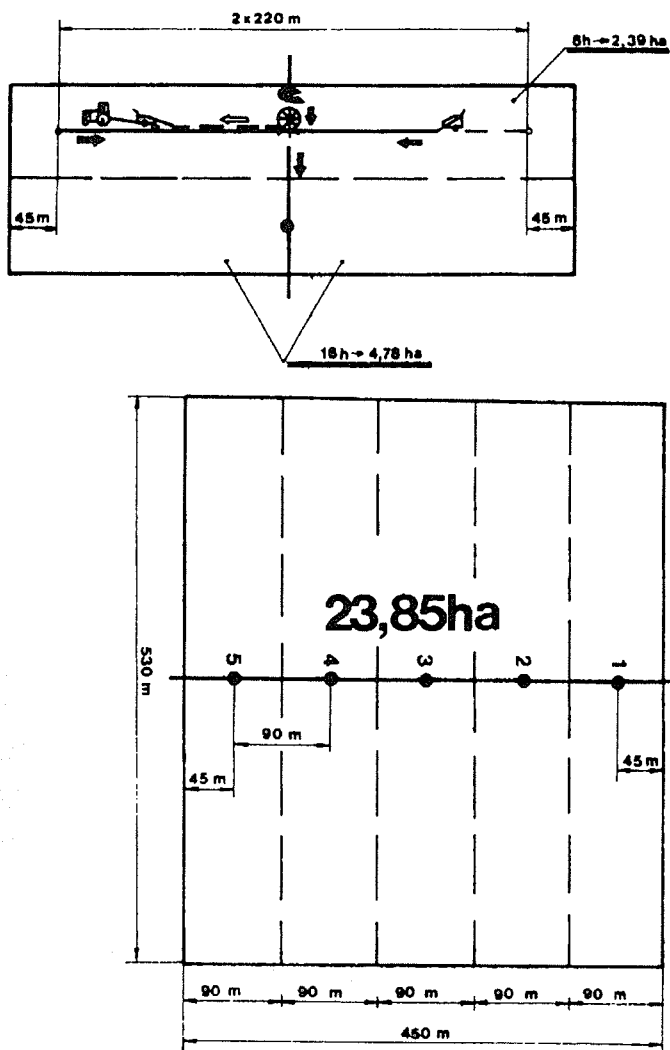
Interesantni su strojevi za natapanje vrtova, parkova i rasadnika koji se pojavljuju na tržištu pod nazivom Minigarden i Rio, a čije su osnovne značajke prikazane u tablici 3.5.-7.

*Osnovne značajke modela Minigarden i Rio**Tablica 3.5.-7*

Značajka		Minigarden rampa 7 m		Minigarden rampa 9 m		RIO rampa 7 m		RIO rampa 9 m	
Tlak na sapnici, bar		1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5
Øsapnice, mm		5 x 3,5	5 x 3,5	7 x 3,5	7 x 3,5	5 x 5,5	5 x 5,5	7 x 5,5	7 x 5,5
Protok	l/s	1,40	1,60	1,97	2,20	2,06	2,35	3,30	3,76
	m ³ /h	5,04	5,76	7,09	7,92	7,42	8,46	11,9	13,5

*Slika 3.5.-11 Model Minigarden spreman za pogon**f) Metalski zavodi "Tito", Skoplje (Makedonija)*

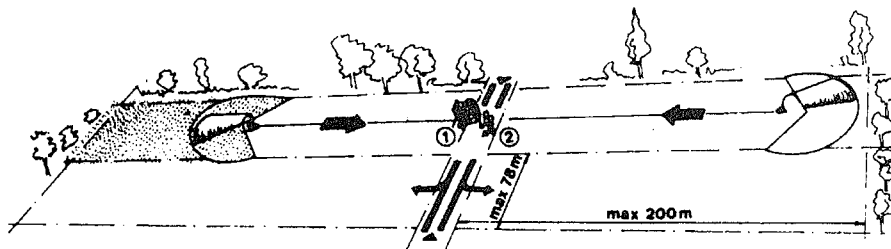
Svojevremeno je u bivšoj Jugoslaviji sagrađena tvornica za proizvodnju materijala, opreme i strojeva za natapanje s veoma širokim programom proizvodnje. Proizvodila je gotovo cijeli asortiman kao i većina svjetski poznatih tvrtki, od cijevi za pokretne cjevovode svih standardnih duljina i promjera, rasprskivače od najmanjega kapaciteta do najvećega (topove) te strojeve Vodomatik i Elektromatik (Pivot i Rainger) do Booma i Tifona.



Slika 3.5.-12 Shema organizacije natapanja Tifonom 110

U području samovučnih topova s pomoću opskrbe cijevi proizvodili su se modeli 90 i 110, a nosili su naziv Tifon 90 i Tifon 110.

Nadalje, osim tih dvaju modela proizvode se još i Mini-tifon i Mikro-tifon s opskrbnom cijevi od 2" odnosno 3", koji su prikladni za natapanje manjih parcela s duljinom trake, odnosno prohoda 2 x 200 m. Osnovne značajke Mini-tifona 3" x 200 m i shema organizacije natapanja prikazani su na sl. 3.5.-12



Slika 3.5.-13 Shema natapanja za Mini-tifon 3'' x 200 m

g) Ostali proizvođači na području bivše Jugoslavije

Od ostalih većih proizvođača na području bivše Jugoslavije koji su proizveli opremu i strojeve za natapanje spomenut ćemo još Agrostroy Ljubljana i IMI Klemos, Slovenske Gorice.

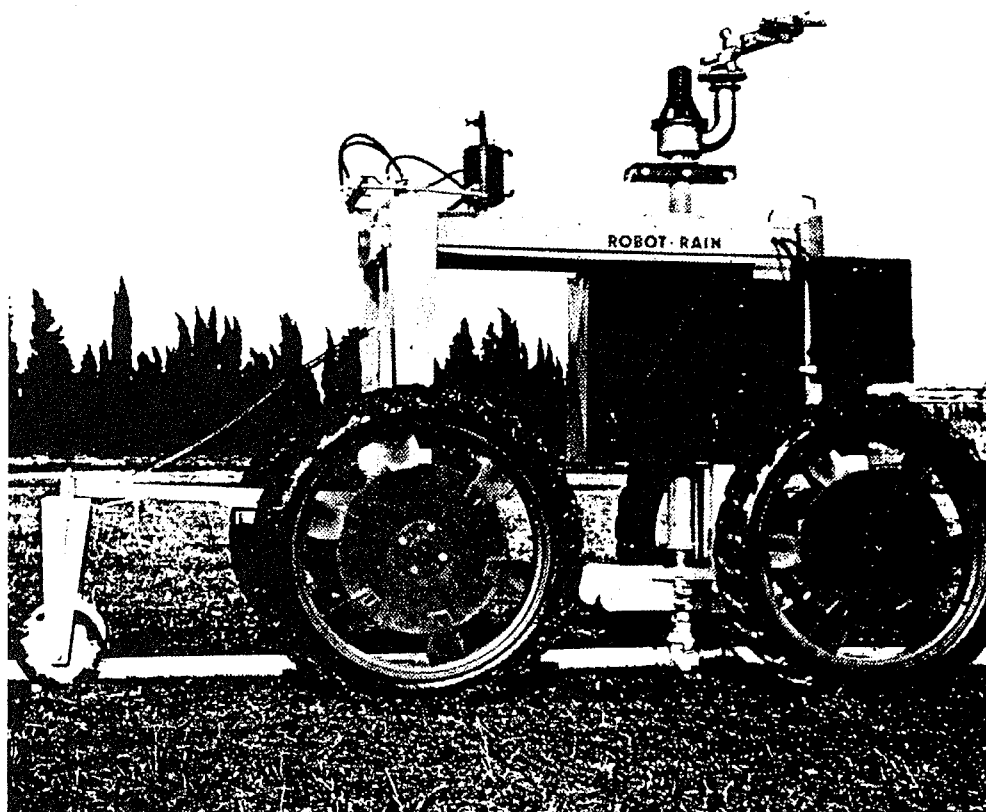
Poduzeće Agrostroy ima širok izbor natapne opreme (cijevi, rasprskivače, bočna krila i dr.), ali nema strojeva tipa tifon.

Poduzeće IMI Klemos iz Slovenskih Gorica proizvodi jednu verziju stroja sa samovučnim topom (tipa Typhon) prema patentu švedske firme Kaskad, po čemu je ta varijanta i dobila naziv Kaskad-Klemos ili skraćeno K-K. Proizvodi se samo model 90 i to u dvije izvedbe KT90/270 i KT90/350. Stroj se za vrijeme pogona pokreće s pomoću turbine. Posebni uređaji koji su ugrađeni uz pogonsku turbinu omogućuju da se brzina stroja može točno regulirati u rasponu od 0 do 50 m/h. Stroj je opremljen rasprskivačem Nelson, koji je u standardnoj izvedbi priređen za sektorski rad od 220°. Intenzitet vlaženja tla može se vrlo lako i brzo regulirati brzinom kretanja i ugradnjom mlaznica odgovarajućeg promjera.

3.6. STROJEVI S AUTOMATSKIM PREMJEŠTANJEM POLOŽAJA

Prvi prototip stroja koji bi se automatski kretao po parceli i natapao po određenom programu pojavio se u Francuskoj 1972. U godinama do 1975. izabrani model se stalno dotjerivao i poboljšavao pa se 1976. pojavio na tržištu pod nazivom Robot rain. U Francuskoj ga proizvodi tvrtka Continentale Irrigation, a u Velikoj Britaniji Wright Rain.

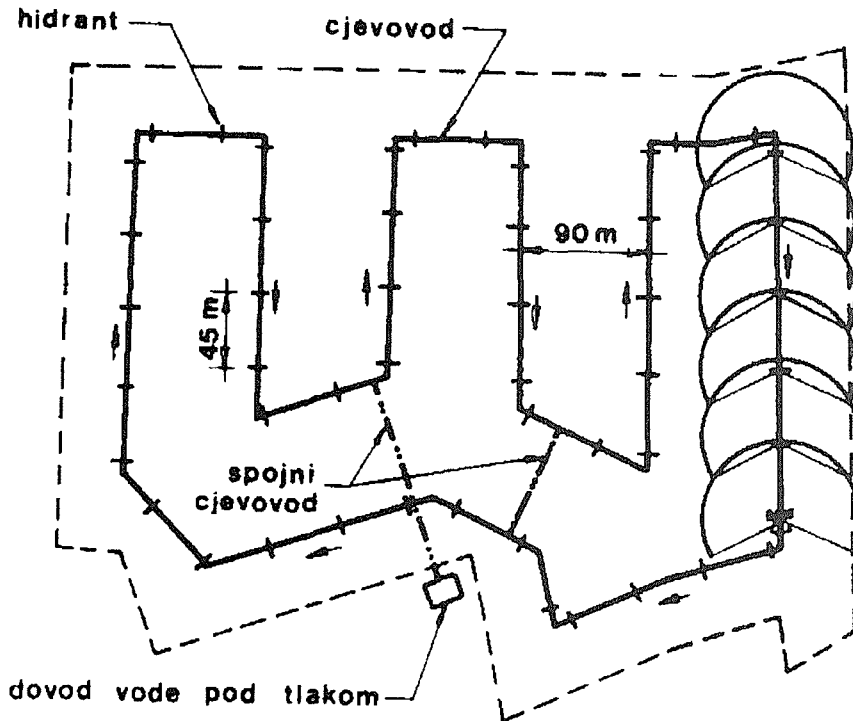
Robot rain se automatski premješta sa stajališta na stajalište bez prisustva posluge. Za vrijeme operacije premještaja ne natapa, već samo kad miruje na stajalištima. Sve su operacije pogona programirane i automatizirane.



Slika 3.6.-1 Fotografija Robot raina

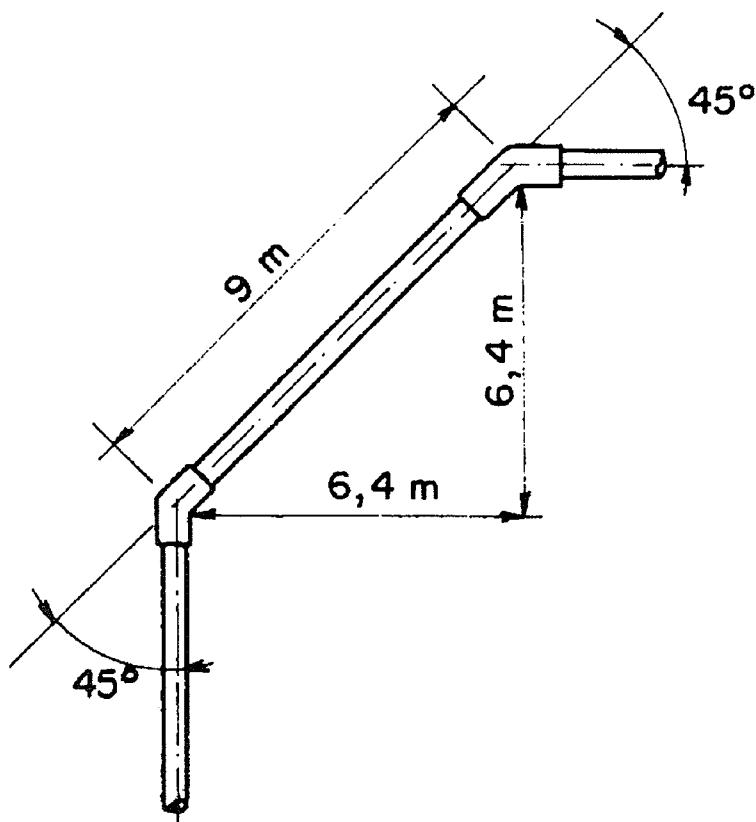
Da bi ovaj stroj mogao natapati određenu parcelu, najprije na njoj mora biti izgrađena stabilna natapna mreža, i to na površini tla. Natapna mreža od aluminijskih cijevi promjera 102 mm mora imati ugrađene specijalne hidrante na razmaku od 45 x 45 m do 54 x 54 m, što ovisi o kapacitetu topa. Radni je tlak topa 6,5 bara, a svaki se uređaj može upotrebljavati samo na svojoj mreži. Voda pod zadanim tlakom može se osigurati u dovodnoj mreži (na priključku) ili pojedinačno odgovarajućom crnom postajom na izvorištu vode. Protok topa (ovisno o veličini sapnice) može biti oko 60 m³/h.

Ovisno o dometu planiranog topa na stroju, razmak stabilnih opskrbnih cjevovoda po kojima se kreće stroj iznosi dvostruki razmak između hidranata, a najčešće 90 m. Da bi se stroj mogao bez problema kretati po instaliranoj mreži, kutovi spoja dvaju ravnih segmenata mreže moraju biti manji od 90°. Kako često to nije slučaj, primjenjuje se rješenje koje je zorno prikazano na sl. 3.6.-3



Slika 3.6.-2 Primjer stabilne mreže za natapanje Robot rainom

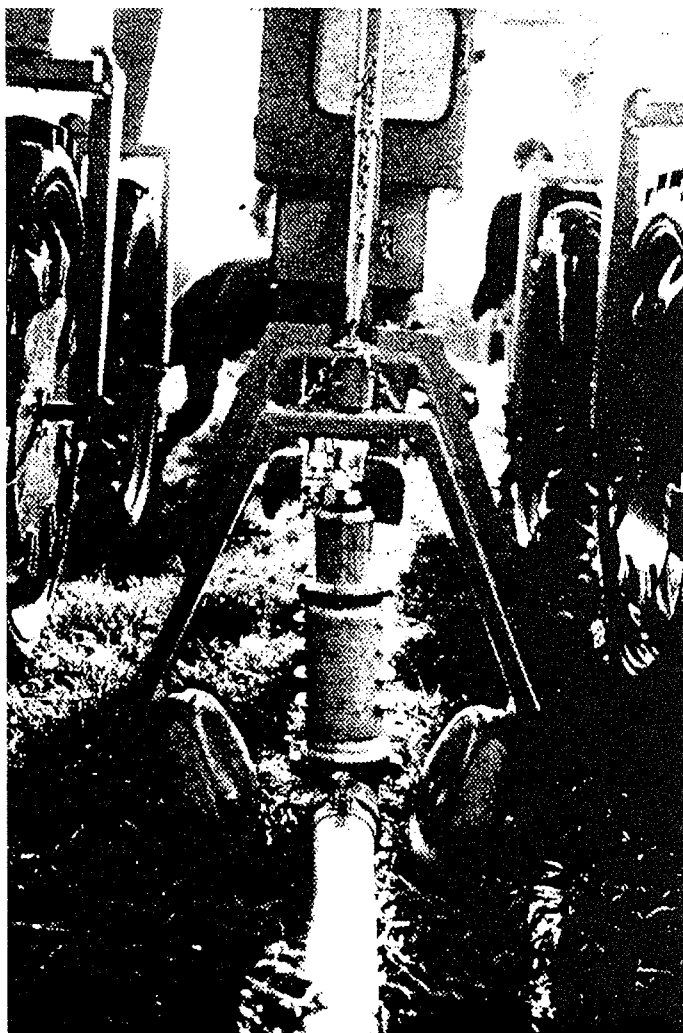
Nakon što se u određeni ormarić "upiše" učestalost i trajanje natapanja, robot kreće "na posao". U skladu s radnim operacijama koje su upisane u procesoru (mozgu) stroja, robot se najprije kreće uzduž cjevovoda koji ujedno služi kao vodilica, a pokreće ga elektromotor. Čim stigne do prvog hidranta - priključka, ugrađene bočne vodilice izazovu jak električni otpor i trenutno zaustave kretanje elektromotora. Istovremeno se na hidrant u obliku teleskopa spušta priključak, otvori se dotok vode i ukapča top. Odmah nakon toga počinje programirani rad rasprskivača, koji traje dok se ne postigne natapna norma. Dakako, postoji čitav niz uređaja i automata koji obavljaju brojne pomoćne operacije. Kad je natapanje na jednom stajalištu gotovo, top se zaustavi, priključak se iskopča, a stroj kreće na sljedeću lokaciju.



Slika 3.6.-3 Rješenje trase mreže za kutove od 90° ili manje

Uobičajeno vrijeme natapanja varira ovisno o normi i intenzitetu uređaja i najčešće iznosi između 15 minuta i 4 sata. Stroj se koristi topom prilagođenim za sektorski rad tako da se kreće uvijek po suhom tlu. Cijevna se opskrbna mreža najčešće postavi prije početka sezone natapanja i ukloni (demontira i odveze) po završetku sezone.

Budući da je taj stroj relativno skup treba planirati da se u vegetacijskoj sezoni maksimalno koristi, a pogotovo još i zato što se natapa samo na jednoj lokaciji (krugu) jer bi premještanje bilo dosta komplicirano. Kako se norma i turnus natapanja, a time i kapacitet (natapna površina) stroja, određuju prema potrebi bilja u razdoblju najveće potrošnje, treba te elemente pravovremeno temeljito proučiti. Tako će vjerojatno, pri dopunskom natapanju kukuruza s normom od 30 mm svakih 10 dana, mogućnost pokrivanja jednog stroja iznositi oko 60 ha, a pri intenzivnom natapanju u doba najveće evapotranspiracije smanjiti će se na 20-30 ha.



Slika 3.6.-4 Vodilice i hidrant neposredno pred ukapčanjem

Studija o ekonomičnosti (i opravdanosti) primjene tog robota u natapanju kukuruza pokazala je da su ukupni godišnji troškovi veći za oko 20 - 25 % od onih koji se postižu stabilnim mrežama s manuelnim premještanjem rasprskivača. Budući da je u vegetacijskoj sezoni poljoprivredna radna snaga u pravilu deficitarna i da joj cijena stalno raste, autori studije smatraju da je primjena stroja tog tipa svrsishodna i opravdana.

Tvrtka Sotradies razvila je svojevremeno model toga stroja kod koga se rasprskivač zamjenjuje jednim tipom velikog rasprskivača (boom) koji pivotira oko svoje osi. To je rješenje omogućilo da razmak se hidranata poveća na 72 m, a opskrbnih cjevovoda na 140 m. Taj model troši 120 m³/h vode.

3A. MEHANIZACIJA I OPREMA ZA NATAPANJE KIŠENJEM

*Doc. dr. Dragutin Gereš
Javno vodoprivredno poduzeće
"Hrvatske vode", Zagreb*

3.7. KRUŽNO - POMIČNE RAMPE (PIVOT)

3.7.1. Uvod

Kružno-pomične rampe ili pivoti jesu mehanizirana oprema za natapanje kišenjem. Kretanje je opreme na jednom položaju za natapanje automatsko s pomoću hidrauličkog motora, koji se koristi dijelom vodene energije, ili s pomoću elektro-motora, koji se koristi električnom energijom za pogon.

Pomična se rampa sastoji od lateralnog cjevovoda, opremljenoga rasprskivačima (sprinklerima), koji su postavljeni na pokretne podupirače ili tornjeve. Tornjevi su opremljeni hidrauličkim ili električnim motorima koji počinju raditi s pomoću automatskog uređaja. Jedan kraj lateralnog cjevovoda priključen je na izvorište vode s pomoću vertikalne cijevi (pivot). Oprema cjelokupne rampe rotira oko pivoata.

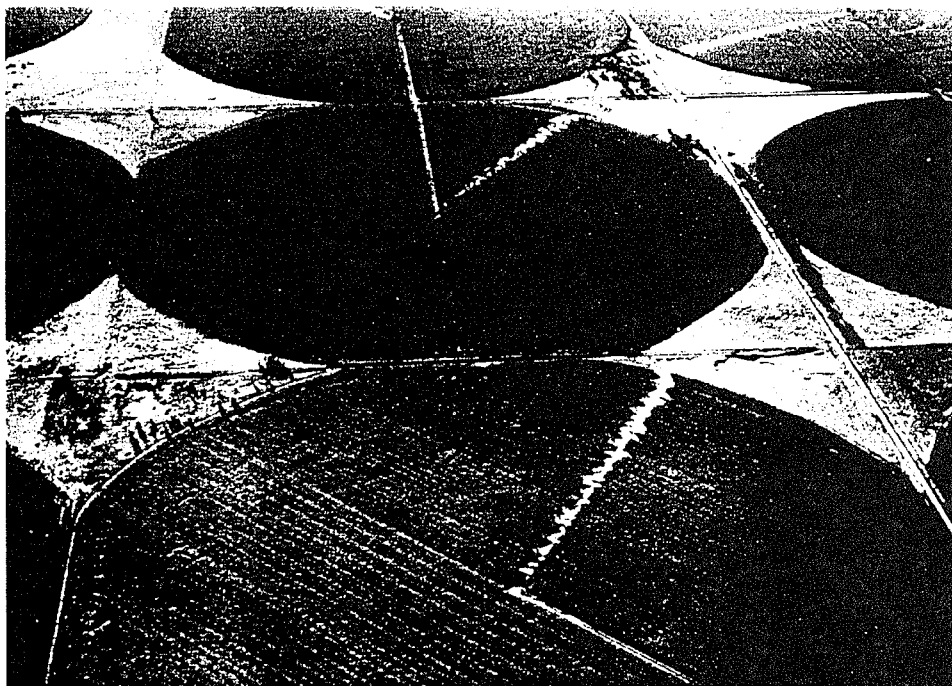
Dolaskom vode pod tlakom preko pivoata ili centralnog tornja počinju raditi rasprskivači. Rampa se automatski pomiče kad kut između dvaju susjednih tornjeva premaši unaprijed postavljenu vrijednost za start. Na taj se način pokreću tornjevi jedan za drugim i cijeli uređaj rotira oko distribucijske točke – pivoata.

U obradi ovog poglavlja poslužili su uglavnom materijali proizvođača opreme: Design Manual, Lindsay Manufacturing Company, Lindsay-Nebraska, SAD po pisanom dopuštenju proizvođača za korištenje i reprodukciju materijala.

Kružne pomične rampe počele su se primjenjivati u SAD-u 1949. godine. Od tada se ova vrsta opreme neprekidno razvija. Prvobitni je model bio na hidraulički pogon, dok se danas uglavnom primjenjuje električna energija za pokretanje lateralne cijevi i tornjeva. Najveća je primjena kružnih rampi u SAD-u, potom u zemljama bivšeg SSSR-a i Istočne Europe.

Primjena je kružno-pomičnih rampi povoljna za natapanje velikih površina, koje nisu usitnjene granicama polja. Ograničene dimenzije natapnih površina i nepravilni nagibi terena nisu pogodni za primjenu ovog načina natapanja.

Procjenjuje se da se danas u svijetu natapa između četiri i pet milijuna hektara tla s pomoću kružno-pomičnih rampi.



Slika 3.7.-1 Pogled na polja natapana kružnom pomičnom rampom - pivotom

3.7.2. Načela rada kružno – pomične rampe

Opskrbna cijev za vodu – lateralni cjevovod postavljena je na tornjeve s kotačima. Razmak je tornjeva između 30 i 70 m. Veličina razmaka tornjeva ograničena je veličinom mehaničke otpornosti materijala cjevovoda i težinom na kotačima tornjeva koji se kreću po vlažnom tlu. Cjevovod je spojen na svakom tornju tako da se omogućuje da dvije susjedne dionice, između triju tornjeva, tvore zadani kut. Pri tome je vrh kuta u centru – pivotu.

Ukupni sustav kružno-pomične rampe ukružuje se na razne načine:

- a) zategama koje počinju od tornjeva i učvršćuju cjevovod na različitim točkama. Zatege održavaju cjevovod u horizontalnom položaju. Zatege sprečavaju pomicanje cijevi u horizontalnom ili vertikalnom smjeru. Cijev mora biti otporna na savijanje, torziju i dr.
- b) s pomoću metalne rešetke koja je oslonjena na tornjeve. Cjevovod u ovom slučaju čini sastavni dio rešetke.

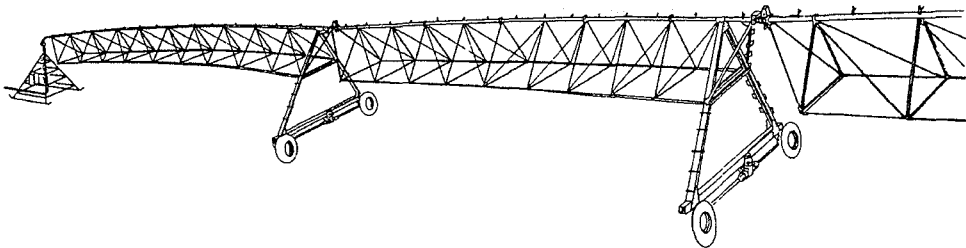
c) s pomoću metalne rešetke neovisne o cjevovodu. Cijev se polaže na konstrukciju rešetke.

U središtu je površine natapanja hidrant. Kružno-pomična rampa i hidrant za dobavu vode spojeni su vertikalnom cijevi. Lateralni cjevovod počinje s koljenom, spojenim s vertikalnom cijevi s vodonepropusnim spojem. Spoj omogućuje rotaciju rampe oko osi pivota. Rasprskivači su postavljeni uzduž lateralne cijevi na odgovarajućem razmaku. Kružno-pomična rampa, koja može imati više polja, na kraju može imati bočno krilo sa završnim “topom”.

Svaki je toranj opremljen za pokretanje rampe. Osovine su kotača paralelne s lateralnim cjevovodom. Tornjevi se kreću pod pravim kutom u odnosu prema cjevovodu. Pogonski su motori hidraulički ili električni. Motori se pokreću posebnim uređajem, koji se uključuje kada dva susjedna elementa laterala zatvaraju kut. Izvor je električne energije u centru – pivotu (slika 3.7.-2).

Crpna postaja ili hidrant (koji dobavlja vodu pod tlakom) u centru je kružno-pomične rampe. Treba biti osigurana ukupna količina vode za sve rasprskivače. Tlak vode mora biti odgovarajući tako da najudaljeniji rasprskivač može raditi korektno.

U svim tipovima rampi, zbog sigurnosti rada, ugrađuju se sigurnosni dijelovi – to je obično električni krug za isključivanje iz pogona u slučaju bilo koje nezgode.

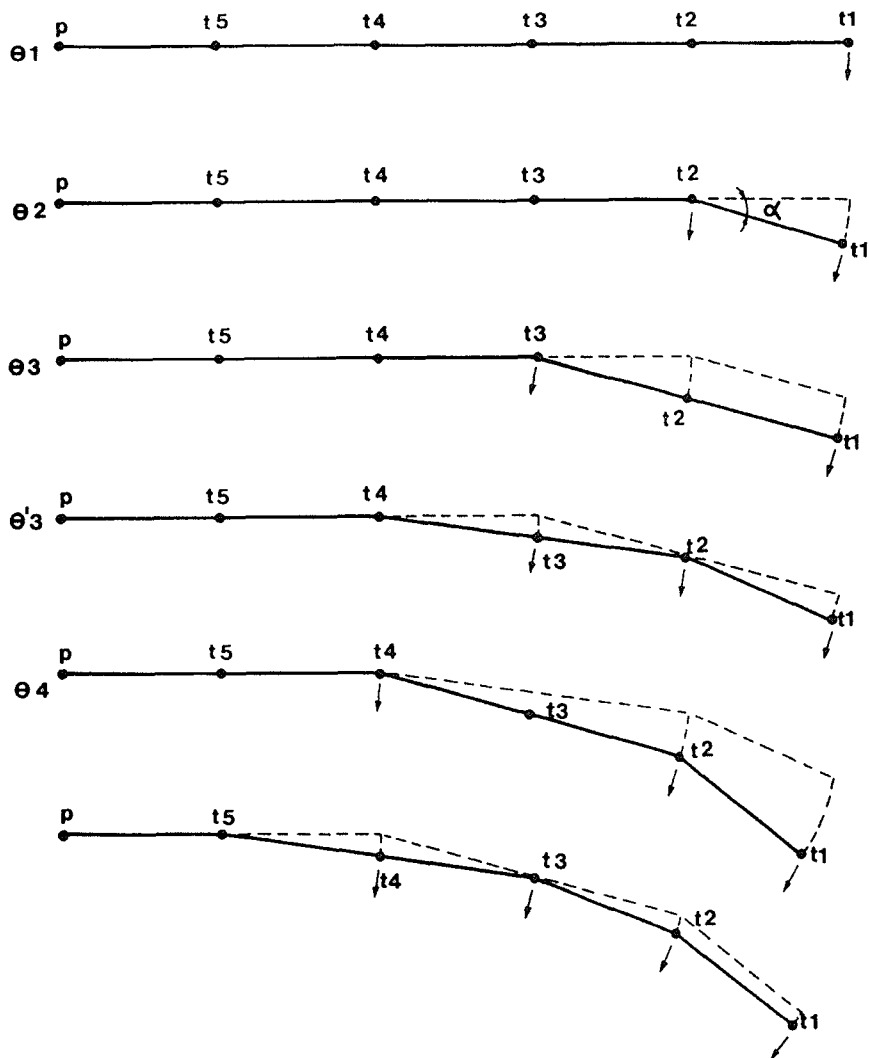


Slika 3.7.-2 Kružno pomična rampa na električni pogon

Načelo pokretanja kružno-pomične rampe analizirat će se na tipu rampe s pet tornjeva, obilježenih od 1 do 5 (slika 3.7.-3). Brzina napredovanja i učestalost “stop/naprijed” komandi za motor na tornju br. 1 fiksira se unaprijed na kontrolnom uređaju, smještenom u centru – pivotu. Pokretni moment na prvom tornju (krajnjem) regulira kretanje ostalih tornjeva.

Kada se starta crpna postaja ili uključi hidrant, počinju raditi rasprskivači i lateralni cjevovod počinje laganu rotaciju oko centra. To se događa ovako: toranj 1 kreće se naprijed a lateralni se cjevovod pokreće oko tornja 2 tvoreći kut α 2 između elemenata 1-2 i 2-3; kada kut α 2 dosegne vrijednost unaprijed zadanog α 0, počinje se pokretati toranj broj 2 i element 2-3 rotira oko tornja 3 sve dok kut α nije anuliran. U isto je vrijeme kut α 3 formiran između elemenata 2-3 i 3-4, uvjetujući kretanje tornja 3, kada ovaj dosegne kut α 0. Tako se postupno cijeli

lateralni cjevovod pokreće unaprijed, rotirajući oko centra. Na slici su kutovi prikazani izvan mjerila radi boljeg razumijevanja. U prirodi kutovi α nisu vidljivi prostim okom.



Slika 3.7.-3 Prikaz pokretanja kružno – pomične rampe

$t1, t2$ - oznaka tornja;

$\Theta 1$ - vrijeme;

α - kut između dvaju susjednih elemenata cjevovoda;

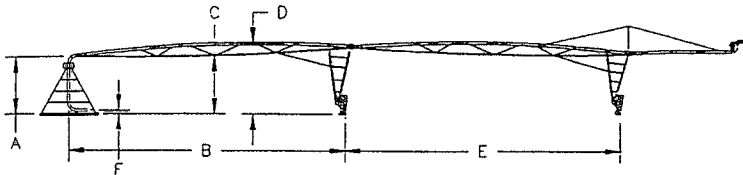
P - centar pivot

3.7.3. Opis kružno – pomične rampe

3.7.3.1. Dimenzije sustava kružno-pomične rampe

Temeljne dimenzije sustava kružno-pomične rampe tipa “Zimmatic”–Lindsay prikazane su na slikama 3.7.-4 i 3.7.-5. Dimenzije su ostalih tipova opreme slične prikazanima.

System Dimensions

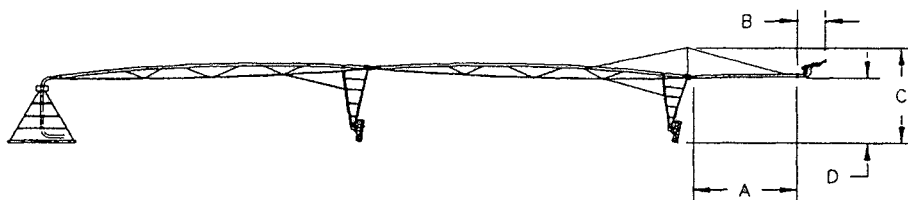


Pipe Size	Span Length	A	B	C	D	E
10"	113'	13'2"	113'9"	9"	14'	113'
10"	135'	13'2"	135'9"	9'2"	14'2"	135'
8"	113'	12'10"	114'	9'4"	14'4"	113'
8"	135'	12'10"	136'1"	9'7"	14'7"	135'2"
8"	157'	12'10"	158'	9'10"	14'10"	157'
8"	160'	12'10"	161'	9'10"	14'10"	160'
8"	168'	12'10"	169'11"	—	—	168'1"
8"	179'	12'10"	180'2"	9'6"	14'10"	178'11"
8"	186' 8"	12'10"	187'10"	—	—	186'7"
6-5/8"	113'					
6-5/8"	135'	12'10"	136'	9'8"	14'10"	135'
6-5/8"	157'	12'10"	158'1"	9'11"	15'2"	157'1"
6-5/8"	160'	12'10"	161'1"	9'11"	15'2"	160'1"
6-5/8"	168'	12'10"	169'1"	—	—	168'1"
6-5/8"	179'	12'10"	180'2"	9'6"	14'10"	178'11"
6-5/8"	186'8"	12'10"	187'10"	—	—	186'7"
6-5/8"	201'	12'10"	201'3"	10'1"	15'1"	200'2"
5-9/16"	113'					
5-9/16"	135'	12'10"	136'	9'6"	14'7"	135'
5-9/16"	157'	12'10"	158'	9'9"	15'1"	157'6"
5-9/16"	160'	12'10"	161'	—	—	160'6"
5-9/16"	179'	12'10"	180'	9'6"	14'10"	179'
Mobile Pivot		13'4"	—	—	—	—

Slika 3.7.-4 Temeljne dimenzije sustava (a)

pipe size = dimenzija cjevovoda
 span length = dužina raspona
 1 foot (') = 0,305 m
 1 inch (") = 25,4 mm

System Dimensions



Overhang Length	A	B	C	D
11'	14'		17'6"	11'5"
22'	25'		17'6"	11'5"
33'	36'		17'6"	11'5"
44'	47'		17'6"	11'5"
55'	58'		22'	
66'	69'		22'	
88'	91'		22'	
ST85E End Gun		2'0"		
P100 End Gun		2'4"		
P100 w/Booster Pump		3'0"		

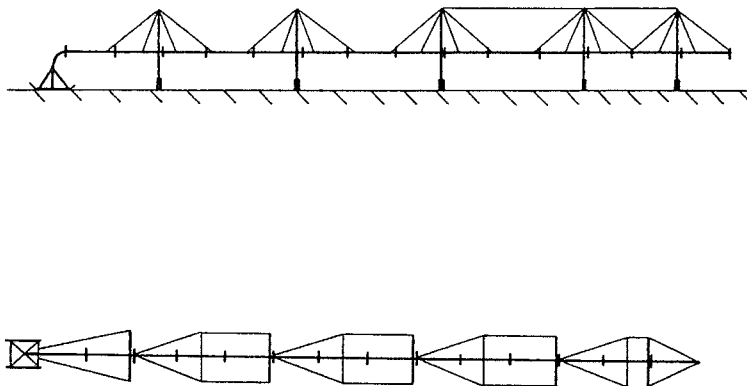
Slika 3.7.-5 Temeljne dimenzije sustava (b)

overhang length = dužina preko rampe

3.7.3.2. Lateralni cjevovod

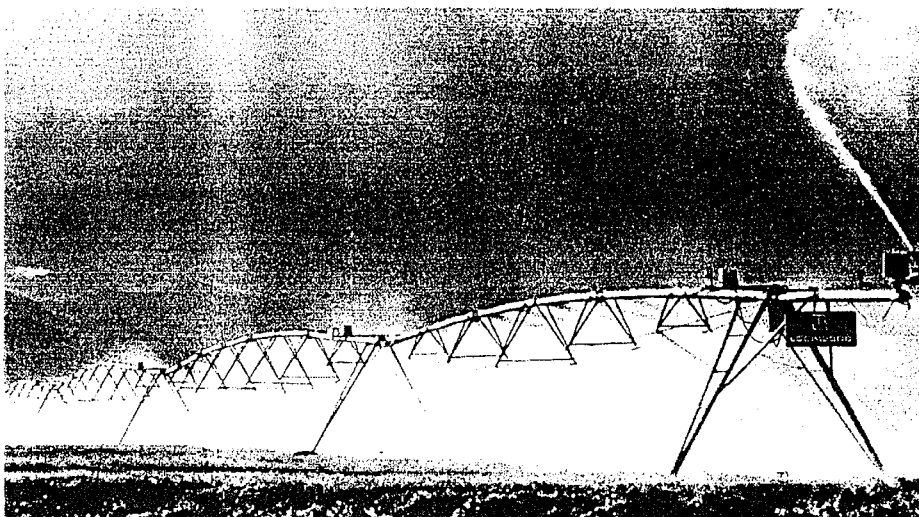
Cjevovod je dimenzioniran tako da osigura potreban tlak vode na rasprskivačima. Uz to, cijev mora imati dopuštenu čvrstoću da doprinese krutosti konstrukcije između dvaju tornjeva. Mora biti otporan na koroziju, kemijsku i mehaničku. Obično su vanjski promjeri cijevi od 114 do 202 mm (4½ do 8 inches). Cijevi se izvode od čelika, koji se iznutra i izvana zaštićuje epoxy-premazom. Čelična se cijev može obostrano galvanizirati. Koriste se i aluminijske cijevi, koje su potpuno otporne na kemijsku koroziju. Debljina stijenki izvodi se od 2,5 do 3,3 mm, ovisno o promjeru cijevi. Kod aluminijskih cijevi ne uzima se u obzir doprinos cijevi krutosti nosača između dvaju tornjeva (slika 3.7.-6).

Lateralni cjevovod učvršćuje se na nosivu konstrukciju između dvaju tornjeva. Koriste se zatege ili sponne ako je cjevovod nosivi dio konstrukcije.



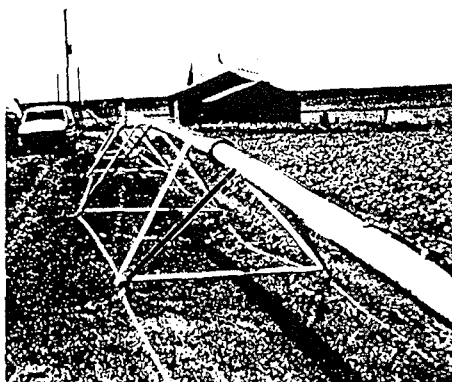
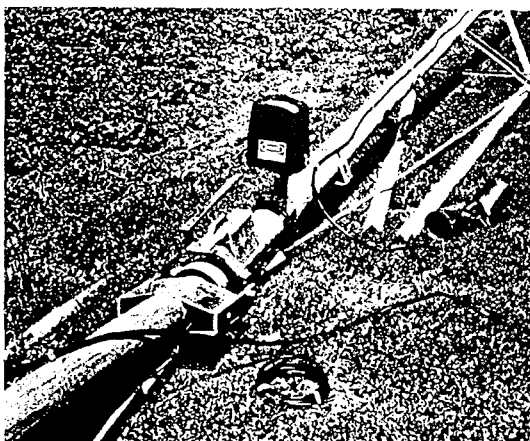
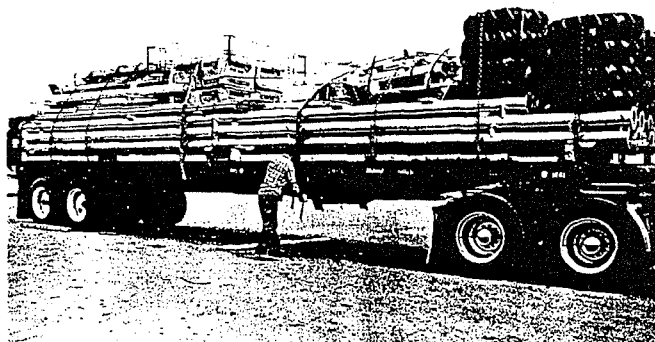
Slika 3.7.-6 Ovjes cijevi s metalnim sponama

Na idućoj slici 3.7.-7 prikazan je slučaj metalnoga rešetkastog nosača lateralnog cjevovoda. Rešetka se formira od cijevi i dopunske konstrukcije. Postoje razne mogućnosti oblikovanja rešetkastog nosača. U ovom je slučaju visina tornjeva manja nego u prethodnom načinu ovjesa cijevi.



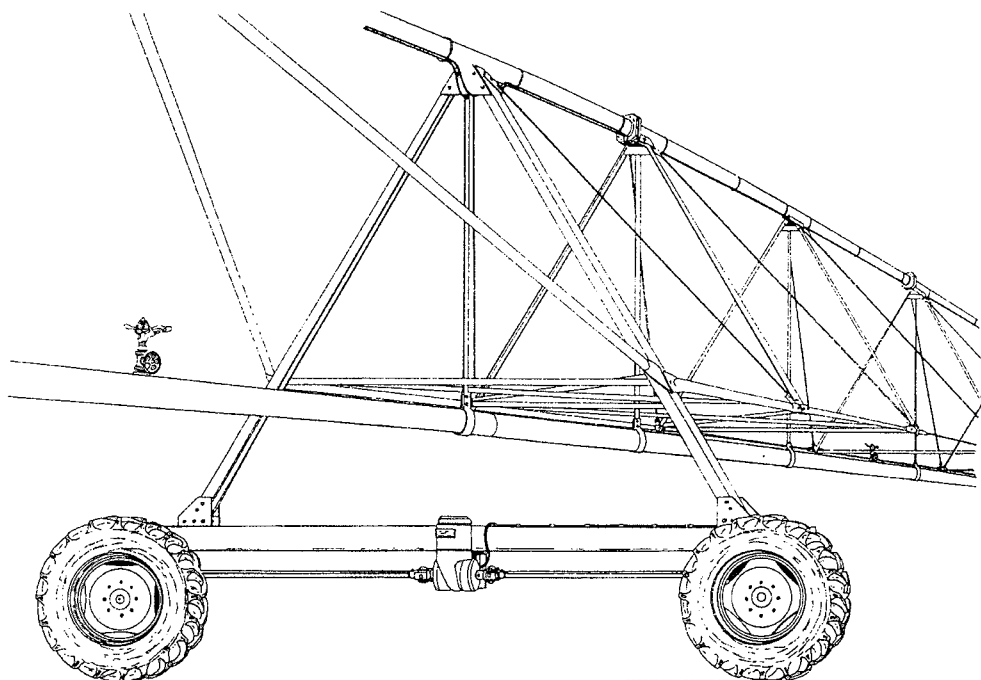
Slika 3.7.-7 Rešetkasta konstrukcija između dvaju tornjeva

Rasponska konstrukcija i tornjevi kružne rampe sastoje se od cijevi i krutih profila standardnih dimenzija. Sastavljanje je na licu mjesta jednostavno. Prijevoz se obavlja klasično ili posebnim tegljačima (slika 3.7.-8).



