

S obzirom na karakteristike otpadne materije i tehnologiju izdubavanja, u datim uslovima jedino dolazi u obzir primena hemijskih sredstava, ali tu se pojavljuju poteškoće druge prirode. Prema postojećim propisima i zakonu za dezinfekciju bi u obzir došli hlorni preparati i natrijumove lužine. Međutim, korišćenjem ovih preparata postoji opasnost štetnog uticaja stajnjaka, kasnije, na zemljište na koje je iznešen. Iz tih razloga se koriste drugi dezinficijensi koji neće štetno delovati na zemljište.

Pored navedenih mogućnosti, postoji metod mehaničkog tretmana naturalnog stajnjaka u posebnim bazenima. Taj se tretman zasniva na stalnom mešanju stajnjaka u bazenu u trajanju od 6-7 dana. Mešanjem se provocira zaraza, ukoliko se ne dogodi u tom vremenu, stajnjak se ispušta iz bazena i odvodi u recipiente za lagerovanje. Ovakvim postupkom sva količina stajnjaka se podvrgava testu. Ukoliko se u toku probe javi zaraza onda se samo ta količina dezinfikuje. Posmatrano u celini ovakvim postupkom se znatno manje količine stajnjaka mešaju sa dezinficijensima, a to znači da se na poljoprivredno zemljište iznose manje količine štetnih materija.

Postupak nije jeftin jer zahteva dodatne bazene za tretman, pored recipienta za lagerovanje.

U slučajevima gde se prirodni tečni stajnjak, bez prethodnog razdvajanja na faze, dovodi direktno u lagune za lagerovanje, pitanje uništavanja patogenih mikroorganizama vrlo je složeno i problematično. Problem proističe zbog ograničenih količina dezinficijensa koji se koriste i ograničenog vremena boravka stajnjaka u lagerima.

## OBJEKTI ZA LAGEROVANJE TEČNOG STAJNJAKA

Lagerovanje tečnog stajnjaka praktično znači njegovo čuvanje do momenta korišćenja. U zavisnosti od vrste prethodne obrade kojoj je stajnjak bio podvrgnut, može se razlikovati lagerovanje tečnog stajnjaka u naturalnom obliku, lagerovanje tečne faze i lagerovanje separata - čvrste faze. Prema tome se vrši izbor odgovarajućeg objekta.

Izabran objekat za lagerovanje tečnog stajnjaka mora zadovoljiti određene uslove u pogledu očuvanja kvaliteta tečnog stajnjaka. To se pre svega odnosi na gubitak azotnih jedinjenja u toku lagerovanja. Poznato je, da tokom vremena u tečnom stajnjaku usled biološke aktivnosti mikroorganizama dolazi u većoj ili manjoj meri do gubitaka azota, koji isparava u obliku amonijaka. Kada je u pitanju čuvanje tečnog stajnjaka u naturalnom obliku, posebnu pažnju treba posve-

titi sprečavanju raslojavanja. Takva pojava, ukoliko se dozvoli, za posledicu ima stvaranje kore - plivajućeg sloja i muljne istaložene faze. Naravno, u takvim slučajevima nastaje čitav niz problema oko dalje manipulacije sa stajnjakom. Da bi se objekat mogao isprazniti, neophodno je izvršiti homogenizaciju, te tako stvoriti uslove za rad muljnih pumpi kojima se objekti prazne.

Dakle, homogenizacija kao vid mehaničke obrade tečnog stajnjaka se izvodi u lagerima, što kao činjenicu treba imati u vidu kod izbora tipa objekta kao i njegovog kapaciteta.

Aeracija tečnog stajnjaka se uglavnom izvodi u objektima za lagerovanje. Da bo se to moglo ostvariti, objekti moraju biti prilagođeni toj nameni.

Osnovni parametri, pored navedenih za izbor tipa i kapaciteta objekta su još i značaj obezbeđenja lakog prilaza objektu, kao i mogućnost njegovog potpunog pražnjenja i čišćenja.