Slika 3.7.-8 Transport opreme i montaža u polju

Na slici 3.7.-9 prikazan je slučaj kada je lateralni cjevovod izveden od aluminija. Cijev je ovješena o rešetku vertikalnim motkama. Gornja cijev ne provodi vodu, već je ona nosivi dio konstrukcije.



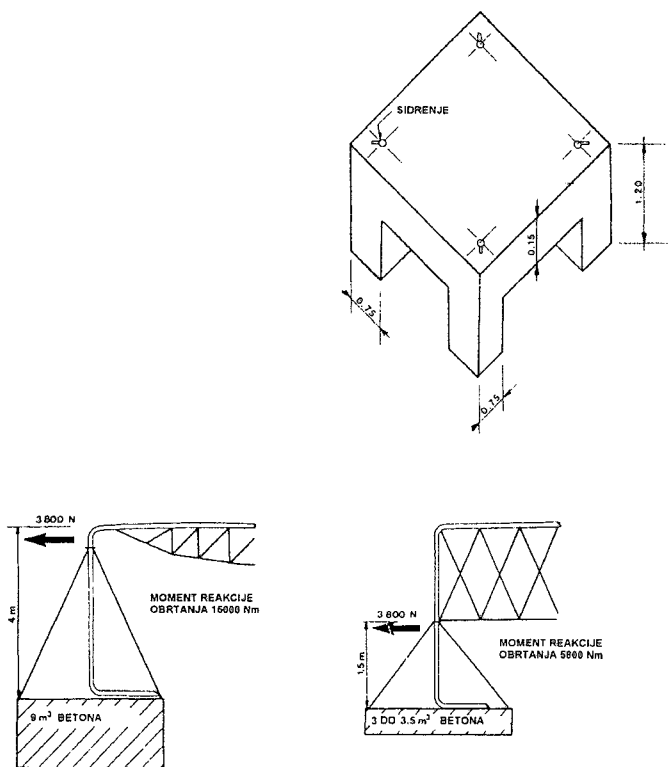
Slika 3.7.-9 Aluminijska cijev ovješena o konstrukciju

3.7.3.3. Centar pomične rampe ili pivot

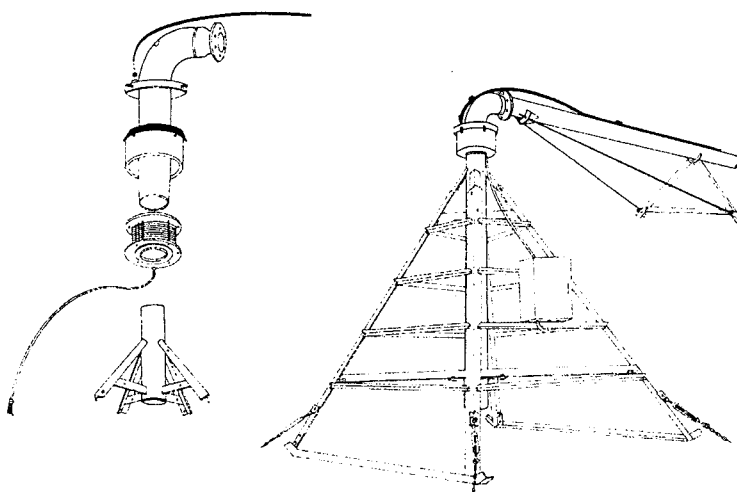
Za vrijeme rada pomične rampe centar rampe ili pivot opterećen je znatno. Zbog toga se pivot montira na temeljnom bloku. Uobičajeno se temeljni blok izvodi od armiranog betona (slika 3.7.-10). Površina je temeljnog bloka obično 3x3 m, a volumen betona oko 9m³. Pivot se učvršćuje s pomoću 4 sidrena vijka.

Kada je rotirajući lateralni cjevovod na gornjem dijelu nosive konstrukcije, reakcija je na moment obrtanja tri puta veća nego kod ovještene cijevi. Temeljni je blok u prvom slučaju tri puta veći nego u drugom slučaju.

Detalji centar-pivota prikazani su na slici 3.7.-11 Glava pivota sastoji se od koljena koje je vodonepropusno spojeno. Koljeno spaja vertikalnu cijev s horizontalnim lateralnim cjevovodom.



Slika 3.7.-10 Temeljni blok pivota za dva slučaja lateralnog cjevovoda



Slika 3.7.-11 Detalji centra rampe - pivota

3.7.3.4. Pogon tornjeva kružne rampe

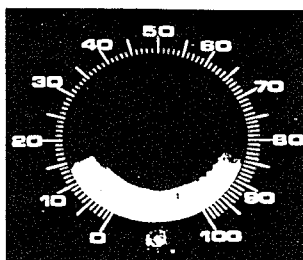
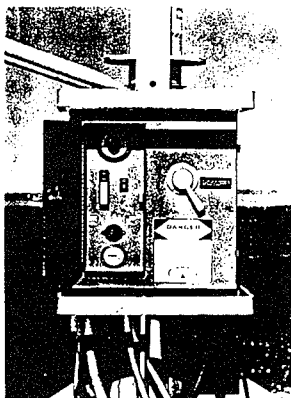
Najčešće je rješenje pogona kružne rampe upotreba elektromotora. Motori imaju snagu od 0,4 do 1,5 kW. Svaki toranj ima svoj pogon. Početak rada motora uvjetovan je zatvaranjem električnog kruga kada dva raspona s obje strane tornja tvore zadani kut (slika 3.7.-3). Elektromotori moraju biti dobro zaštićeni od vremenskih utjecaja, vlage itd. Obično se montiraju u sredinu između dvaju kotača tornja.

Ostali načini pogona tornjeva mogu biti: hidraulički pogon, uljne turbine i pneumatski pogon.

Radi sigurnosti rada pomične rampe ugrađuju se sigurnosni uređaji. Ako dođe do anomalija u radu kružne rampe, ti uređaji zaustavljaju kretanje rampe i na taj se način sprečava nastajanje štete. Sigurnosni su uređaji uvijek na električni pogon.

3.7.3.5. Kontrolni uređaj

Rad kružno-pomične rampe na električni pogon kontrolira se na pivot – centru rampe izborom brzine kretanja tornja. Brzina kretanja može se prilagođavati i time se postiže velika kyaliteta natapanja. Najčešće se mijenja učestalost “start-stop” komandi. Izbor brzine kretanja tornja izražen je u postocima od maksimalne brzine rotacije (slika 3.7.-12).



Slika 3.7.-12 Kontrolni uređaj

Dijelovi za kontrolu rada pomične rampe smješteni su u kontrolnom uređaju. Danas je uobičajeno da se ugrađuju mikroprocesori za upravljanje rampom. Kontrolni uređaj mora biti zaštićen od vanjskih utjecaja.

3.7.3.6. *Pomicanje kružne rampe s jednog položaja na drugi*

Kružno - pomične rampe mogu se premještati s jednog na drugi položaj u polju. Time se povećava profitabilnost korištenja kružne pumpe. Uobičajeno je koristiti kružnu rampu na dva mjesta – hidranta ili crpne stanice. Teoretski se može koristiti uređaj i na tri pozicije – polja. Za potrebe premještanja kružne rampe okreću se kotači za 90° tako da su paralelni s lateralnim cjevovodom. Premještanje se obavlja traktorskom vučom.

Kružna rampa koja je predviđena za premještanje na novi položaj, ukupne je dužine od 200 m do 300 m. Duže rampe ne mogu se prevlačiti zbog velikih naprezanja konstrukcije. Izbor vrste kružne rampe – stalna pozicija ili za pokretanje - ovisi o uvjetima na polju i ekonomici proizvodnje.

3.7.4. *Rasprskivači vode ili sprinkleri*

3.7.4.1. *Vrste rasprskivača*

Na kružno – pomičnim rampama primjenjuju se tri tipa rasprskivača (engl. *sprinkler*):

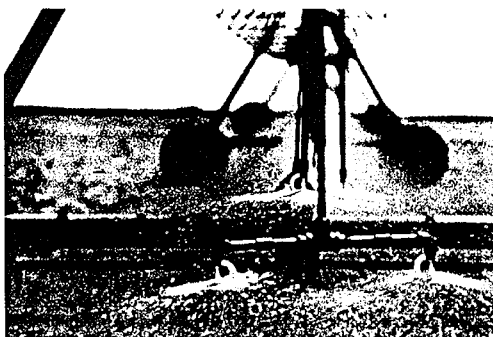
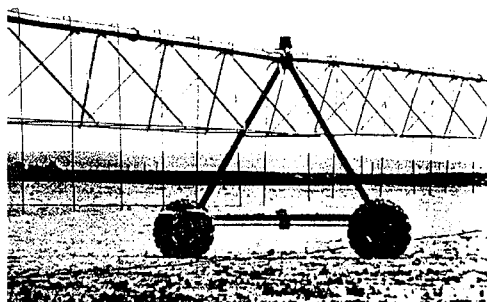
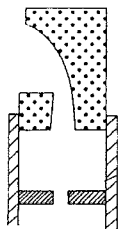
1. rotirajući rasprskivači (sprinkleri)
2. škropila (sprayeri)
3. veliki rasprskivači ili “topovi” (gun-sprinkleri)

Primjenjuju se rasprskivači različitih veličina. Sprinkleri se opremaju mlaznicama ili sapnicama (nozzle) različitih promjera. Rasprskivači se montiraju tako da su okrenuti prema gore (najčešći slučaj). Mogu se montirati na posebne nosače. Tako se udaljuju od lateralnog cjevovoda i time se cjevovod štiti od stalnog vlaženja. Radni je tlak vode na rasprskivačima od 2 do 4,5 bara, a taj tlak omogućuje kapacitet sprinklera približno od 0,5 m³/h do 15 m³/h vode (slike 3.7.-13 i 3.7.-14).

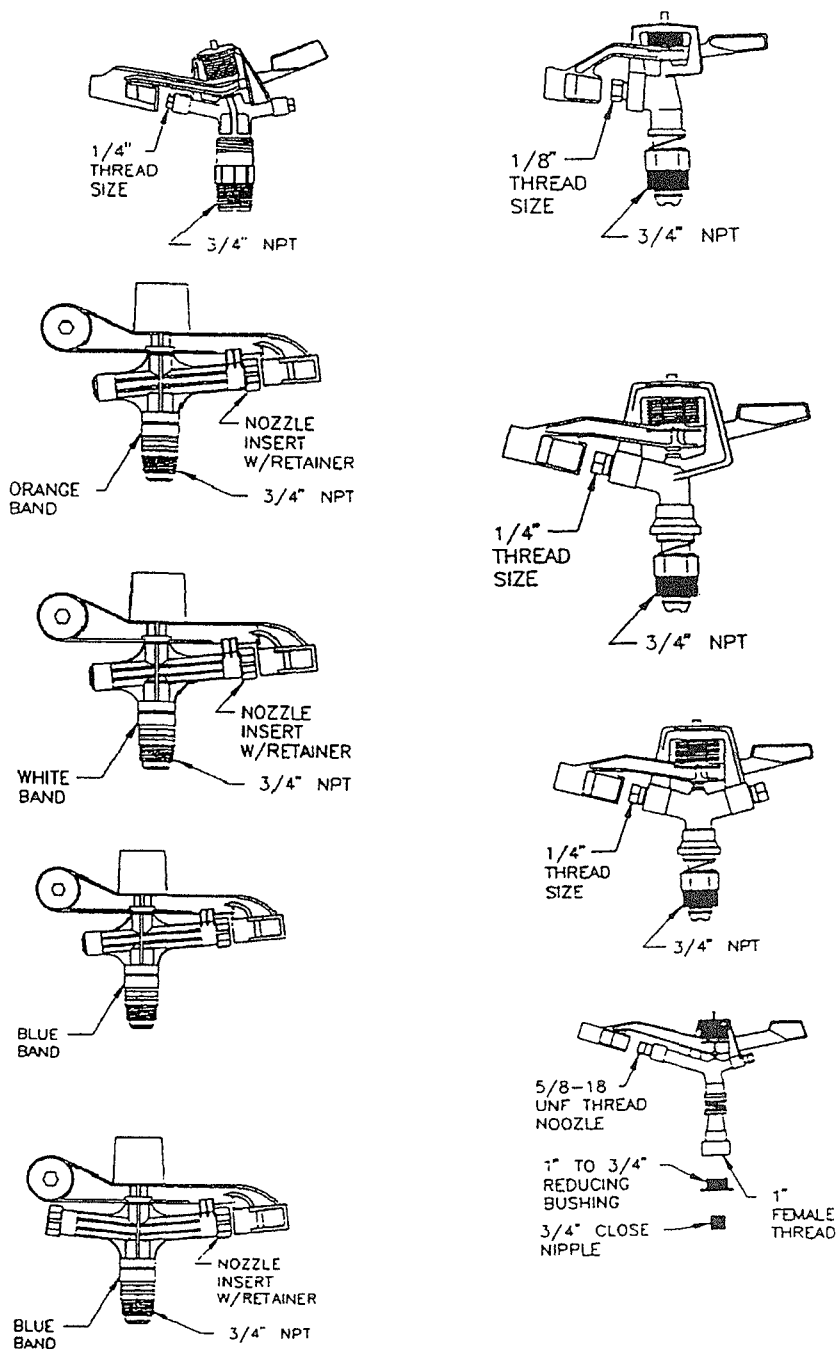
Krajnji rasprskivač (gun-sprinkler) izvodi se također s različitim otvorima mlaznice. Top rasprskivač radi pod tlakom od 3,5 do 7 bara. Ako je tlak vode niži, učinkovitost je rada mala. U tom slučaju ugrađuje se precrpna stanica (booster pump).

Mikrorasprskivači (sprayers) ugrađuju se ponekad na opskrbni cjevovod koji je paralelan s lateralnim cjevovodom. Time se postiže bolja raspodjela tlakova vode i jednostavnija je regulacija izlazne količine vode. Ako se sprayeri postave blizu površine polja, može se postići veća učinkovitost rada rampe, naročito u slučaju vjetra (slika 3.7.-15).

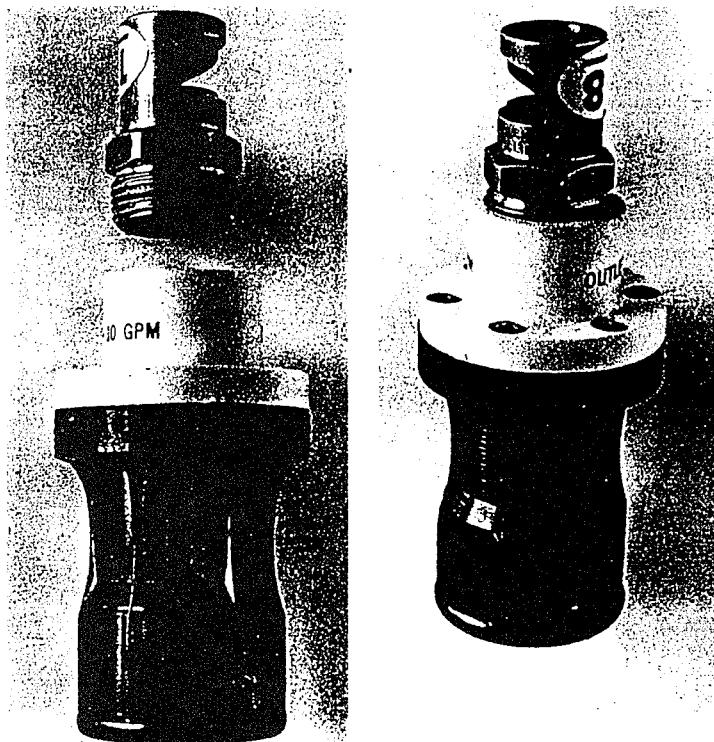
Proizvođači rasprskivača danas ugrađuju regulatore tlaka vode između sapnice (nozzle) i držača rasprskivača. Na taj se način održava skoro konstantna izlazna količina vode i pri varijaciji tlakova. Ova vrsta opreme daje dobru distribuciju vode i na nagnutim terenima, gdje se mogu pojaviti različiti tlakovi vode u cijevi na različitim mjestima. Sprayeri mogu imati prstenastu dijafragmu. Otvor dijafragme određuje tlakove i količine vode: od 1 do 3 bara i od 1 do 7 m³/h.



Slika 3.7.-13 Rasprskivači vode ili sprinkleri - položaji sprinklera na pomičnoj rampi



Slika 3.7.-14 Detalji i vrste rasprskivača



Slika 3.7.-15 Rasprskivač s regulatorom tlaka

Veličinu izlaznog protoka vode na rasprskivaču određuje udaljenost od centra rampe. Veličina protoka raste kad se točka promatranja pomiče od centra rampe. Vrsta je tla limitirajući faktor izlaznog protoka vode. Satna količina vode ne može premašiti infiltracijski kapacitet ili, u krajnjem slučaju, kapacitet retencije tla.

Na slici 3.7.-16 prikazane su vrste raspodjela sprinklera na cijevi. Slučaj 1) pokazuje konstantan razmak između sprinklera koji su različitih tipova. Slučaj 2) pokazuje različit razmak sprinklera koji su istog tipa. Slučaj 3) pokazuje niskotlačni tip sprinklera postavljenih na različite razmake. Slučaj 4) pokazuje niskotlačne sprinklere, puni krug natapanja. Slučaj 5) pokazuje stanje polukruga s niskotlačnim sprinklerima.

Istraživanje ravnomjernosti natapanja različitim sprinklerima izvodi se mjerenjem dubine natapne vode uzduž radijusa natapnog kruga.

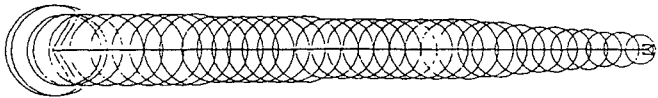
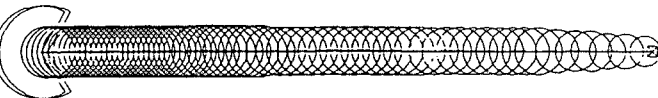
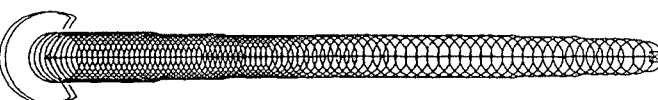


Ravnomjernost dodane vode za natapanje provjerava se koeficijentom Christiansena (ovdje je modificiran izraz): \bar{V}

$$Cu = \frac{100}{1 - \sum \frac{(V_s - \bar{V})}{V}}$$

gdje je:

- Cu - Christiansenov koeficijent, koji se kreće se od 0 do 1
 V_s - volumen dodane vode na jedinicu površine u trenutku
 \bar{V}_s - srednji volumen dodane vode na jedinicu površine
 V - ukupni volumen dodane vode za cijelu pomičnu rampu podijeljenu s natapnom površinom rampe

Za većinu provedenih pokusa rezultati su dobri i Cu se kreće od 0,8 do 0,9.

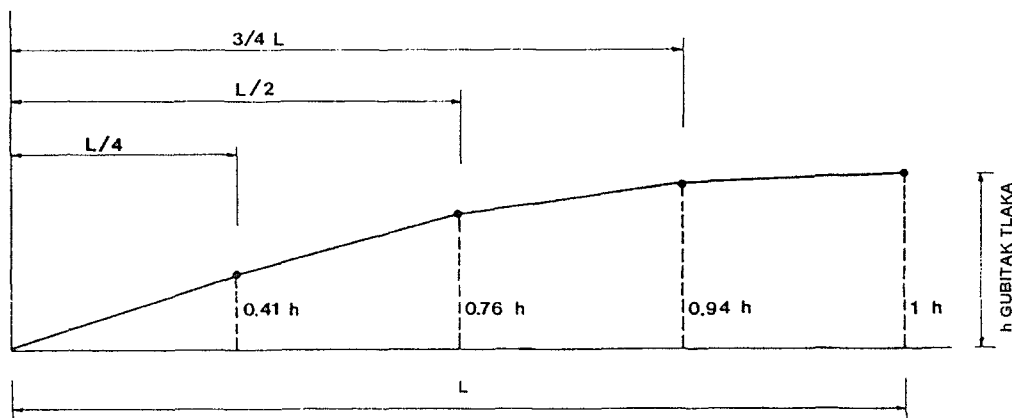
1		MAKSIMALNI PROMJER (Feet) 140-160	VELIKE KAPLJICE
2		90-100	SREDNJE KAPLJICE
3		60-80	VELIKE KAPLJICE
4		30-40	MALE KAPLJICE
5		15-20	MALE KAPLJICE

Slika 3.7.-16 Osnovna rješenja distribucije sprinklera na lateralnom cjevovodi

1 foot = 0,305 m

3.7.4.2. Izbor optimalne raspodjele jedinica sprinklera

Teorijske studije o pogonu kružno - pomičnih rampi daju krivulju izlaznih količina vode uzduž lateralnog cjevovoda. Ta teoretska krivulja, prikazana na slici 3.7.-17, mora se provjeriti u pogonu svake pomične rampe.



Slika 3.7.-17 Teorijski gubitak tlaka lateralnog cjevovoda

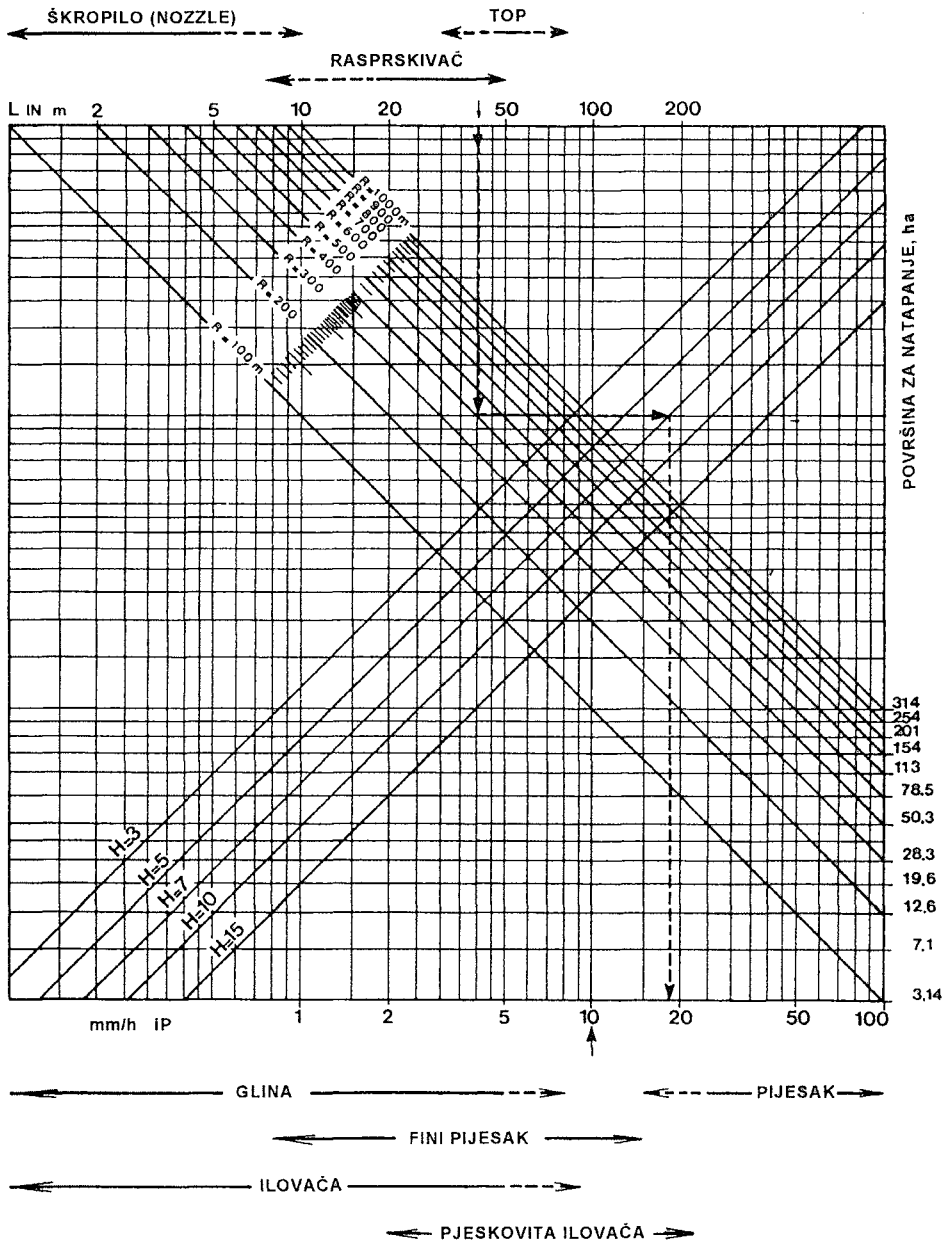
Način za izbor optimalne raspodjele sprinklera na lateralnom cjevovodu jest ovaj: pretpostavlja se da je varijacija tlakova jednaka teorijskoj vrijednosti (slika 3.7.-17). Uz pretpostavljeni, poznati tlak u cijevi, koristeći se podacima o izlaznim tlakovima u sapnici sprinklera, izabiru se odgovarajući sprinkleri. Uz poznati kapacitet sprinklera i kapacitet cjevovoda između dvaju sprinklera, može se točno izračunati tlak na svakom sprinkleru, a također i njegov kapacitet. Pretpostavlja se linearna promjena veličina između dviju točaka kontrole.

Uz primjenu računala danas je taj rad znatno olakšan. Proizvođači opreme dostavljaju sve potrebne podatke uz isporučenu kružno - pomičnu rampu.

Za brzo određivanje karakteristika natapanja kružno - pomičnom rampom, ovisno o vrsti tla može poslužiti nomogram koji je publicirala francuska tvrtka "Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région Bas-Rhône Languedoc" 1978. godine. Nomogram je prikazan na slici 3.7.-18.

Poznate su veličine:

- H = potreba za vodom, mm/d
- P = maksimalni obrok infiltracije, mm/h
- R = udaljenost sprinklera od centra - piv



Slika 3.7.-18 Nomogram za provjeru karakteristika natapanja kružnom rampom

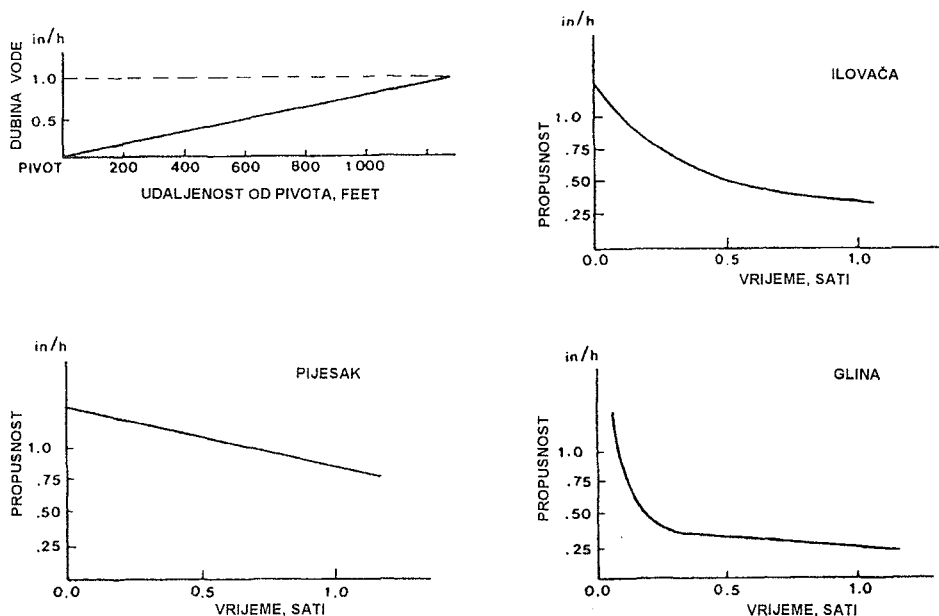
Potrebno je provjeriti zadovoljava li vrijednost L, koja je dvostruka udaljenost između sprinklera, odnos:>

$$P > H \frac{2\pi R}{24L}$$

Na nomogramu je prikazan slučaj dobivenih rezultata s: $H=7$ mm/d, $P=10$ mm/h, $R=400$ m i $L=40$ m. U tom slučaju uvjeti nisu ispunjeni.

Prikazani nomogram izrađen je uz pretpostavku stalne propusnosti tla za vodu.

Ako se propusnost tla za vodu mijenja, mogu se koristiti grafovi prikazani na slici 3.7.-19. Ovi podaci daju samo grube pokazatelje. Stvarne vrijednosti moraju se mjeriti na licu mjesta.



Slika 3.7.-19 Karakteristike natapanja kružnom rampom pri promjenjivoj propusnosti tla

1 inch (palac) = 25,4 mm

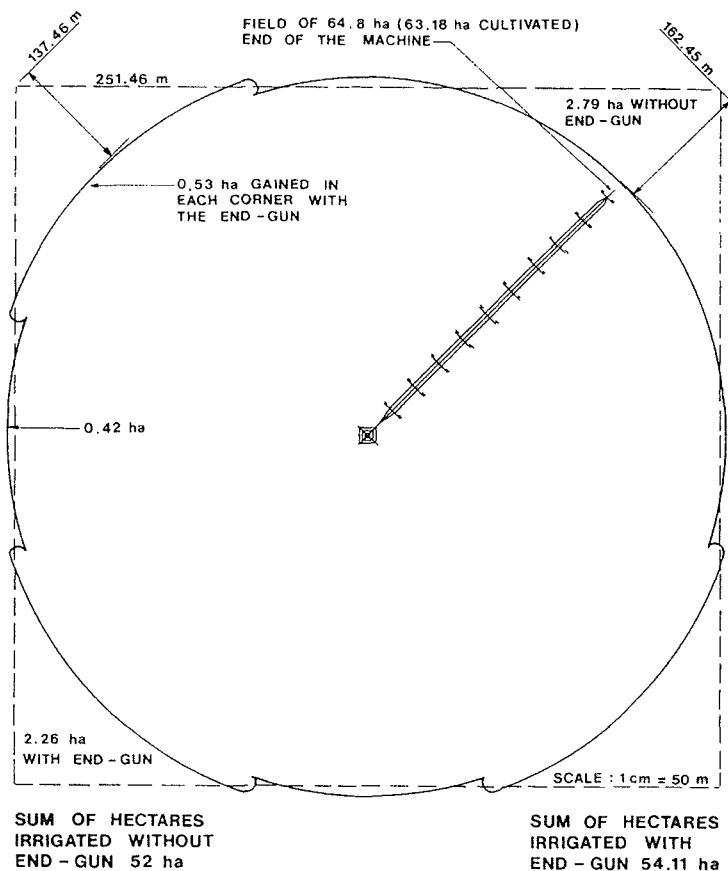
1 foot (stopa) = 0,305 m

3.7.5. Natapanje kutnih dijelova polja

Većina polja za natapanje ima četvrtast ili pravokutan oblik. Upotreba kružno-pomične rampe za natapanje za takve oblike parcela znači gubitak površine u iznosu od:

$$\frac{4R^2 - \pi R^2}{4R^2} = 0,21 \text{ ili } 21\%$$

R je polumjer natapnog kruga površine u četvorini.



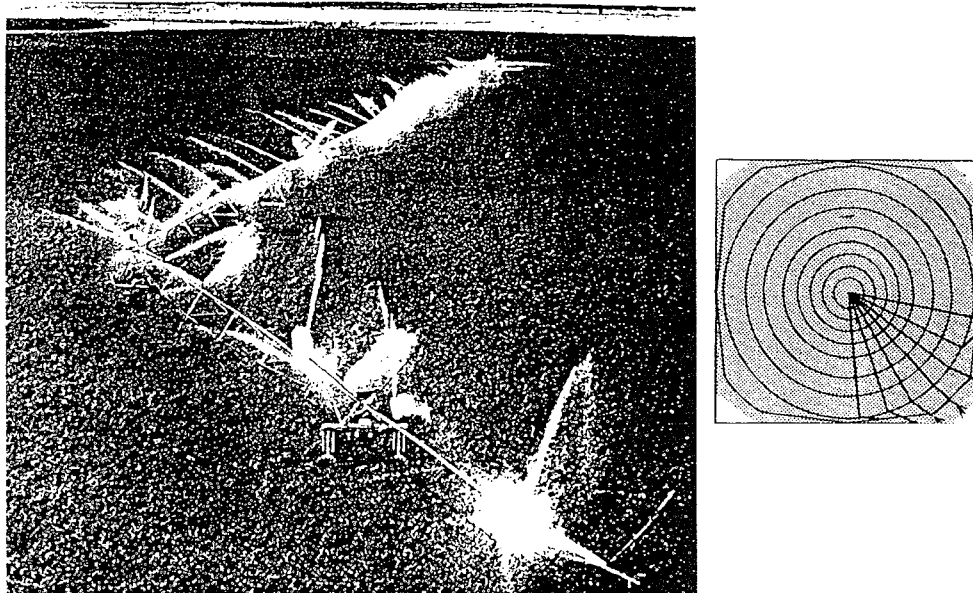
Slika 3.7.-20 Natapanje kutnih dijelova polja – Lindsay zimmatic tip

Proizvođači opreme predlažu veći broj rješenja za natapanje dijelova površine tla koji se nalazi izvan kruga koji pokriva kružna rampa. Ti dodaci osnovnoj opremi nazivaju se u engleskom jeziku *corner system*.

Na slici 3.7.-20 prikazuje se rješenje Lindsay Co. Kraj kružno-pomične rampe opremljen je s dalekometnim rasprskivačem - topom, uz dodatak precrpnice (booster crpke). Površina je u četvorini polja 64,8 ha, kružna rampa natapa 52 ha, a s dodatnom opremom natapa se 54,11 ha.

Drugo rješenje istog proizvođača predviđa instaliranje dodatne manje kružno-pomične rampe na kraju osnovne rampe.

Iduća slika, 3.7.-21, prikazuje rješenje Valmont Valley Co. U tom je slučaju lateralni cjevovod, osnova kružne rampe, produljen dodatkom koji rotira oko vertikalne osi zadnjeg tornja. Tim se rješenjem od 65 ha bruto površine polja natapaju osnovnom kružnom rampom 52 ha, a dodatkom dodatnih 8 ha.



Slika 3.7.-21 Natapanje kutnih dijelova polja – Valmont valley tip

3.7.6. Potrošnja energije za pogon kružne rampe

Za pogon kružno - pomične rampe koristi se električna energija proizvedena na licu mjesta u generatoru ili iz javne mreže. Ako se koristi javna mreža, tada se transformator postavlja na rubu polja, a do centra rampe struja se dovodi kabelom. Na potrošnju energije, a time i na instalirani kapacitet elektroopreme, utječe tip izabranih sprinklera, naime jesu li visokotalčni ili niskotlačni, postoji li krajnji dalekometni top itd. Energiji za natapanje dodaje se energija za pogon kružne rampe.

Na temelju provedenih istraživanja zaključuje se da je vršna potrebna energija otprilike dvostruko veća od prosječno potrebne energije.

Ušteda u radnom tlaku vode za natapanje jest ušteda u potrošnji energije. To se jasno vidi iz provedenih istraživanja za dva slučaja:

Slučaj 1.: Sustav s visokim radnim tlakom (5,5 bara)

- izlazna količina vode	204 m ³ /h
- potreban tlak	56 m
- gubitak tlaka	61 m
- ukupni tlak	117 m
- potrebna energija	64,5 kW

Uz učinak crpke od 75% i učinak motora od 90%, potrebna bruto energija jest 95,4 kW.

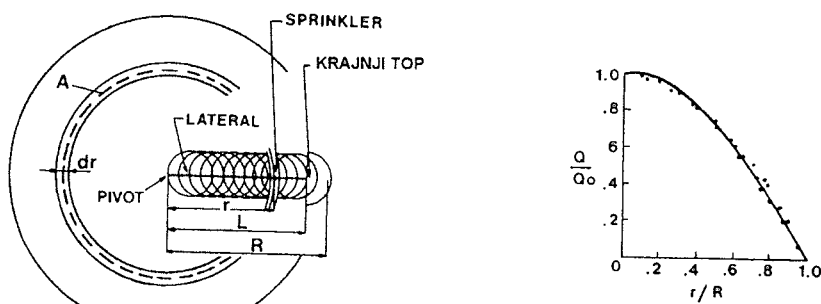
Slučaj 2.: Sustav s niskim radnim tlakom (1,7 bara)

- izlazna količina vode	204 m ³ /h
- potreban tlak	17,7 m
- gubitak tlaka	61 m
- ukupni tlak	78,7 m
- potrebna energija	43,2 kW
Bruto energija jest	63,9 kW.

3.7.7. Radni tlakovi kružne rampe

Potrebni radni tlakovi vode za rad kružno - pomične rampe temeljni su podaci za planiranje i projektiranje natapanja ovim načinom. Tlakovi u prvom redu ovise o količini vode za natapanje, razmaku rasprskivača, njihovu tipu te o gubicima tlaka u lateralnom cjevovodu.

Na slici 3.7.-22 prikazuju se osnovni elementi za proračun tlakova.



Slika 3.7.-22 Elementi kružne rampe za proračun tlakova

Minimalan potreban tlak na kružnoj rampi:

$$F = (h_0 - hR) / hm,$$

gdje je:

- F = koeficijent za kružne rampe podjednakih karakteristika, iznosi oko 0,54
 h_0 = potreban tlak na ulazu kružne rampe
 hR = potreban tlak na kraju kružne rampe
 hm = gubitak tlaka u lateralnom cjevovodu, bez sprinklera

Tlak uzduž lateralnog cjevovoda računa se po izrazu:

$$(hr - hR)/(h_0 - hR) = 1 - (15/8)(x - 2x^3/3 + x^5/5),$$

gdje je:

$$x = r/R$$

r = udaljenost između točke u kojoj se računa tlak i centar pivota

R = radijus natapanog kruga

Primjer proračuna:

Zadano:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| - izlazna količina vode na lateralnom cjevovodu: | $Q_0 = 204 \text{ m}^3/\text{h}$ |
| - izlazna količina vode na krajnjem topu: | $Q_i = 18,8 \text{ m}^3/\text{h}$ |
| - promjer | $D = 152 \text{ mm}$ |
| - dužina | $L = 392,8 \text{ m}$ |
| - koeficijent trenja (Scobey) | $c = 0,34$ |
| - potreban tlak vode na kraju | $hL = 2,8 \text{ bara}$ |

Potrebno je izračunati teoretsku dužinu $R > L$ (zbog krajnjeg topa):

$$Q = Q_0 \times [1 - (L/R)^2]$$

$$18,8 = 204 [1 - (392,8/R)^2]$$

Slijedi: $R = 473,2 \text{ m}$

Gubitak tlaka iznosi (koriste se tablični podaci) : $hm = 2,67 \text{ bara}$.

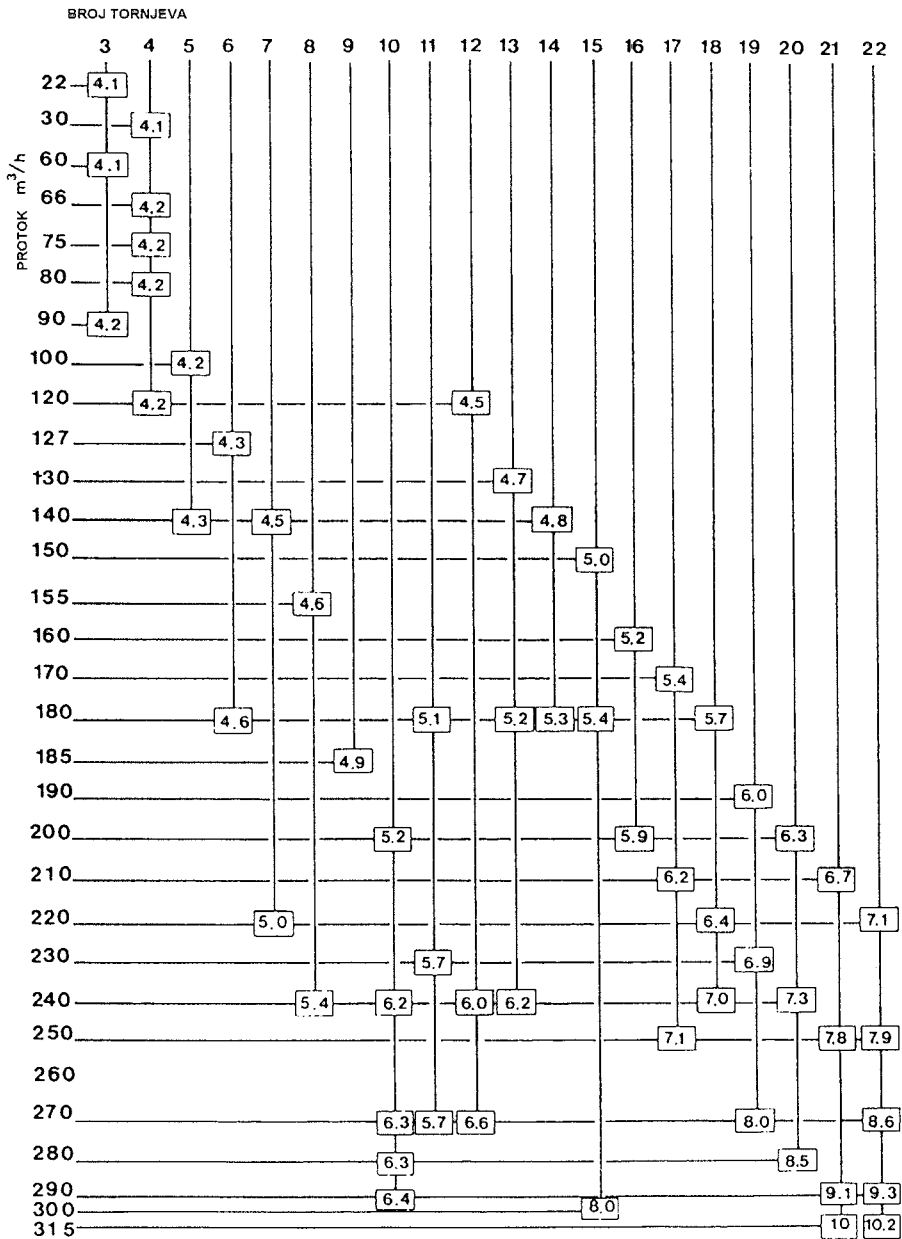
Izraz (3) daje:

$$h_0 - hR = 0,543 \times 2,67 = 1,45 \text{ bara}$$

$$h_0 = 1,45 + 2,80 = 4,25 \text{ bara}$$

Varijacije tlakova uzduž lateralnog cjevovoda prikazane su u tablici 3.7.-1.

Proizvođači opreme isporučuju tablične podatke i grafove tlakova na kružnoj rampi s pomoću kojih se može odrediti tlak na lateralnom cjevovodu. Tako se na slici 3.7.-23 prezentiraju podaci "Irrifrance".



Slika 3.7.-23 Minimalno potrebni tlakovi na kružnoj rampi za 4 bara tlaka na sprinklerima

*Raspodjela tlakova uzduž lateralnog cjevovoda**Tablica 3.7.-1*

$x=r/R$	H (bar)	hr-hl (bar)	Računati tlak hr (bar)
0,0	0,0689	1,447	4,203
0,1	0,0565	1,192	3,948
0,2	0,0434	0,916	3,672
0,3	0,0324	0,682	3,438
0,4	0,0220	0,462	3,218
0,5	0,0014	0,303	3,059
0,6	0,0076	0,158	2,914
0,7	0,0034	0,076	2,832
0,8	0,0007	0,014	2,770
0,9	0,0000	0,000	2,756
1,0	0,0000	0,000	2,756

3.7.8. Brzina rotacije i kapacitet kružne rampe

Potrebna količina za natapanje određuje se temeljem agronomskih zahtjeva. Potrebno je biljke opskrbiti dovoljnom količinom vode. Količina dodane vode natapanjem mora odgovarati infiltracijskim svojstvima tla. To znači da se mora postići optimalan obrok natapanja.

Poznatoj veličini mjesečne potrošnje vode dodaju se gubici zbog evaporacije. U tablici 3.7.-2. kao primjer navodi se hipoteza da je učinkovitost 80%, a da su gubici 20%. Stvarni koeficijent učinkovitosti natapanja mora biti rezultat istraživanja i mjerenja na licu mjesta.

*Potrebna količina vode za natapanje**Tablica 3.7.-2*

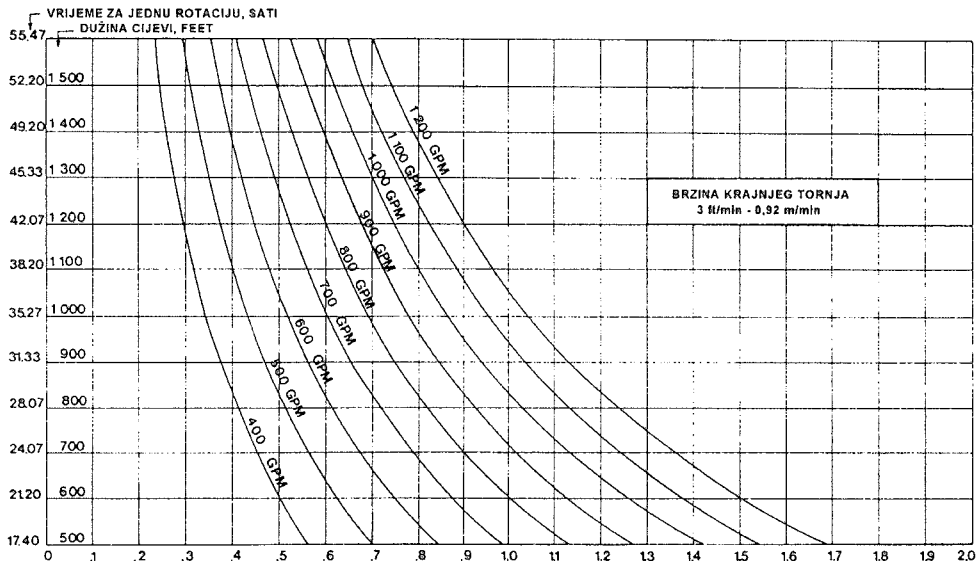
Mjesec	Potrebna količina mm	20% gubici mm	Ukupno potrebna količina mm
svibanj	118	29,5	147
lipanj	138	34,5	173
srpanj	156	39,0	196
kolovoz	142	35,5	178
rujan	136	34,0	170

Kapacitet kružno - pomične rampe izračunava se za maksimalnu potrebu za vodom od 196 mm u 30 dana. Nakon toga računa se dnevna potrebna količina vode:

$$196 : 30 = 6,60 \text{ mm/dan}$$

Projektirana oprema za ovaj maksimalni kapacitet moći će isporučiti i manje količine vode regulacijom ili prekidanjem natapanja.

Proizvođači, uz opremu, isporučuju detaljne podatke u obliku tablica i grafova. U njima su korelativni podaci između dužine lateralnog cjevovoda, izlaznih količina vode i dubine sloja natapne vode koja se isporučuje u jednoj rotaciji rampe. Brzina je kretanja krajnjeg tornja zadana. Iz tih se podataka tada računa vrijeme jednog okreta rampe. Kao primjer, na slici 3.7.-24 prikazuje se količina isporučene vode u jednoj rotaciji.

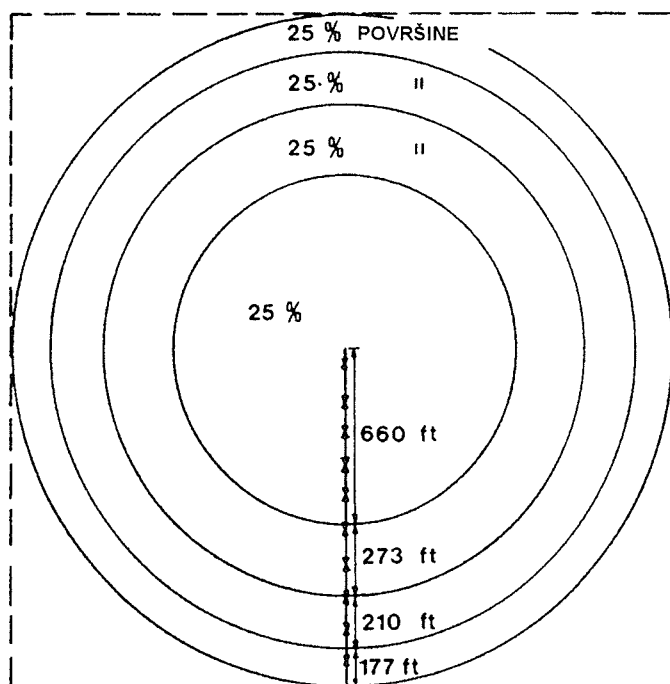


Slika 3.7.-24 Količina isporučene vode u jednoj rotaciji

$$1 \text{ foot} = 0,305 \text{ m}$$

$$1 \text{ GPM} = 0,227 \text{ m}^3/\text{h}$$

Raspodjela natapne vode uzduž lateralnog cjevovoda i po natapnoj površini prikazana je na slici 3.7.-25. Duljina je cijevi 402 m. U svakoj zoni raspodjele nalazi se po 25% ukupne površine. Potrebno vrijeme za aplikaciju vode potrebne biljkama veće je za prvu četvrtinu, s radijusom od 201 m, nego za zadnju četvrtinu, s radijusom 54 m (ili 177 feeta). Vrijeme aplikacije potrebne količine vode određuje srednju veličinu obroka natapanja ili aplikaciju u 1 satu.



Slika 3.7.-25 Distribucija vode uzduž kružne rampe

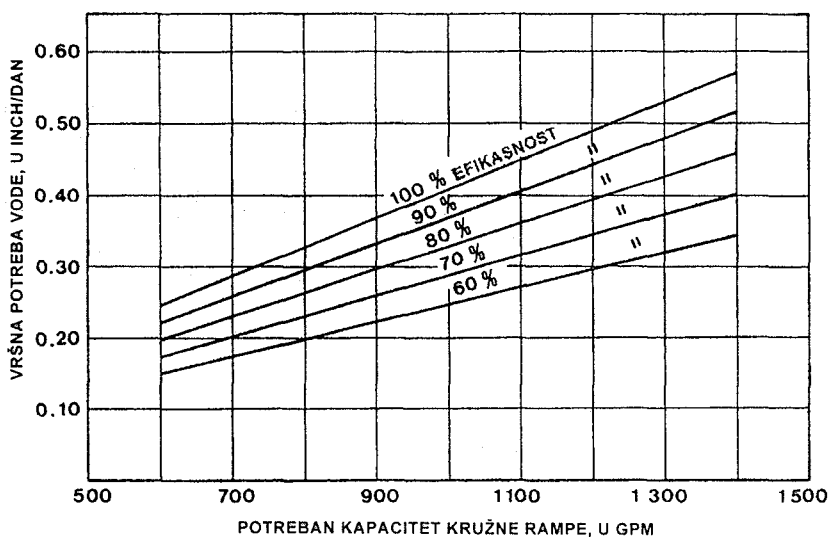
Srednja veličina obroka natapanja u odnosu prema udaljenosti u pivotu prikazana je u tablici 3.7.-3.

Srednje veličine obroka natapanja

Tablica 3.7.-3

Udaljenost od centra rampe - pivota, m	Obrok mm/h	Udaljenost od centra rampe m	Obrok mm/h
29	5,3	221	11,4
56	5,6	249	11,4
84	6,4	276	13,5
111	8,9	303	16,5
139	8,9	331	18,3
166	9,9	358	20,6
194	10,9	386	21,1

Iz istraživanja raznih institucija i autora poznate su vršne vrijednosti potreba za vodom za različite kulture uz određenu klimu. Takvi podaci mogu poslužiti za dimenzioniranje natapne opreme. Kao primjer, na slici 3.7.-26 navodi se potrebna količina vode za natapanje uz različite učinke. Ti podaci omogućuju određivanje količine vode za kružnu rampu u odnosu prema vršnoj potrebi za vodom.



Slika 3.7.-26 Potrebne količine vode za natapanje površine od 52,6 ha

1 GPM = 0,227 m³/h

1 inch = 25,4 mm

Na kraju razmatranja kapaciteta i brzine rotacije ponovit će se osnovni podaci za kružno - pomične rampe (električni pogon):

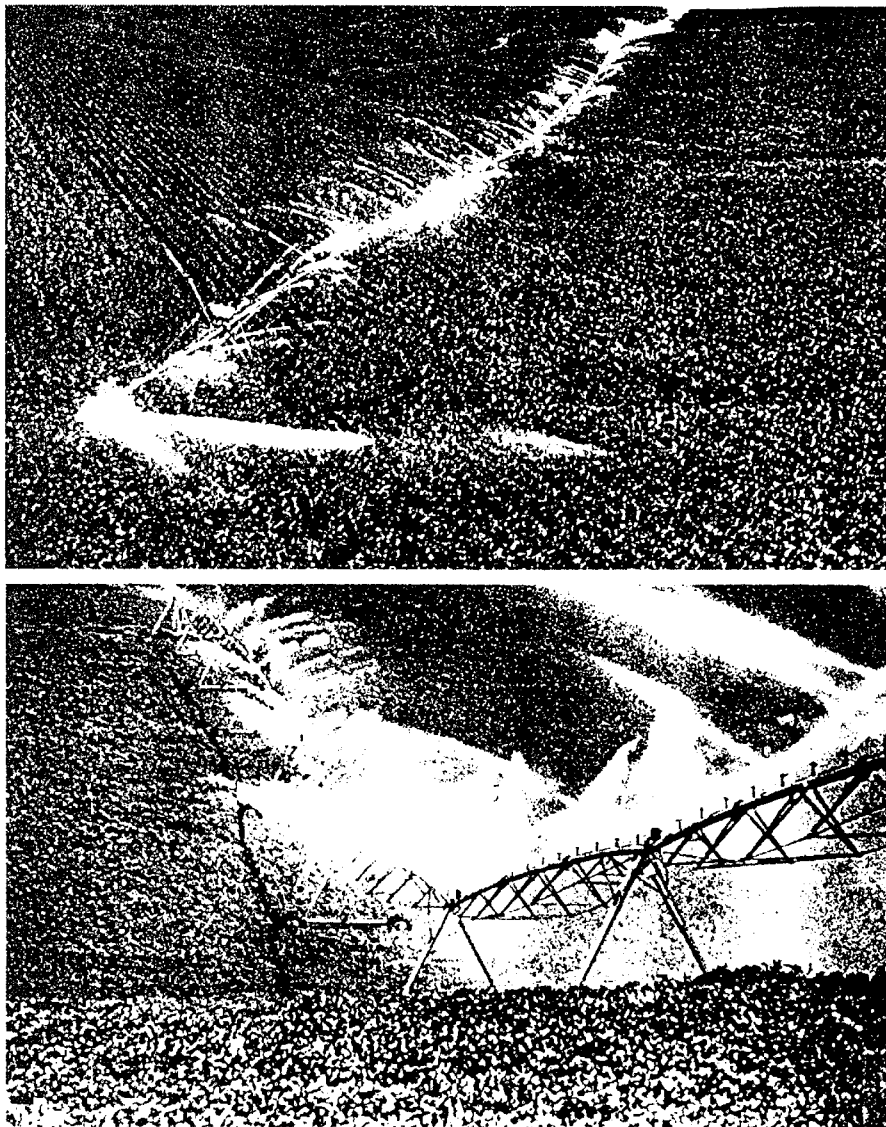
- uobičajena dužina lateralnog cjevovoda: 400 m
- protok – kapacitet 135 do 270 m³/h
- vrlo dug lateralni cjevovod oko 750 m
- protok – kapacitet 350 - 400 m³/h

3.7.9. Ograničenja u primjeni kružnih rampi

U primjeni kružno-pomičnih rampi za natapanje postoje ograničenja u odnosu prema topografiji terena i osobinama tla.

3.7.9.1. Topografija

Nagib terena za primjenu ove vrste natapne opreme ne bi trebao prelaziti 10 do 15 posto. Te nagibe tornjevi kružne rampe mogu normalno savladati da se ne pojave dodatna, štetna opterećenja u konstrukciji. Slika 3.7.-27 pokazuje da se valoviti teren može natapati kružno - pomičnom rampom. Kružne rampe mogu raditi i na većim nagibima, kako su pokazala pokusna ispitivanja. U takvim slučajevima izostaje garancija proizvođača opreme.



Slika 3.7.-27 Rad kružno pomične rampe na valovitu terenu

3.7.9.2. Osobine tla

Osobine tla, neovisno o nagibu terena, mogu praviti određene probleme u primjeni kružnih rampi. To vrijedi naročito za povećani sadržaj glinovitih čestica. Kretanje rampe po tlu fine teksture otežano je kad je navlaženo. Kotači ostavljaju duboke tragove u tlu. Na kotače se, u takvim slučajevima, mogu staviti posebni naplatci, koji smanjuju specifično opterećenje. Dio tih problema može se izbjeći izborom tipa opreme: upotreba aluminijskih, manji rasponi između tornjeva (oko 30 m) itd.

Glavni je problem, vezan uz tlo, veličina propusnosti za vodu, ili preciznije, nedovoljna propusnost. Zbog tog razloga treba vrlo pažljivo dimenzionirati kružno - pomičnu rampu. U točki 3.7.-14. još će se dotaknuti ovaj problem.

3.7.9.3. Preporuke za primjenu kružnih rampi

U nastavku se daju određene preporuke za primjenu kružnih rampi u različitim uvjetima terena:

1. na strmom terenu preporučuje se, za transmisiju snage motora na kotače, koristiti lance ili diferencijal.
2. u glinovitu tlu upotrebljavati naplatke za kotače (obično gusjenice). Drugi je način široki profil guma i veći promjer kotača.
3. za nagnuti teren i glinovito tlo primjenjivati manje raspone između tornjeva rampe (30 do 40 m).

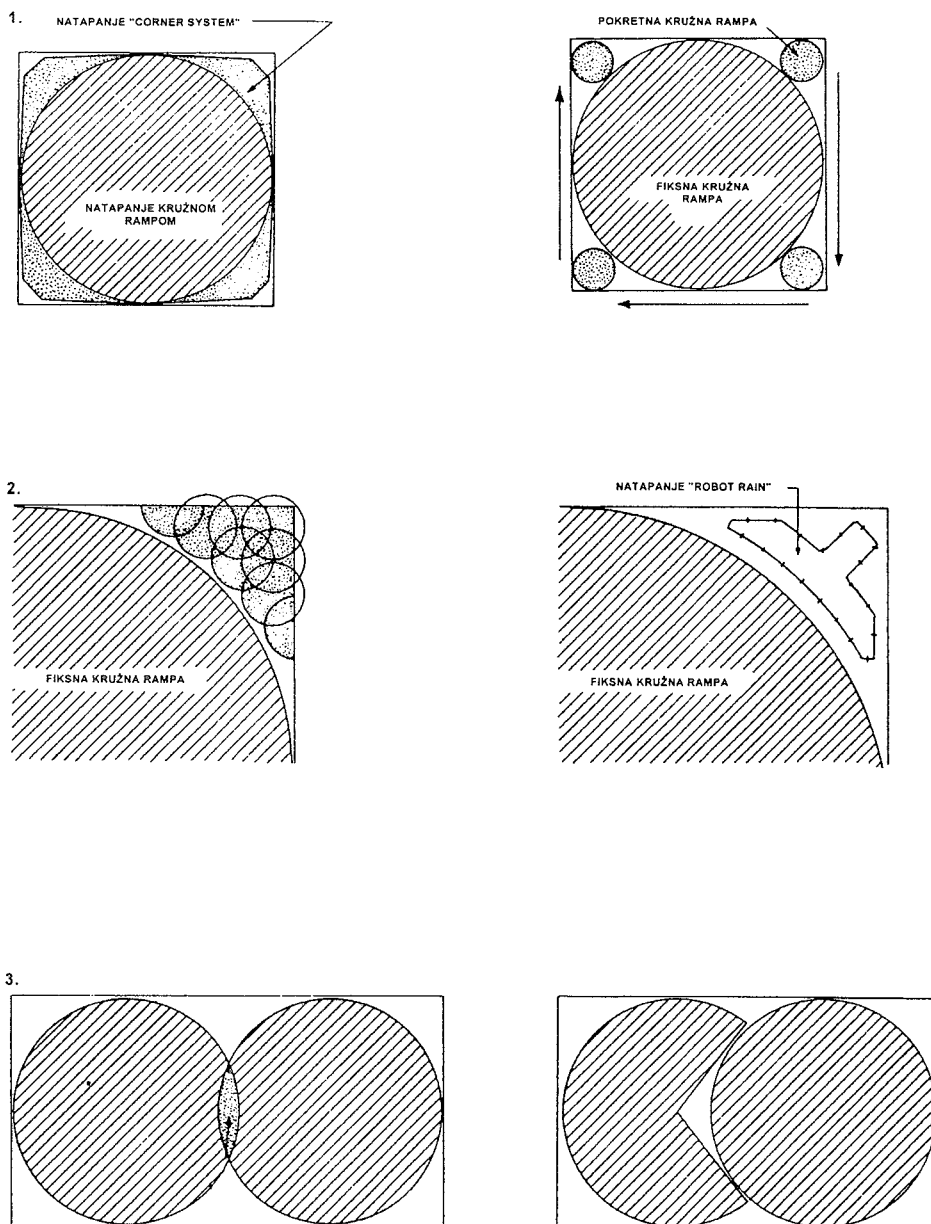
3.7.10. Prilagodba kružne rampe različitim oblicima polja

Kružno - pomična rampa konstruirana je za natapanje velikih površina s malom upotrebom radne snage. Primjena je kružnih rampi naročito povoljna kada ne postoje međe na polju te kada je cijena zemljišta relativno niska. Danas se razvijaju kružno - pomične rampe za nove uvjete, za komercijalno vrijedne kulture i za slučajeve visoke cijene zemljišta. Na slici 3.7.-28 prikazane su neke mogućnosti prilagodbe upotrebe kružnih rampi radi produktivnosti i dobiti.

Slučaj 1: veliko polje za natapanje. Mogu se upotrebljavati jedna ili više kružnih rampi za natapanje. Da bi se smanjili gubici u proizvodnoj površini dodaje se oprema za natapanje kuteva - npr. "corner system".

Slučaj 2: za natapanje kružnom rampom primjenjuje se stabilni sustav za natapanje dalekometnim topovima za površinu izvan natapnog kruga kružne rampe.

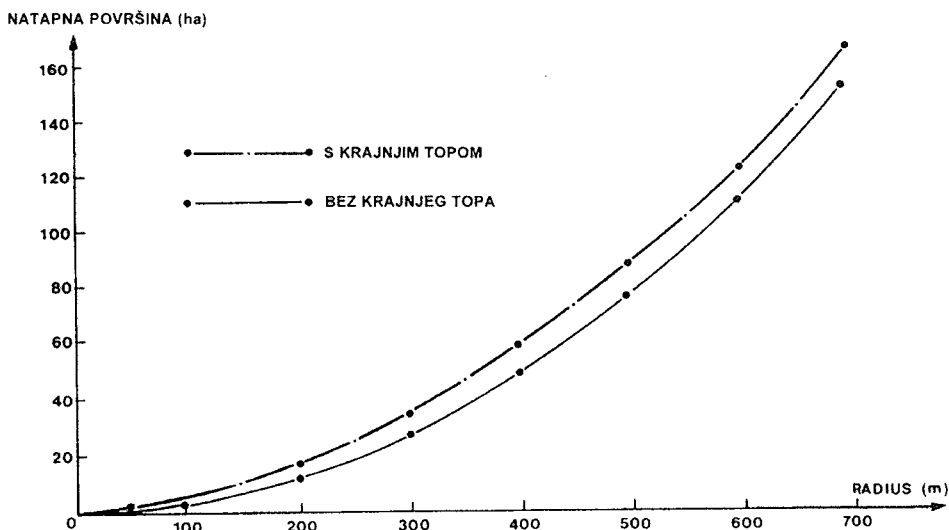
Slučaj 3: smanjenje izgubljenih površina može se postići preklapanjem natapnih površina.



Slika 3.7.-28 Prilagodba kružno - pomičnih rampi

U zadnje vrijeme primjenjuju se relativno kratke kružno - pomične rampe. Pokazalo se da rampe s dvama do trima tornjevima, ili čak s jednim tornjem, imaju veliku primjenu u nekim područjima. Takve male pomične rampe lako se

premještanju s jedne pozicije na drugu. Oprema je lagana, a rampa s 3 tornja, raspona 3x60 m, natapa površinu od 10 ha. Na slici 3.7.-29 prikazane su veličine natapnih površina u ovisnosti o radijusu pomične rampe.



Slika 3.7.-29 Natapanje površine kružno - pomičnom rampom

3.7.11. Kakvoća natapanja kružno – pomičnim rampama

Natapanje kružno - pomičnom rampom ima dobru uniformnost raspodjele vode na polju. Vrijednosti koeficijenta C_u iznose od 70 do 90. Vrijednosti ispod 80 pojavljuju se pri vjetrovitom vremenu. Vjetar brzine 8 – 10 km/sat ne utječe mnogo na uniformnost raspodjele vode. U slučaju vjetra potrebno je rasprskivače postaviti što niže, ovješene na vertikalne cijevi.

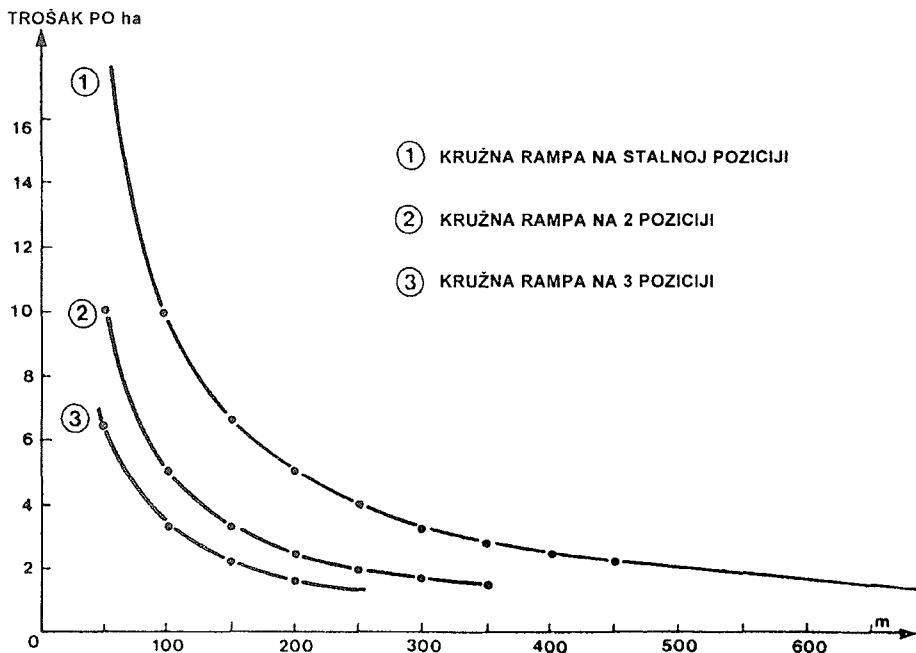
Zbijanje tla zbog natapanja može se smanjiti upotrebom sprinklera manjim kapljicama vode. Izbor vrste sprinklera određuje kakvoću natapanja pa je potrebno pažljivo provesti analize prije izbora ove opreme.

Natapanje kružno – pomičnom rampom ima veliku kakvoću u pogledu prilagodbe potrebama biljaka za vodom za vrijeme vegetacijskog razdoblja.

3.7.12. Ekonomija natapanja kružno – pomičnim rampama

Postupak izbora natapanja kružno – pomičnim rampama uključuje i ekonomska razmatranja. Kada se izabere ovaj tip natapne opreme, odlučuje se da li će rampa biti samo na jednom položaju (polju) ili će se pokretati s jednog na drugi položaj (polje), potom o dužini lateralnog cjevovoda, odnosno promjera natapnog kruga, o radnom tlaku vode na opremi, protoku, o vrsti rasprskivača, brzini kretanja rampe, tipu kotača, rasponu između dvaju tornjeva itd. Veliki je broj osobina opreme koje se analiziraju i donosi odluka o izboru. Oprema mora zadovoljiti potrebe natapanja: da nema površinskog otjecanja vode, normalno kretanje rampe na polju, ispunjenje zahtjeva biljaka za vodom u vremenu razvoja, povoljna učinkovitost natapanja, što manje izgubljenih proizvodnih površina i dr. Nakon tehničkog izbora opreme analiziraju se troškovi i očekivana dobit.

Na slici 3.7.-30 prikazane su orijentacijske vrijednosti cijena kružno–pomičnih rampi za razne slučajeve: različite dužine rampi i višekratna upotreba na različitim poljima. Cijena je naznačena samo u jedinici troška, bez naznake vrijednosti.



Slika 3.7.-30 Promjene troškova kružne rampe po 1 ha

Iz objavljenih financijskih analiza u SAD-u prikazat će se nekoliko detalja koji pokazuju raspodjelu troškova i korist od upotrebe kružno-pomičnih rampi. Kružno-pomična rampa dužine 400 m, električni pogon tornjeva, natapa oko 52 ha površine i ima cijenu između 22.800 i 38.150 USD. Lokalni transport opreme do polja košta između 1.100 i 1.330 USD. Montaža opreme stoji oko 1.900 USD. Elektro-oprema do centra pivota stoji između 3.800 i 4.700 USD. Montaža elektro-opreme stoji od 700 do 1.170 USD. Opskrba vodom do centra rampe, pretpostavka, stoji između 22.00 i 28.000 USD ili, prosječno po 1 ha, 385 USD. U tablici 3.7.-4 prikazani su detalji različitih troškova.

Cijene natapanja kružno-pomičnom rampom

Tablica 3.7.-4

Vrsta troškova	Cijena po 1 ha (USD)	
	Niska procjena	Visoka procjena
Inicijalni troškovi dovoda vode do centra rampe	450	571
Inicijalni trošak kružne pumpe	470	785
Godišnji troškovi pogona:		
- radna snaga	9,3	13,9
- energija	28,0	37,4
- održavanje	14,0	23,3
- kamate na kredit	1,4	1,8
Ostali godišnji troškovi:		
- amortizacija	70,0	116,7
- kamate na investicije	68,0	58,0
- osiguranje	2,4	3,5
Ukupno godišnji troškovi:	193,1	254,6

Radni vijek opreme uzima se u trajanju od 10 godina. Ekonomske analize projekta moraju sadržavati i cijenu zemljišta te pripadnu dobit. Na prihodovnoj strani procjenjuje se vrijednost priroda kultura. Ukupni se godišnji troškovi potom uspoređuju s godišnjim neto prihodom proizvodnje.

Financijska analiza prihoda i dobiti za proizvodnju na površini natapanoj kružno-pomičnom rampom pretpostavila je tri prodajne cijene za kukuruz: 7,55 USD/dt; 9,55 USD/dt i 11,33 USD/dt. Prirod je kukuruza oko 100 dt/hektaru. Rezultati analize predočeni su u tablici 3.7.-5.

Primjer proračuna dobiti pri natapanju kružno-pomičnom rampom**Tablica 3.7.-5**

Opis	Cijena u USD		
Kukuruz, cijena po dt	7,55	9,55	11,33
Fiksni troškovi opreme za natapanje, uključena cijena zemljišta po ha/god	450	450	450
Promjenjivi troškovi za uzgoj kukuruza, uključujući natapanje po ha/god	206	206	206
Prihodi po ha/god	725	927	1112
Neto dobit po ha/god	69	271	456

Iskazana neto dobit ukazuje na veliku važnost i potrebu za detaljnom analizom gospodarskih uvjeta poslovanja sredine u kojoj se primjenjuje natapanje kružno-pomičnom rampom.

3.7.13. Pogon, održavanje i nadzor kružne rampe

Teorijski, kružno-pomična rampa projektirana je da radi bez radne snage. Uz modernu opremu za automatski rad dovoljan je pritisak na dugme za regulaciju brzine kretanja rampe, početak rada ili zaustavljanje.

U praksi, kružno-pomična rampa zahtijeva pažnju da bi se izbjegle pogreške jer one dovode do gubitka proizvoda, a time i gospodarske štete. Rad natapne opreme povezan je s ostalim poljoprivrednim aktivnostima. Prosječno se uzima da jedan čovjek može voditi brigu o trima kružnim rampama.

3.7.13.1. Nadzor opreme prije vegetacijske sezone

- Provjeriti spoj kružne rampe na postolju i spojeve na tornjevima. Kružna je rampa osjetljiva na jak vjetar.
- Kontrolirati spoj vertikalne cijevi na dovod vode. Kontrolni ormar zaštititi.
- Provjeriti električne instalacije, otkloniti eventualnu koroziju, obaviti podmazivanja.
- Prije početka rada pomične rampe potrebno je isprati lateralni cjevovod.
- Provjeriti ispravnost crpnog agregata.
- Provjeriti ispravnost svakog pogona na tornjevima, puštajući ih u pogon.
- Provjeru električnih instalacija treba raditi kvalificirani radnik.
- Provjeriti kompletnu pomičnu rampu prije početka natapanja.

3.7.13.2. Nadzor za vrijeme vegetacijske sezone

Crpka, motori i rasprskivači moraju se redovno nadzirati da bi pogon opreme bio u redu. Obično predstavnici proizvođača vode brigu o rasprskivačima.

- Pijesak u natapnoj vodi oštećuje mlaznice rasprskivača pa ih treba kontrolirati i eventualno mijenjati.
- Rasprskivači se mogu blokirati pa je potrebna česta kontrola svakoga pojedinačno.
- Pogreške u pogonu mogu se izbjeći redovnom kontrolom operatera.
- Posebnu brigu voditi o sigurnosnom dijelu opreme.
- Ako se kružnom rampom apliciraju gnojivo ili drugi kemijski dodaci, oprema se mora isprati iza svake upotrebe. Time se izbjegava korozija i začepljenje sapnica rasprskivača.

3.7.13.3. Nadzor opreme nakon završetka sezone

- Lateralni cjevovod mora se isprati. Voditi računa da se cjevovod potpuno isprazni. Isprazniti i vertikalnu cijev u centru rampe. Zatvoriti sve otvore da male životinje ne mogu ući u opremu.
- Zatvoriti sve zaštitne kutije električne opreme. Također se pokrivaju svi motori.
- Podmazivati sva predviđena mjesta.
- Blokirati kotače na tornjevima.
- Provjeriti sve električne krugove na opremi.
- Ubilježiti sve potrebne popravke prije početka rada u idućoj sezoni.
- Voditi računa da ne dođe do zadržavanja vode u opremi.

Vidi se da kružno – pomična rampa traži veliku brigu da bi oprema dobro funkcionirala. Proizvođači isporučuju detaljne priručnike za održavanje kružno – pomičnih rampi.

Za upotrebu kružnih rampi korisnik treba imati u blizini odgovarajući servis za popravke.

3.7.14. Planiranje natapanja kružno – pomičnim rampama

Na računskom primjeru pokazat će se postupak planiranja – projektiranja kružno – pomične rampe.

Oprema se upotrebljava za natapanje četvrtastog polja površine 73 ha; nagib je površine 2 posto. Predviđa se intenzivno korištenje opreme za vrijeme razdoblja maksimalne potrebe kultura za vodom. Na taj se način smanjuju troškovi.

1. Određivanje radijusa opreme: manja dužina parcele dijeli se s 2:

$$R = 853 \text{ m} : 2 = 426,5 \text{ m}$$

2. Određuje se potreba biljaka za vodom i razdoblje s maksimalnom potrebom. Primjenjuju se podaci iz tablice 3.7.-6.

Vršne potrebe za vodom različitih kultura u različitim klimatskim uvjetima

Tablica 3.7.-6

Kultura Učinkovitost	Klima			
	Hladna mm/d	Umjerena mm/d	Topla mm/d	Pustinjska mm/d
Žitarice	3,81	5,08	5,59	7,62
Lucerna	5,08	6,35	7,62	8,89
Pamuk	5,08	6,35	7,62	8,89
Krmiva	5,08	6,35	7,62	8,89
Krumpir i ostalo povrće	3,56	5,08	6,35	7,62
Šećerna repa	5,08	6,35	7,62	8,89
Učinkovitost natapanja (%)	80	75	70	65

- vršna potreba za vodom: $P = 7,6$ mm/d

- učinkovitost natapanja: $E_i = 70\%$

3. Određivanje potrebnog protoka na opremi:

$$Q = \frac{P(\text{mm/d}) \times A(\text{ha})}{E_i} \times \frac{10}{24} \quad \text{m}^3/\text{h}$$

gdje je:

Q = protok kružno-pomične rampe u m^3/h

A = natapna površina u ha

$$A = \pi \times 426,5^2 = 57 \text{ ha}$$

$$Q = (0,42 \times 7,6 \times 57) : 0,70 = 259 \text{ m}^3/\text{h}$$

Ako je potreban protok na kružnoj rampi veći od raspoloživog protoka, smanjuje se dužine rampe.

4. Određivanje minimalno potrebnog vremena za jednu rotaciju pumpe

$$H = \frac{2\pi R_L}{60V}$$

gdje je:

H = vrijeme jedne rotacije

R_L = udaljenost zadnjeg tornja od centra

V = maks. brzina kretanja zadnjeg tornja u m/min

U našem primjeru $R_L = 389 \text{ m}$ i $V = 1,6 \text{ m/min}$

vrijeme rotacije jest: $H = (2\pi \times 389) : (60 \times 1,6) = 22 \text{ h}$

5. Minimalni neto sloj natapne vode isporučen u jednoj rotaciji rampe pri maksimalnoj brzini kretanja:

$$D_N = D_G \times E_t = \frac{P \times H}{24},$$

gdje je :

D_N = neto sloj vode u mm/rotaciji

D_G = bruto sloj vode u mm/rotaciji

$D_N = (7,6 \times 22) : 24 = 7,00 \text{ mm/rotaciji}$

6. Minimalna brzina kretanja rampe pri kojoj norma natapanja izaziva gubitak vode:

Korak A)

Računa se odnos Q/R iz:

$$h = \frac{1273 \times Q}{R \times r} \text{ mm/h},$$

gdje je:

h = sloj vode u mm/h

r = radijus natapnog kruga posljednjeg sprinklera na lateralu (bez krajnjeg topa) u m

Za izraz (9) konstruiran je graf za brži proračun

U našem primjeru:

$$r = 21,3 \text{ m}$$

$$Q/R = 0,605 \text{ m}^3/\text{h/m}$$

$$h = 36,1 \text{ mm/h}$$

Korak B)

Moguće usklađivanje vode u tlu "S" dobije se iz tablice 3.7.-7.

Kapacitet uskladištenja vode na tlu**Tablica 3.7.-7**

Nagib tla %	Kapacitet uskladištenja vode mm
0 – 1	12,5
1 – 3	7,6
3 – 5	2,5

Za pad tla od 2%, kapacitet je 7,6 mm.

Maksimalno vrijeme "t", u satima, za natapanje jedne jedinične površine polja s jednim rasprskivačem i s jednim prolazom opreme, računa se prema krivuljama konstruiranim prema izrazu:

$$F = 20,6 \times T^{-0,69} \text{ mm/h(10)},$$

gdje je: F = protok u zadanom vremenu u mm/h

T = vrijeme od početka natapanja u h

Za naš primjer i odabrano tlo: t = 1,00 h

Korak C)

Minimalna brzina kretanja zadnjeg tornja:

$$V = \frac{2r}{60t} \text{ m / min}$$

Vrijeme jedne rotacije uz minimalnu brzinu kretanja

$$V = \frac{2\pi R_L}{60V} \text{ h}$$

Dobije se: V = 0,71 m/min

H = 57 h

To je dobiveno vrijeme iznad vrijednosti od 22 h, dobivene u točki 4, i zbog toga se mora smanjiti dužina lateralnog cjevovoda kako bi se izbjeglo otjecanje vode po površini.

7. Maksimalni je obrok natapanja u prvom pokušaju određen u točki 6 i on odgovara minimalnoj brzini kretanja rampe. Ispod te brzine kretanja kružna rampa ne može raditi. Izračunana brzina mora biti manja od najveće moguće brzine, izračunane u točki 4. U suprotnome, pri rotaciji rampe s najvećom brzinom, dolazi do gubitka natapne vode.

Količina aplicirane natapne vode ne može premašiti kapacitet uskladištenja vode tla (u zoni korijena biljke). Količina uskladištenja jednaka je produktu dubine

korijena biljke i kapacitetu uskladištenja vode u tlu. Ako količina dodane vode u jednoj rotaciji premaši kapacitet uskladištenja vode, mora se povećati brzina rotacije rampe. Ako to nije moguće, mora se smanjiti dužina lateralnog cjevovoda, tj. radijusa rampe.

Dubina zone korijena biljaka

Tablica 3.7.-8

Kultura	Dubina korijena (m)
Lucerna	0,9 – 1,8
Pamuk	1,2
Kukuruz	0,8
Žitarice	0,6 – 0,8
Šećerna repa	0,6 – 0,9
Krmiva	0,5
Krumpir	0,6

Kapacitet uskladištenja vode u tlu

Tablica 3.7.-9

Tlo	Uskladištenje vode	
	Pri 50% raspoložene vode mm/0,30 m	Pri 67% raspoložene vode mm/0,30 m
Laka tla (pjeskovita)	12,7	8,4
Srednja zla	21,6	14,5
Teška tla	30,5	20,1

Pretpostavlja se da će sustav raditi u određenom postotku "x" od ukupnog vremena. Učinkovitost natapanja (tablica 3.7.6.) korigira se dijeljenjem učinkovitosti iz tablice s vrijednosti "x".

U našem je primjeru: $V_{\min} = 0,71 \text{ m/min}$ i
 $H_{\text{maks/rot}} = 57 \text{ h}$

Neto je sloj aplicirane vode u jednoj rotaciji pri minimalnoj brzini kretanja rampe tada:

$$D_N = (7,6 \times 57) : 24 = 18 \text{ mm}$$

Dubina korijenove zone za pamuk (uzgajana kultura) jest 1,20 m.

Kapacitet uskladištenja vode u tlu jest:

$22 \text{ mm}/0,30 \text{ m} \times 4 = 86 \text{ mm}$

Neto dubina aplicirane vode pri minimalnoj brzini kretanja rampe $D_N = 18 \text{ mm}$ ne premašuje kapacitet uskladištenja vode tla. Kružno – pomična rampa može rotirati s najmanjom brzinom.

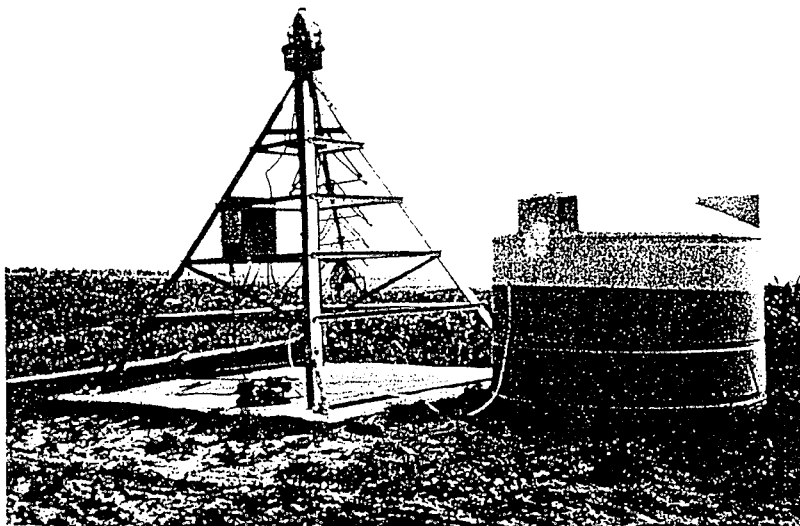
3.7.15. Dodavanje kemikalija natapnoj vodi

Kružno – pomične rampe mogu se koristiti za opskrbu biljaka i tla pesticidima, sredstvima za uništavanje korova, gnojivom i mikro-elementima. Postoje neka ograničenja u takvu korištenju opreme. Treba raditi po mirnu vremenu kako bi se postigla ravnomjernost i spriječilo prenošenje dodatnih sredstava na susjedna polja. Oprema za doziranje produkata u natapnu vodu u određenom obroku mora biti ispravna. Potrebno je kontinuirano dozirati za vrijeme jedne rotacije. Lateralni cjevovod mora se isprati iza svakoga korištenja.

Kružnom rampom mogu se aplicirati dušik i mikroelementi. Naprotiv, rampe nisu pogodne za aplikaciju kalija i fosfata. Ta gnojiva mogu spaliti kulture kada se prskaju po biljkama. Postoji također određena inkompatibilnost natapne vode i kalija ili fosfata.

Dodavanje mikro-elemenata kao korektiva obavlja se prije sjetve.

Dodatna oprema potrebna za primjenu gnojiva jest spremnik i injekcijska crpka. Ta se oprema obično smješta uz centar kružno-pomične rampe.



Slika 3.7.-31 Oprema za dodavanje gnojiva natapnoj vodi

3.7.16. Korištenje upotrijebljene vode

Ako propisi dopuštaju, kružno-pomična rampa može se upotrijebiti za rasprskavanje otpadne vode. Otpadna se voda prije upotrebe mora pročistiti najmanje u predtretmanu i filtracijom.

U SAD-u se za natapanje vrlo često upotrebljava tekuća faza gnoja stočarskih farma goveda. Osoka se razrjeđuje čistom vodom i takva se mješavina aplicira na polje.

3.8. TRANSLATORNO - POMIČNE RAMPE

3.8.1. Uvod

Translatorno-pomična rampa jest mehanizirana oprema za natapanje kišenjem koja se kontinuirano i pravocrtno kreće za vrijeme natapanja. Konstrukcija rampe ima uporište na tornjevima kao i kod kružno-pomične rampe. Svaki je toranj opremljen motorom za pogon.

Translatorna se rampa opskrbljuje vodom za natapanje na jednom kraju. Moguća je varijanta da je opskrba vodom u sredini rampe ako se ona sastoji od dvaju krila. Voda se dovodi na polje ukopanim opskrbnim cjevovodom na kojem su hidranti. Savitljivim cjevovodom voda se iz hidranata dovodi do translatorne rampe. Drugi način opskrbe rampe vodom jest zahvatom vode iz natapnog, otvorenoga kanala ispunjenog vodom. Crpni agregat na translatornoj rampi zahvaća vodu iz toga pravocrtnoga kanala.

Sva kretanja translatorno-pomične rampe su koordinirana. Natapa se četvrtasta ili pravokutna površina parcele.

Prva je translatorno-pomična rampa proizvedena 1971. godine u tvrtki Wade Rain u SAD-u. Nazvana je Square-Matic. Osnova je rješenja slična kao kod kružno-pomične rampe. Square-Matic natapa pravokutno polje umjesto kruga. Tada je proizvedeno nekoliko strojeva.

Veća je proizvodnja počela 1977. godine u SAD-u. Translatorno-pomična rampa kreće se naprijed, okomito na lateralni cjevovod, koji je opremljen rasprskivačima. Lateralni se cjevovod održava u pravcu s pomoću uređaja za upravljanje koji je jednak onome kod kružno-pomične rampe (opisano u poglavlju 3.7.).