Kapacitet objekta za lagerovanje tečnog stajnjaka treba da je u skladu sa potrebnim vremenom zadržavanja stajnjaka u njemu. To praktično iznosi 120-180 dana, jer se mora uskladiti sa agrotehničkim zahtevima u pogledu najpovoljnijeg momenta za iznošenje tečnog stajnjaka na poljoprivredno zemljište.

Troškovi gradnje i održavanja objekta za lagerovanje tečnog stajnjaka su najčešće od presudnog značaja kod izbora. Međutim, zbog tih parametara se najčešće i greši.

### Lagerovanje naturalnog tečnog stajnjaka i tečne faze

Za lagerovanje naturalnog tečnog stajnjaka izvan staja koriste se betonski nadzemni bazeni, a za lagerovanje tečne faze koriste se pored bazena i lagune.

**Bazeni** za tečni stajnjak mogu da budu veoma različite izvedbe. Mogu biti kao građevinski objekti ili kao relativno provizorno podignuti objekti. U najvećem broju slučajeva to su trajni vrlo kvalitetni građevinski objekti. Mogu biti u različitim varijantama izvedeni. U zavisnosti od konfiguracije terena ono mogu biti nadzemni, polu ili potpuno ukopani.

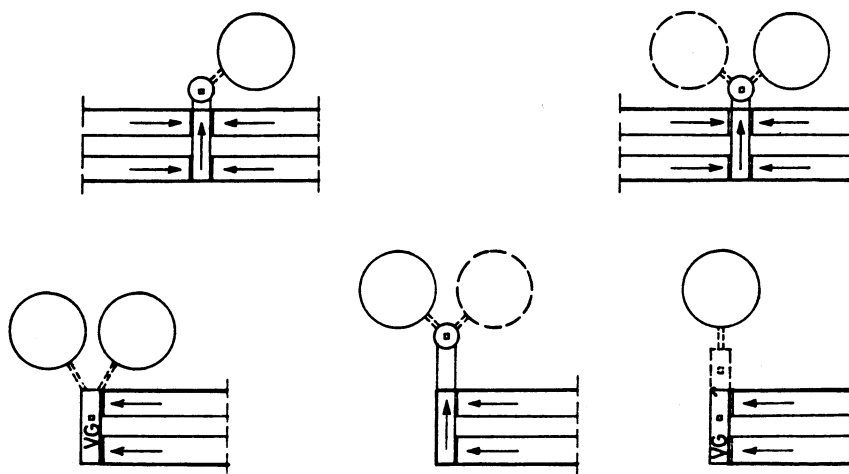
Obzirom da su gotovo uvek u tehnološkoj vezi sa pred bazenom ili prijemnim bazenom, a da bi ta veza mogla po tehnološkom zahtevu da funkcioniše, bazeni za lagerovanje treba da budu nadzemni.

**Ukopani bazeni** su manje pogodni i dosta su skuplji u odnosu na nadzemne bazene. Preporučuju se u slučajevima kada je konfiguracija terena takva da se ukopavanje može relativno lako izvesti, kao i u slučajevima kada je prostor

farme ograničen. Međutim, najznačajniji parametar koji definiše potrebu za ovakvim tipom objekta su količine tečnog stajnjaka i tehnološka rešenja manipulacije sa njim u toku lagerovanja.

**Poluukopani bazeni** se grade u slučajevima kada za to postoje određeni uslovi u pogledu konfiguracije terena. Time se smanjuju investiciona ulaganja, međutim, mogu se planirati ukoliko to dozvoljava, pored navedenih uslova, tehnološko rešenje postupaka sa stajnjakom.