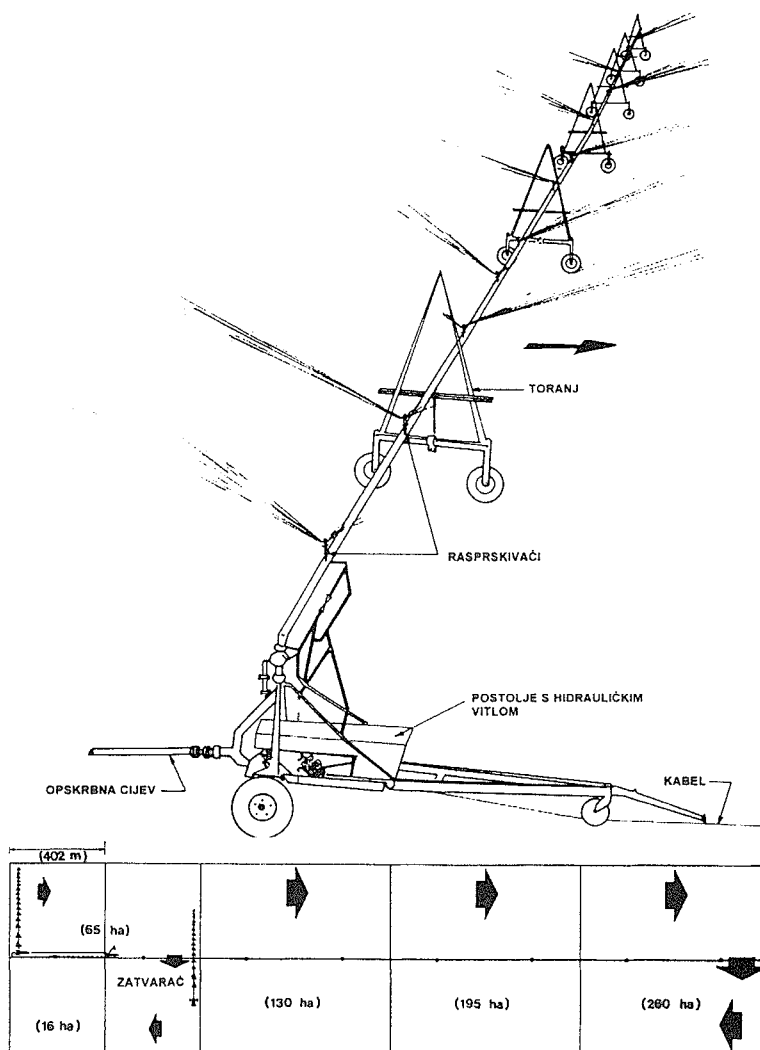
Ova vrsta opreme ima dvije velike prednosti u odnosu prema kružno-pomičnoj rampi:

- 1) pravokutno se polje u potpunosti natapa, dok se kod kružne rampe ne mogu natapati uglovi parcele.
- 2) translatorna rampa postiže veliku jednoličnost vlaženja, a utjecaj je vjetra na ravnomjernost vlaženja neznatan.

Prvi tipovi Square-Matica imali su pogon s hidrauličkim motorima. Danas se uobičajeno za pogon upotrebljavaju elektro-motori.

3.8.2. Oprema tipa "Square - Matic"

Translatorno-pomična rampa Square-Matic postavljena je pod pravim kutem na jednu od stranica pravokutne parcele. Hidranti su postavljeni uz istu stranu parcele. Centralni dio rampe postavljen je na postolje koje ima tri kotača. Na postolju se nalazi hidraulični vitao. Voda za natapanje pod tlakom pokreće turbinu, a ona vitao (slika 3.8.-1.).



Slika 3.8.-1 Translatorno pomična rampa Square - Matic

Translatorna se rampa opskrbljuje vodom savitljivim cjevovodom koji je priključen čeličnim cijevnim elementom na postolju. Čelični dio cijevi spojen je s lateralnim cjevovodom na kojemu su montirani rasprskivači. Drugi kraj savitljivog cjevovoda spojen je na hidrant. Dužina je kabela vitla dvostruka dužina savitljivog cjevovoda. Razmak je između dvaju hidranata jednak dužini kabela. Kabel je usidren na polovici razmaka hidranata. Kad se oprema priključi na vodu pod tlakom, tada vitao pokreće centralni dio rampe, koji povlači kabel.

Svaki je toranj opremljen hidrauličkim motorom (spinner). Ulaz vode u motor kontroliran je zatvaračem koji se otvara kada je nužno ispraviti lateralni cjevovod. Rad motora instaliranoga na krajnjem tornju regulira se tako da se održi ista brzina kao brzina centralnog dijela rampe.

Kotači na translatorno-pomičnoj rampi mogu se okretati za 90° tako da se cijela rampa može premiještati s jednog polja na drugo. Rampa se premješta traktorom. Na slici 3.8.-1 vidi se da translatorna rampa tipa Square-Matic natapa površinu od 65 ha do 260 ha, ovisno o kulturama i klimatskim uvjetima.

Uobičajena je veličina rampe 400 m dužine i 16 tornjeva-nosača.

Ovisno o brzini kretanja rampe, koja se može regulirati između 9 i 36 m/sat, te kapacitetu opreme koji se kreće između 280 i 90 m³/sat, različite su i natapne norme prema podacima prikazanim u tablici 3.8.-1. Vidi se da aplicirana voda u jednom prolazu rampe iznosi između 6,2 i 63,8 mm. To znači da ova rampa može raditi manje od 24 sata dnevno da ispuni zadaću natapanja.

Natapne norme u jednom prolazu rampe Square-Matic

Tablica 3.8.-1

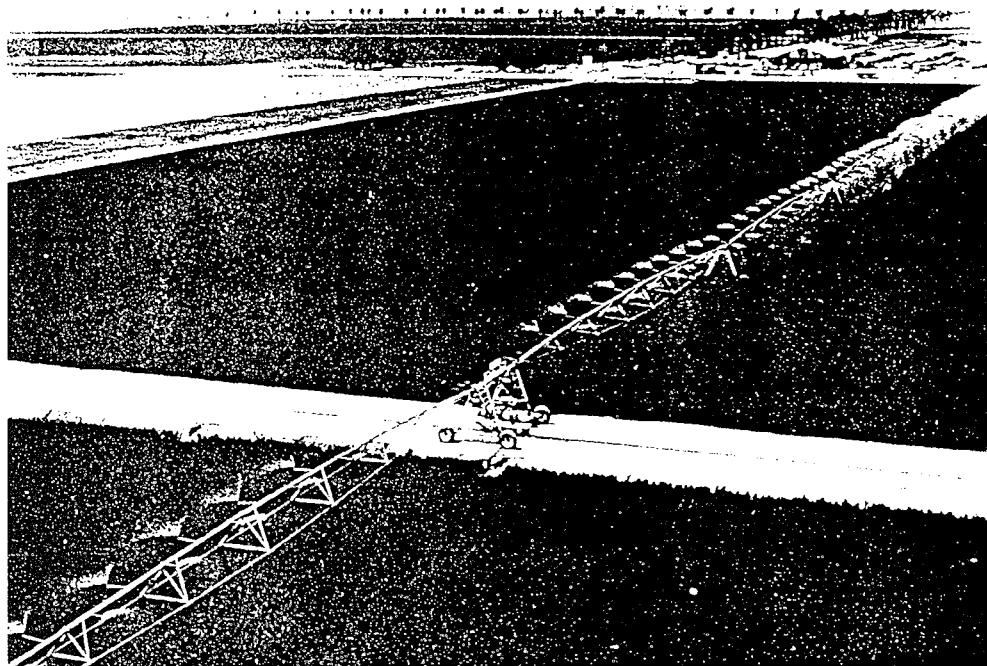
Brzina kretanja rampe m/h	Natapna norma u mm za kapacitet protoka			
	280 m ³ /h	180 m ³ /h	135m ³ /h	90m ³ /h
9	63,8	49,9	37,5	25,0
14	40,9	32,0	24,0	16,0
18	31,9	25,0	18,7	12,5
27	21,3	16,6	12,5	8,3
36	15,9	12,5	9,3	6,2

Provedena istraživanja Sveučilišta u Oregonu, SAD, pokazuju da je ravnomjernost vlaženja postignuta Square-Maticom vrlo dobra, čak i pri vjetrovitu vremenu. U normalnim prilikama Christiansenov koeficijent ravnomjernosti iznosio je između 92 i 93.

3.8.3. "Valley Rainger" translatorno - pomična rampa

3.8.3.1. Opis

Translatorno-pomična rampa s kontinuiranim kretanjem izrađena je od većeg broja nosivih konstrukcija - raspona kružno-pomične rampe. Rampa se opskrbljuje vodom na jednom kraju rampe s pomoću mobilne crpke. Voda se uzima iz otvorenoga natapnog kanala. Parcela je za natapanje pravokutnog oblika (slika 3.8.-2).



Slika 3.8.-2 Valley Rainger translatorno – pomična rampa (natapaju se parcele s obje strane kanala)

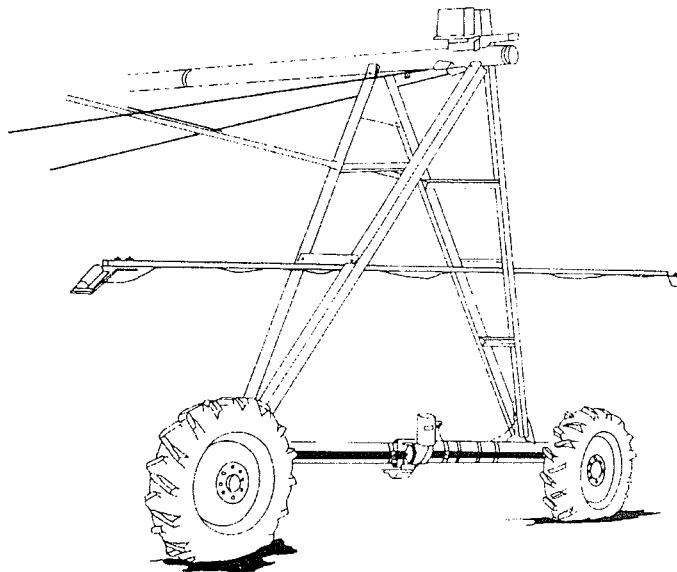
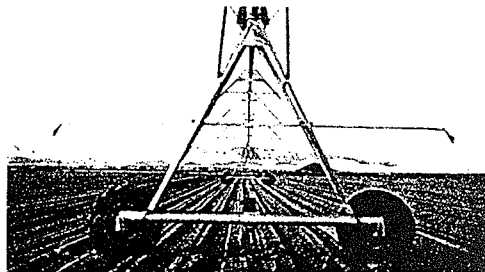
Kontinuirano pravocrtno kretanje naprijed osigurava se opremom za vođenje rampe koja je postavljena iznad ukopanog kabla.

3.8.3.2. Dijelovi opreme rampe

a) Oprema za vođenje translatorne rampe

Ukopani je električni kabel pod naponom struje od 12 V. U električnom je krugu ukopanog kabla oscilator, koji šalje signale uzduž linije kabla. Ukopani kabel položen je u obliku petlje na parceli. Dio trase kabla za vođenje rampe položen je

u sredini parcele i paralelan je s opskrbnim natapnim kanalom. Antena koja prima signale kabela, postavljena je na tornju rampe u sredini ukupnog raspona lateralnog cjevovoda crpke (slika 3. 8.-3). Ako antena ne primi signal s kabela jer rampa skreće s pravca, šalje se nalog za zaustavljanje crpne stanice za vodu i cijeli stroj se zaustavlja. Raspon je u sredini lateralnog cjevovoda "slobodno stojeći", poduprt dvama tornjevima, koji imaju motore za pogon. Toranj tog raspona koji je udaljeniji od opskrbnog kanala, vodeći je toranj i na njemu je montirana antena.



Slika 3.8.-3 Vodeći toranj s opremom

b) Struktura opreme

Translatorno-pomična rampa sastoji se od rasponskih konstrukcija dužine 51,8 m ili 56,4 m. Da bi se dobila potrebna dužina rampe, kombiniraju se navedeni rasponi. Pri tome se najveći raspon postavlja na strani gdje se nalazi opskrbeni natapni kanal. Lateralni cjevovod ima promjer od 152,4 mm i može imati najveću dužinu od 523 m. Svaki raspon ima jedan nosivi toranj osim centralnog raspona, koji ima dva tornja.

Kontrolni je toranj onaj uz opskrbeni natapni kanal. Na njemu su montirani dizel motor, crpka za vodu i generator električne struje. Na tornju je kontrolna kutija za upravljanje cijelim strojem.

Toranj na suprotnom kraju rampe, u odnosu prema opskrbnom kanalu, za pogon naprijed koristi se motorom kojim se upravlja iz kontrolne jedinice na temeljnom tornju.

c) Sustav za crpljenje vode iz kanala

Pokretna crpna stanica translatorne rampe crpi vodu iz opskrbnoga natapnog kanala. Kanal može biti obložen betonom, zemljan ili neke druge izvedbe (folije itd.). Ako je kanal obložen betonom, preporučljiva je dubina kanala 60 cm. Kanal se može opremiti zapornicama, kojima se podiže razina vode (slika 3.8.-4).

Širina je zemljanog kanala najmanje 75 cm, a potrebna ja najmanja dubina vode od 46 cm.

Usisna košara crpke postavljena je horizontalno na čelični potporanj - papučicu, koja zaštićuje košaru.

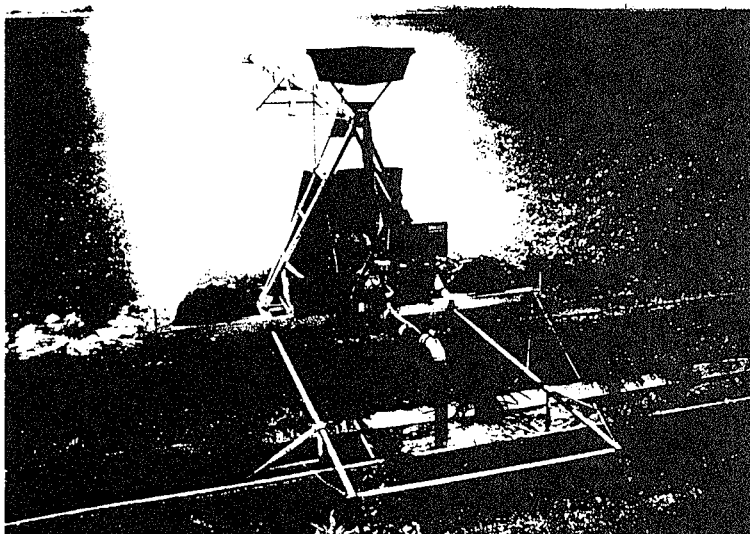
d) Sigurnosni granični odbojnici

Sigurnosni granični odbojnici ugrađuju se na rubovima parcele po dva za svako krilo rampe. Odbojnici se izvode od nabijene zemlje, betona ili drugih materijala. Kada kotači tornja dodirnu odbojnice, zaustavlja se kretanje rampe s pomoću signala koji se šalje u upravljački dio rampe.

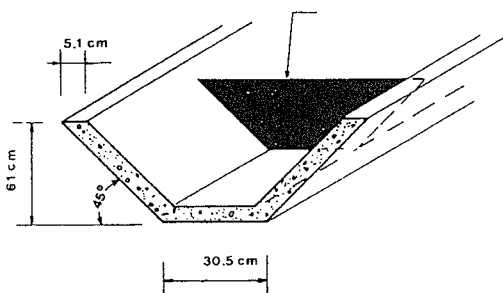
e) Rasprskivači

Translatorno-pomična rampa tipa Valley Rainger uvijek je opremljena niskotlačnim (1,4 bara) rasprskivačima, koji se postavljaju na razmaku od 2,6 m. Rasprskivači se montiraju na horizontalne cijevi, okomite na lateralni cjevovod. Na taj se način rasprskivači udaljuju od konstrukcije rampe.

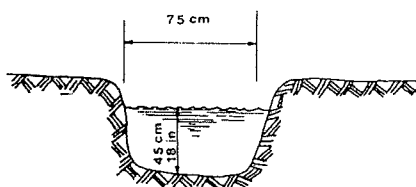
Kod ovog je tipa rampe isporuka vode uzduž lateralnog cjevovoda konstantna. To je bitna razlika u odnosu prema kružno-pokretnim rampama, kod kojih je suprotan slučaj. Dio rampe bliže centru (pivotu) ima vodu pod većim tlakom.



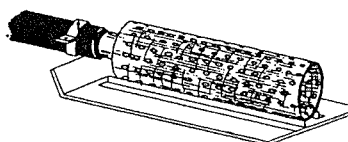
a)



b)



c)

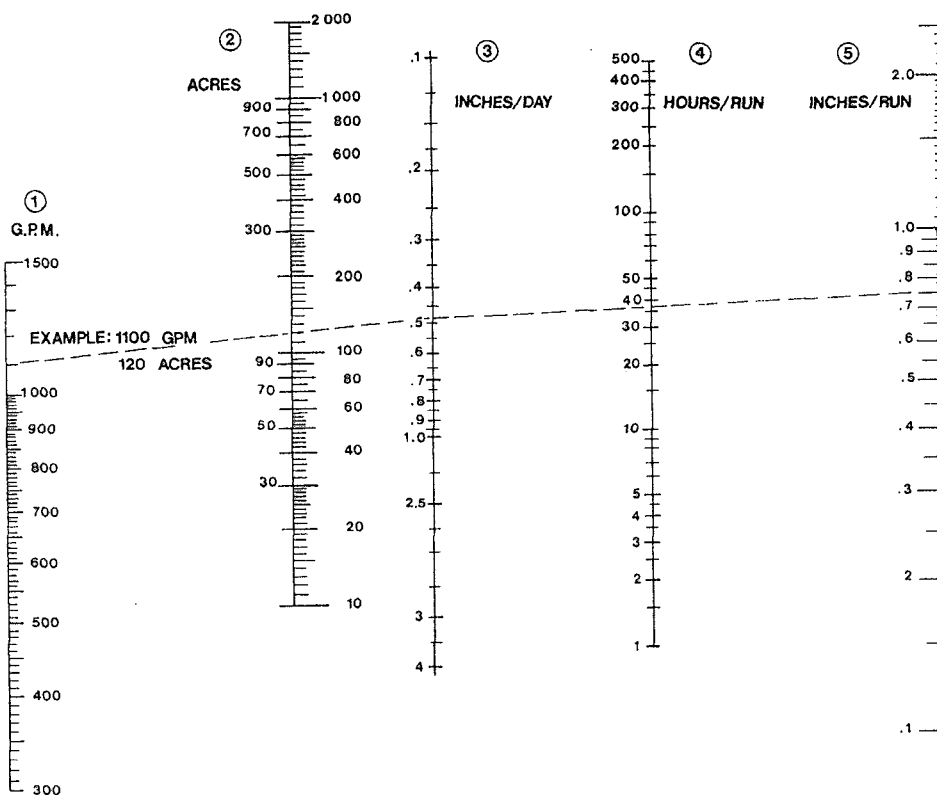


Slika 3.8.-4 Kontrolni toranj rampe i opskrbeni natapni kanal

f) Principi rada Valley Rainger rampe

Brzina kretanja translatorno-pomične rampe izabire se i postavlja na kontrolnoj ploči rampe. Izabire se postotak vremena u kojem će raditi pogonski motor zadnjeg tornja. Brzina ne može prijeći veličinu od 1,98 m/min. Sve te naputke za rad dostavlja proizvođač opreme.

Na slici 3.8.-5 prikazan je nomogram proizvođača opreme. Na lijevoj strani za zadane vrijednosti crpljenih količina vode (primjer: 1100 GPM ili 250 m³/h) i za površinu parcele (120 akri ili 48,5 ha) dobije se dnevna natapna norma, izražena visinom stupca vode od 0,48 inča ili 12,2 mm. Na desnoj strani nomograma, za zadanu dnevnu natapnu normu i za normu za svaki prolaz rampe, dobije se potrebno vrijeme za jedan prolaz rampe preko parcele (primjer: 37,5 sati).



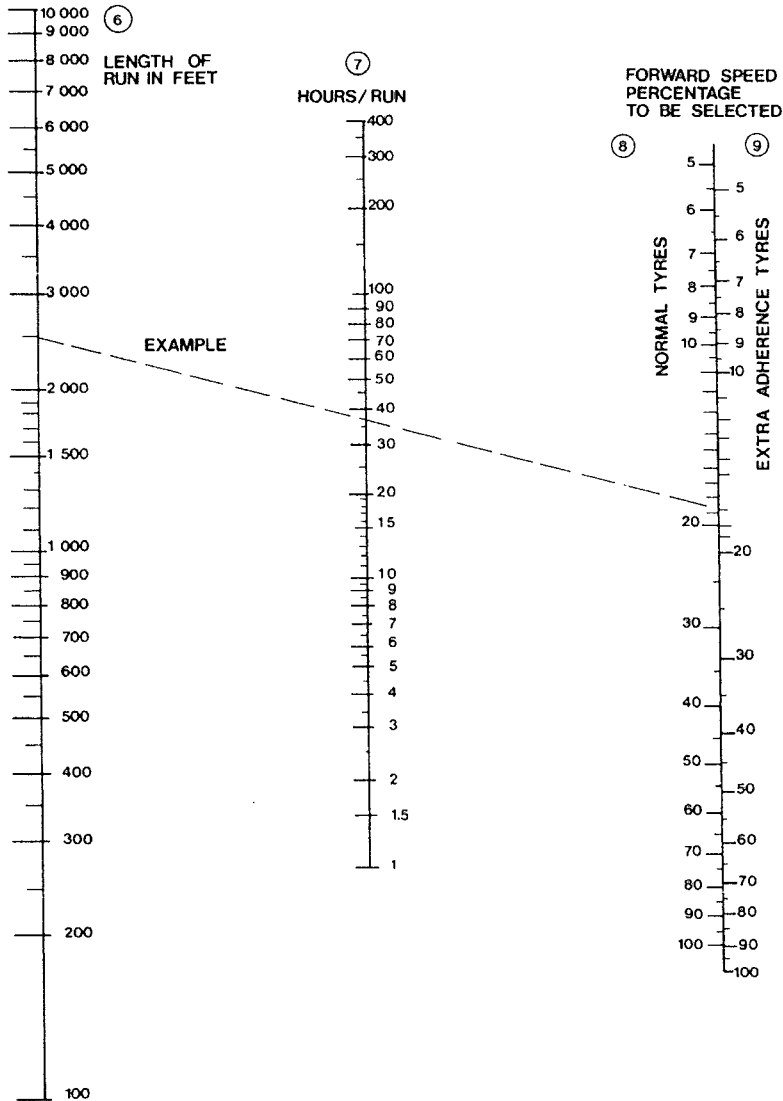
Slika 3.8.-5 Nomogram Valley Rainger br. 1

1 GPM = 0,227 m³/sat

1 acre = 0,405 ha

1 inch = 25,4 mm

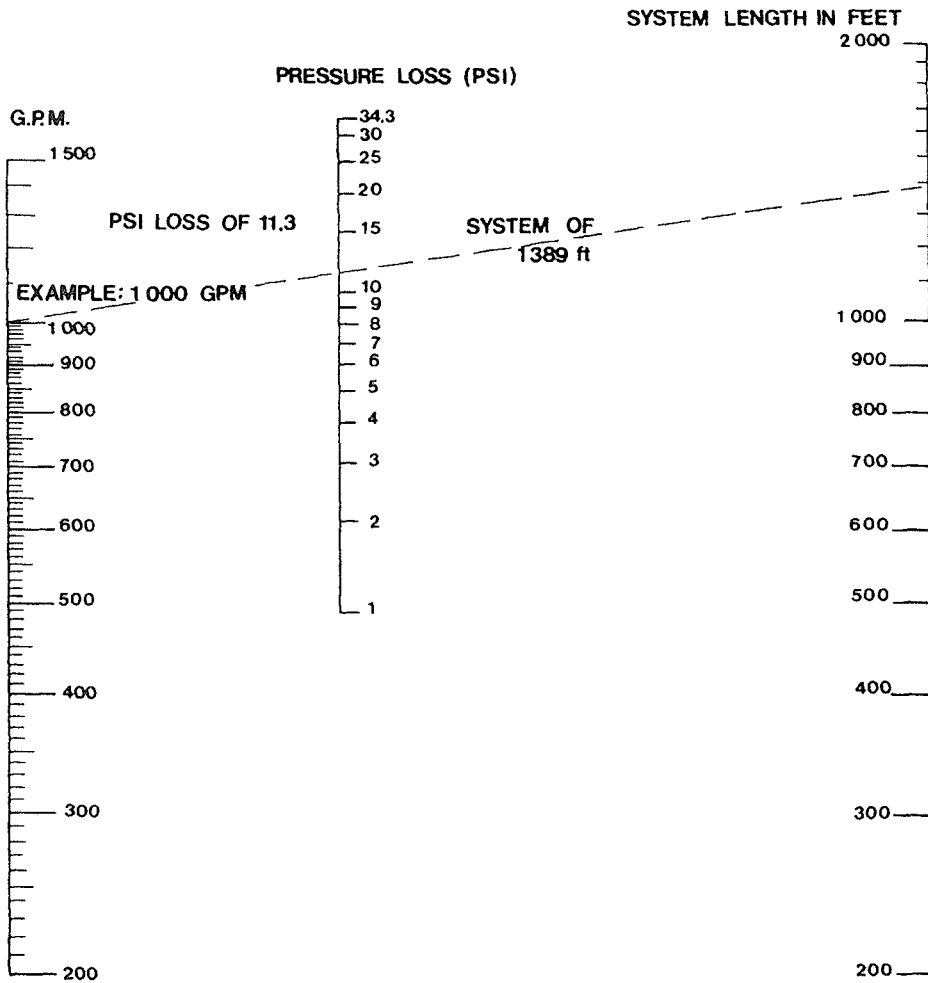
Drugi nomogram, slika 3.8.-6, pokazuje postotak vremena rada rampe zadnjeg toranja za vrijeme iz primjera sa slike 3.8.-5 i zadanu dužinu parcele.



Slika 3.8.-6 Nomogram Valley Rainger br. 2

- 6 = dužina parcele
- 7 = sati rada
- 8 = normalne gume na kotačima
- 9 = posebne gume na kotačima
- 1 foot = 0,305 m

Treći nomogram, slika 3.8.-7, omogućuje proračun potrebnih tlakova na crpnoj stanici da bi se postigao zadovoljavajući radni tlak na krajnjem tornju. Na primjer, da bi se postigao tlak od 20 PSI (1,4 bara) na kraju lateralnog cjevovoda od 1389 ft (424 m) dužine, koji ima kapacitet od 1000 GPM (227 m³/sat), gubici su tlaka 11,3 PSI (0,9 bara) i 5 PSI (0,3 bara). Ukupni je radni tlak crpke 36,3 PSI (2,5 bara).

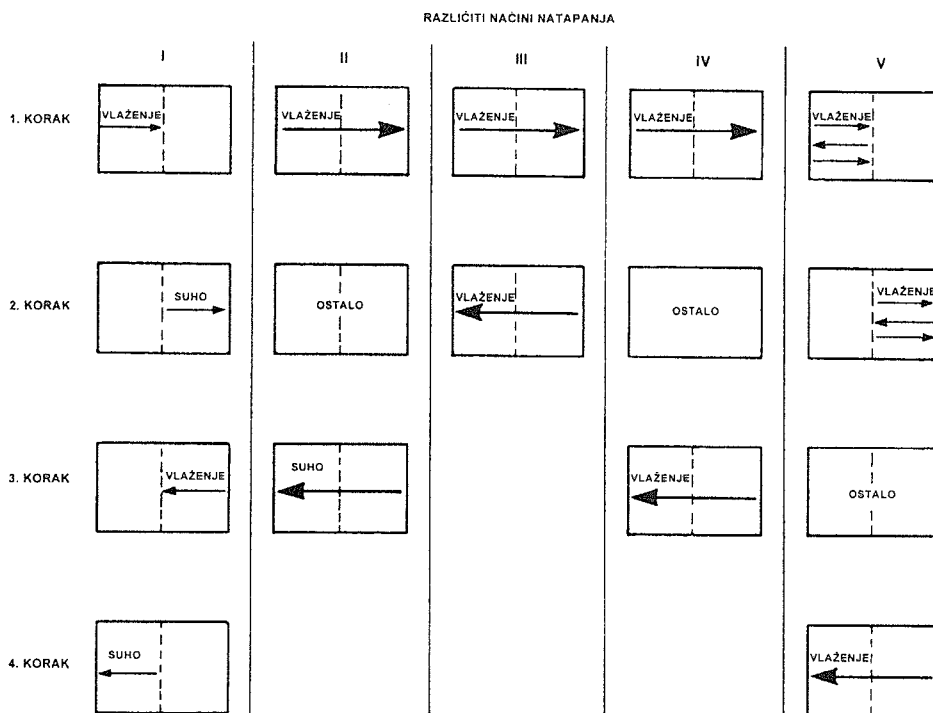


Slika 3.8.-7 Nomogram Valley Rainger br. 3

Pressure loss (PSI) = gubitak tlaka
 system length = dužina rampe;
 1 GPM = 0,227 m³/h
 1 PSI = 0,069 bara
 1 foot = 0,305 m

Translatorno-pomična rampa može se kretati bez vlaženja tla. To omogućuje operateru da rampu vrati unazad između dviju aplikacija vode. Tako se postiže da natapanje u idućoj aplikaciji vode počinje na istom dijelu parcele (slika 3.8.-8).

Translatorno-pomična rampa vrlo je povoljna za sve vrste tla i različite kulture jer se brzine kretanja rampe mogu precizno odrediti. Korištenjem mlaznica niskoga tlaka dobije se dobro vlaženje. Rad pod malim tlakom štedi energiju.



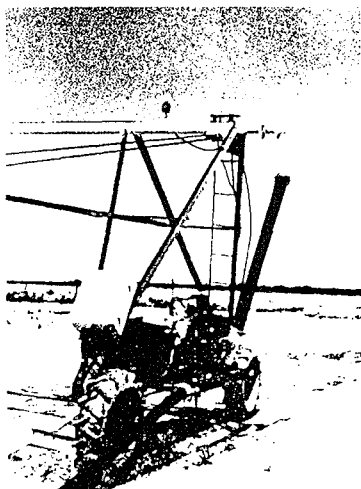
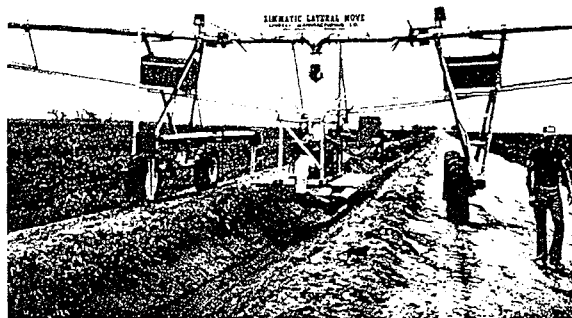
Slika 3.8.-8 Različita rješenja natapanja parcele translatorno – pomičnom rampom

3.8.4. Zimmatic Lindsay translatorno – pomična rampa

Translatorno-pomična rampa tipa Zimmatic, proizvođača Lindsay Co., SAD, vrlo je slična uređaju Valley Rainger, opisanom u točki 3.8.3. ovog poglavlja. Zimmatic translatorna rampa može natapati ili parcelu s jedne strane opskrbnoga natapnog kanala ili parcele s obje strane kanala.

Osnovna je razlika između Zimmatic rampe i Valley Rainger rampe u načinu vođenja uređaja po parceli. Kod Zimmatica je čelični kabel fiksiran iznad tla, a postavljen je uzduž opskrbnog kanala (slika 3.8.-9).

Upravljački dio opreme montiran je na centralnom dijelu rampe, koji je ujedno i pogonski. Dvije hvataljke (prstena) položene su s obje strane kabela. Ako prvi raspon konstrukcije rampe nije pod pravim kutom prema čeličnom kabelu, jedna hvataljka dodiruje kabel. To uvjetuje emitiranje signala kontrolnom uređaju i toranj kod kojega se pojavila nepravilnost u kretanju, počinje se brže kretati, sve do dovođenja u potreban položaj cijele rampe.



Slika 3.8.-9 Zimmatic Lindsay translatorno – pomična rampa

gore: pogonska jedinica

dolje lijevo: kontrolni toranj

dolje desno: opskrba vodom rampe iz hidranta, spoj s pomoću pokretljivog cjevovoda kod rampe tipa PIERCE

3.8.5. *Ostali tipovi translatorno – pomičnih rampi*

Translatorno-pomična rampa proizvođača PIERCE, Francuska, prikazana je na slici 3.8.-9. dolje desno. Opskrba je vodom iz hidranata koji su pokretnim cjevovodom spojeni s rampom.

Translatorno-pomične rampe proizvode još:

- Gifford Hill Co., SAD
 - Irrico Rain Pacer Co., Francuska
 - Perrussel Co., Francuska
- i druge tvrtke.

3.8.6. *Zaključci o translatorno – pomičnim rampama*

Translatorno-pomične rampe zadovoljavaju glavne zahtjeve kvalitetnog natapanja: dobro i ravnomjerno vlaženje, rade pod niskim tlakom i nema gubitaka površine parcele koja se natapa.

Za povratak rampe na početni položaj za drugo i iduća natapanja troši se dosta vremena u kojemu se parcela ne natapa.

Brojne elektro-kontrole i sigurnosni uređaji translatorno-pomičnih rampi traže određena znanja operatera.

Troškovi su translatornih rampi slični onima za kružno-pomične rampe.

Kod translatorne je rampe kontrolna jedinica složenija nego kod kružne rampe.

3.9. STABILNI SUSTAVI ZA NATAPANJE KIŠENJEM

3.9.1. *Uvod*

Stabilni sustavi za natapanje kišenjem u pogonu zahtijevaju najmanji broj sati rada operatera, ali to su sustavi koji su među najskupljima po jednom ha između svih natapnih sustava kišenjem. Kao i ostali sofisticirani sustavi, stabilni se sustavi vrlo lako prilagođavaju različitim biljnim kulturama i različitim potrebama, npr: veličini obroka i trajanju turnusa, i na taj se način postižu visoki prirodni.

Stabilni sustavi za natapanje kišenjem sastoje se od mreže cjevovoda i rasprskivača vode (sprinkleri), koji se nalaze na istome mjestu za vrijeme cijelog natapanja kulture. Natapanje počinje otvaranjem zatvarača vode ručno ili automatiziranim načinom.



Slika 3.9.-1 Natapanje stabilnim sustavom za kišenje

Ovi se sustavi mogu koristiti za zaštitu od mraza, za gnojidbu, za primjenu insekticida i fungicida, za hlađenje atmosfere u slučaju vrlo topla vremena, a može se koristiti pročišćena otpadna voda.

3.9.2. Opis stabilnog sustava za kišenje

Sustav za kišenje sastoji se od mreže cjevovoda, rasprskivača i zatvarača u dovoljnom broju kako ne bi trebalo pomicati lateralne cjevovode i rasprskivače za vrijeme turnusa natapanja ili između dvaju turnusa.

Sustavi se rješavaju na dva načina: sustav je pomičan u vrijeme između dvaju natapanja ili je stalan u polju.

3.9.2.1. Stabilni sustav s pomičnim lateralnim cjevovodom

Ovaj sustav za kišenje ima cjevovode koji se mogu prenositi ručno (lateralni cjevovodi) i potom se spajaju na glavne cjevovode. Glavni cjevovodi mogu biti pomični ili fiksni. Lateralni se polažu na polju na početku razdoblja zalijevanja i ostaju na tom mjestu do žetve. Poslije žetve se laterali uklanjaju s polja. Ovi se sustavi primjenjuju uglavnom za skupe kulture.

Tipičan sustav s pomičnim lateralnim cjevovodom sastoji se od aluminijskih cijevi promjera 76 mm (ili 100 mm), dužine do 400 m. Promjer cijevi ovisi o količini vode, tlaku kod rasprskivača i dužine laterala. Potreban je tlak za rasprskivače između 3,5 i 4 bara.

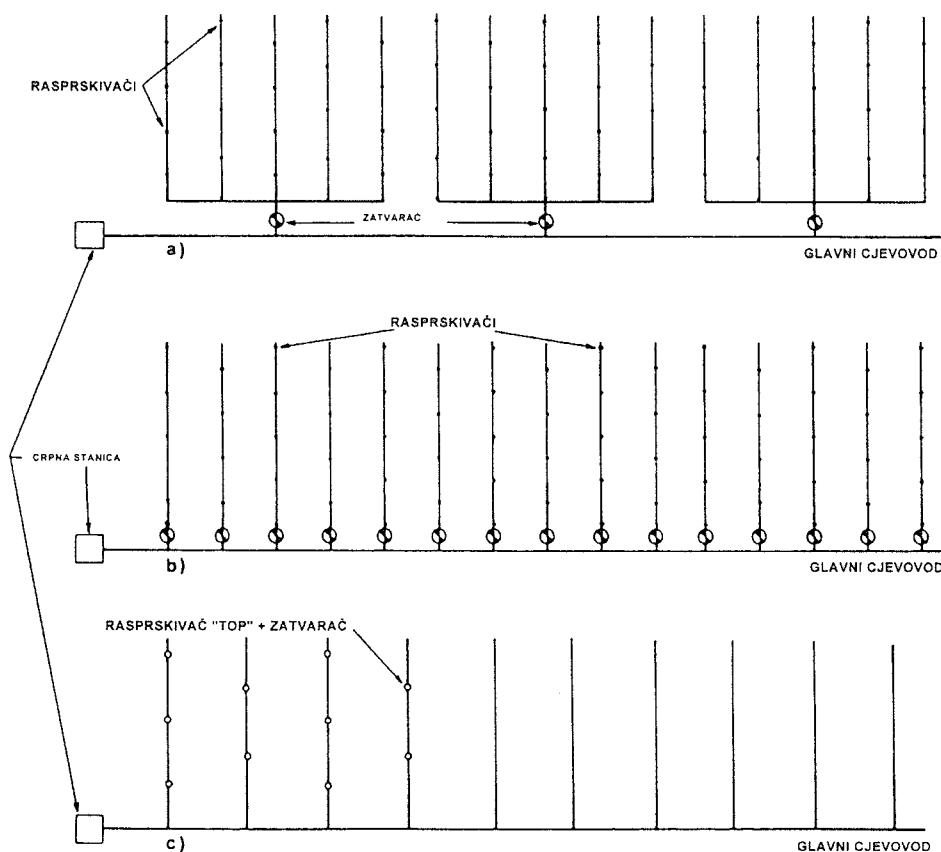
3.9.2.2. Stabilni sustav sa stalnim lateralima

Stabilni sustav sa stabilnim lateralima ima cjevovode koji se nalaze u polju za sve vrijeme trajanja sustava. Cijevi mogu biti položene na tlu ili zatrpane. Na svakom spoju laterala postavlja se oznaka - marker.

Razmak sprinklera na lateralima kreće se od 12 do 90 m. Razmak je hidranata na glavnom vodu između 15 i 100 m. Razmaci ovise o izabranom tipu rasprskivača. Radni tlak ovisi o vrsti sprinklera i iznosi od 3,5 do 8 bara.

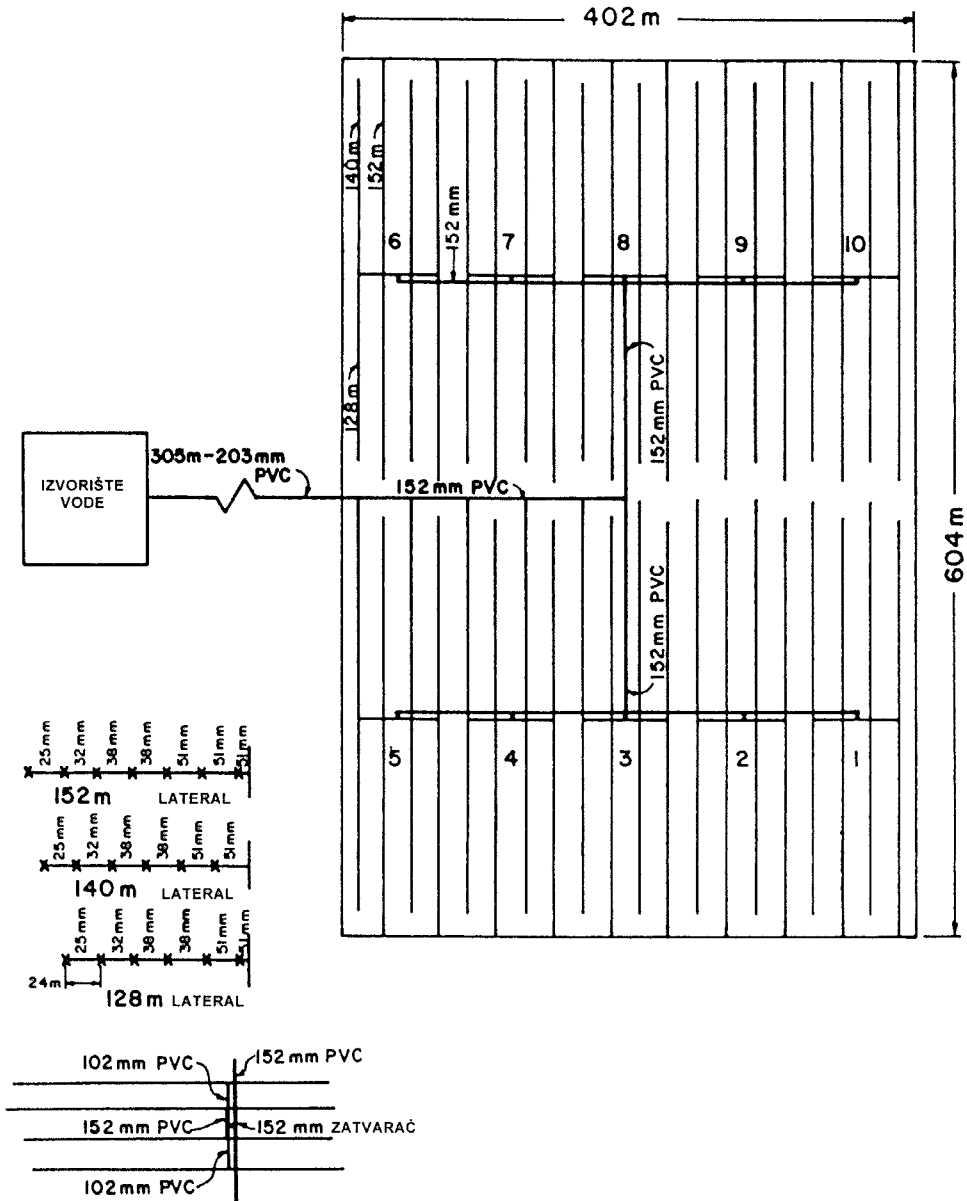
3.9.2.3. Kontrola ispuštanja vode

Svi tipovi stabilnog sustava za natapanje kišenjem imaju kontrolu izlaza vode s pomoću zatvarača kojima se voda upušta pojedinačnim lateralima ili grupi laterala. Može se regulirati ispušt vode svakom sprinkleru.



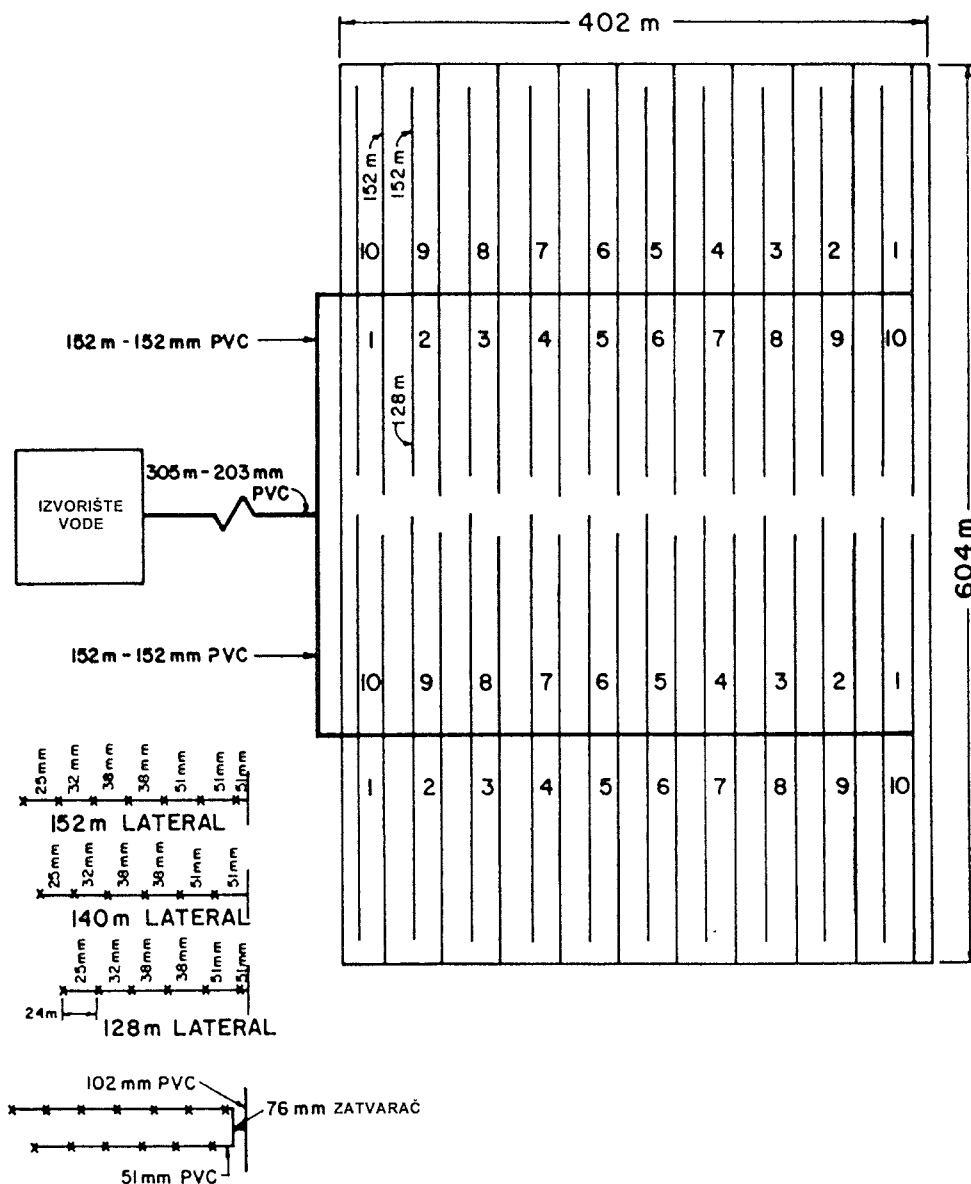
Slika 3.9.-2 Tri osnovna tipa kontrole vode zatvaračima

- a) zatvarač kontrolira niz laterala
- b) zatvarač kontrolira jedan lateral
- c) zatvarač kontrolira jedan rasprskivač ("top")



Slika 3.9.-3 Stabilni sustav kišenja za 25 ha

- jedan zatvarač kontrolira dva laterala



Slika 3.9.-4 Stabilni sustav kišenja za 25 ha

- jedan zatvarač kontrolira osam laterala

Najjednostavnija je ručna kontrola. Kontrola može biti više ili manje automatizirana.

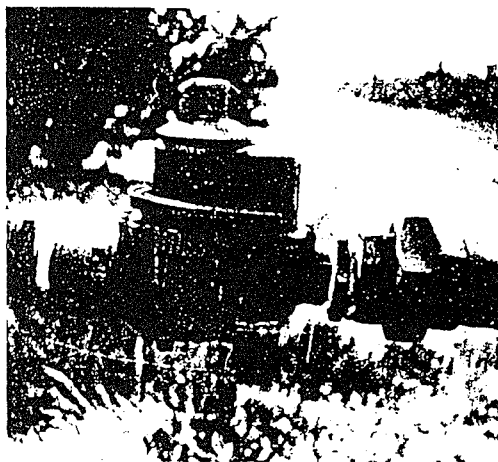
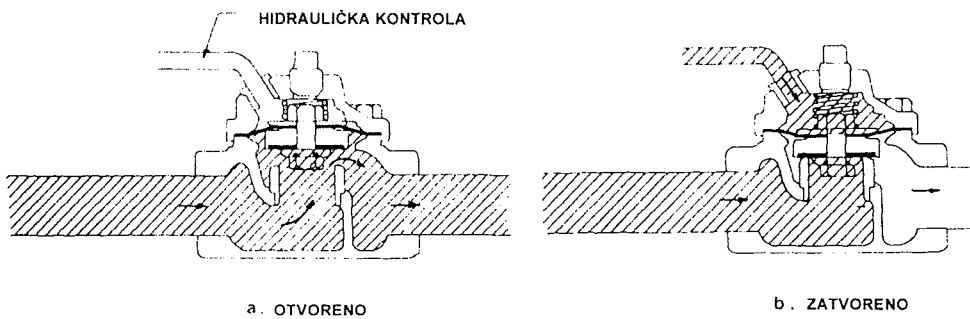
a) Osnovni tipovi zatvarača

Glavne komponente automatskog upravljanja sustava jesu: programer, elektrozatvarač, hidraulički zatvarač i mjerac protoka.

Elektrozatvarač (solenoidni) postavlja se obično u niskoprotočnome hidrauličkom prstenu.

Hidraulički kontrolni zatvarač aktivira se s pomoću tlaka vode. Češće se koristi tip zatvarača s dijafragmom (slika 3.9.-5).

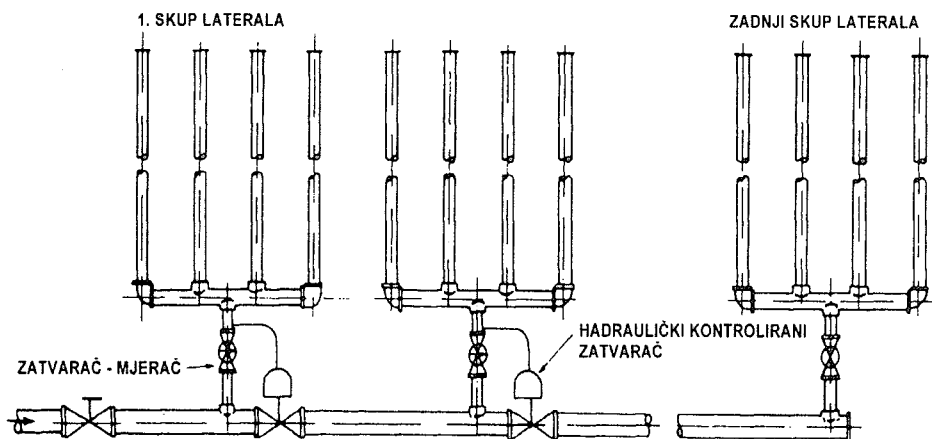
Mjerač je protoka (slika 3.9.-5) zatvarač s mogućnošću propuštanja različitih protoka koji se izabiru ručno na samom zatvaraču. Nakon isporuke odabrane količine vode prekida se dalje ispuštanje vode.



Slika 3.9.-5 Hidraulički zatvarač i zatvarač mjerac protoka

b) Vrste automatske kontrole sustava

Natapanje se kontrolira programerom i zatvaračima. Razlikujemo ove kontrole:



Slika 3.9.-6 Početak natapanja hidrauličkim uključivanjem dovoda vode

a) početak natapanja hidrauličkim uključivanjem sustava

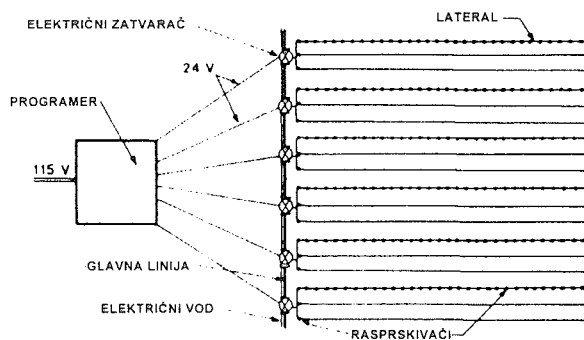
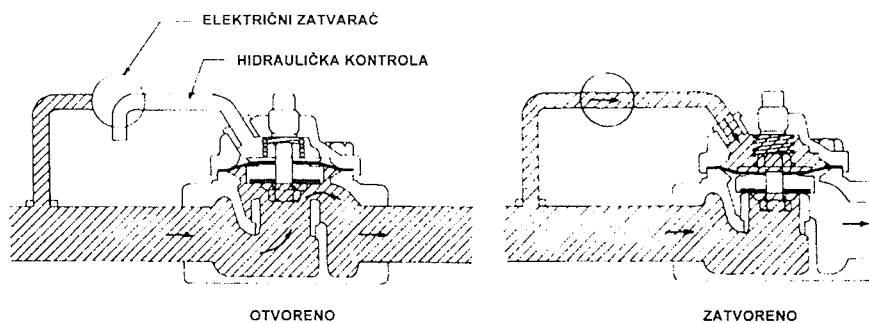
U ovom se načinu regulacije svi zatvarači prethodno postavljaju na odgovarajući protok. Ne moraju se ručno zatvarati nakon isporuke vode. Često se ovi zatvarači grupiraju u blizini crpne stanice.

b) okretanje hidrauličkog zatvarača elektrozatvaračem

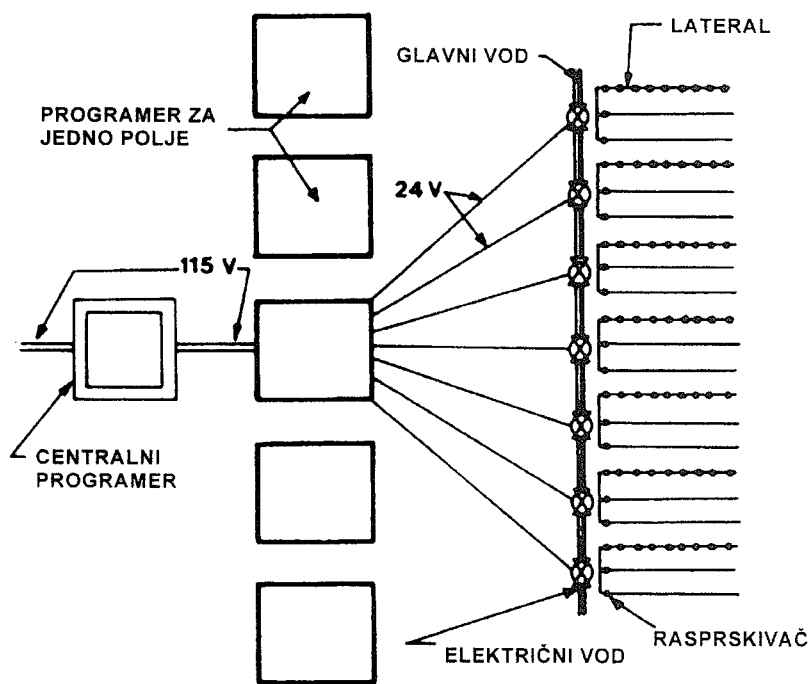
Ovaj način kontrole prikazuje slika 3.9.-7.

Natapanje više polja može se kontrolirati centralnim programerom. Programer za jedno natapno polje može se koristiti samostalno za to polje ili taj isti može biti povezan sa centralnim programerom.

Također se može programirati pogon natapanja koristeći se senzorima parametara natapanja (ET, tenziometar ili mjerač vlažnosti tla).



Slika 3.9.-7 Hidro – električna kontrola, programer za zatvarače i programer za natapanje jednog polja



Slika 3.9.-8 Centralni programer za više natapnih polja

3.9.3. Planiranje stabilnoga natapnog sustava

Planiranje i projektiranje ovoga natapnog sustava odvija se po jednakoj proceduri kao i za ostale sustave kišenja. Utvrđuje se kapacitet tla za vodu i propusnost tla.

Primjer: stabilni sustavi za korištenje polja od 32 ha, kultura krumpir; 16 ha kukuruz i 16 ha cikle; prosječna je učinkovitost natapanja 78%; vršna norma je 7,9 mm/dan za krumpir, 7,1 mm/dan za kukuruz i 7,6 mm/dan za ciklu. Količina vode: 4,6 m³/h/ha za krumpir, 4,2 m³/h/ha za kukuruz i 4,5 m³/h/ha za ciklu.

Potreban kapacitet zahvata vode jest:

$$32 \times 4,6 + 16 \times 4,2 + 16 \times 4,5 = 286,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Opskrba vodom, crpni agregati, glavni i lateralni cjevovodi dimenzioniraju se tako da mogu distribuirati izračunanu količinu vode.

Položaj laterala ovisi o tipu sprinklera i njegovim karakteristikama.

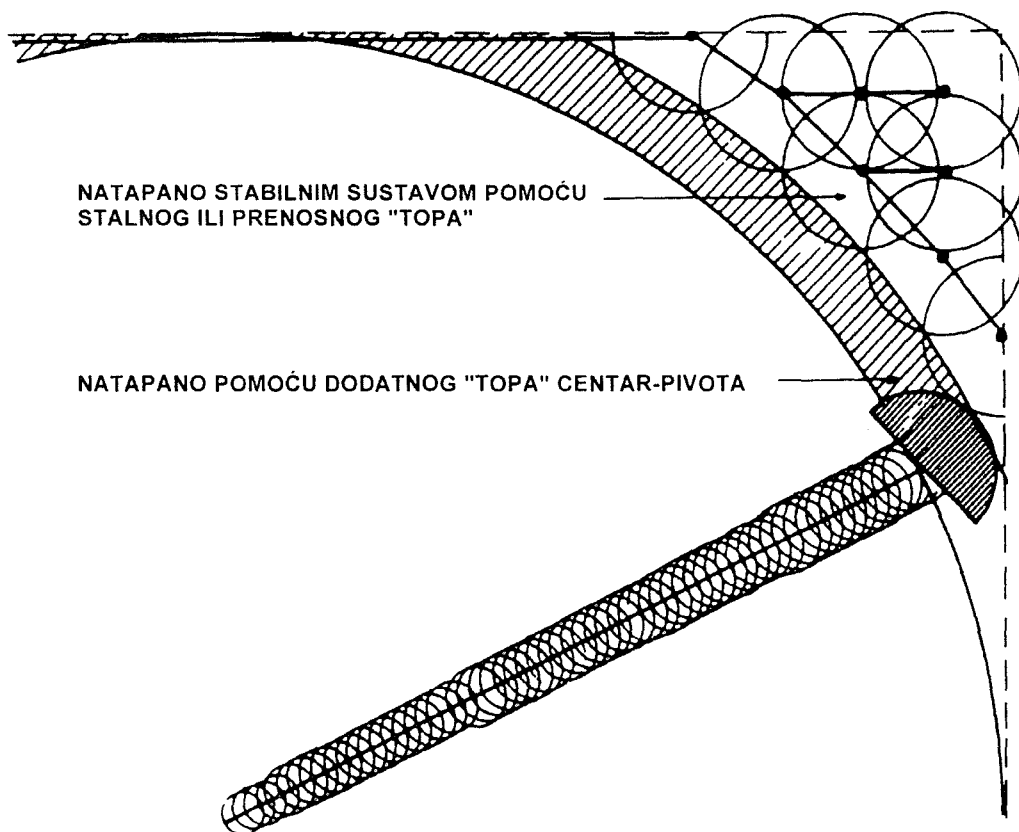
Prosječna visina sloja vode ovim sustavom ovisi o razmaku i kapacitetu sprinklera.

3.9.4. Pogon i troškovi stabilnog sustava

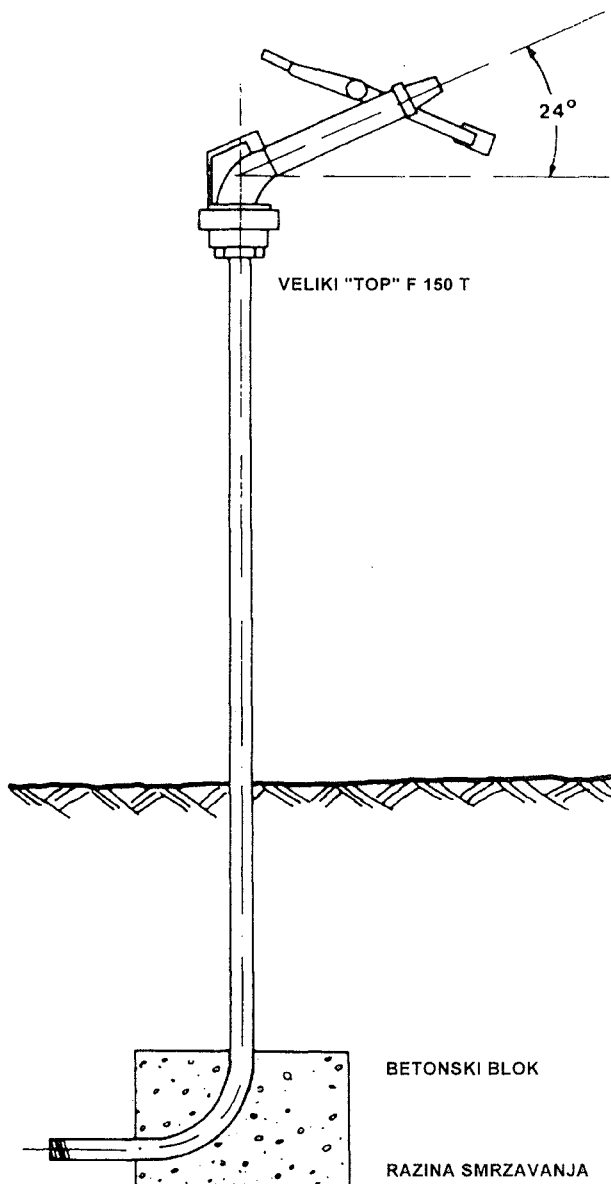
Učinkovit rad stabilnog sustava za natapanje kišenjem ovisi o rješenju cjevovoda, ugrađenoj opremi te o upravljanju sustavom. Operacijama na polju upravlja se ručno ili s pomoću automatske opreme, uključujući programere.

Uobičajeni je početak i način rada ovog sustava opskrba vodom nekoliko laterala istovremeno. Time se smanjuje potrebna radna snaga, ali je potrebna odgovarajuća, duža mreža osnovnih cjevovoda te odgovarajući tlak vode na rasprskivačima. Broj laterala koji istovremeno rade ograničen je količinom raspoložive vode.

S pomoću stabilnog sustava mogu se dodavati i gnojiva. Tekuće gnojivo injektira se u sustav posebnom dozirnomo crpkom. U nekim rješenjima natapanja predviđen je stabilni sustav za kišenje za natapanje dijelova površina uz centarpivot sustav (slika 3.9.-9 i 3.9.-10).



Slika 3.9.-9 Natapanje stabilnim sustavom uz centarpivot sustav



Slika 3.9.-10 Dalekometni rasprskivač

Rasprskivači se instaliraju na razmaku 30x30 m ili 40x40 m. Obrok natapanja iznosi oko 11 mm/h.

Troškovi stabilnoga natapnog sustava ovise o korištenoj opremi, razmaku između laterala i stupnja automatizacije sustava. Na troškove utječu ovi elementi:

- Za svaku poziciju natapanja ugrađen je stalni rasprskivač, koji je u pogonu 10 do 20 puta kraće vrijeme nego u ostalim sustavima kišenja. Životni je vijek duži ili se može nabaviti jeftinija oprema.
- Kao što je spomenuto, što je manji broj rasprskivača kontroliran jednim zatvaračem, to je manji promjer cijevi. Zato je jeftiniji sustav sa zatvaračem na svakom sprinkleru.
- Treba usporediti troškove podzemnog cjevovoda s troškovima kada su cjevovodi položeni na tlu. U današnje su vrijeme podjednaki troškovi za oba načina polaganja cjevovoda.
- Stabilni su sustavi za natapanje kišenjem u načelu skupi sustavi. Zato je njihovo korištenje ekonomično za vrijedne kulture i tamo gdje se mogu iskoristiti prednosti načina natapanja: dovoljan broj natapanja prilagođenih potrebama biljke, potrebe gnojidbe, hlađenja biljaka i dr. Time se štedi voda, a postižu se optimalni prirodni. Na taj se način postiže ekonomičnost stabilnog sustava.

Približna cijena koštanja ovakvog sustava iznosi oko 8.000,00 kn/1ha. Toj cijeni dodaje se trošak opreme za automatizaciju, oko 1.000,00 kn/1ha. Ako se obračunava trošak crpne stanice, dolazi se do ukupne cijene od oko 12.000,00 kn/1ha.

Poželjno je da se prije izgradnje ovog sustava obave detaljne gospodarske analize kako bi se utvrdila izvedivost ovog načina natapanja.

3.10. ZAKLJUČAK O IZBORU TIPA OPREME KOD NATAPANJA KIŠENJEM

3.10.1. Uvod

U prethodnih devet poglavlja glave 3: "*Mehanizacija i oprema za natapanje kišenjem*" analizirani su i obrađeni osnovni podaci za osam načina natapanja kišenjem. U ovom će se dijelu usporediti svi načini natapanja kišenjem međusobno, a također i s najjednostavnijim sustavom, odnosno s rampom za kišenje s ručnim pokretanjem.

Ovakva usporedba ima vrijednost za razmatrano područje, za određeno vrijeme i određenu vrstu poljoprivredne prakse. Iz tih razloga može se izraditi samo vrlo pojednostavljena usporedba različitih sustava.

3.10.2. Mjerila za uspoređivanje

Do sada je uobičajen način uspoređivanja različitih načina natapanja takav da se usporede cijene, odnosno troškovi, uključujući i potrošnju energije za pogon, radnu

snagu i trošak vode za natapanje. U današnjim, promijenjenim, uvjetima gospodarenja, pitanje potrebne radne snage za pogon natapanja postaje puno važnije. Zatim, pitanje utroška energije u vrijeme "energetske krize" upućuje na njeno minimalno trošenje. Voda postaje sve dragocjenija pa se mora voditi računa o njezinom učinkovitom korištenju.

Zbog svega navedenog analitičari trebaju izabrati prava mjerila ili standarde za usporedbu i često će morati procjenjivati pojedina rješenja temeljem kriterija i u skladu s težinom koju pridaju tim kriterijima.

3.10.3. Ograničenja lokalnim prilikama

Pri izboru tipa opreme za natapanje kišenjem moraju se razmatrati lokalna ograničenja koja mogu eliminirati neka rješenja.

Uobičajena ograničenja jesu:

1. nepostojanje kvalificirane radne snage, potrebne za pogon sustava;
2. izostanak odgovarajućih servisa - radionica za popravke;
3. predloženi tip opreme za natapanje nije bio testiran za klimatske prilike područja ni na veliku korozivnost natapne vode;
4. predviđena oprema za natapanje nema garanciju proizvođača za ekstenzivnu upotrebu u tom prostoru;
5. visoke kulture, kao npr. kukuruz, ne mogu se natapati svim vrstama opreme;
6. struktura tla ili vrsta kultura znatno ograničavaju izbor moguće opreme za natapanje;
7. propusnost je tla inkompatibilna s natapnom normom predviđene opreme;
8. uzgajane kulture traže fleksibilan tip opreme;
9. nepravilne površine (granice, međe) ili nagib površine tla onemogućuju primjenu nekih od tipova opreme;
10. problemi zaslanjenog tla ili natapne vode ozbiljno utječu na izbor opreme.

3.10.4. Različiti kriteriji za klasifikaciju opreme za natapanje

Kriteriji za procjenu nisu uvijek isti. Oni se mijenjaju od slučaja do slučaja i ovise o vrsti komparativnih studija sustava. Iz tih se razloga istraživanja ne mogu univerzalno primijeniti.

3.10.4.1. Minimalizacija cijene - troškova natapanja

Ako su troškovi natapanja glavni kriterij u izboru tipa opreme, treba razmotriti ove troškove:

a) Trošak investicije po jedinici površine

Ne može se uzeti nabavna cijena opreme kao kriterij izbora. Ta se cijena mora promatrati kao dio ukupnog troška natapanja. Važno je razmotriti pitanje amortizacije opreme jer se na temelju toga određuju godišnje rate - iznosi. Cijena opreme nije konstantna za sve regije ili zemlje. Razlika se pojavljuje zbog troškova transporta od proizvođača do mjesta ugradbe, poreza, carina itd. Cijena je opreme niža ako se naručuje veći broj jedinica. Ponekad neke zemlje imaju i povlaštene cijene. U nekim se analizama cijena uključuje i infrastruktura: dovod vode, crpne stanice, elektro-dovod i sl. Druge analize bave se samo troškovima natapnih sustava. U troškove sustava mogu se uključiti i troškovi gubitka zemljišta zbog izgradnje natapnih sustava.

b) Troškovi pogona

U ove troškove ubrajaju se i troškovi radne snage, energije, održavanja i popravaka opreme. Ovi troškovi jako variraju od zemlje do zemlje.

c) Ostali troškovi

U ovu grupu troškova ulaze: kamate na investicijski kapital, osiguranje i financijski troškovi. I ovi su troškovi vrlo različiti u različitim zemljama.

3.10.4.2. Potreba za radnom snagom

Potrebno je analizirati sve čimbenike pri utvrđivanju ovog kriterija kao glavnog u izboru opreme.

Pri tome se mora razlikovati:

1. rad potreban za vrijeme sezone natapanja za pokretanje opreme;
2. rad na pospremanju opreme nakon završetka sezone natapanja i rad za postavljanje opreme na početku sezone;
3. rad na održavanju opreme.

Ova vrsta rada nije stalan rad, već je sezonski rad. Natapanje, posebno s mehaniziranim opremom, ne zahtijeva rad s punim radnim vremenom, osim u velikim poljoprivrednim organizacijama.

3.10.4.3. Potrošnja energije

Ako je glavni kriterij za izbor tipa opreme potrošnja energije, tada se mora u analize uključiti energiju za crpljenje vode, za kretanje opreme, za njezinu instalaciju, za stvaranje tlaka u opremi itd. Treba razlikovati dnevne i noćne utroške struje zbog vršne potrošnje.

3.10.4.4. Potrošnja vode

Ako se izabere ovaj kriterij, moraju se izraditi studije učinkovitosti sustava i opreme za natapanje. Učinkovitost ovisi o klimatskim uvjetima: vjetar, visoke

temperature, velika evapotranspiracija; zatim ovisi o vrsti tla, koncepciji opreme te o mogućnosti prilagodbe opreme potrebama biljaka za vodom.

3.10.5. Klasifikacija opreme prema različitim kriterijima

Iako rezultati komparativnih studija imaju ograničenu vrijednost u odnosu prema prostoru i vremenu, ipak se može izraditi klasifikacija tipova opreme koja je skoro uvijek korektna za glavne sustave. Translatorno-pomična rampa ima testiranja za najmanji niz godina jer je to relativno nova oprema.

1. Kriterij troškova natapanja (veći broj pokazuje porast troškova)

- 1) bočno krilo
- 2) kružno-pomična rampa
- 3) rampa za kišenje, ručno pokretanje
- 4) samovučni top
- 5) translatorno-pomična rampa
- 6) stabilni natapni sustavi.

2. Kriterij potrebne radne snage (veći broj pokazuje povećanu potrebu za radnom snagom)

- 1) kružno-pomična rampa
- 2) stabilni natapni sustav
- 3) translatorno-pomična rampa
- 4) bočno krilo
- 5) samovučni top
- 6) rampa za kišenje, ručno pokretanje

3. Kriterij utroška energije (veći broj pokazuje povećanu potrošnju energije)

- 1) kružno-pomična rampa niskog tlaka
- 2) translatorno-pomična rampa
- 3) bočno krilo
- 4) rampa za kišenje, ručno pokretanje
- 5) stabilni natapni sustav
- 6) samovučni top.

4. Kriterij učinkovitosti natapanja (veći broj pokazuje smanjivanje učinkovitosti)

- 1) translatorno-pomična rampa
- 2) stabilni natapni sustav
- 3) kružno-pomična rampa

- 4) rampa za kišenje, ručno pokretanje
- 5) bočno krilo
- 6) samovučni top.

3.10.6. Rezultati nekih komparativnih studija

3.10.6.1. Istraživanje troškova natapanja Kalifornijskog sveučilišta SAD

U studiji objavljenoj 1978. godine uspoređivani su troškovi različitih natapnih sustava. Parcela za natapanje ima površinu od 65 ha, voda se crpi iz zdenca, vodno je lice 30 m ispod površine terena. Pri natapanju s pomoću kružno-pomične rampe bez "corner systema" natapna površina iznosi 53 ha. Potrebna količina natapne vode godišnje iznosi 914 mm.

Životni vijek opreme i smanjenje njezine vrijednosti računani su ovako:

- zdenci 25 godina - potrebna oprema za natapanje 10 godina
- crpke 20 godina - stabilni natapni sustav 15 godina
- dovodni cjevovodi 20 godina-samovučni top 8 godina

Cijena je radne snage 4,5 USD za 1 sat rada.

U tablici 3.10.-1 prikazani su rezultati istraživanja

3.10.6.2. Istraživanje CTGREF-a u Francuskoj u 1977. godini.

Komparativna studija izrađena je na osnovi istraživanja u jugozapadnoj Francuskoj. Kultura je kukuruz. Za istraživanje utjecaja različite opreme za natapanja na ukupne rezultate natapanja izabrano je pet postojećih farmi, vrlo različitih karakteristika:

- parcela A: 32 ha; kukuruz
- parcela B: 21,3 ha; kukuruz
- parcela C: 113 ha; kukuruz
- parcela D: 192 ha; kukuruz
- parcela E: 565 ha; kukuruz.

Ispitani su troškovi natapanja za različite tipove opreme za natapanje za sve farme - parcele. Potom je izrađena komparativna analiza za cijeli projekt. Troškovi natapanja znatno variraju za istu vrstu opreme za različite farme.

Usporedba troškova natapanja za različite sustave

Tablica 3.10.-1

Opis	Kružno – pomična rampa bez “corner systema”		Kružno – pomična rampa s corner systemom”		Bočno krilo	Rampa za kišenje ručno pokretanje	Samovučni top (typhon)	Stabilni natapani sustav
	Niski tlak	Visoki tlak	Niski tlak	Visoki tlak				
1. Trošak opreme (USD/ha)	2435	2545	1510	1620	1410	1260	1600	2680
2. Trošak investicije (USD/ha)								
- amortizacija	95	100	115	122	102	87	143	130
- kamate	143	147	60	65	56	50	64	107
- porez i sl.	49	51	30	32	28	25	32	54
UKUPNO	287	298	205	219	186	162	239	291
3. Trošak pogona (USD/ha)								
- radna snaga	11	11	11	11	67	133	89	22
- energija	108	174	108	174	131	131	131	131
- održavanje	30	30	39	39	31	36	56	62
UKUPNO	149	215	158	224	229	300	276	215
4. Cijena natapanja (USD/ha/god)	436	513	363	443	415	462	515	506

Natapni sustavi odabrani su tako da mogu zadovoljiti uvjete na farmi. Analizirani su ovi sustavi:

1. sustav od aluminijskih cijevi i rasprskivača. Cijevi su cijele sezone bile na istome mjestu, a rasprskivački su se ručno premještali;
2. samovučni top (s pomoću kabela);
3. samovučni top (Typhon);
4. boom prskalice;
5. kružno-pomična rampa;
6. "Robot Rain" sustav;
7. stabilni natapni sustav (automatiziran).

Trošak energije obračunavao se u iznosu od 0,13 FRF/kWh. Troškovi radne snage računali su se s iznosom za stalni rad od 3.500 FRF/mjesec, a za privremeni rad 2.800 FRF/mjesec (uključena davanja). Životni vijek opreme i smanjivanje vrijednosti opreme računali su se na temelju podataka iz tablice 3.10.-2

Analizirani su troškovi natapanja u različitim uvjetima pogona i potom međusobno uspoređivani. Usporedba je učinjena prema troškovima sustava 1.), koji se sastoji od aluminijskih cijevi i rasprskivača koji se ručno premještaju. Troškovi tog sustava označeni su sa 100.

Iako su dobivene razlike u troškovima primjene jednake opreme za natapanje na različitim farmama, može se procijeniti određena klasifikacija opreme na temelju kriterija: troškovi natapanja, troškovi radne snage, dobit i troškovi energije. Procjena je prikazana u tablici 3.10.-3.

Životni vijek opreme za natapanje

Tablica 3.10.-2

Vrsta opreme	Vijek trajanja god.	Vrsta opreme	Vijek trajanja god.
Rasprskivači	7	Mreža od pokretnih cijevi od Al.	12
Polietilenske cijevi	5	Mreža od ukopanih cijevi	15
Robot Rain	7	Crpke-mehanički dijelovi	10
Boom prskalice	10	Infrastruktura crpnih stanica	15
Mreža od pokretnih cijevi od PVC-a	7	Mehanizirana oprema za kišenje	7

Usporedba troškova različitih natapnih sustava**Tablica 3.10.-3**

Opis troška/cijene	Oznaka natapnog sustava (broj) i parcele (slovo)									
	Ado E/1	E/3	E/5	D/3	B/3	D/4	C/4	B/2	D/7	E/6
1. Natapanje	100	76	81	109	88	122	109	99	138	113
2. Radna snaga	100	34	30	75	71	90	62	71	88	61
3. Energija	100	121	61	135	187	115	164	206	170	127
4. Dobit	100	143	130	87	197	68	84	107	42	64

Ako usporedimo podatke istraživanja Kalifornijskog sveučilišta, prikazane u tablici 3.10.-1 s rezultatima istraživanja CTGREF-a u Francuskoj, mogu se primijetiti razlike. Razlike nastaju iz više razloga. U Kaliforniji je potrebna količina natapne vode 914 mm godišnje, a u Francuskoj 250 mm godišnje. Iz tog su razloga varijabilni troškovi natapanja u Francuskoj mnogo niži. Razlike nastaju i zbog cijene rada i energije te ostalih lokalnih uvjeta.

Najveća dobit ostvarena je korištenjem kružno-pomične rampe i samovučnim topom - Typhonom. Najviše energije troši oprema za čiji su pogon potrebni visoki tlakovi vode ("topovi").

3.10.7. Zaključak

Izbor opreme za natapanje kišenjem nije jednostavan posao. Ponekad nisu dovoljni niti precizni obračuni samo troškova vezanih uz natapanje. Vrlo je važan, u postupku izbora, ljudski faktor, naročito analitičara, koji predlaže konačno rješenje. Vrlo su često fizikalna okolina ili lokalne prilike potpuno nov slučaj pa se ne mogu "prenositi" već razvijena rješenja s drugih područja.

Rješenje problema ovisi o nacionalnim ciljevima razvitka, koji se temelje na gospodarskim prioritetima. Sve su metode i načini dobri tako dugo dok uzimaju u obzir propisane procedure i znanstveno/stručna pravila struke.

Energetska kriza, tj. troškovi energije, upućuju na to da se treba razvijati, proizvoditi i koristiti oprema koja radi s nižim radnim tlakovima. Taj je trend rezultirao razvojem metoda gravitacijskog natapanja. Te metode troše malo energije. U SAD-u se razvijaju metode i tehnike gravitacijskog natapanja s automatskom distribucijom vode. Razvija se tehnika da se mehaniziranom opremom za kišenje voda aplicira na tlo (npr. u brazde i slične načine).

U postupku izbora opreme za natapanje kišenjem bitno je izabrati takvu opremu koja je tehnički i tehnološki primjerena sredini i potrebama korisnika. Nije dobro uvijek izabirati najrazvijenije sustave opreme, koji se nude na tržištu. Planirati i

izgraditi "znanstveno najbolji" i visokoproduktivan natapni sustav, a bez jamstva i sposobnosti da će takav sustav raditi i davati dobre rezultate, ne može se preporučiti. U većini slučajeva izbor opreme i načina natapanja mora odgovarati lokalnim mogućnostima i na taj će se način osigurati postizavanje najboljih rezultata.

ZAHVALA

Autor zahvaljuje gđi. Višnji Omerbegović, dipl.inž.el. iz Hrvatskih voda, Zagreb, na pomoći pri izradi slika za poglavlja 2., 3.7., 3.8. i 3.9. u ovoj monografiji. Računalna priprema i obrada slika i fotografija izvršena je s pomoću programa Corel Photo-paint.

LITERATURA

1. Chu, S.T., Moe, D.L. (1984.): Hydraulics of A Center Pivot System. ASEAE. TRANS. 15(5), MI. USA.
2. Gereš, D. (1996.): Navodnjavanje. Građevni godišnjak '96. HDGI, Zagreb, str. 315-389.
3. Jensen, M. E. (1981.): Design and Operation od Farm Irrigation Systems. ASAE Monog. N° 3, Michigan, USA.
4. Ollier, C., Poiree, M. (1983.): Irrigation. 6me. Ed., Eyrolles, Paris.
5. Rolland, I. (1982.): Mechanized Sprinkler Irrigation. FAO, Irr. and Dr. Pap. N° 35, Rome.
6. (1996.): Design Manual, Lindsay Zimmatic, Lindsay Manuf. Co., Lindsay, Neb. USA.
7. -(1989.): Documentation of Valmont Ind. Inc., Valley, Neb., USA.
8. -(1989.): Tehnički i komercijalni materijali, Irrifrance, Montpellier, France.
9. -(1994.): Technical Documentation of Valmont, Valley Rainger Model. Valmont Ind. Nebr. USA.
10. -(1998.): Technical Documentation of Zimmatic Lindsay Co., Lindsay, Nebr. USA.
11. -(1978.): Sales Brochure of Wade Rain, Square-Matic. Wade Rain Co. Or. USA.
12. CTGREF, (1977.): Incidence de la mécanisation des irrigations sur le prix de revient des arrosages et des charges de main d'oeuvre. 10th Congress of the ICID. Prve.
13. Gereš, D. (1996.): Gospodarske analize investicijskog projekta. Priručnik za hidrotehničke melioracije. II kolo, knjiga 5. Znanst. monogr., Građevinski fakultet Rijeka i HDON Zagreb, str. 127-139.
14. - (1977.): Irrigation cost-report. Leaflet N° 2875. Division of Agricultural Sciences, University of California, USA:

4. MEHANIZACIJA I OPREMA ZA LOKALIZIRANO NATAPANJE

Prof. dr. Frane Tomić

Doc. dr. Davor Romić

Agronomski fakultet

Sveučilišta u Zagrebu

4.1. UVODNE NAPOMENE

Poznato je da u metodu lokaliziranog natapanja spadaju dva načina:

- natapanje kapanjem
- natapanje mini rasprskivačima

U ranijim brojevima Priručnika za hidrotehničke melioracije (posebno u knjizi 4) dosta je obrađena oprema za natapanje, uključujući i opreme za lokalizirano natapanje.

Budući da tehnologija razvitka općenito brzo napreduje, unutar zadnjih nekoliko godina ostvarena su nova saznanja i nastupila su unapređenja i u vezi s tehnologijom natapanja. Došlo je do poboljšanja pojedinih dijelova u opremi sustava natapanja kapanjem i mini rasprskivačima, koji olakšavaju izvođenje te melioracijske mjere, a uz to čine tehnička unapređenja i veću ekonomsku djelotvornost u primjeni natapanja. Stoga nam je namjera u ovom broju Priručnika prikazati, uz kraća objašnjenja, upravo novija ostvarenja u opremi lokaliziranog natapanja.

4.2. KAPANJE

U opremi natapanja kapanjem ostvarena su unapređenja u plastičnim cijevima kapanja, kapaljkama, u priboru te kontroli sustava natapanja računalima.

Uz to su izvjesna unapređenja ostvarena i na filtrima za vodu, regulatorima tlaka, sustavu gnojidbe otopljenim hranivima i ventilima.

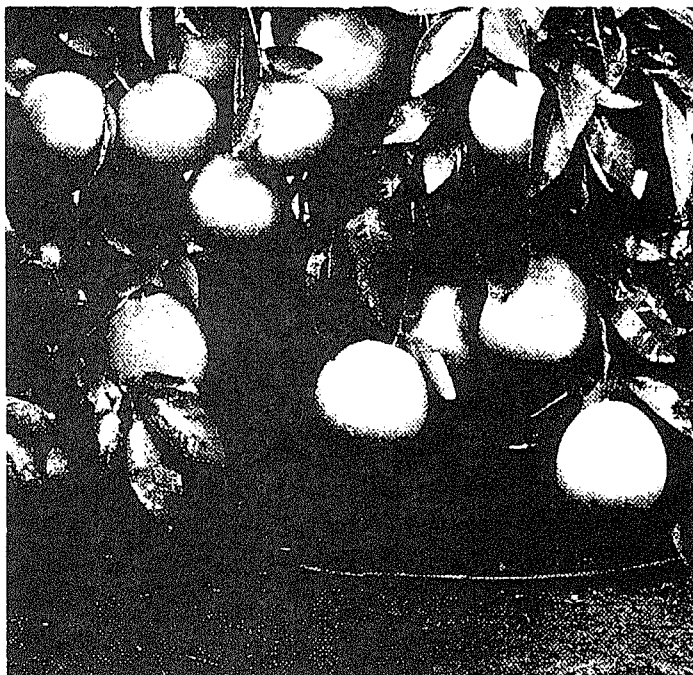
4.2.1. Cijevi u sustavu kapanja

Posebno je značajno, da je uspjeh ostvaren u proizvodnji cijevi za kapanje, koje čine s ugrađenim kapaljkama (unutar cijevi), cjelovitost ili cjelovitu cijev kapanja. Ta cjelovita cijev kapanja proizvodi se sada u obliku triju tipova:

- cijevi kapanja s kompenzirajućim tlakom,
- višesezonska cijev kapanja,
- cijev kapanja s tankom stijenkom.

4.2.1.1. Cijev kapanja s kompenzirajućim tlakom

U toj cijevi ugrađuju se kapaljke Ram (slika 4.2.-1). Ta kapaljka ima profinjen i pouzdan uređaj za kompenziranje tlaka vode pa, zahvaljujući tome, voda se jednolično raspodjeljuje na cijeloj duljini cijevi. Duljina cijevi može iznositi i preko 400 m pa zajedno s ugrađenim kapaljkama čini cjelovitu cijev za kapanje (Pressure - compensated Integral Dripelines) - slika 4.2.-2.



Slika 4.2.-1 Kapaljka Ram



Slika 4.2.-2 Cijev kapanja s ugrađenim kapaljkama Ram

Razmak kapaljki u cijevi može biti različit, a radni tlak i količina iskapane vode također mogu biti različiti. Zahvaljujući sposobnosti kapaljke za kompenziranje tlaka, količina vode koja prolazi kroz kapaljku ne ovisi o radnom tlaku (slika 4.2.-3.), dok su temeljne značajke kapaljke Ram prikazane u tablici 4.2.-1.

Temeljne značajke kapaljke Ram

Tablica 4.2.-1

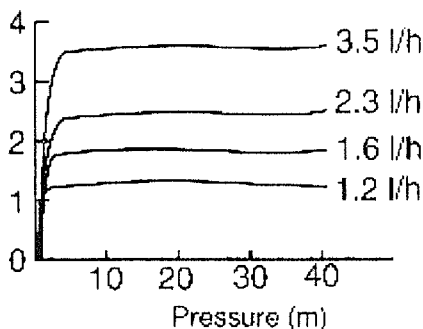
Vrste kapaljke	Debljina stijenke cijevi (mm)	Količina kapanja (l/h)	Tlak (m)	Promjer cijevi (mm)	
				Unutarnji	Vanjski
Ram 17	1.20	1.2/1.6/2.3/3.5	5 - 40	14.6	17.0
Ram 17 D	1.00	1.2/1.6/2.3/3.5	5 - 35	14.5	16.5
Ram 17 L	0.64	1.2/1.6/2.3/3.5	5 - 30	15.5	16.7
Ram 20	1.20	1.2/1.6/2.3/3.5	5 - 40	17.5	19.9

Dužina cjelovite cijevi kapanja na cijelom terenu (m)

Tablica 4.2.-2

Vrste kapa Ram	Radni tlak (m)	Razmak kapa (m) i količina kapanja (l/h)																											
		0.30			0.40			0.50			0.60			0.80			1.00												
		1.2	1.6	2.3	3.5	1.2	1.6	2.3	3.5	1.2	1.6	2.3	3.5	1.2	1.6	2.3	3.5	1.2	1.6	2.3	3.5								
17	20	155	128	101	77	198	164	129	98	239	198	156	119	277	230	182	138	348	289	228	174	413	343	271	207	487	405	321	245
	25	171	142	112	85	213	182	143	108	264	219	173	131	306	254	200	153	385	319	253	192	457	379	300	229	540	449	355	271
	30	185	153	121	91	236	196	154	117	285	236	186	142	331	274	216	165	416	346	273	208	494	410	325	247	585	485	384	294
	35	197	163	128	97	252	209	164	125	303	252	199	151	353	292	231	175	443	368	291	222	527	437	346	264	624	517	410	313
	40	207	172	135	103	266	220	173	132	320	265	201	159	372	308	243	186	468	388	307	234	556	462	365	278	659	546	432	330
17 D	20	148	123	97	73	190	158	124	95	230	191	150	114	26	221	175	133	336	279	220	168	400	332	262	200	472	392	311	237
	25	164	136	107	81	210	174	137	104	254	210	166	126	295	244	193	147	372	308	244	185	442	367	290	221	523	435	330	262
	30	177	147	115	88	227	188	148	113	274	227	179	135	319	264	208	159	416	333	263	200	478	397	314	239	566	470	237	283
	35	188	156	123	93	242	200	158	120	292	242	191	145	340	282	222	160	428	355	280	213	510	423	335	255	603	501	262	302
	40	196	162	128	98	254	210	166	126	303	254	201	159	372	308	243	186	468	388	307	234	556	462	365	278	659	546	432	330
17 L	15	15	127	100	76	196	162	128	98	235	195	154	117	272	226	178	136	340	283	224	170	403	335	265	202	475	395	283	238
	20	177	147	115	88	226	187	148	112	271	225	178	135	313	260	205	156	392	326	257	196	465	386	306	233	548	455	302	275
	25	195	162	128	97	249	207	163	124	300	249	196	149	347	288	227	173	434	360	285	217	515	427	338	258	607	505	238	305
	30	211	175	138	105	270	223	176	134	324	269	212	161	375	311	246	187	470	390	308	235	557	462	366	279	657	546	275	330
	40	251	208	165	125	314	260	206	157	371	308	244	196	424	352	279	213	521	433	343	262	610	507	402	307	711	591	305	358
20	25	278	230	182	138	347	288	228	174	411	341	270	206	469	390	309	235	577	480	380	290	676	562	445	340	788	656	330	397
	30	300	249	197	150	376	312	246	178	444	369	292	223	508	422	334	255	625	520	412	314	732	609	482	368	853	710	358	430
	35	320	266	210	159	400	332	263	200	474	394	311	237	542	450	357	272	667	555	493	335	781	650	515	393	911	758	397	458
	40	338	280	221	168	423	351	277	211	501	416	329	251	573	457	376	287	705	586	464	354	825	686	544	415	963	807	430	485

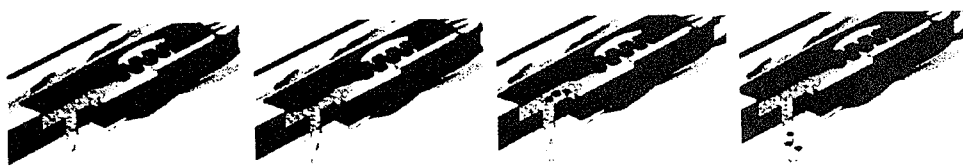
Značajno je da duljina cjelovite cijevi kapanja ovisi o razmaku ugrađenih kapaljki, količini vode koja prolazi kroz kapaljku i radnog tlaka (tablica 4.2.-2).