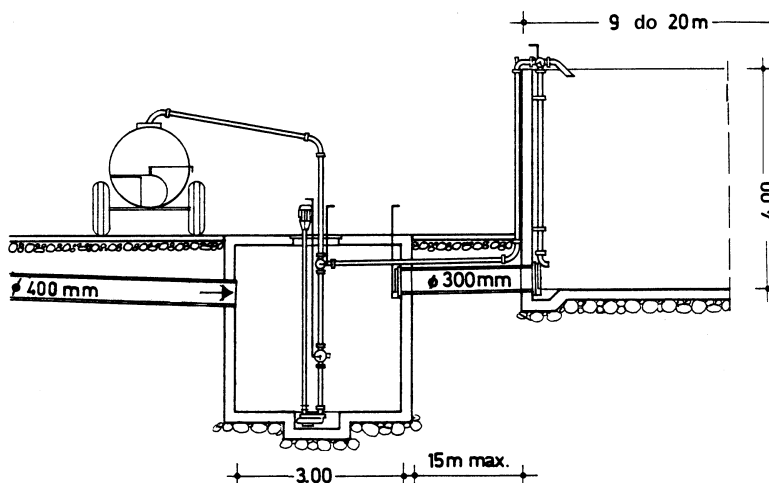
**Nadzemni bazeni** u najvećem broju slučajeva znače standardno rešenje za lagerovanje tečnog stajnjaka. Podižu se lakše i brže nego ostali, po pravilu su jeftiniji i manje zagađuju okolinu u odnosu na ostale. U kompleksu sa predbazonom predstavljaju najčešće tehnološko rešenje.



Sl. 61. Raspored bazena za lagerovanje tečnog stajnjaka u odnosu na staje sa i bez predbazena

Predbazen je ukopan sa kapacitetom od najviše dvodnevne proizvedene količine stajnjaka. U njemu se nalazi muljna pumpa sa višestrukom namenom.

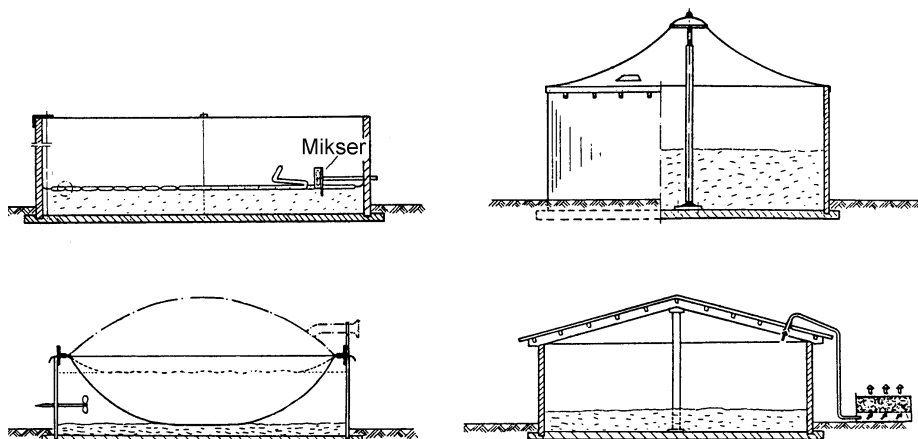
Rastojanje između predbazena i glavnog bazena ne treba da bude manje od 0,5 m niti duže od 15 m. Veza između dva bazena se ostvaruje pomoću cevi prečnika 200-400 mm. Cev se obavezno iz sigurnosnih razloga mora zatvoriti šiberom na oba kraja.



Sl. 62. Veza između prebazena i bazena za lagerovanje

Bazeni za lagerovanje se ne grade sa visinom većom od 4 m (korisna dubina), a prečnik im se kreće i do 25 m. Dubinu i prečnik uglavnom definišu uređaji koji će se koristiti za manipulaciju sa stajnjakom u vreme njegovog boravka u bazenu.

Poslednjih godina u cilju sprečavanja gubitaka azotnih jedinjenja (lako isparljivih  $\text{NH}_3$ ), a ujedno sa ciljem zaštite okoline, bazeni se pokrivaju. Način i materijal za pokrivanje bazena može biti različit. Od tipa pokrivača zavisi i visina gubitaka azotnih jedinjenja.