Slika 4.2.-3 Odnos prolaska količine vode kroz kapaljku (l/h) i radnog tlaka (m)

Dakako da je duljina cjelovite cijevi kapanja veća što je veći razmak kapaljki i što je veći radni tlak. Jednako je tako normalno da je duljina cijevi manja što je količina vode koja prolazi kapaljkama veća. Temeljem tih odnosa mogu se uskladiti te vrijednosti i za svaki praktičan slučaj riješiti duljinu cijevi kapanja za pojedinu izabranu vrstu kapaljke Ram s njezinim tlakom i razmakom kapaljki.

Značajno je da su kapaljke Ram jako otporne na začepljenje, pa i taloženje čestica u njihovim uskim prolazima. Tu značajku treba pripisati uređaju za čišćenje koji ima svaka kapaljka. Ako uđu krute čestice u cijev kapanja, u tom će se slučaju uspješno isprati sve nepoželjne čestice prigodom rada. natapnog sustava. (slika 4.2.-4).

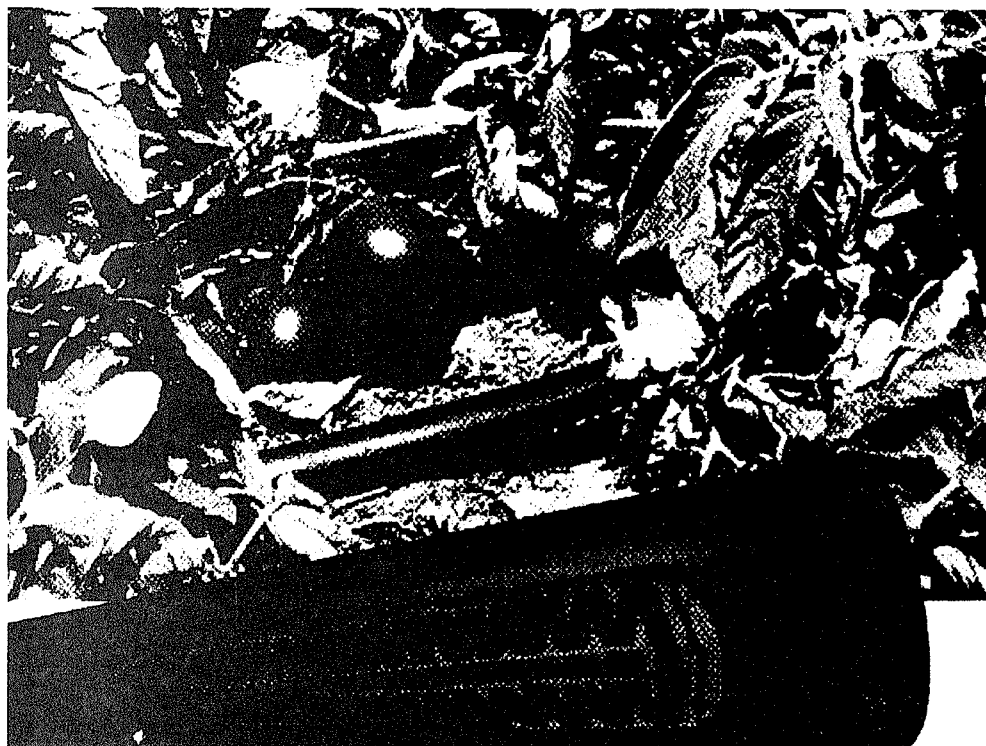


Slika 4.2.-4 Postupnost ispiranja čestica iz kapaljke

U prijašnjim kapaljkama, koje nisu imale uređaja za samoispiranje stranih čestica, dolazilo je do smanjivanja protoka vode kroz kapaljku. Međutim, sadašnji uređaj za ispiranje krutih čestica omogućuje izjednačenje tlaka iznad i ispod dijafragme. Zbog toga dolazi do slobodnog plutanja i ispiranja čestica te normalnog rada kapaljke. To kontinuirano ispiranje potiče pouzdano izvršenje kapanja i duži život natapnog sustava ovim kapaljkama. Zahvaljujući tim značajkama, kapaljke RAM mogu se koristiti lošijom kakvoćom natapne vode.

4.2.1.2. Višesezonska cijev kapanja

U tu cijev mogu se ugraditi kapaljke Tiran i Dripline pa zajedno čine cjelovitu cijev kapanja. U toj cijevi i kapaljkama Tiran voda se turbulentno giba jer kapaljke imaju široke prolaze za vodu (slika 4.2.-5.).



Slika 4.2.-5 Kapaljka Tiran i cijev kapanja s ugrađenim kapaljkama

Cijev i kapaljke su dugotrajne i manje su osjetljive na začepljenje. Osim toga, znatno su otporne na nepovoljne poljske uvjete, pa su pogodne - uz natapanje - i za industriju i u rudarstvu. Posebno su pogodne za upotrebu tekućih gnojiva primjenom fertirigacije. Ta cijev kapanja s ugrađenim kapaljkama pogodna je za premještanje i svako pomicanje kada strojevi rade na polju. Prikladni su i za postavljanje kapaljki na različite razmake, za različite protoke vode te za niske radne tlakove. Mogu se prilagoditi zahtjevima različitih uzgajanih kultura i različitima poljskim uvjetima. Temeljne značajke kapaljke Tiran prikazane su u tablici 4.2.-3 i tablici 4.2.-4, a odnos tlaka i količine vode koja kapa na slici 4.2.-6. Prema ovom grafikonu količina kapanja povećava se s rastućim vrijednostima tlaka.

Temeljne značajke kapaljke Tiran

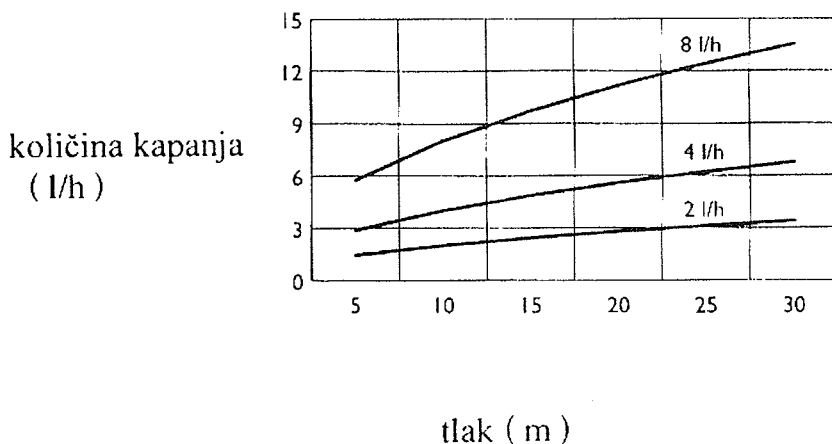
Tablica 4.2.-3

Vrste kapaljke	Debljina stijenke cijevi (mm)	Količina kapanja (l/h)	Maksimalni tlak (m)	Promjer cijevi (mm)	
				Vanjski	Unutarnji
Tiran 16	1.20	2.05/4.10/8.20	35	16.0	13.6
Tiran 17	1.20	2.05/4.10/8.20	35	17.0	14.5
Tiran 17 M	0.90	2.05/4.10/8.20	30	16.3	14.5
Tiran 17 L	0.80	2.05/4.10/8.20	25	16.1	14.5
Tiran 20	1.20	2.05/4.10/8.20	35	20.0	17.6

Dimenzije prolaska vode u kapaljci Tiran

Tablica 4.2.-4

Količina kapanja (l/h)	Dubina (mm)	Širina (mm)	Dužina (mm)
2.05	1.00	1.18	109
4.10	1.35	1.35	109
8.20	1.10	1.10	36



Slika 4.2.-6 Odnos prolaska količine vode kroz kapaljku (l/h) i radnog tlaka (m)

U tablici 4.2.-5 može se odrediti duljina cijevi u kojoj su ugrađene kapaljke Tiran. Naime, duljina cijevi ovisi o razmaku ugrađenih kapaljki i količini vode koja

treba izlaziti kroz kapaljke (odnosno o promjeru cijevi kapanja). Usklađujući te vrijednosti može se odrediti duljina cijevi kapanja i za svaki konkretan slučaj u praksi natapanja ili uzgoja poljoprivrednih kultura.

Duljina cjelovite cijevi kapanja na ravnom terenu(m), kod 10 % - tnog variranja protoka (količine kapanja)

Tablica 4.2.-5

Promjer kapaljke Tiran	Količina kapanja (l/h)	Razmak kapaljki						
		0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00	1.25
16	2.05	57	72	86	99	117	145	170
	4.10	36	46	55	63	75	93	110
17	2.05	68	86	101	115	135	167	193
	4.10	44	54	65	74	87	107	125
	8.20	28	35	41	48	56	69	80
20	2.05	104	127	148	168	195	236	273
	4.10	67	82	95	108	125	152	176
	8.20	43	52	61	69	81	98	113

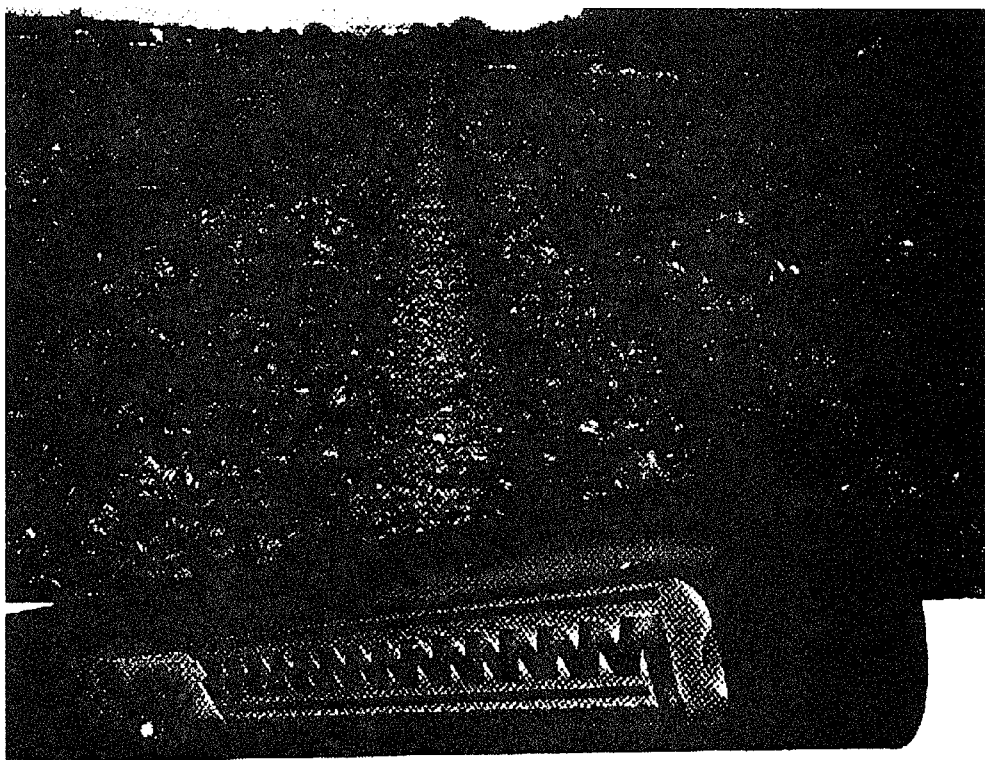
Višesezonska cijev kapanja s ugrađenim kapaljka Dripline pogodna je za višenamjensko korištenje u natapanju. Različiti promjeri i debljine stijenki cijevi čine Dripline kapaljke prikladne za natapanje voćnjaka, poljskih kultura, plastenika i staklenika te za neravne terene. Također su prikladni i za primjenu u industriji i rudarstvu (slika 4.2.-7).

Temeljne značajke Dripline kapaljki prikazane su u tablici 4.2.-6, a duljina cijevi s ugrađenim kapaljka može se odrediti na temelju podataka prolaska vode kroz kapaljku i razmaka kapaljki - za pojedine njezine vrste (tablica 4.2.-7).

Temeljne značajke kapaljke Dripline

Tablica 4.2.-6

Vrste kapaljke	Debljina stijenke cijevi (mm)	Količina kapanja (l/h)	Maksimalni tlak (m)	Promjer cijevi (mm)	
				Unutarnji	Vanjski
Dripline 2000	0.94	2.00 - 3.00	25	15.2	17.0
Dripline 2012	1.00	1.90 - 2.95	25	10.3	12.5
Dripline 2012 L	0.75	1.90	22	10.7	12.2
Dripline 2025	0.94	1.80 - 2.90	30	20.8	22.7



Slika 4.2.-7 Kapaljka Dripline i cijev kapanja s ugrađenim kapaljka

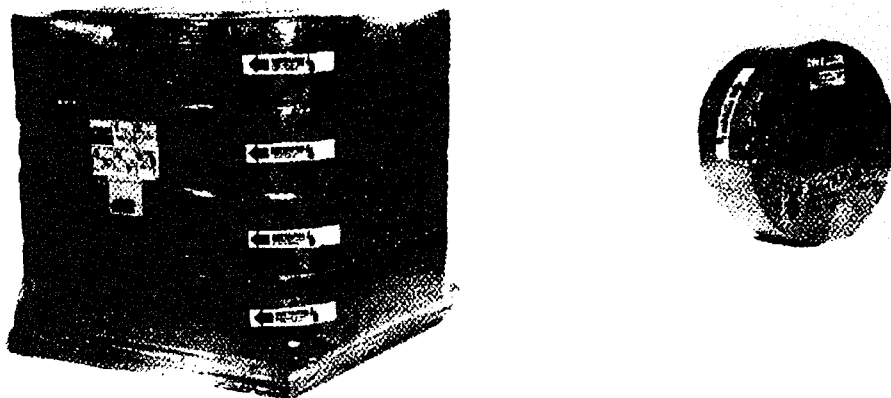
*Duljina cjelovite cijevi kapanja na ravnom terenu (m) pri variranju protoka
(količine kapanja)*

Tablica 4.2.-7

Vrste kapaljke	Količina kapanja (l/h)	Razmak kapaljki (m)							
		0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00	1.25
Dripline 2000	2.00	58.6	79.2	97.6	114.0	129.6	150.8	183.0	212.5
Dripline 2012	1.90	24.4	34.2	43.2	51.5	59.4	70.5	87.5	101.3
Dripline 2012L	1.90	28.4	39.9	50.0	59.5	68.4	76.5	99.5	115.3
Dripline 2025	1.90	116.4	153.9	186.8	216.5	244.2	270.2	341.0	395.0
Dripline 2000	3.00	45.4	61.5	75.6	88.5	100.8	117.0	142.0	165.0
Dripline 2012	2.95	18.6	26.4	33.2	39.5	45.6	54.0	67.0	78.8
Dripline 2025	2.95	86.2	114.0	138.4	160.5	181.2	200.2	253.0	292.5

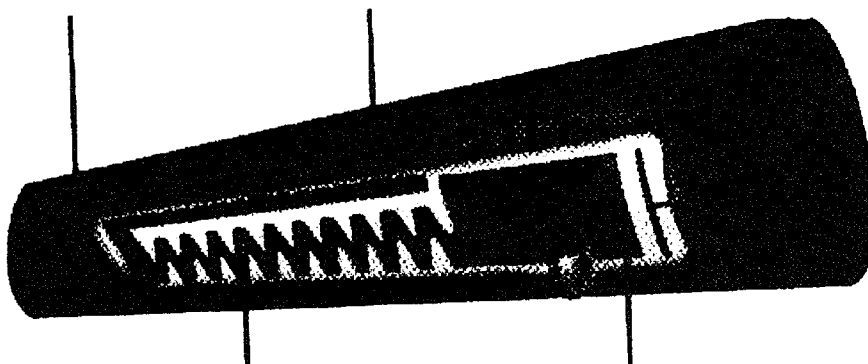
4.2.1.3. Cijevi kapanja s tankom stijenkom

Te su cijevi u obliku traka kada su u transportnom položaju (slika 4.2.-8). Danas se podosta upotrebljavaju cijevi s ugrađenim kapaljkama Typhon, Python i Streamline. S tim cijevima i kapaljkama ostvaruje se visoka ujednačenost dodavanja vode te značajna ušteda vode i tekućih gnojiva pri fertirigaciji. Značajno je da su te cijevi otporne na začepljenje kapaljki, a uz to ekonomski su vrlo isplative jer se kroz vrijednost ostvarenih prinosa postiže ne samo povrat uloženi sredstava već se dobiva i veći profit.



Slika 4.2.-8 Cijevi kapanja s tankom stijenkom

U radnom položaju cijev kapanja s tankom stijenkom i ugrađena kapaljka prikazana je na slici 4.2.-9.



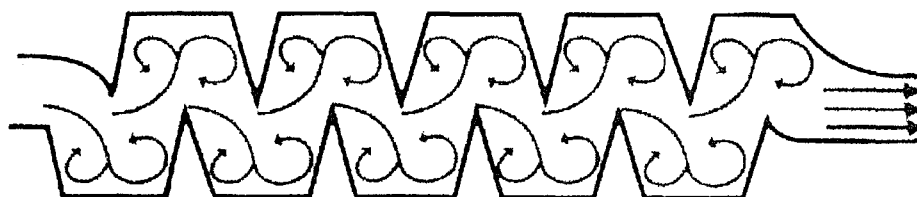
Slika 4.2.-9 Cijev kapanja s tankom stijenkom i kapaljka Typhon

U tablici 4.2.-8 prikazane su najvažnije dimenzije kapaljke Typhon, a u skici (slici 4.2.-10) način turbulentnog tečenja vode kroz kapaljku.

Dimenzije kapaljke Typhon

Tablica 4.2.-8

Kapaljka l/h	Dimenzije prolaza vode			Dimenzije filtera		
	Dužina (mm)	Širina (mm)	Dubina (mm)	Dužina (mm)	Širina (mm)	Broj zavoja
1.10	22.80	0.62	0.60	3.40	0.40	26
1.60	20.00	0.70	0.70	1.00	0.55	6
2.60	18.10	0.82	0.85	1.50	0.65	10



Slika 4.2.-10 Turbulentno tečenje vode kroz kapaljku Typhon

Najvažniji tehnički podaci kapaljke Typhon

Tablica 4.2.-9

Vrste kapaljke	Debljina stijenke cijevi (mm)	Količina kapanja (l/h)	Maksimalni tlak (m)	Promjer cijevi (mm)	
				Unutarnji	Vanjski
Typhone 10	0.25	1.65-2.60	7.0	16.0	16.5
Typhone 13	0.33	1.75-2.70	8.5	15.9	16.5
Typhone 16	0.40	1.75-2.70	10.0	15.7	16.5
Typhone 20	0.50	1.75-2.75	14.0	15.5	16.5
Typhone 25	0.64	1.75-2.75	18.0	15.4	16.7
Typhone 35	0.90	2.00-3.00	25.0	15.2	17.0
Super Typhone 100	0.25	1.60-2.50	10.0	16.0	16.5
Super Typhone 125	0.32	1.65-2.60	14.0	15.9	16.5
Python 100	0.25	1.55	9.0	20.8	21.2
Python 135	0.34	1.55	12.0	20.8	21.5

Duljina cijevi kapanja s tankom stijjenkom kod 10 %-tnog variranja protoka vode (m)

Tablica 4.2.-10

Vrsta kapaljke	Količina kapanja (l/h)	Razmak kapaljki (m)							
		0.15	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00	1.25
Typhon 10	1.65/2.60	61.0/45.0	99.6/72.6	121.2/88.78	141.0/103.5	154.0/117.0	184.5/136.5	223.0/165.0	257.5/191.3
Typhon 13	1.75/2.70	58.0/43.0	96.0/70.2	116.8/86.0	136.0/100.5	153.6/114.0	177.8/132.0	215.0/160.0	248.8/186.3
Typhon 16	1.75/2.70	57.0/42.0	92.7/68.7	113.6/84.4	132.5/98.5	150.0/111.6	174.0/129.8	211.0/157.0	245.0/182.5
Typhon 20	1.75/2.75	54.0/40.0	91.2/67.5	111.6/82.8	130.5/97.0	147.6/109.8	171.8/127.5	208.0/154.0	241.3/178.8
Typhon 25	1.75/2.75	53.0/38.0	86.7/63.9	106.8/78.8	125.0/92.0	141.6/105.0	165.0/122.3	200.0/148.0	232.5/172.5
Typhon 35	1.60/2.50	46.0/36.0	77.7/60.0	96.0/74.0	112.5/87.0	127.8/99.0	149.3/115.5	182.0/141.0	211.3/163.8
S Typhon 100	1.65/2.60	62.0/45.0	101.7/86.4	123.6/92.8	144.0/108.0	162.6/121.8	188.3/141.8	228.0/171.0	263.8/197.5
S Typhon 125	1.55	58.0/42.0	95.7/71.1	116.4/86.4	135.5/100.5	153.0/114.0	177.0/132.0	214.0/159.0	247.5/183.8
Python 100	1.55	104.3	168.6	204.4	237.0	267.6	309.8	374.0	431.3
Python 135	1.55	104.3	168.6	204.4	237.0	267.6	309.8	374.0	431.3

Najvažniji tehnički podaci za pojedine vrste Typhon kapaljki vide se u tablici 4.2.-9, dok se ovisnost duljine cijevi kapanja s ugrađenim kapaljkama o razmaku kapaljki i radnom tlaku može vidjeti u tablici 4.2.-10.

Kapaljke Streamline ugrađuju se također u cijevi kapanja s tankom stjenkom. Značajno je da ta cijev s kapaljkama ima veliku vučnu čvrstoću. Kapaljke Streamline male su veličine sa širokim i kratkim prolazima za vodu. Visoko su otporne na začepljenje (slika 4.2.-11).

Mali protoci kapaljki omogućuju efektivne kratke razmake kapi koje vlaže tlo pa se može primijeniti za natapanje raznih kultura na raznim tlama. Najvažniji podaci tih kapaljki prikazani su u tablici 4.2.-11, a duljine cijevi kapanja s ugrađenim kapaljkama u tablici 4.2.-12.

Na slici 4.2.-12 vidi se cijev s tankom stijenkom u kojoj su ugrađene Streamline kapaljke pri natapanju jagoda, koje su vrlo kvalitetne.



Slika 4.2.-11 Kapaljka Streamline u cijevi s tankom stijenkom

Najvažniji podaci kapaljke Streamline

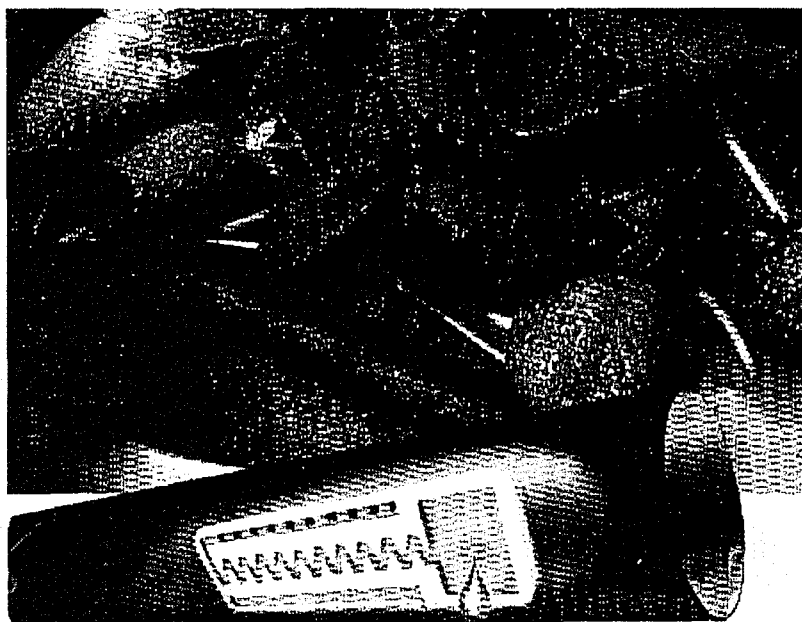
Tablica 4.2.-11

Vrste kapaljke	Debljina stijenke cijevi (mm)	Količina kapanja (l/h)	Maksimalni tlak (m)	Promjer cijevi (mm)	
				Unutarnji	Vanjski
Streamline 80	0.20	1.05-1.70	8.5	16.1	16.5
Streamline 100	0.25	1.05-1.70	10.0	16.0	16.5
Streamline 125	0.32	1.05-1.70	14.0	15.9	16.5

Duljina cijevi kapanja (m) na ravnom terenu pri 85 %-tnoj ujednačenosti rada

Tablica 4.2.-12

Vrste kapaljke	Količina kapanja (l/h)	Razmak kapaljki (m)							
		0.15	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00	1.25
Streamline 80	1.0/1.7	137/100	255/164	274/198	318/231	358/262	417/228	502/367	583/423
Streamline 100	1.0/1.7	137/100	255/164	274/198	318/231	358/262	417/228	502/367	583/423
Streamline 125	1.0/1.7	136/99	222/162	270/197	316/229	355/259	414/285	497/362	577/427



Slika 4.2.-12 Natapanje jagoda cijevima tankih stijenki i ugrađenim Streamline kapaljkama

4.2.2. Kapaljke

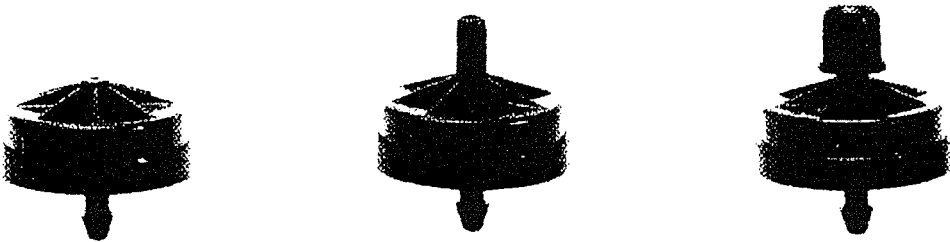
U prethodnom poglavlju ("Cijevi kapanja") obrađene su kapaljke koje kompenziraju tlak (RAM), kapaljke koje se ugrađuju u više sezonske cijevi kapanja (Tiran i Dripline) te kapaljke koje se ugrađuju u cijevi kapanja, s tankim stijenkama (Typhon i Streamline). Međutim, osim navedenih kapaljki podosta se još upotrebljavaju:

- kapaljke koje se stavljaju na cijev ("On-line"),
- kapaljke koje se stavljaju između dviju cijevi (in - line),
- kapaljke za posude.

Poneke od tih kapaljki kompenziraju tlak, a druge nemaju tu odliku. Jednako se tako neke od kapaljki mogu upotrebljavati s cijevima svakog promjera, a neke se upotrebljavaju s cijevima koje su promjera 3-5 mm. To su zapravo mini cijevi.

4.2.2.1. Kapaljke koje se postavljaju na cijev ("On-line")

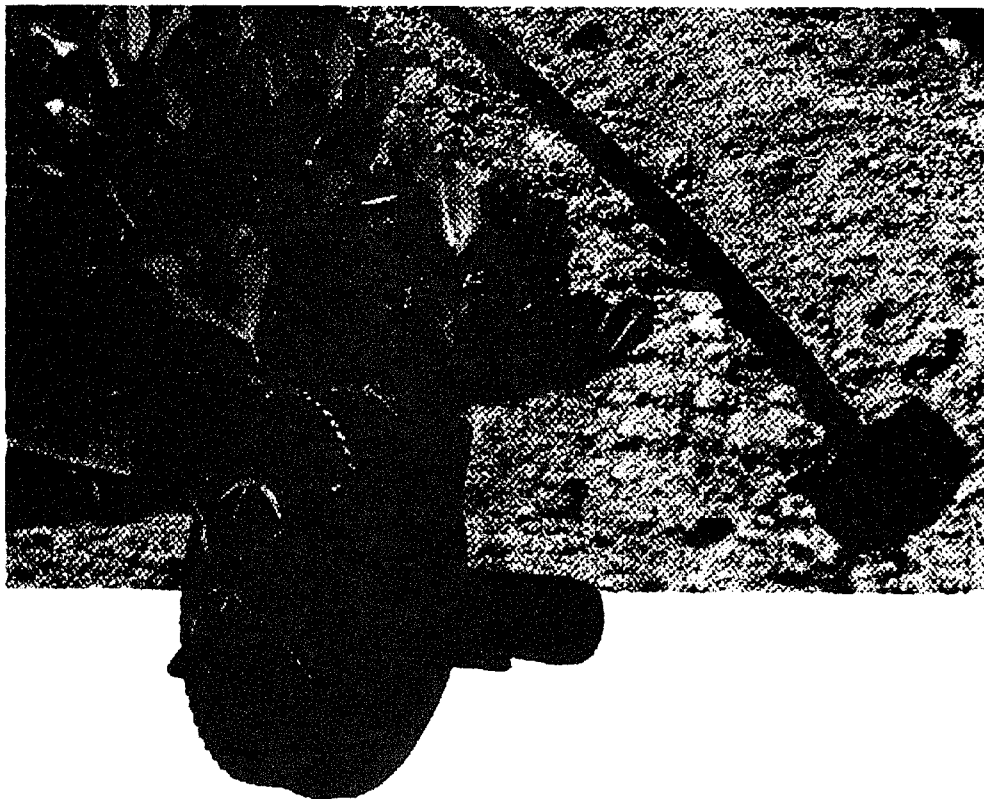
Među tim kapaljka ima onih koje mogu kompenzirati tlak (slike 4.2.-13 i 4.2.-14) i onih koje nemaju tu odliku (slika 4.2.-15).



Slika 4.2.-13 On-line P.C. kapaljke (kompenziraju tlak)



Slika 4.2.-14 On-line P.C. J. kapaljke (kompenziraju tlak)



Slika 4.2.-15 On-line kapaljke (ne kompenziraju tlak)

P.C. kapaljke mogu kompenzirati tlak najšireg raspona (tlak 5-40 m). Primjenjuju se za različite tlakove, kvalitetu vode i različite nagibe terena. Značajno je da su otporne na začepljenje. Duljina lateralnih cijevi ili cijevi kapanja (s tim kapaljkama) može se za praktične svrhe odrediti na temelju tablice 4.2.-13 (ovisno o razmaku cijevi, promjeru, tlaku i protjecajnoj količini vode).

On - line P.C. J. kapaljke također kompenziraju tlak. Projektirane su tako da se mogu primjeniti za natapanje svake kulture. Jednako se tako mogu upotrebljavati u plastenicima, staklenicima, rasadnicima i u parkovima. Te kapaljke raspolažu uređajem koji zatvara kapaljku na kraju svakog natapanja, sprječavajući odvođenje vode iz cijevi. Duljina cijevi s tim kapaljkama određuje se s pomoću tablice 4.2.-14.

Duljina cijevi kapanjem na ravnom terenu u m

Tablica 4.2.-13

Protjecajna količina (l/h)	Tlak (m)	Razmak kapaljki (m)									
		0.25		0.50		0.75		1.00		1.25	
		Promjer cijevi									
		16	20	16	20	16	20	16	20	16	20
2	20	83	132	141	219	189	289	231	352	270	407
	25	95	153	163	253	218	334	267	407	312	472
	30	105	169	180	280	242	371	296	451	346	523
4	20	53	85	90	140	121	186	149	226	173	262
	25	61	98	112	162	140	214	172	261	200	303
	30	67	108	115	179	155	237	190	290	222	336
8	20	33	53	56	88	76	127	93	142	108	165
	25	38	61	65	101	87	135	108	164	126	191
	30	42	68	72	112	97	149	119	182	140	211

Duljina cijevi kapanjem na ravnom terenu u m

Tablica 4.2.-14

Protjecajna količina (l/h)	Tlak (m)	Razmak kapaljki (m)									
		0.25		0.50		0.75		1.00		1.25	
		Promjer cijevi									
		16	20	16	20	16	20	16	20	16	20
2	20	84	135	143	222	192	294	235	357	273	415
	25	97	155	165	257	222	339	272	413	316	480
	30	107	172	183	284	246	377	301	458	351	531
4	20	53	86	92	142	123	189	151	229	176	266
	25	62	99	106	165	142	218	174	265	203	307
	30	68	110	117	182	157	242	193	294	225	342
8	20	44	70	75	117	101	155	124	155	145	220
	25	47	76	81	126	109	168	134	205	157	237
	30	50	81	86	135	117	179	143	219	167	254

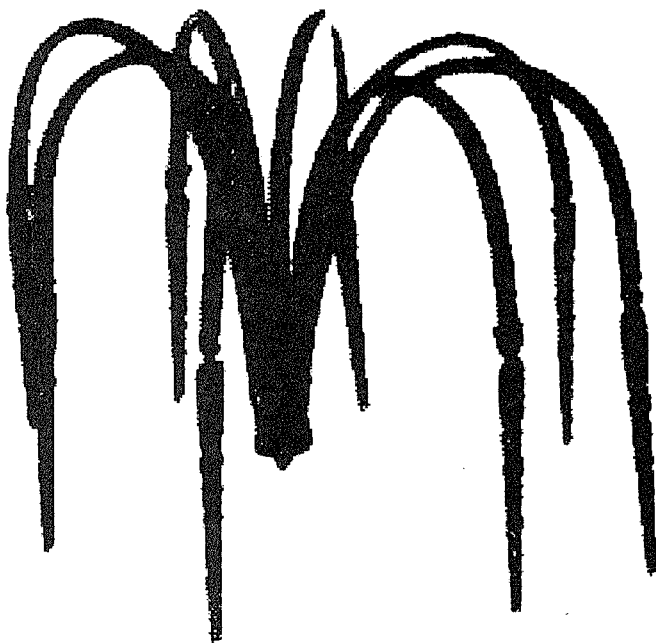
Na slici 4.2.-15 prikazane su On - line kapaljke koje ne kompenziraju tlak. Te kapaljke imaju turbulentno tečenje vode u širim prolazima. Pouzdane su, precizne i djelotvorne. Upotrebjavaju se također u različite svrhe (natapanje u zatvorenim prostorima, parkovima, voćnjacima). Mogu se postaviti na cijevi različitih promjera

i na mikro cijevi (\varnothing 5 mm). Odnos protjecajne količine vode kroz kapaljke, njihova razmaka, promjera i duljine, prikazan je u tablici 4.2.-15. Na cijev se stavlja i viša izljevna kapaljka (slika 4.2.-16).

Maksimalna duljina cijevi kapanja na ravnom terenu u m

Tablica 4.2.-15

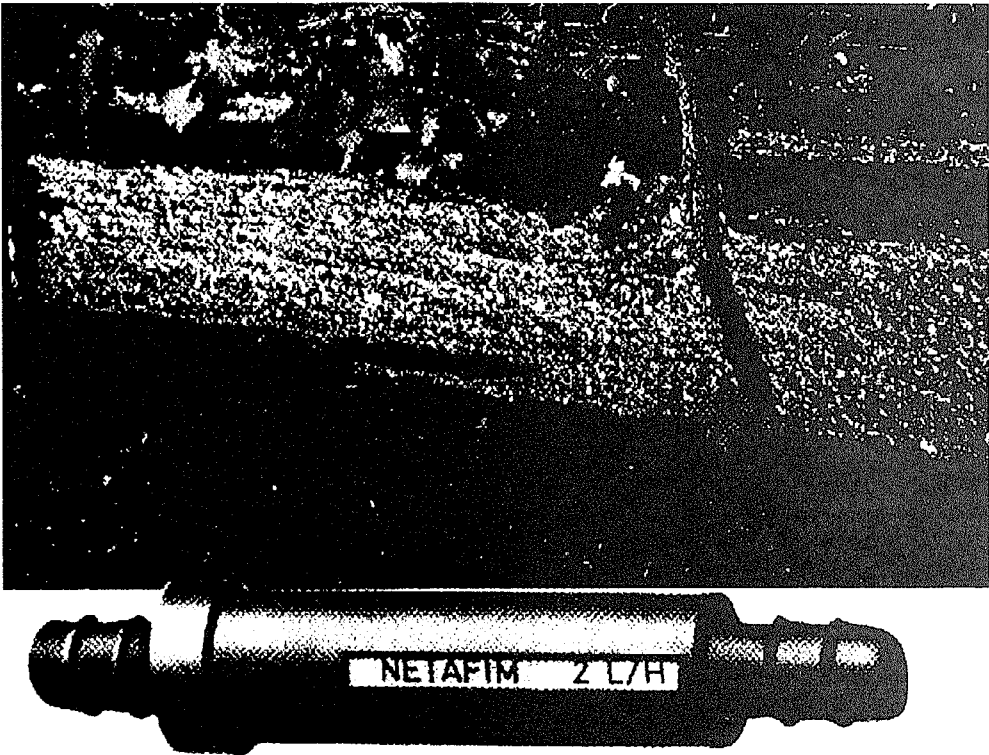
Protjecajna količina (l/h)	Promjer cijevi (mm)	Razmak kapaljki								
		0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.00	1.25	1.50	2.00
4	16.0	38	47	56	64	78	92	107	121	146
	16.0	34	43	51	58	72	84	98	111	138
	20.0	68	84	98	111	135	157	182	205	248
	20.0	58	71	83	94	115	134	182	175	212
8	16.0	22	28	33	38	46	54	62	72	86
	16.0	21	26	31	35	43	51	60	67	82
	20.0	37	45	53	61	73	85	99	111	132
	20.0	35	43	50	57	69	81	95	106	127



Slika 4.2.-16 Višeizljevna kapaljka

4.2.2.2. Kapaljke koje se stavljaju u liniju cijevi ("in - line")

Ta kapaljka prikazana je na slici 4.2.-17. Ta kapaljka učinila je revoluciju u natapanju kapanjem. Voda turbulentno protječe u njezinim širim prolazima. Razmak kapaljki može biti različit: od 0,25 do 1,5 m. Jednako ih tako ima različitih vrsta, promjera i rade pri različitim tlakovima (tablica 4.2.-16).



Slika 4.2.-17 In - line kapaljka (ne kompenzira tlak)

Duljina cijevi s tim kapaljka može se za praksu odrediti u tablici 4.2.-17.

Kapaljka u obliku strijele (Arrow dripper) upotrebljava se za natapanje u posudama, i to kao pojedinačna kapaljka (slika 4.2.-18) ili preko, višestrukog adaptera, može biti više tih kapaljki (slika 4.2.-19).

Ta se kapaljka primjenjuje u sustavima s tlakom do 12 m. Često se upotrebljava u zatvorenim prostorima (staklenici) i rasadnicima.

Pogodna je i za spajanje s mini cijevima (\varnothing 5 mm). Odnos tlaka i protjecanja vode kapanja prikazan je na slici 4.2.-20.

Tehnički elementi IN - LINE kapaljke

Tablica 4.2.-16

Vrsta kapaljke	Istjecanje (l/h)	Promjer cijevi (mm)	*	Tlak					
				5.0	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0
IN-LINE DRIPPER 121	1	12.5	A	0.75	1.05	1.17	1.29	1.39	1.48
			B	0.71	1.00	1.10	1.18	1.31	1.40
IN-LINE DRIPPER 161	1	16.0	A	0.75	1.05	1.17	1.29	1.39	1.48
			B	0.71	1.00	1.10	1.21	1.28	1.40
IN-LINE DRIPPER 170	1.5	16.0	A	1.21	1.60	1.79	1.96	2.12	2.26
			B	1.05	1.49	1.67	1.84	1.98	2.14
IN-LINE DRIPPER 122	2	12.5	A	1.48	2.10	2.34	2.57	2.78	3.00
			B	1.40	2.00	2.20	2.45	2.65	2.85
IN-LINE DRIPPER 162	2	16.0	A	1.48	2.10	2.34	2.57	2.78	3.00
			B	1.40	2.00	2.20	2.45	2.65	2.85
IN-LINE DRIPPER 124	4	12.5	A	2.83	4.00	4.47	5.00	5.29	5.66
			B	2.70	3.80	4.25	4.70	5.00	5.40
IN-LINE DRIPPER 164	4	16.0	A	2.83	4.00	4.47	5.00	5.29	5.66
			B	2.70	3.80	4.25	4.70	5.00	5.40
IN-LINE DRIPPER 164	8	16.0	A	5.87	8.30	10.17	10.17	10.98	11.74
			B	5.60	7.95	9.75	9.75	10.50	11.25

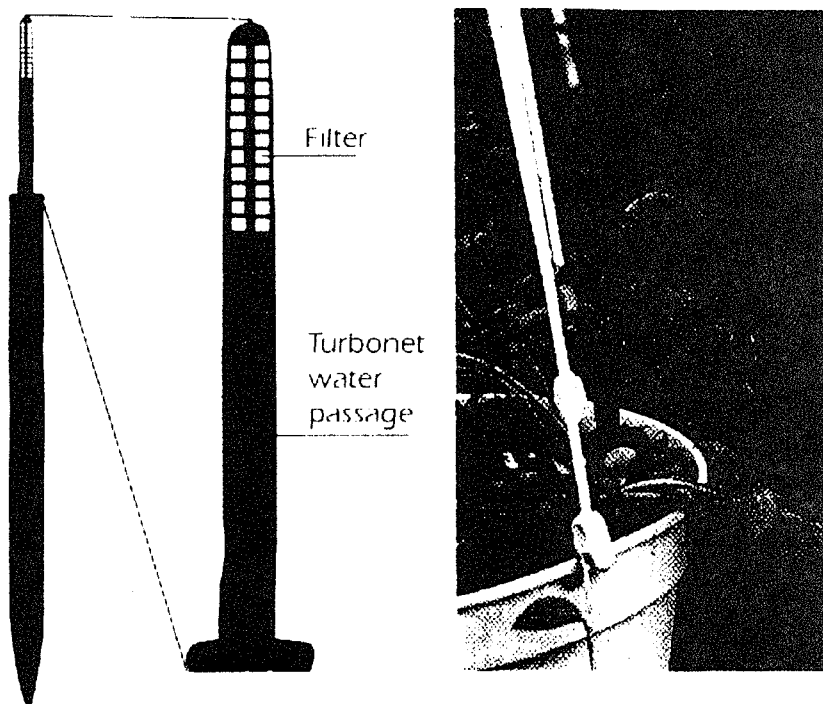
* A - pojedinačna kapaljka

B - prosječno kapanje u cijeloj cijevi

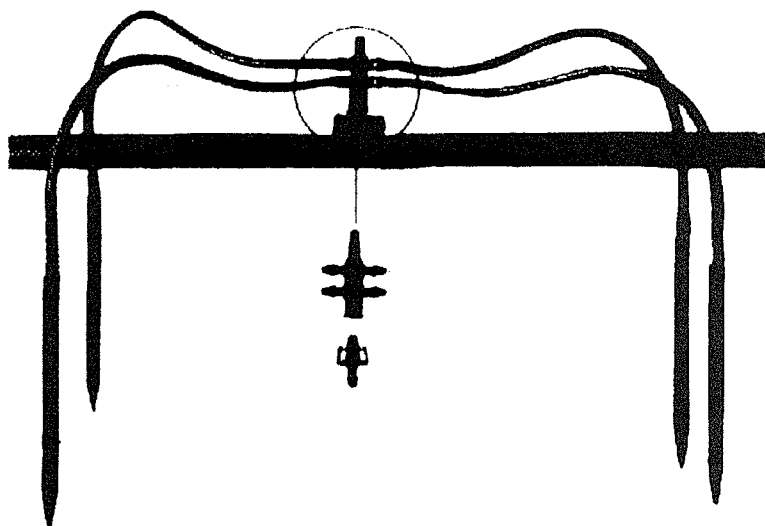
Duljina cijevi kapanja (m) na ravnom terenu pri variranju protoka 10 %

Tablica 4.2.-17

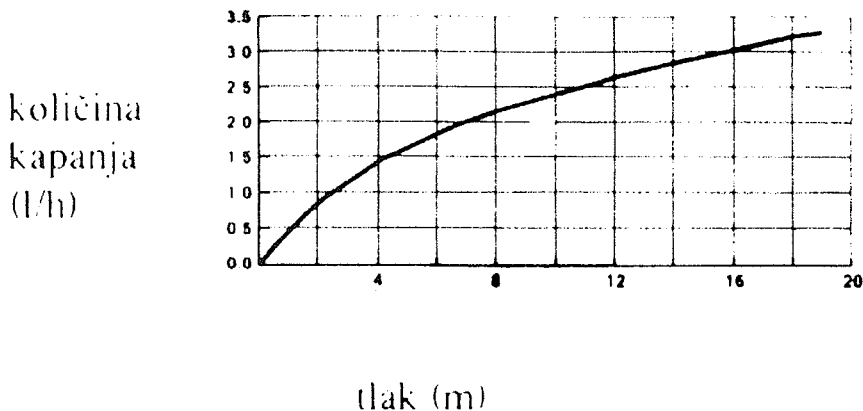
Vrsta kapaljke	Kapanje (l/h)	Promjer cijevi (mm)	Razmak kapaljki (m)							
			0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.00	1.25	1.50
IN-LINE DRIPPER 121	1.0	12	49.	63.0	76.1	88.0	111.7	132.3	156.	179.5
IN-LINE DRIPPER 122	2.0		31.	39.9	48.3	56.0	70.5	84.0	99.	114.9
IN-LINE DRIPPER 124	4.0		20.	26.0	31.5	37.1	46.2	55.6	65.	75.6
IN-LINE DRIPPER 161	1.0	16	87.	109.6	130.7	149.9	185.6	217.3	254.	289.8
IN-LINE DRIPPER 170	1.5		66.	83.6	99.2	114.0	141.1	164.8	193.	220.5
IN-LINE DRIPPER 162	2.0		55.	70.1	83.4	96.2	118.4	139.6	162.	185.8
IN-LINE DRIPPER 164	4.0		36.	45.7	54.6	63.0	78.1	91.3	107.	122.8
IN-LINE DRIPPER 168	8.0		22.	28.5	34.0	41.0	48.7	56.7	67.	75.6



Slika 4.2.-18 Strjelasta kapaljka (Arrow dripper)



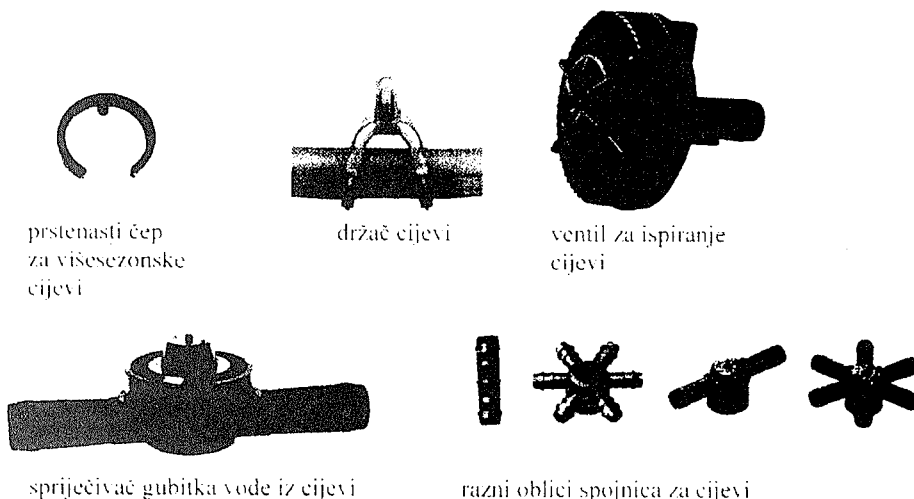
Slika 4.2.-19 Strjelasta kapaljka (višestruka)



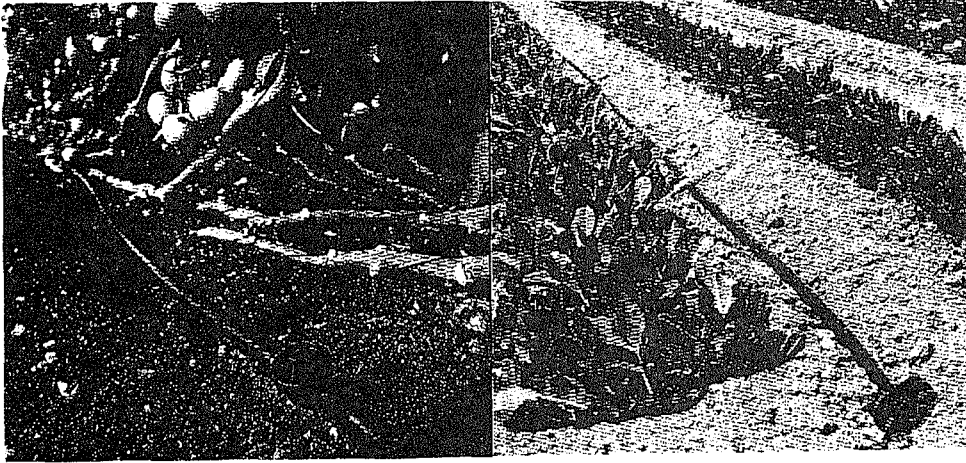
Slika 4.2.-20 Strjelasta kapaljka (odnos količine kapanja i tlaka vode)

4.2.3. Pribor za cijevi i kapaljke

Najvažniji su elementi, koji su praktično vezani za cijevi i kapaljke, ovi: prstenasti čep kojim se zatvara otvor kapaljke na višesezonskim cijevima kapanja, držač cijevi kapanja, višestruki adapter, mikrocijevni adapter u obliku bradavice ili u obliku zašiljena otvora, ventil za ispiranje cijevi, sprječavanje protjecanja vode kroz cijev (gubitak vode) te poveznici cijevi (slike 4.2.-21 i 4.2.-22).



Slika 4.2.-21 Pribor za cijevi i kapaljke

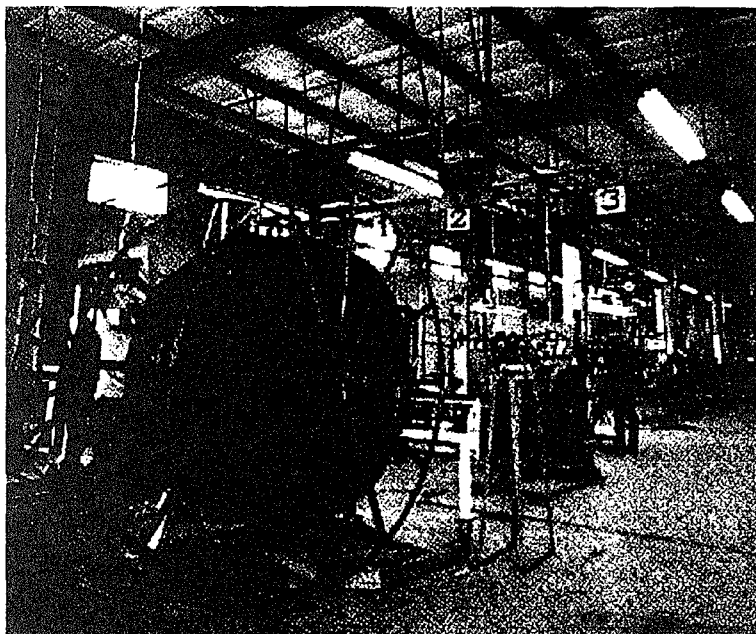


Slika 4.2.-22 Sprječivač gubitka vode (istjecanja) iz cijevi i ventil za ispiranje cijevi

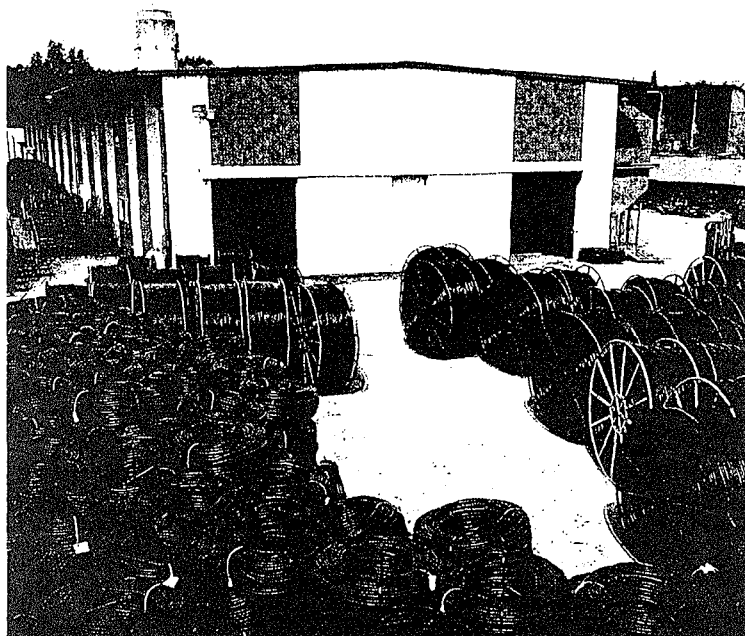
4.2.4. Proizvodnja, pakiranje, gradnja i primjena sustava kapanja

U svijetu danas ima puno tvornica koje proizvode kompletne sustave natapanja kapanjem. Neke od njih imaju preko 60-godišnje iskustvo i sada primjenjuju suvremenu tehnologiju. U njima se upotrebljava kompjutorska kontrola proizvodnih programa tako da je osigurana precizna izrada svih dijelova i detalja sustava natapanja. Jedna od takvih tvornica prikazana je na slici 4.2.-23.

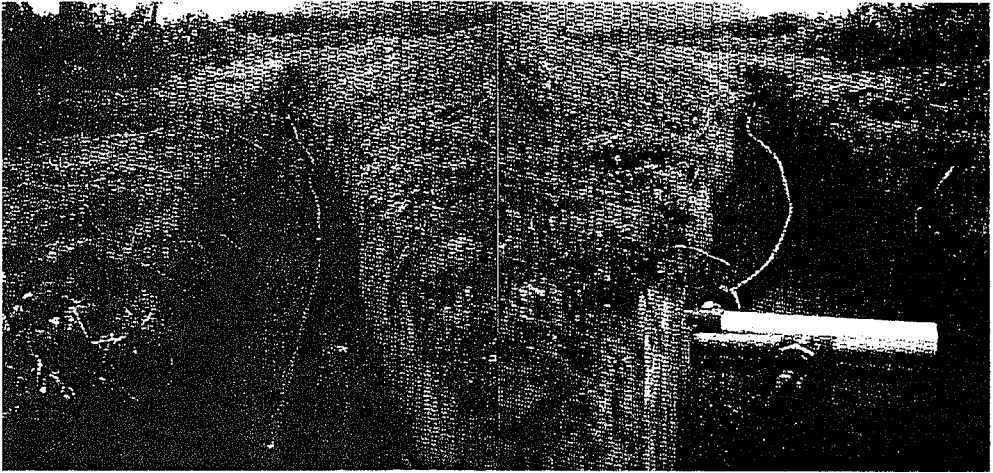
Nakon proizvedenih cijevi i ostalih dijelova sustava, potrebna pozornost pridaje se pakiranju i transportu do stvarnog korisnika (kupca), slika 4.2.-24.



Slika 4.2.-23 Dio proizvodnog pogona (tvornice) sustava natapanja kapanjem



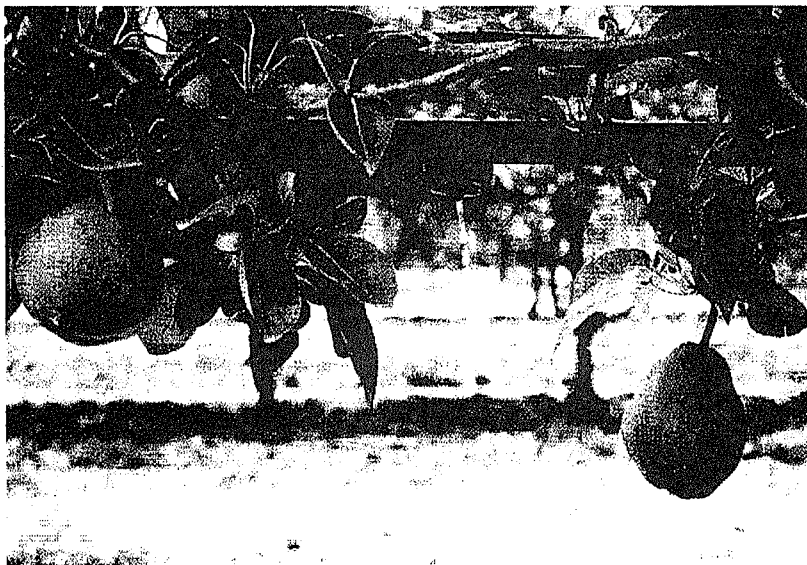
Slika 4.2.-24 Pripremljene cijevi sustava natapanja kapanjem za transport



Slika 4.2.-25 Postavljanje glavnog cjevovoda i razvodne cijevi u tlo, sustava natapanja kapanjem



Slika 4.2.-26 Lateralne cijevi s kapaljkama položene na tlo uzduž reda



Slika 4.2.-27 Lateralna cijev s kapaljkama postavljena uzduž reda na određenoj visini

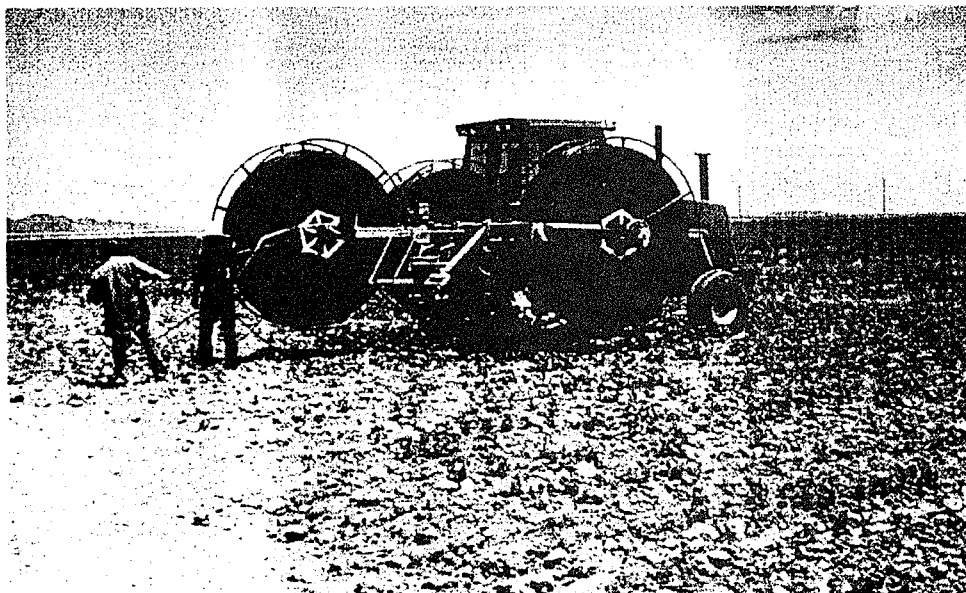


Slika 4.2.-28 Postavljanje lateralnih cijevi s kapaljkama odgovarajućim strojem

Pri gradnji sustava natapanja kapanjem u poljskim uvjetima, mogu se dijelovi sustava razmjestiti i postaviti na različite načine.

Dakako, puno detalja ovisit će o veličini i obliku proizvodne parcele, o uzgajanoj kulturi te dugogodišnjem planu i ciljevima proizvodnje. No ipak, da bi sustav bio što djelotvorniji i manje smetao izvođenju agrotehničkih zahvata, najčešće se glavni cjevovod i razvodne cijevi ukapaju u tlo. U tom slučaju lateralne cijevi izlaze iz razvodne cijevi i, uz redove uzgajane kulture, polažu se na zemlju ili se postavljaju na određenu visinu u redu te, u trenutku natapanja kapanjem, vlaže tlo oko uzgajanih biljaka (slike 4.2.-25, 4.2.-26 i 4.2.-27).

Takav sustav ugrađuje se uglavnom za višegodišnje kulture, npr. za voćarske nasade. Međutim, za kulture koje traju jednu godinu, gotovo uvijek postavlja se sustav (posebno cijevi s kapaljkama) koji se premješta. Na slikama 4.2.-28 i 4.2.-29 prikazani su strojevi i načini postavljanja lateralnih cijevi s kapaljkama.



Slika 4.2.-29 Stroj za postavljanje lateralnih cijevi s kapaljkama prije sezone natapanja

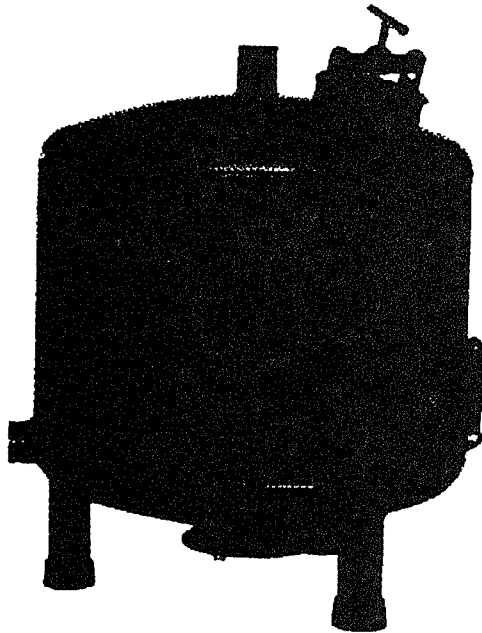
4.3. FILTRI

Osim upotrebe filtara za čišćenje voda u sustavima opskrbe pučanstva vodom (gradski vodovodi) i u raznim industrijama, nužno je filtre upotrebljavati i u natapanju. Uloga je filtara u natapnom sustavu ukloniti krute čestice organskog i

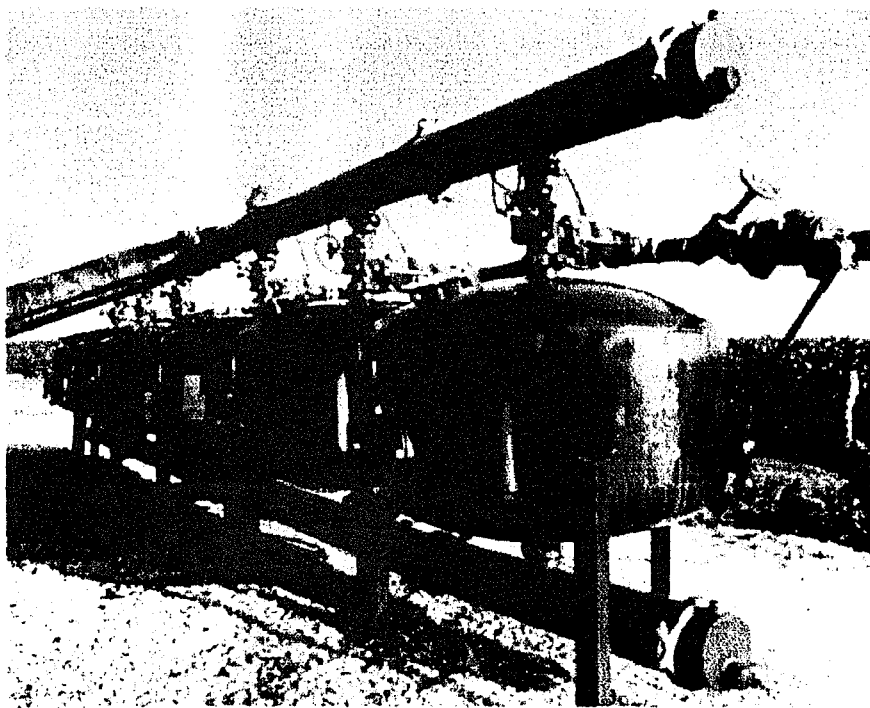
anorganskog podrijetla, te alge, koje se talože u natapnom sustavu kapanjem- posebno u kapaljkama u kojima se nalaze mali prolazi kuda voda prolazi. Filtara ima raznolikih, dok se u natapanju najčešće upotrebljavaju: pjeskoviti filtri, mrežasti, hidrociklonski i lamelni filtri. Koji će se filter upotrijebiti, ovisit će o vrsti i veličini te koncentraciji suspendiranih čestica u natapnoj vodi.

4.3.1. Pjeskoviti filtri

Upotrebljavaju se za primarnu filtraciju voda iz otvorenih vodotoka, prirodnih i umjetnih jezara i akumulacija te otpadnih voda. Pjeskoviti se filter može upotrijebiti pojedinačno ili u bateriji te u kombinaciji ovisno o količini vode koju je potrebno filtrirati i potrebi za intenzitetom filtriranja. Pojedinačan pjeskoviti filter prikazan je na slici 4.3.-1, a baterija ili postaja za filtriranje vode na slici 4.3.-2, dok se temeljne značajke pjeskovitog filtra vide u tablici 4.3.-1.



Slika 4.3.-1 Pjeskoviti filter- pojedinačan



Slika 4.3.-2 Baterija pjeskovitog filtra

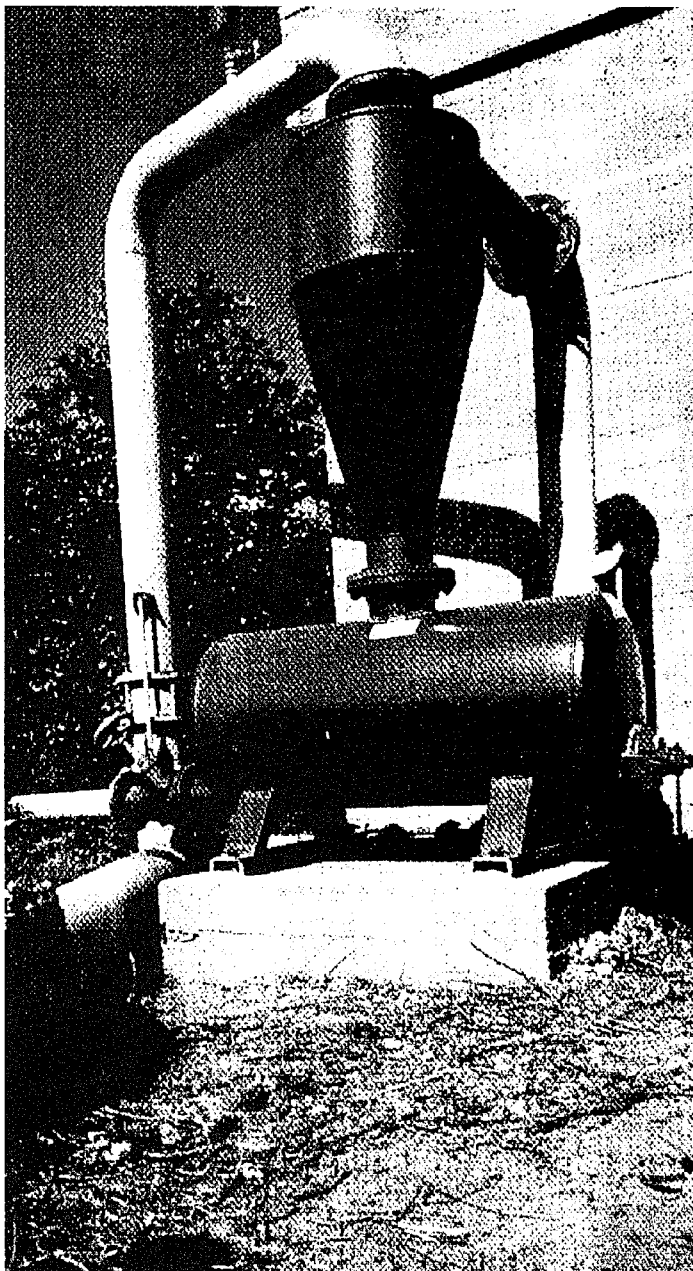
Značajke pjeskovitog filtra

Tablica 4.3.-1

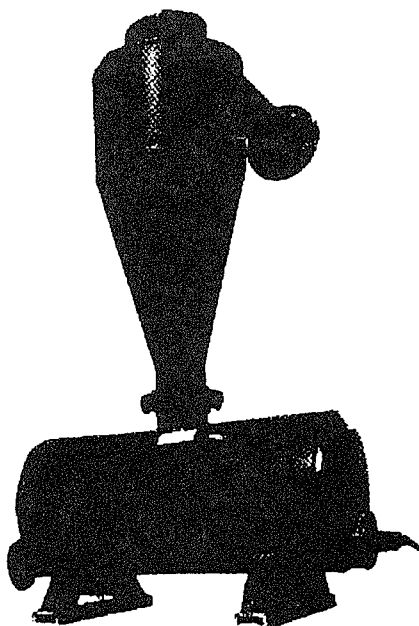
Ulazni i izlazni promjer (inči)	Promjer tijela filtra (inči)	Preporučena protjecajna količina vode (m ³ /h)	Težina filtra (kg)	Aproksim. ukupan volumen filtra (m ³)
1	12	3.5 – 5	42	0.14
1.5	16	6 – 11	49	0.19
2	20	10 – 18	70	0.30
3	20	10 – 18	75	0.35
2	24	14 – 24	92	0.60
3	24	14 – 24	92	0.60
3	30	16 – 30	136	0.70
3	36	20 – 40	183	1.15
4	48	40 – 80	31	1.90

4.3.2. Hidrociklonski filter

Uspješno uklanja čestice pijeska i čestice praha iz vode (slika 4.3.-3 i 4.3.-4).



Slika 4.3.-3 Hidrociklonski filter u sustavu natapanja kapanjem



Slika 4.3.-4 Hidrociklonski filter

U tablici 4.3.-2 prikazane su najvažnije značajke hidrociklonskog filtra.

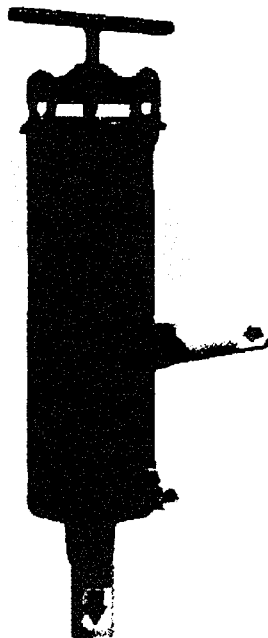
Značajke hidrociklonskog filtra

Tablica 4.3.-2

Ulazni i izlazni promjer (inči)	Predložena protjecajna količina vode (m ³ /h)	Standardno donje tečenje (litra)	Težina filtra (kg)	Aproks. ukupni volumen (m ³)
3/4	2-3.5	2	8	0.02
1	3.5-7.5	2	9	0.02
1.5	7.5-12	5**	18	0.06
2	11-17	5**	20	0.08
3	18-34	5**	27	0.08
4x3	35-52	60	66	0.60
4	52-82	120	90	1.10
6	98-160	220	172	1.35
6	140-230	220	205	1.75
8	230-360	220	240	2.00

4.3.3. Mrežasti ili rešetkasti filter

Upotrebljava se za vode koje nisu jako loše kvalitete. Osim toga primjenjuju se nakon prolaska vode kroz pjeskoviti ili hidrociklonski filter. Dakle, upotrebljiv je u kombinaciji s drugim filterima ako je voda vrlo loše kvalitete. Njegove značajke vide se na slikama 4.3.-5 i 4.3.-6 te u tablici 4.3.-3.

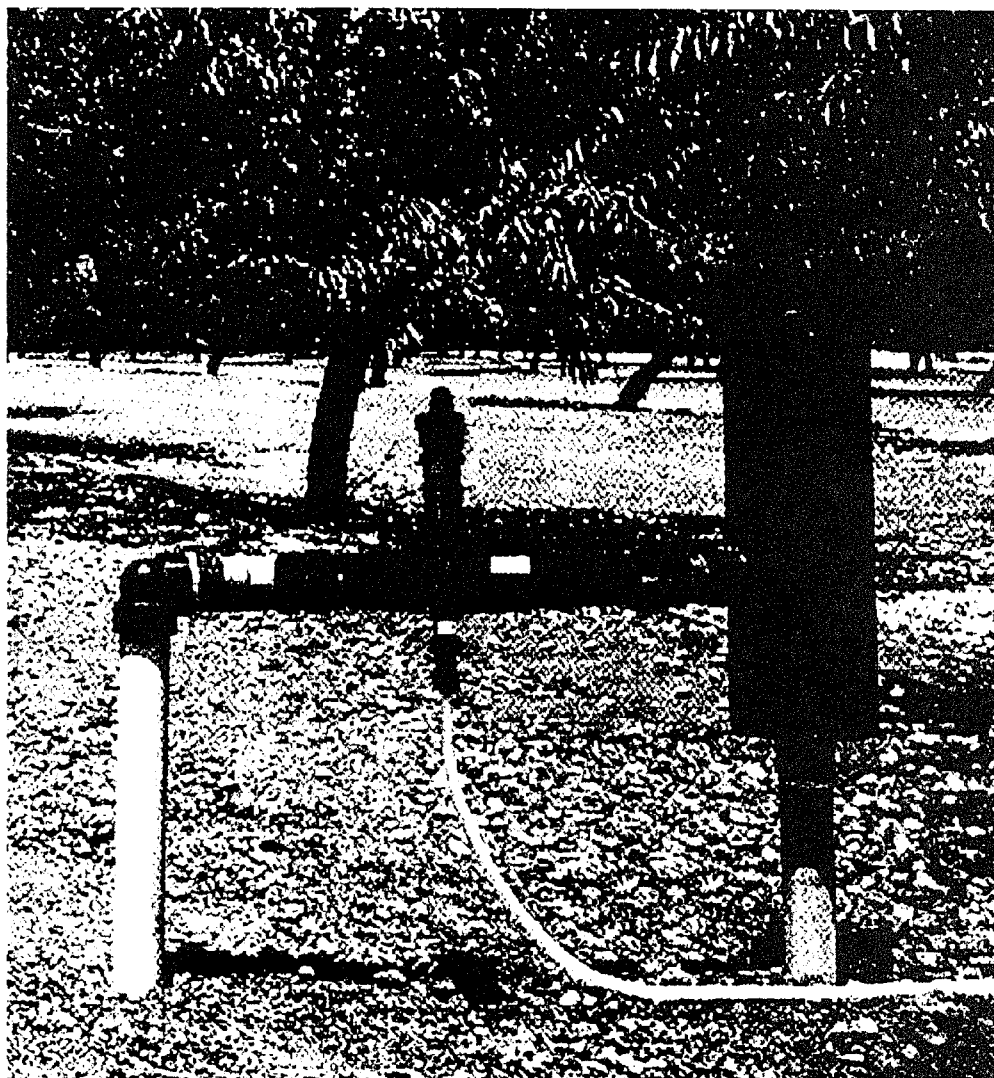


Slika 4.3.-5 Mrežasti filter

Značajke mrežastog filtra

Tablica 4.3.-3

Ulazni i izlazni promjer (inči)	Predložena protjecajna količina vode (m ³ /h)	Težina filtra (kg)	Aprok. ukupni volumen (m ³)
1.5	15	6	0.02
2	23	13	0.03
2	30	16	0.05
3	38	17	0.05



Slika 4.3.-6 Mrežasti filter u sustavu natapanja kapanjem

U tablici 4.3.-4 prikazan je način izbora navedenih triju filtera za filtriranje vode u praksi natapanja.

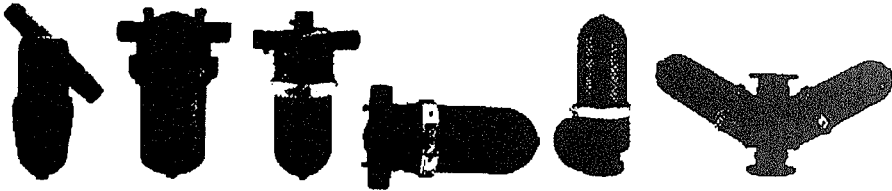
*Izbor sustava filtara**Tablica 4.3.-4*

Vrsta vode	Vrsta ograničenja	Preporučeni sustav filtra
Voda iz bunara	Voda sadrži mulj ili pijesak	Mrežasti filter; primarni je filter nepotreban; kada je količina pijeska u vodi iznad 3 p.p.m., tada je primarna hidrociklonska filtracija potrebna
Voda iz jezera, akumulacija i rezervoara	Stagnirajuća voda s povremenima manjim turbulencijama u skladu s veličinom akumulacije i rezervoara ili crnog kapaciteta; ta voda sadrži općenito velike količine alga i ponekad također mulja i glinastih čestica	Pjeskoviti filter za primarno filtriranje i mrežasti filter za finalnu filtraciju
Voda iz rijeka i otvorenih kanala	Vode sadrže alge i velike količine mulja (praha) i glinastih čestica	Pjeskoviti filter za primarno filtriranje i mrežasti filter za finalno filtriranje
Voda sadrži željezo	Voda iz rijeka i bunara izložena je sadržaju željeza; željezo smeta radu sustava za natapanje	Pjeskoviti sustav filtracije sa specijalnim dodacima
Otpadne vode	Voda se obično upotrebljava za natapanje kapanjem; općenito sadrži veće količine suspendiranih organskih čestica ; njezina kvaliteta ovisi o širini tretiranja prije filtracije	Pješčani sustav filtriranja sa specijalnim dodacima

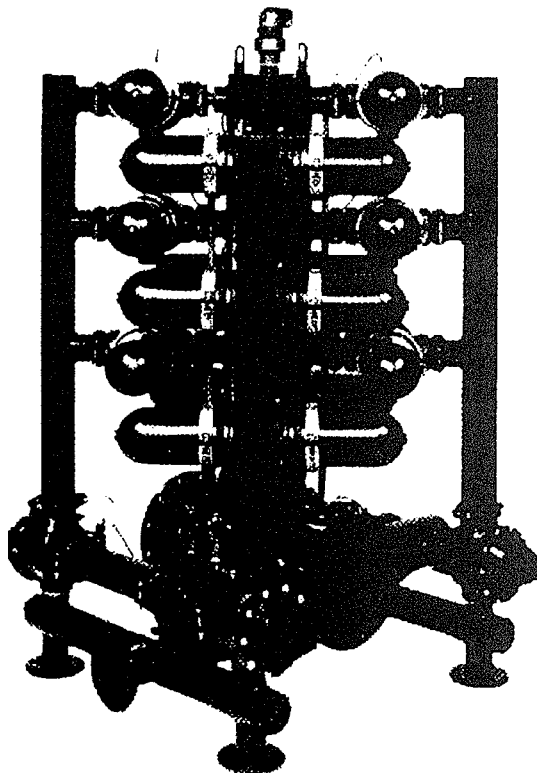
4.3.4. Lamelni filter

Upotrebljava se kada se želi ostvariti maksimalna djelotvornost u filtriranju natapne vode. Jako dobro otklanja krute čestice iz vode. Zbog hidrauličkih odlika

sprječava prodiranje onečišćenja čak i onda kada u vodi ima veća količina onečišćenja. Taj filter može se prilagoditi čišćenju vode do svake razine pročišćenosti koja se zahtijeva u natapanju. Jednako tako može pročišćavati vodu u različitom rasponu (od 25 do 800 mikrona finoće). Na slici 4.3.-7 prikazani su standardni lamelni filteri, a u tablici 4.3.-5 vide se najvažnije značajke lamelnog filtera.



Slika 4.3.-7 Standardni lamelni filteri



Slika 4.3.-8 Baterija lamelnih filtara (3" Spin Klin Star System)

Značajke lamelnog filtra**Tablica 4.3.-5**

Promjer (inč)	Maksimalno protjecanje vode (m ³ /h)	Volumen filtriranja (ccm)	Težina filtra (kg)
3/4	4	95	0.37
1	6	440	1.10
1 (long)	6	519	1.50
1 1/2	8	440	1.33
1 1/2 (long)	12	519	1.97
2 (inline)	25	895	5.80
2 SUPER	25	1225	6.00
3 (twin)	40	2450	11.50
4 (twin)	80	2348	30.30

Značajke lamelnog filtra 3" Spin Klin Star System**Tablica 4.3.-6**

	8 jedinica	12 jedinica		15 jedinica	
Maksimalno ukupno tečenje vode	360 m ³ /h	540 m ³ /h		675 m ³ /h	
Raznoliki promjer	8 inča	10 inča		10 inča	
Maksimalni tlak	10 bara	10 bara		10 bara	
Minimalni tlak za ispiranje	30 m	30 m		30 m	
Veličina otvora	40	120	140	200	600
Opskrba grada	45	35	30	20	12
Bunari	45	35	30	20	10
Akumulacije	40	30	30	20	10
Kombi	34	25	20	14	7
Otpadne vode	30	20	15	10	5

Prikaz je za jedan filter; množiti s brojem filtera za ukupni protjecaj vode.

Osim primjene pojedinačnih filtara, lamelni filtar može se primjeniti i u raznim kombinacijama tako da pojedine baterije imaju svoje nazive. Budući da se lamelni filtar sam ispire (automatski pročišćava), a uz to se na lamelama nalaze specijalni uski i plitki žljebovi koji uspješno filtriraju različita onečišćenja, pojedine baterije tog filtra mogu se primjenjivati za filtriranje raznih vrsta voda, što se tiče onečišćenja i njezine upotrebe. Tako se nakon filtriranja voda može upotrebljavati ne samo za natapanje i industrijske pogone već i za sve svrhe u opskrbi građanstva.

Na slici 4.3.-8 prikazana je baterija automatskih lamelnih filtara za univerzalnu upotrebu. Specifične odlike lamelnih filtara prikazane su u tablici 4.3.-6.

4.4. REGULATORI TLAKA

Značajni su za ujednačavanje tlaka vode u natapnom sustavu. Posebno su regulatori tlaka važni na neravnim prostorima gdje se upotrebljavaju lokalizirani sustavi. Primjenjuje se više vrsta (modela) regulatora tlaka za sustave kapanja, a mogu se upotrebljavati i za druge načine natapanja. U tablici 4.4.-1 prikazani su regulatori tlaka s različitim protokom vode, a na slici 4.4.-1 prikazano je šest djelotvornih rješenja (dimenzija), koja se mogu koristiti za razne topografske uvjete.

Regulatori tlaka s različitim protokom

Tablica 4.4.-1

Vrsta	Minimalni protok m ³ /h	Maksimalni protok m ³ /h
3/4" niski protok	0.11	2.5
3/4" (1 izvor)	0.80	5
1 (2 izvora)	1.60	10
2" x 4 (4 izvora)	3.20	20
2" x 6 (6 izvora)	4.80	30
3" x 10 (10 izvora)	8.00	50



3/4" 4



1 1/2" x2



2" x4



2" x6



3" x10

Slika 4.4.-1 Regulatori tlaka s različitim dimenzijama i brojem izvoda

Na slici 4.4.-2 vidi se položaj regulatora tlaka s promjerom 3/4", u sustavu natapanja u plasteniku.



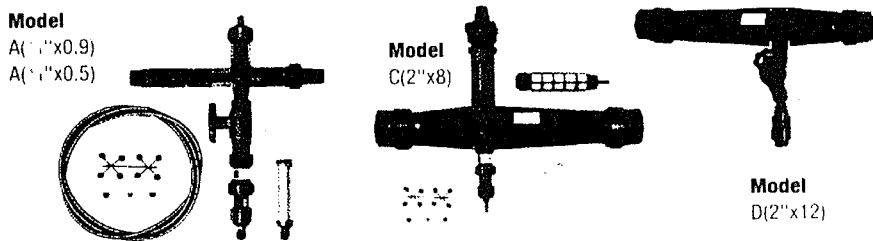
Slika 4.4.-2 Regulator tlaka vode u sustavu natapanja

Vrijednost tlaka vode u regulatoru tlaka ovisi o vrsti regulatora (dimenziji) i količini protjecajne vode. Primjer određivanja tlaka: Odrediti potreban tlak vode za "žuti" regulator tlaka ako ima promjer otvora 2" i 6 izvora ili jedinica (2" x 6) te protok vode 14 m³/h.

Koristeći se regulatorom tlaka 2" x 6, uz protok 14 m³/h, svaki će izvor ili jedinica imati protok 2,33 ili 2,4 m³/h. Za taj je protok na žutom regulatoru tlaka potreban izlazni tlak od 16 m. Osim toga, gubitak tlaka u regulatoru tlaka 2" x 6, pri protoku od 14 m³/h, iznosi 1,4 m. Međutim, projektni tlak na ulazu u regulatoru tlaka treba biti 16 + 1,4 + 2 = 19,4 m. Naime, fiksirani gubitak tlaka od 2 m treba dodati radi sigurnosti. Prema tome, nominalni regulator tlaka (16m) + gubitak tlaka (1,4) + dodatak tlaka (2m) daju potreban ulazni tlak od 19,4 m.

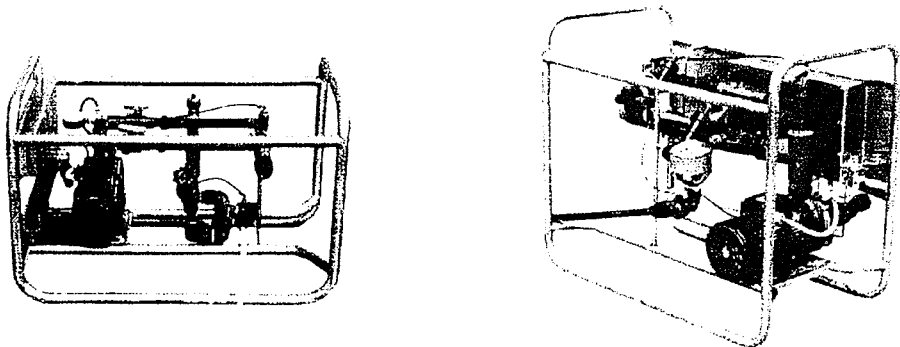
4.5. UREĐAJ ZA UBACIVANJE (UŠTRCAVANJE) HRANIVA

U sustav lokaliziranog natapanja (posebno u sustav kapanja) ugrađuje se uređaj za gnojidbu s vodotopivim mineralnim gnojivima (uglavnom dušična gnojiva). Dakle, istodobno se dodaju voda i otopljena hraniva pa se zbog toga cjelokupni proces naziva "fertirigacija". Uređaj ili jedinica za dodavanje hraniva u vodu, koja prolazi kroz natapni sustav, sastoji se od dodatne crpke, dijela koji ubacuje (uštrcava) hranivo i sustava za kontroliranje (slika 4.5.-1).



Slika 4.5.-1 Uređaj (jedinica) za ubacivanje (uštrcavanje) otopljenih hraniva u natapni sustav

Za kontroliranje služi hidraulični ventil i daljinska kontrola. Okvir je uređaja od nerđajućeg čelika. Dio koji uštrcava otopinu hraniva (ubacivač) može biti različitog oblika (modela). Najčešće se danas upotrebljavaju modeli kao na slici 4.5.-2.

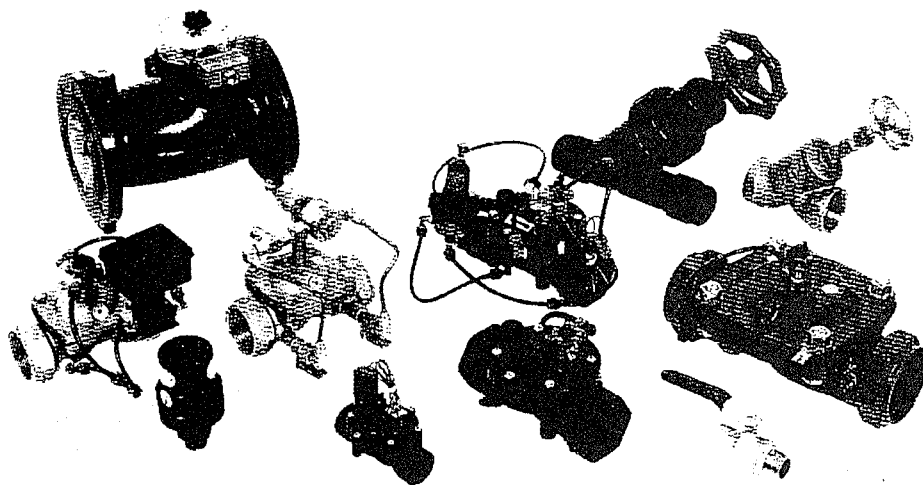


Slika 4.5.-2 Ubacivač hraniva

Ti modeli - ubacivači, rade na temelju postojećeg tlaka vode u sustavu pa nije potreban dodatni izvor energije. Imaju različite kapacitete ubacivanja (uštrcavanja) pa su prikladni za uštrcavanje do 2 m³/h otopine. Svaki se od tih modela lako montira na postojeće jedinice pa brzo i jednostavno rade. Uz uređaj za ubacivanje otopine hraniva uvijek ima posuda ili rezervoar u kojem se nalazi otopina. Ta posuda može biti različita kapaciteta. Za manje površine radi se o posudi manjeg volumena, dok je za veće površine potreban veći volumen pa se koriste rezervoari. Taj uređaj može se upotrebljavati ne samo za dodavanje hraniva već i za druge svrhe. Tako je pogodan za primjenu herbicida, insekticida te drugih kemikalija koji se mogu ubacivati u natapni sustav.