Sl. 63. Mogući načini pokrivanja bazena za lagerovanje tečnog stajnjaka

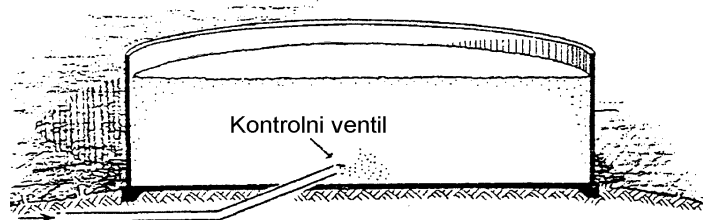
Gubici amonijačnog azota ( $\text{NH}_3$ ) u bazenima bez pokrivača su stoprocentni. Taj amonijak ne samo što je osiromašio tečni stajnjak, već je i svojim odlaskom u atmosferu uticao na njeno zagađenje. Gubici i odlazak amonijaka se mogu sprečiti pokrivanjem bazena i to u znatnoj meri. Kod kvalitetnog pokrivanja gubici se mogu svesti na samo nekoliko procenata.

**Tab. 11. Približne vrednosti kapaciteta nadzemnih bazena kružnog poprečnog preseka za lagerovanje tečnog stajnjaka**

Dimenzije (m) prečnik x visina	Kapacitet (l)	Zapremina ( $\text{m}^3$ )	Dimenzije (m) prečnik x visina	Kapacitet (l)	Zapremina ( $\text{m}^3$ )
7.6 x 3	138.985	139	13.7 x 3	450.283	450
4.6	208.459	208	4.6	675.414	675
6.1	277.951	278	6.1	900.565	900
9.1 x 3	200.132	200	15.2 x 3	555.903	556
4.6	300.188	300	4.6	833.854	833
6.1	400.245	400	6.1	1.111.806	1.111
10.7 x 3	272.386	272	16.8 x 3	672.632	672
4.6	408.591	408	4.6	1008.968	1.008
6.1	544.775	545	6.1	1.345.284	1.345
12.2 x 3	355.771	356	18.3 x 3	800.490	800
4.6	533.666	533	4.6	1.200.753	1.200
6.1	711.565	711	6.1	1.600.998	1.600

### Principi punjenja bazena za lagerovanje

Tečni stajnjak se u nadzemni bazen za lagerovanje može dopreмати na više načina. Dopremanje može biti pomoću podzemnog cevovoda pumpom do dna kanala.



**Sl. 64. Princip punjenja bazena pri njegovom dnu**

*Prednosti:*

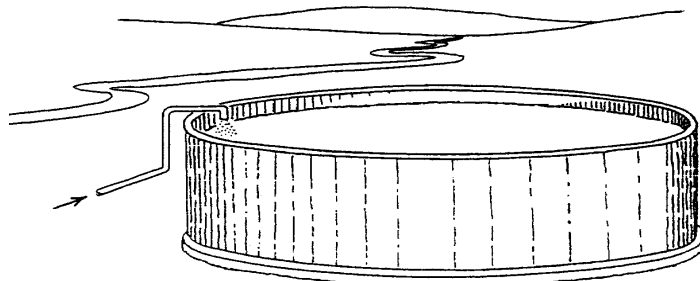
- Podzemni cevovod i transport stajnjaka njime, predstavljaju deo sistema za čišćenje pa ne zahteva posebne procese ni opremu za homogenizaciju (kod svinjskog stajnjaka);
- Postoji određena fleksibilnost u lociranju bazena za tečni stajnjak u odnosu na staju;
- Gornji sloj (kora) male debljine ima za cilj da smanji probleme insekata, kao i probleme neugodnog mirisa;
- Nivo stajnjaka iznad cevi za dopremanje, sprečava izmrzavanje cevi i sadržaja u njoj;
- Kontinualnim dopremanjem stajnjaka u baze, vrši se stalno mešanje ukupne mase stajnjaka u bazenu.

*Nedostaci:*

- Ukupna zapremina bazena namenjena stajnjaku mora biti povećana za 10% radi obezbeđenja prostora za dodatne količine vode u cilju otklanjanja poteškoća koje mogu nastati pri pražnjenju bazena;
- Neophodna je potpuna zaštita postrojenja pumpe.

Dopremanje tečnog stajnjaka u bazen preko zida sa vrha je dosta u primeni. Za ovakav način punjenja bitni su sledeći parametri:

- pravilna dubina predbazena u kojem se nalazi pumpa,
- ukupna visina bazena za lagerovanje,
- ukupna transportna dužina.