4.6. VENTILI

Služe za kontrolu protjecanja vode, tlaka vode, filtriranje te kontrolu crpke i vodenog udara u sustavu lokaliziranog natapanja. Oni mogu obavljati kontrolu otvaranja i zatvaranja tečenja vode u sustavu, na temelju ručnog, električnog i hidrauličkog upravljanja. Ima ih različitih vrsta i oblika pa se i proizvode iz različitih materijala: plastike, mesinga, željeza (slika 4.6.-1).



Slika 4.6.-1 Različite vrste i oblici ventila

Na slici 4.6.-2 vidi se položaj postavljenog ventila u natapnom sustavu.



Slika 4.6.-2 Ventil ugrađen u natapni sustav

4.7. KOMPJUTORSKO KONTROLIRANJE

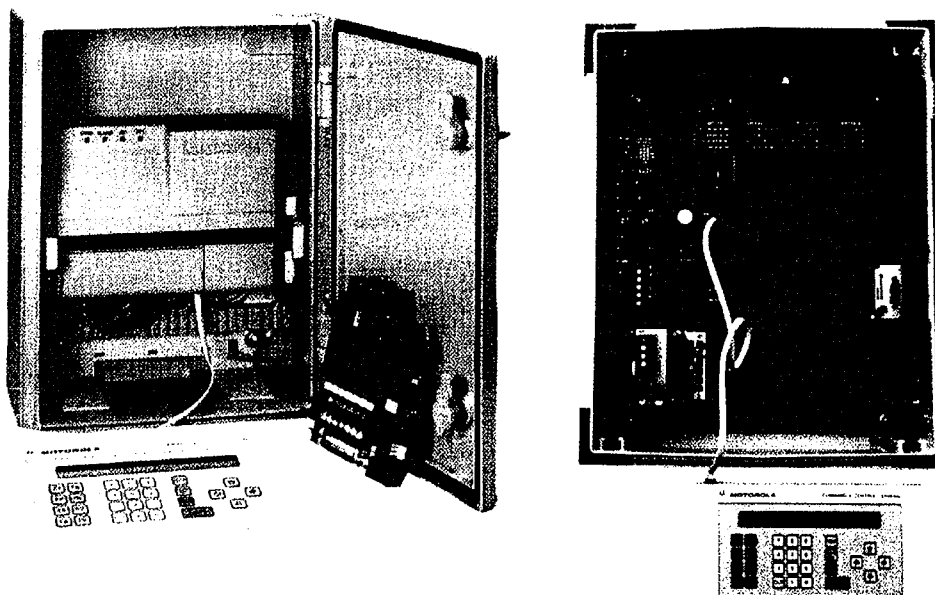
Danas se u natapanju (posebno pri sustavima lokaliziranog natapanja) primjenjuju kompjutori. Na otvorenom prostoru, i u uvjetima uzgoja bilja, u staklenicima i plastenicima, za reguliranje vode i hraniva u tlu upotrebljavaju se kompjutori (slike 4.7.-1 i 4.7.-2).

Kontrole vode i hraniva u uzgojnom supstratu mogu biti postavljene s pojedinačnim kompjutorskim jedinicama, a mogu i sve postojeće mjerace jedinice povezati u jedno kontrolno središte.

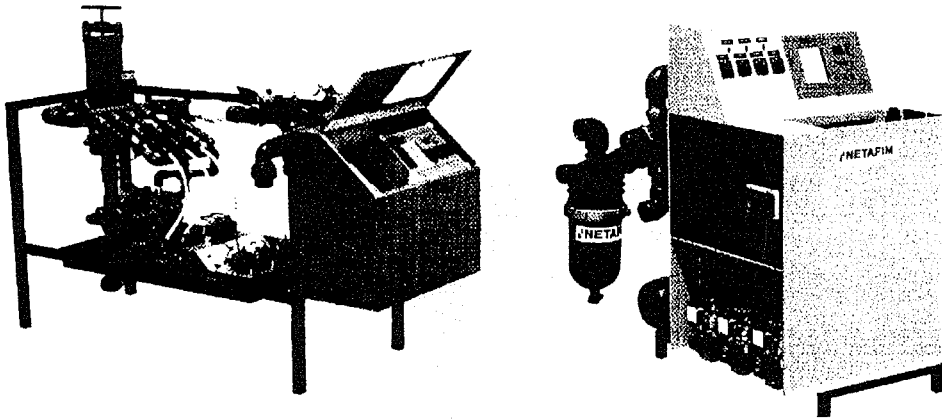
U staklenicima se primjenjuje reguliranje mikroklimе s pomoću mreže senzora koji su povezani s kompjutorom. Na taj se način danas kontrolira i namješta potrebna vlažnost zraka i tla, temperatura, svjetlo, CO₂, upotrebljavajući ventilatore, sustav grijanja, mehaničku zaštitu, zamagljivanje te aktiviranje sustava za natapanje i fertirigaciju. Na slici 4.7.-3 prikazani su sustavi za višestruku kontrolu u zatvorenom prostoru.



Slika 4.7.-1 Primjena kompjutora u stakleniku



Slika 4.7.-2 Kompjutori za kontrolu natapanja i fertirigacije



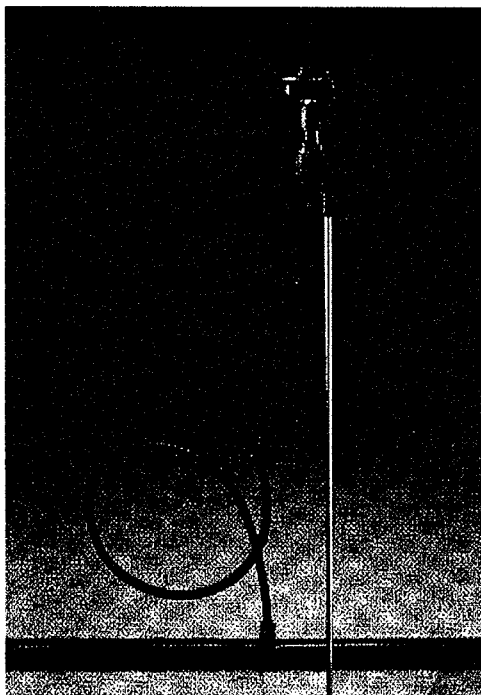
Slika 4.7.-3 Sustav za višestruku kontrolu u stakleniku

4.8. MINI RASPRSKIVAČI

Danas se primjenjuju za natapanje po cijelom svijetu. Primjenjivi su na raznim tipovima tala, na različitoj konfiguraciji terena, za različite kulture na otvorenom i zatvorenome proizvodnom prostoru. Kao nadopuna teksta o mini rasprskivačima, koji smo napisali u Priručniku - knjiga 4, ovdje navodimo novije mini rasprskivače koji se sve više primjenjuju u praksi.

Mini rasprskivač s oznakom 501-U ima više oblika, pa je jedan od najtraženijih u praksi (slike 4.8.-1 i 4.8.-2). Primjenjuje se za natapanje raznih kultura na polju, u staklenicama i plastenicima te u rasadnicima. Naime, pogodan je za osjetljive kulture jer omogućuje dodavanje vode s laganom kišom (prskanje s finim kišenjem). Plastični materijal od kojeg je mini rasprskivač izgrađen, otporan je na kemikalije, mehaničke primjese u vodi te je dugotrajan i u grubim uvjetima općenito. Budući da prska vodu u niskom luku, može se upotrebljavati u zatvorenim prostorima (staklenici i plastenici) koji imaju različite visine. Razmak rasprskivača je do 7,0 m. Značajno je što jednolično raspoređuje vodu u krugu koji kiši. Radni mu je tlak 1,5 - 3,0 bara. Postavlja se na prikladan stativ. Visine je 1,0 m, galvaniziran je, dosta je lagan pa se brzo postavlja i premješta. Posjeduje uspješni povezaivač (connector) za spoj s rasprskivačem i šiljak za utiskivanje u tlo.

Temeljni tehnički podaci nalaze se u tablici 4.8.-1.



Slika 4.8.-1 Mini rasprskivač 501 - U

Temeljni tehnički podaci mini rasprskivača 501-U

Tablica 4.8.-1

Veličina mlaznice mm	Tlak bara	Kapacitet l/h	Promjer prskanja m
1,6 (crveni)	1,5	100	11,5
	2,0	117	13,0
	3,0	144	13,5
1,8(zeleni) standardna mlaznica	1,5	138	12,0
	2,0	160	13,0
	3,0	196	14,0
2,0 (plava)	1,5	170	14,5
	2,0	195	15,0
	3,0	236	15,5
2,2 (žuta)	1,5	187	14,5
	2,0	219	15,0
	3,0	267	16,0



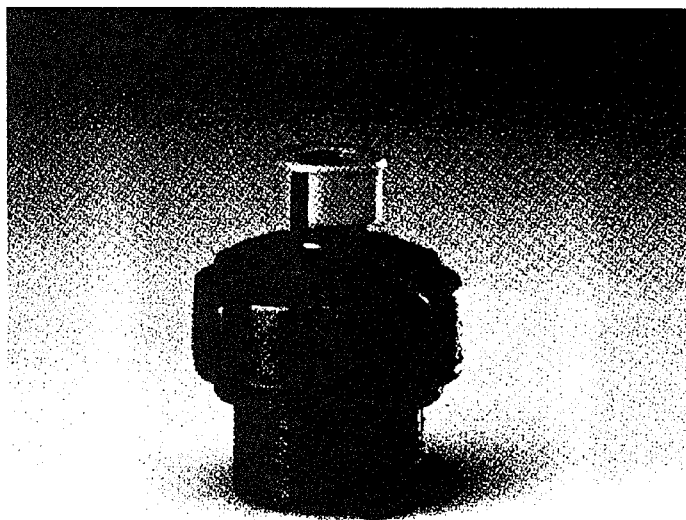
Slika 4.8.-2 Natapanje povrća u poljskim uvjetima mini rasprskivačem 501 - U

Mini rasprskivač s oznakom 510 zaobljena je izgleda (slike 4.8.-3 i 4.8.-4). Pogodan je za povrćarske kulture, cvijeće i rasadnike. Lakši je od rasprskivača 501 (težak je svega 18 gr), čvrste je plastične konstrukcije, pouzdan je i lako se održava. Otporan je na kemikalije, insekte, na začepljenja i mehanička oštećenja.

Raspoređuje vodu ujednačeno u obliku finih kapi. Razmak rasprskivača je do 7,0 m, a radni tlak iznosi također 1,5 - 3,0 bara.

Koristi se istim stativom (nosačem) kao i rasprskivač 501 - U (slika 4.8.-4).

U tablici 4.8.-2 vide se temeljni tehnički podaci.



Slika 4.8.-3 Mini rasprskivač 510

Temeljni tehnički podaci mini rasprskivača 510

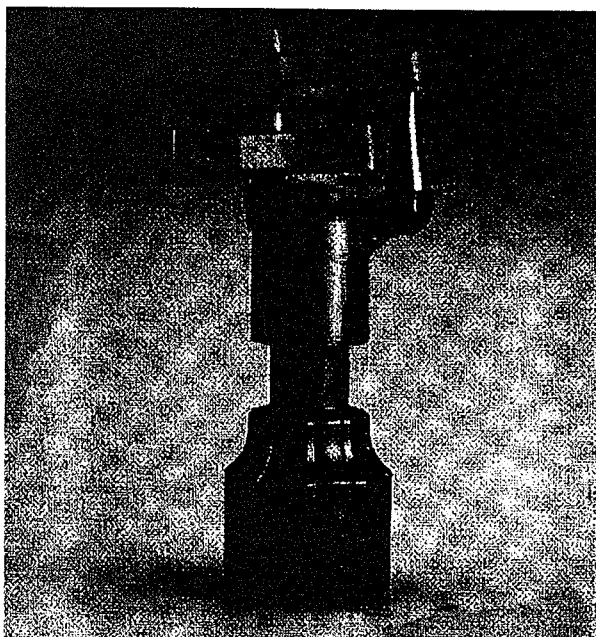
Tablica 4.8.-2

Veličina mlaznice mm	Tlak bara	Kapacitet l/h	Promjer prskanja m
1,8 (zeleni)	1,5	138	11,0
	2,0	160	12,5
	3,0	196	14,0
2,0 (plavi)	1,5	170	12,5
	2,0	195	14,0
	3,0	236	15,0



Slika 4.8.-4 Natapanje povrća minirasprskivačima 510

Mini rasprskivači s oznakom 501 i 502 također su turbulentni, nisko volumenski rasprskivači (slike 4.8.-5 i 4.8.-6). Primjenjuju se za povrćarske kulture, vanjske rasadnike te za različite voćarske kulture. Plastične su konstrukcije, otporni su na čestice pijeska i ostale krute čestice. Imaju ujednačenu turbulenciju vode, koju vrlo jednolično raspoređuju prilikom prskanja. Mogu služiti za vrlo male količine prskane vode u obliku finih kapljica. Zbog toga su pogodni za natapanje osjetljivih usjeva (u fazi klijanja i nicanja posebno).



Slika 4.8.-5 Minirasprskivač 501 i 502



Slika 4.8.-6 Natapanje voćnjaka mini rasprskivačem 501 i 502

Tip rasprskivača 501 ima manji promjer mlaznica (1,6 do 2,2 mm) i manji promjer kišenja (do 7,0 m), a tip 502 ima veće mlaznice (2,5 mm i 2,8 mm) i kiši u promjeru do 10,0 m. Radni tlak tih mini rasprskivača iznosi 1,0 - 3,0 bara. Najvažniji tehnički podaci nalaze se u tablici 4.8.-3 i 4.8.-4.

Temeljni tehnički podaci mini rasprskivača 501

Tablica 4.8.-3

Veličina mlaznice mm	Tlak bara	Kapacitet l/h	Promjer prskanja m
1,6 (crveni)	1,0	81	8,5
	2,0	117	11,0
	3,0	144	12,0
1,8 (zeleni) standardni	1,0	113	9,0
	2,0	160	11,5
	3,0	195	12,5
2,0 (plavi)	1,0	135	9,5
	2,0	195	11,5
	3,0	236	13,0
2,2 (žuti)	1,0	153	9,5
	2,0	219	13,0
	3,0	267	15,0

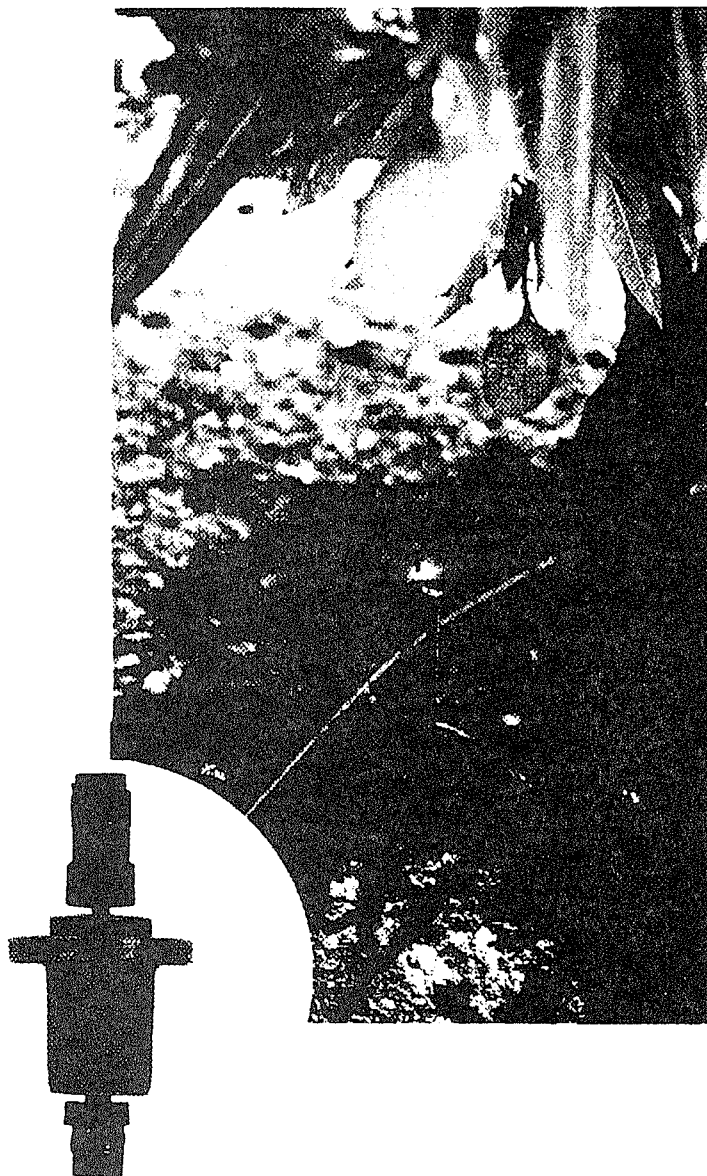
Temeljni tehnički podaci mini rasprskivača 502

Tablica 4.8.-4

Veličina mlaznice mm	Tlak bara	Kapacitet l/h	Promjer prskanja m
2,5 (narančasto)	1,0	184	11,0
	2,0	263	12,0
	3,0	318	13,0
2,8 (smeđi)	1,0	209	12,0
	2,0	299	13,0
	3,0	359	14,0

Mikro rasprskivač (vibrirajući) izrađen je primjenom naprednih tehnologija. Treba istaknuti da vrlo jednolično raspoređuje vodu u obliku finih kapljica (maglica). Ne akumulira onečišćenja niti soli na mlaznicama. Otporan je na uvlačenje insekata. Vibrirajući rasprskivač postavlja se na 40 cm visok klinasti

plastični stalak, a fleksibilna plastična cjevčica dovodi vodu od lateralne cijevi do rasprskivača (slika 4.8.-7). Uz tu cijev dolaze i dva spojna dijela (connectors). Najvažniji tehnički podaci vide se u tablici 4.8.-5.



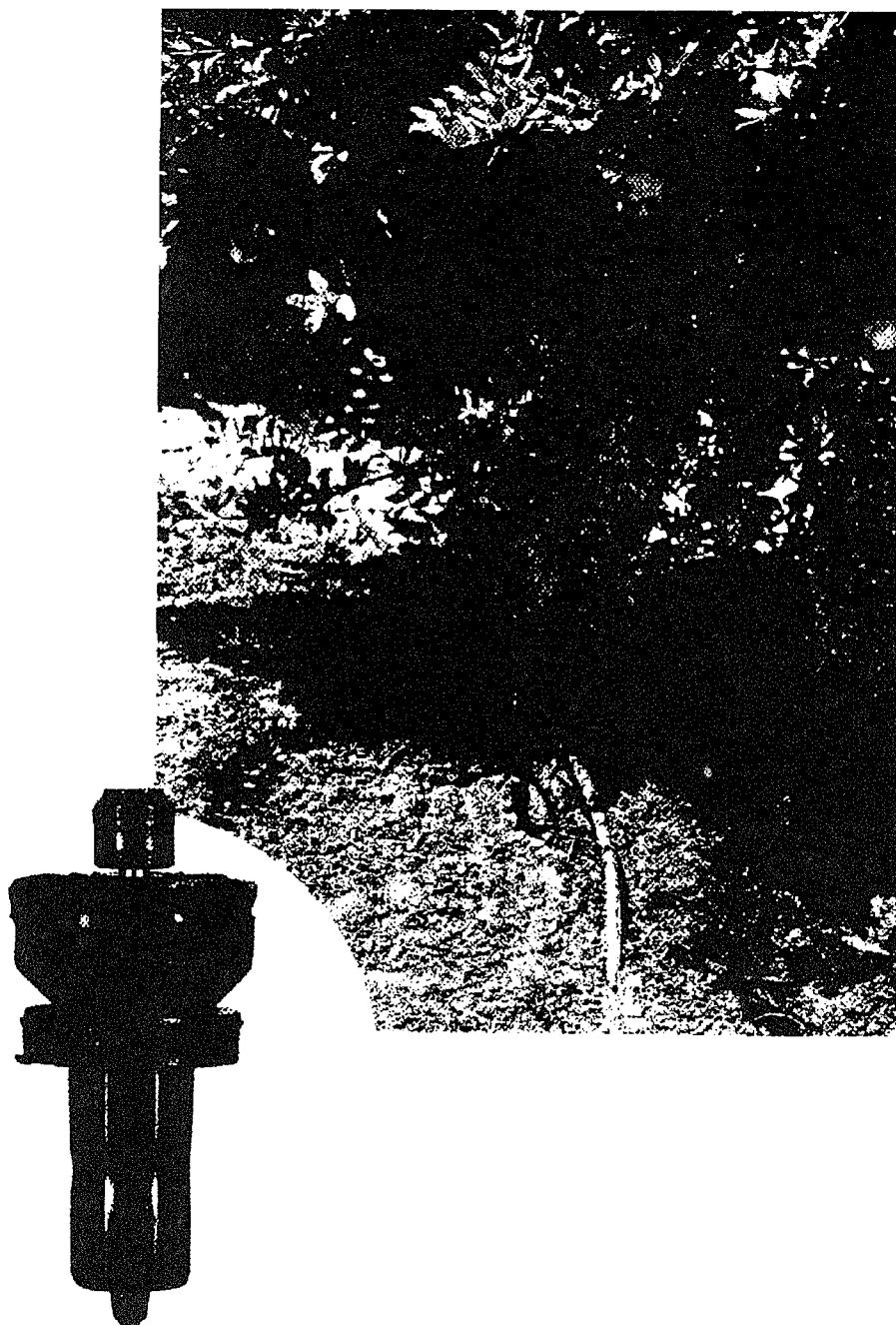
Slika 4.8.-7 Mikro rasprskivač (vibrirajući)

*Tehnički podaci mikro rasprskivača (vibrirajućega)**Tablica 4.8.-5*

Vrsta mlaznice (boja)	Tlak bara	Kapacitet l/h	Promjer prskanja m
ljubičasta	1,5	17,0	2,4
	2,0	20,0	2,6
	2,5	23,0	2,8
plava	1,5	29,0	3,0
	2,0	35,0	3,2
	2,5	45,0	3,4
zelena	1,5	44,0	3,4
	2,0	50,0	3,6
	2,5	56,0	3,8
siva	1,5	52,0	4,2
	2,0	60,7	4,3
	2,5	67,0	4,5
crna	1,5	60,0	4,4
	2,0	70,0	4,6
	2,5	78,0	4,7
narančasta	1,5	78,0	4,7
	2,0	90,0	4,9
	2,5	100,0	5,0
crvena	1,5	104,0	5,3
	2,0	120,0	5,5
	2,5	134,0	5,7

Mikro rasprskivač (vibrirajuće-okretni) sličan je prethodnome. Prikladan je za natapanje više kultura - posebno za voćnjake. Djelotvoran je, uz duže trajanje i pouzdan, za najizazovnije uvjete okoliša. Također je otporan na kemikalije i začepljenja krutim česticama. Ima sve dijelove kao i prethodni rasprskivač (slika 4.8.-8), a najvažniji podaci su prikazani u tablici 4.8.-6.

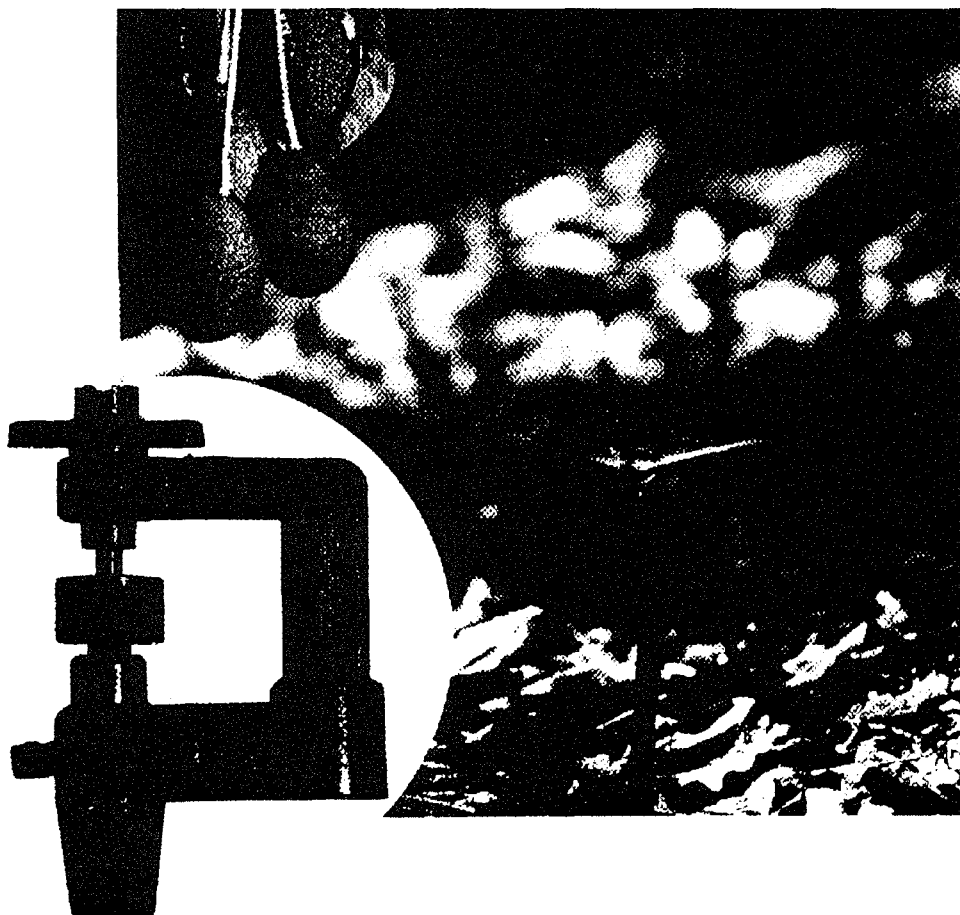
Mikro rasprskivač (okretni) čisti se jako lako okretanjem mlaznice. Dakle, sam se ispiru od onečišćenja i nije ga potrebno rastavljati. Mlaznica se može lagano mijenjati, a time se regulira i količina protjecajne vode (količina prskanja). Načinjen je od kvalitetna materijala (plastike), otporna na poljoprivredne kemikalije. Ne dopušta uvlačenje insekata, a svi su spajajući dijelovi uspješno izvedeni (slike 4.8.-9 i 4.8.-10). Na slici 4.8.-9 istaknut je klinasti plastični stalak 40 cm visine, te fleksibilna plastična cjevčica sa spajajućim djelovima, a u tablici 4.8.-5 navedeni su značajni podaci za mlaznice različite boje.

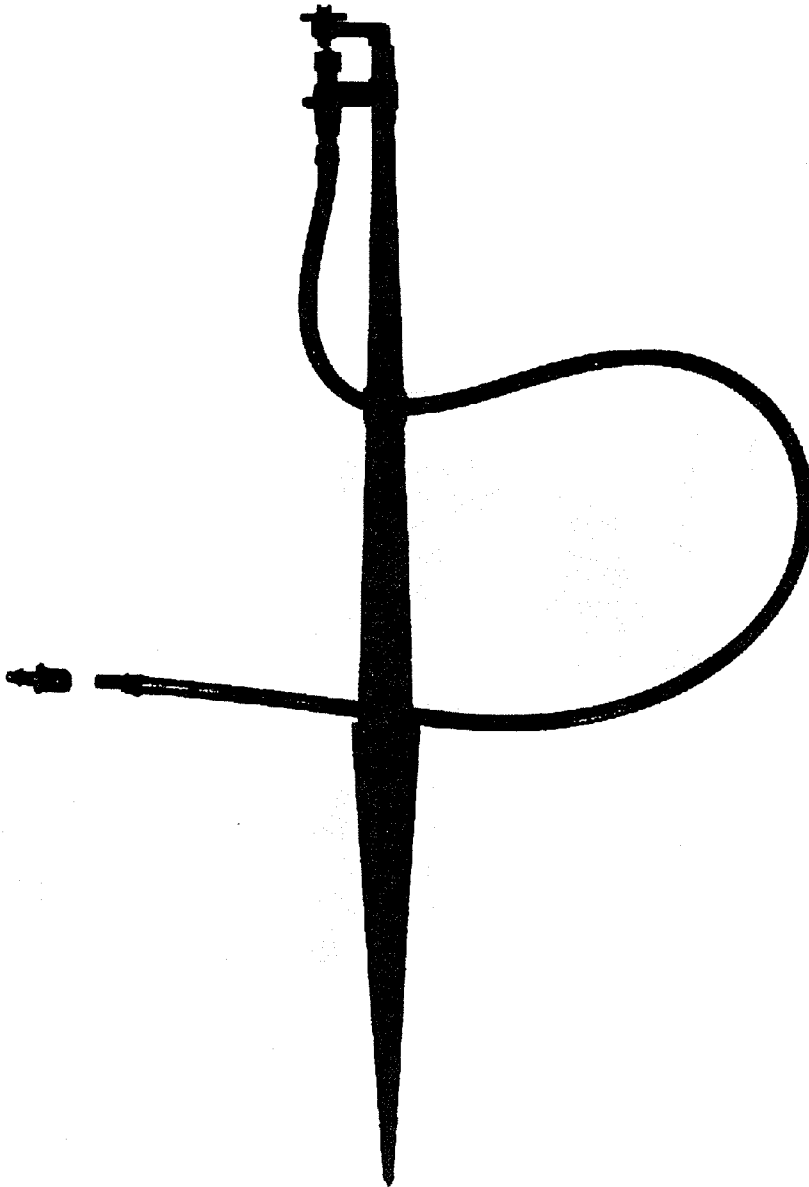


Slika 4.8.-8 Mikro rasprskivač (vibrirajući-okretni)

*Tehnički podaci mikro rasprskivača (vibrirajuće-okretnoga)**Tablica 4.8.-6*

Vrsta mlaznice (boja)	Tlak bara	Kapacitet l/h	Promjer prskanja m
crna	2,0	72,0	6,0
	3,0	82,0	6,0

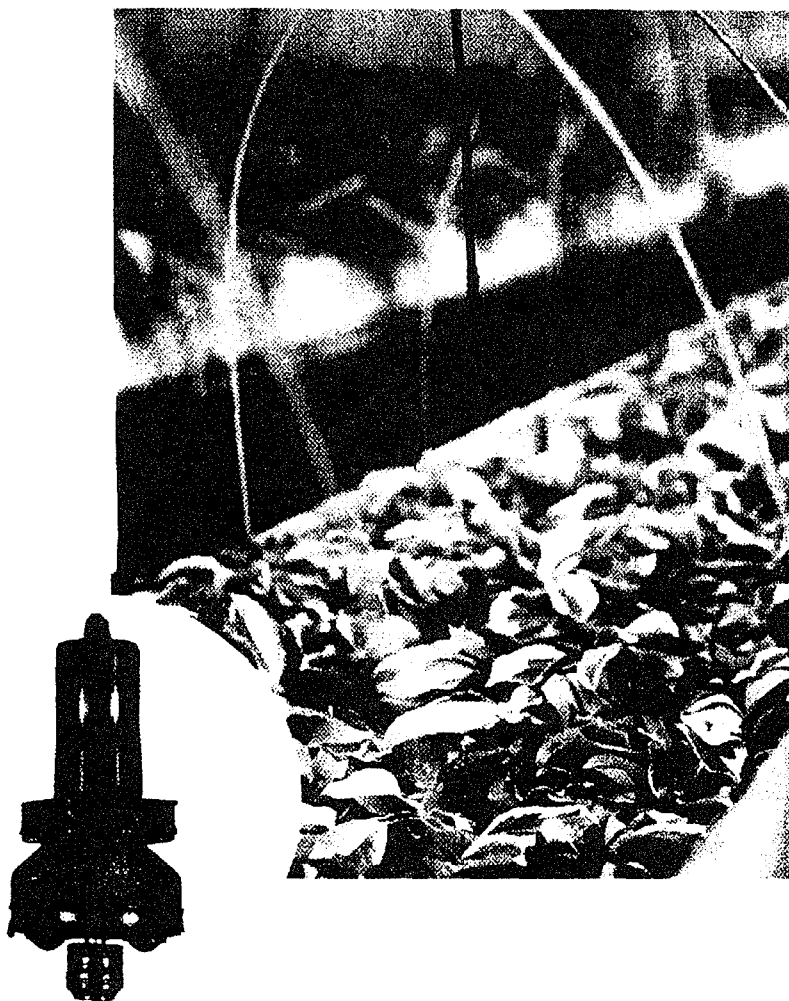
*Slika 4.8.-9 Mikro rasprskivač (okretni)*



Slika 4.8.-10 Mikro rasprskivač (okretni) sa stalkom i fleksibilnom cjevčicom za dovod vode

Mikro rasprskivač (obrnuti) također je vibrirajuće - okretni (slika 4.8.-11). Postavlja se obično iznad usjeva, oko 1,5 m, za natapanje u zatvorenom prostoru.

Značajno je što, uz potrebne dijelove za spajanje, ima i uređaj za sprečavanje gubitka vode nakon prestanka rada. U tablici 4.8.-7 vide se najvažniji podaci.



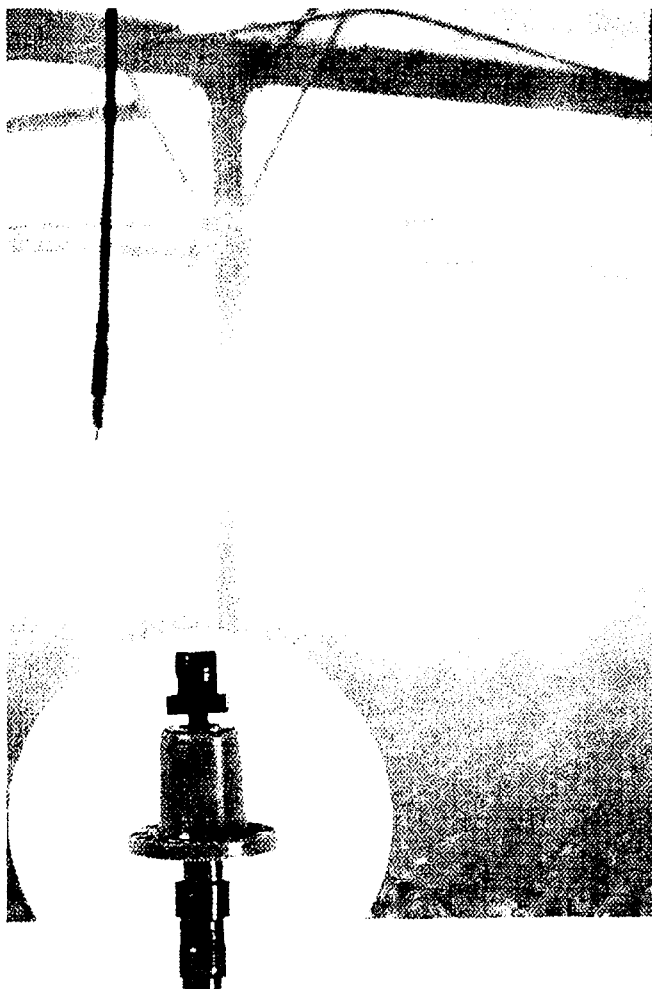
Slika 4.8.-11 Mikro rasprskivač (obrnuti) pri natapanju u zatvorenom prostoru

Mikro rasprskivač (obrnuti zamagljivač) prikazan je na slici 4.8.-12. Značajne su mu odlike što vrlo jednolično raspodjeljuje vodu u obliku maglice te što ne dopušta nakupljanje onečišćenja i soli. Jednako tako ne dopušta gubitak vode iz sustava nakon prestanka rada jer ima uređaje za sprečavanje gubitka vode u obliku curenja ili kapanja. Sustav počinje ujednačeno raditi kada tlak dostigne 1,6 bara, a prestaje raditi ispod tlaka od 0,7 bara. Ne dopušta ulazak zraka u sustav. Osiguran je jednoličan rad sustava. U protivnome brzo reagira i prestaje raditi pri pojavi bilo kojih smetnji (pulsiranja). Tablica 4.8.-8 pokazuje najvažnije podatke.

Tehnički podaci mikro - rasprskivača (obrnuti)

Tablica 4.8.-7

Vrsta mlaznice (boja)	Tlak bara	Kapacitet l/h	Promjer prksanja m
crna	2,0	72,0	7,0
	3,0	82,0	7,0

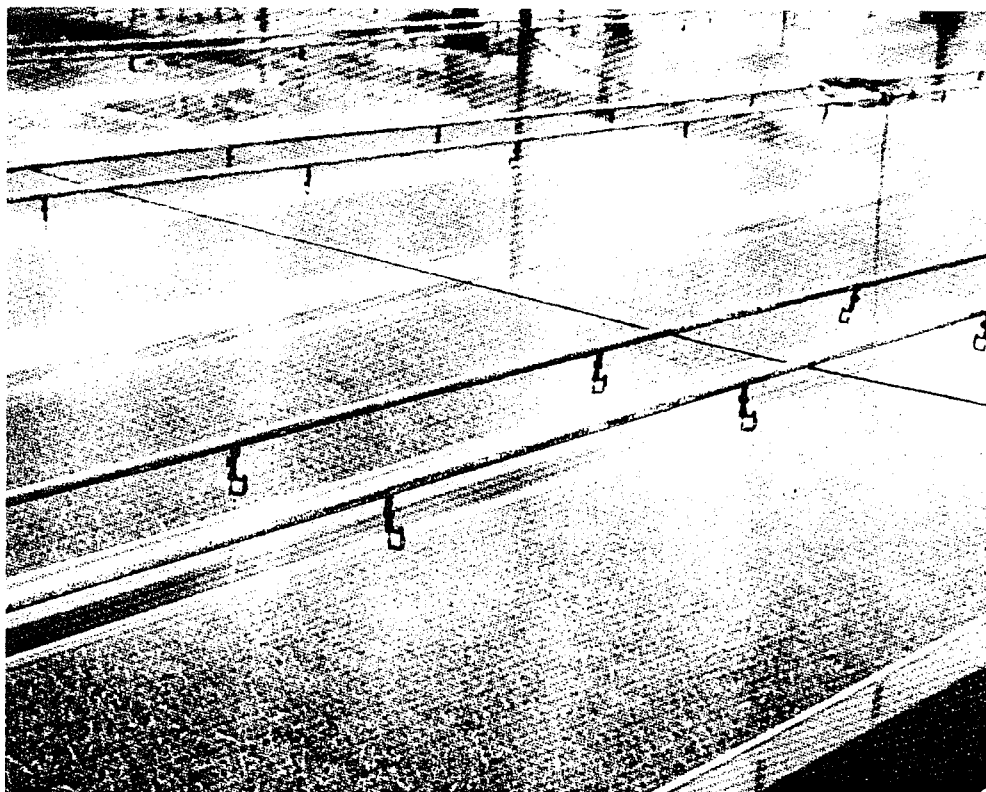


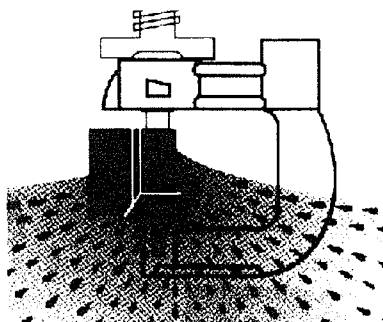
Slika 4.8.-12 Mikro rasprskivač (obrnuti zamagljivač)

*Tehnički podaci mikro - rasprskivača (obrnuti zamagljivač)**Tablica 4.8.-8*

Vrste mlaznice (boja)	Tlak	Promjer prskanja m
zelena	2,0	4,25
	2,5	4,80
	3,0	5,30

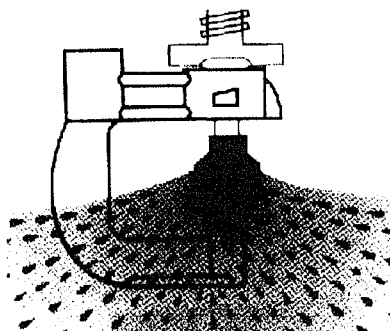
Mini rasprskivač ("Hadar 7110") instalira se i rastavlja brzo (slika 4.8.-13). Taj rasprskivač ima mlaznice koje se u radu čiste. Jednako tako ima ventile koji sprečavaju kapanje vode na kraju natapanja. Taj rasprskivač može se primijeniti obrnuto postavljen - viseći iznad uzgajanih biljaka (slike 4.8.-13 i 4.8.-14).

*Slika 4.8.-13 Mikro rasprskivač ("Hadar 7110")*



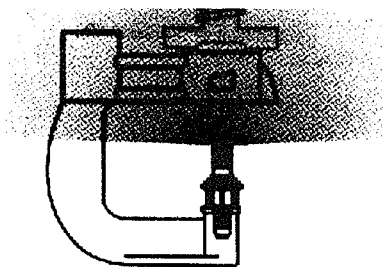
Slika 4.8.-14 Mikro rasprskivač ("Hader 7110") obrnuto postavljen

Pri takvom postavljanju postoji slobodan prostor za kretanje radnika i radne opreme. Za taj sustav potrebne su čvršće PVC cijevi kako bi se omogućila pravilna pozicija sustava i rasprskivača na cijevima. Osim plastičnih cijevi mogu se upotrebljavati i galvanizirane cijevi. Ako se rasprskivači stavljaju u ispravnom položaju (sl. 4.8.-15), tada je njihov razmak nešto veći (do 5,5 m). U tom su slučaju kapljice finije, ujednačenija je raspodjela vode i manje su doze dodane vode.



Slika 4.8.-15 Mikro rasprskivač ("Hader 7110") ispravno postavljen

Ako treba prskati vodu u obliku maglice (vrlo sitnih kapljica), može se primjeniti mini rasprskivač na slici 4.8.-16. Razmak je tih rasprskivača do 1,3 m, a umetanjem dodatnih dijelova postižu se fine kapljice koje čine maglicu iznad usjeva kojemu dodajemo vodu.



Slika 4.8.-16 Mini rasprskivač ("Hadar " za zamagljivanje)

4.9. ZAKLJUČNE NAPOMENE

Lokalizirano natapanje predstavlja ne samo novu tehniku već i novu filozofiju navodnjavanja. Sustavi kapanje i mini rasprskivači mogu se primjenjivati na:

- svim tlima,
- svim topografskim prilikama
- za sve uzgajane kulture u poljskim uvjetima i zaštićenom prostoru

Ovi sustavi troše malo pogonske energije, štede vodu i vrše precizno doziranje vode. Vrlo su funkcionalni, pouzdani, uz mogućnost elektronske regulacije cijelog sustava navodnjavanja i automatske kontrole pojedinih njegovih dijelova.

Sa sustavima od plastičnih materijala (kapanje i mini rasprskivači) može se održavati optimalna vlažnost i potrebna koncentracija hraniva u zoni rizosfere, tijekom cijelog vegetacijskog razdoblja uzgajanih kultura.

LITERATURA

1. Beccard R. W. i Hurst G. A. (1985): Drip Irrigation Design for Landscapes, Proceedings of the Third International Drip/Friskle Irrigation Congress, p. 516 - 522, Fresno, USA.
2. Megeath D. (1985): Computerized Irrigation Control Systems, Proceedings of the Third International Drip/Friskle Irrigation Congress, p. 588 - 599, Fresno, USA
3. Tomić F. (1998): Navodnjavanje, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
4. Tomić F. i Romić D. (1995): Oprema za lokalizirano natapanje, Priručnik za hidrotehničke melioracije, II. kolo, Navodnjavanje, Knjiga 4, str. 177 - 232, Rijeka.
5. Watkins James A. (1988): Turf Irrigation Manual, Irrigation Equipment and Materials, Dallas, USA.