**Sl. 65. Princip punjenja bazena pri njegovom vrhu**

*Prednosti:*

- Stajnjak može biti pumpan iz predbazena, kao i iz kanala u samoj staji;
- Mogućnost korišćenja standardnih pumpi koje se koriste i za podzemno lagerovanje.

*Nedostaci:*

- Gubici (troškovi) pri punjenju predbazena;

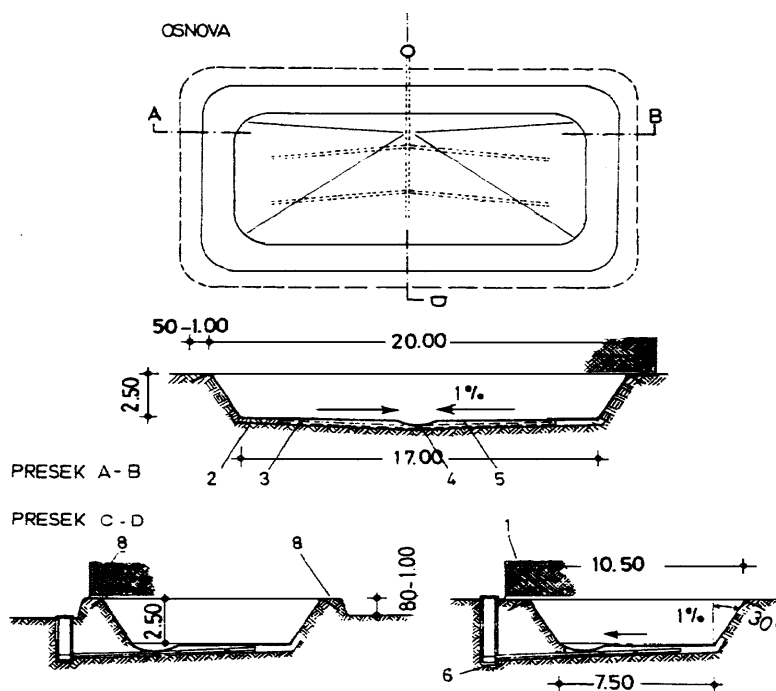
- Nužnost učestalog mešanja i prepumpavanja iz predbazena;
- Problem neprijatnog mirisa zbog čestog dodavanja novih količina tečnog stajnjaka;
- Poteškoće u zimskom periodu zbog izmrzavanja;
- Obavezna zaštita predbazena.

**Lagune** su jednostavni i relativno jeftini objekti za lagerovanje tečnog stajnjaka. Grade se jednostavnim formiranjem zemljišnih bazena sa osnovnim osobinama koje definišu lagune, a to su male dubine i velike površine. Gradnja se izvodi na dva načina: iskopavanjem zemlje sa podizanjem zemljanih nasipa i bez zemljanih nasipa. U svakom slučaju radi se o recipijentima čija je dubina nesrazmerno mala u odnosu na površinu. Dubina sloja stajnjaka u lagunama ne bi trebala da prelazi 1,5 m.

U zavisnosti od načina zaštite odlaska tečnosti iz lagune razlikuju se prema načinu gradnje betonske lagune, lagune sa plastičnom folijom i lagune obložene slojem gline.

**Betonske lagune** su svrstane u kvalitetne recipijente sa značajnom visinom investicija za njihovu gradnju. Međutim, one ispunjavaju sve zahteve koji se postavljaju prema tehnologiji tretmana i daljeg lagerovanja tečne faze stajnjaka. U praksi se ponekada betonske lagune oblažu folijom u cilju povećanja stepena sigurnosti od oticanja stajnjaka kroz zidove lagune.

**Lagune sa plastičnom folijom** u stvari su zemljane lagune koje su obložene folijom. Dno i zidovi lagune su obloženi folijom u dva sloja. Između slojeva folije postavljene su drenažne cevi koje povezuju lagunu sa revizionim šahtom. Folija se mora u potpunosti prilagoditi obliku lagune. Sa folijom se mora pravilno postupati, jer u protivnom ukoliko dođe do oštećenja, mogu nastati mnogi problemi. Kod oštećenih folija neminovno je gubljenje tečne faze iz lagune i njen nekontrolisan odlazak na sve strane. Ukoliko se stajnjak zadrži ispod folije, u anaerobnim uslovima koji vladaju u toj zoni, doći će do razvlačenja organske materije i stvaranja gasa metana. Taj gas, u najblažoj meri će podići foliju i u laguni stvoriti ostrvo. Na taj način se smanjuje kapacitet lagune, i znatno povećavaju gubici mase stajnjaka, koja nekontrolisano odlazi iz lagune, usput zagađujući sredinu.



Sl. 66. Laguna sa plastičnom folijom i cevima za drenažu

*Lagune obložene slojem gline* se smatraju jeftinijim objektima za lagerovanje tečnog stajnjaka ili tečene faze. Ove lagune se posle izvedenih zemljanih radova presvlače slojem gline. To nanošenje gline mora biti vrlo kvalitetno kako bi se sprečilo isticanje i najmanjih količina stajnjaka iz lagune. Sloj gline se nanosi u debljini oko 10 cm pažljivo i ravnomerno kako po stranicama tako i po dnu. Takve lagune mogu dugo da se koriste ukoliko se ne ošteti sloj gline.

U toku lagerovanja tečnog stajnjaka u lagunama neminovno dolazi do razlaganja organske materije. Prema načinu razlaganja organske materije lagune se mogu podeliti na lagune sa prirodnim razlaganjem, odnosno sa prirodni provetranjem, lagune sa prinudnom aeracijom i fakultativne.

### Gubici mineralnih materija iz tečnog stajnjaka za vreme lagerovanja

Gubici mineralnih materija iz tečnog stajnjaka nastaju odmah nakon njegovog formiranja. Najizraženiji su gubici azota. Manipulacijom sa tečnim stajnjakom u toku prikupljanja, obrade, lagerovanja i aplikacije, može se uticati na gubitke u cilju njihovog smanjenja ili povećanja.



U uslovima nekvalitetnog lagerovanja kada je kao redovna pojava proces anaerobne fermentacije, kao produkt se javljaju jedinjenja vrlo neprijatnog mirisa sa veoma visokim stepenom toksičnosti kako za životinje i biljke tako i za ljude. Ukoliko se takav stajnjak koristi na njivama, može dovesti do pojave ožegotina na lisnoj masi biljaka.

**Tab. 12. Hemijska transformacija tečnog stajnjaka goveda u toku lagerovanja**

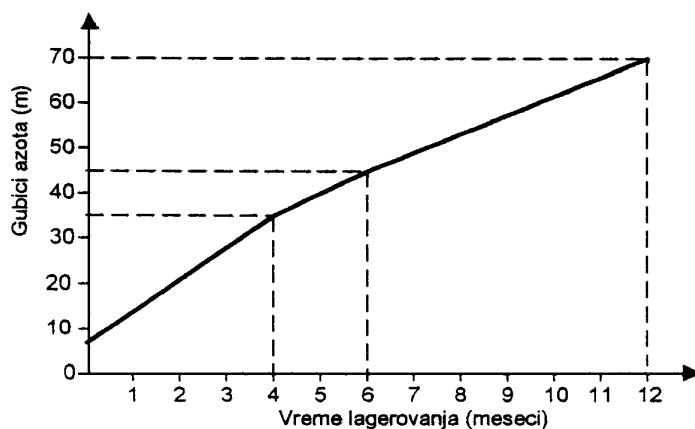
Datum uzorkovanja	Dužina lagerovanja	pH vrednost	NH <sub>3</sub> -N (mg/kg)	NH <sub>4</sub> -N (mg/kg)
14.4.1977	Sveži stajnjak	6.2	0.44	227
28.4.1977	2 nedelje	5.7	0.22	653
13.5.1977	4 nedelje	5.4	0.44	-
27.5.1977	6 nedelja	5.5	-	816
16.6.1977	9 nedelja	5.4	0.44	847
6.7.1977	12 nedelja	5.6	0.44	483

Od ukupnog sadržaja azota u tečnom stajnjaku, od 50-70% je u organskom obliku. Ovaj organski azot se povećanjem anaerobne fermentacije, stalno dekomponuje u amonijak. Amonijak kao gas isparava već u staji, u mirnom bazenu, a posebno u toku manipulacije sa stajnjakom.

**Tab. 13. Hemijska transformacija tečnog stajnjaka svinja u toku lagerovanja**

Datum uzorkovanja	Dužina lagerovanja	pH Vrednost	NH <sub>3</sub> -N (mg/kg)	NH <sub>3</sub> -N (mg/kg)
15.4.1977	Svež stajnjak	6.4	7.7	3131
28.4.1977	2 nedelje	5.9	8	3792
13.5.1977	4 nedelje	5.9	9.5	4101
27.5.1977	6 nedelja	6.0	-	4167
16.6.1977	9 nedelja	6.3	30.6	4167
6.7.1977	12 nedelja	6.2	34	4145

Pravilnim lagerovanjem i negom tečnog stajnjaka (u nadzemnim betonskim bazenima), nivo gubitaka azota se može održavati u granicama ispod 20% od početnog stanja, što se može smatrati zadovoljavajućim.

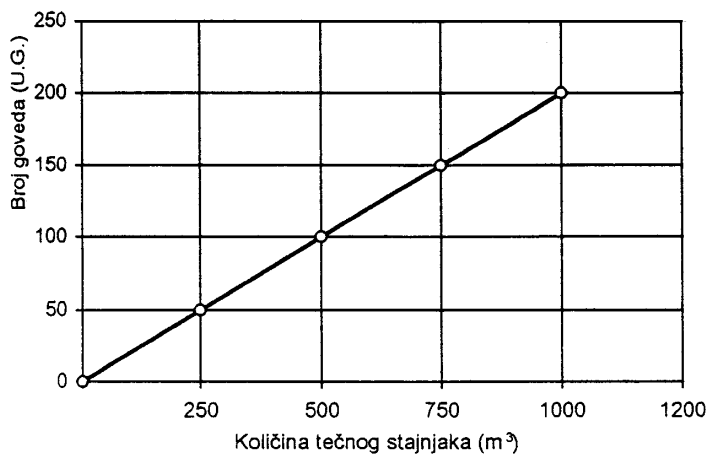


Sl. 67. Gubici azota tokom lagerovanja u lagunama

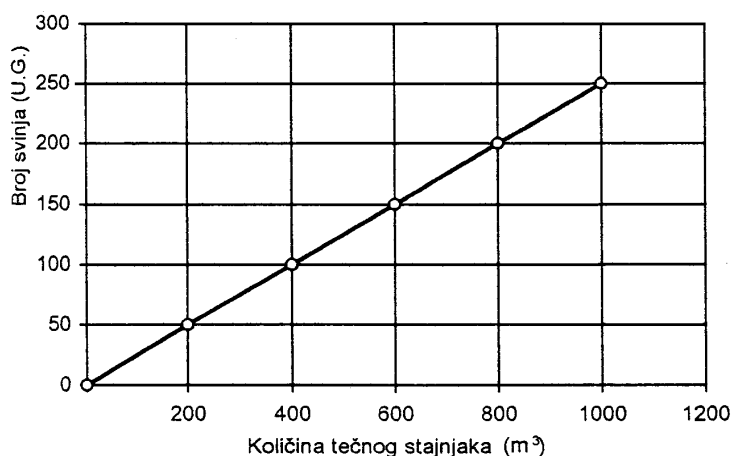
### Dužina lagerovanja

Nema sumnje da bi lagerovanje tečnog stajnjaka za period od 6 meseci bilo najpovoljnije rešenje sa stanovišta iskorišćavanja hemijskih sastojaka za biljke. U tom slučaju se pruža mogućnost da se stajnjak iznosi dva puta u toku godine. Međutim, tako dug period zahteva odgovarajuće kapacitete objekata za lagerovanje, koji predstavljaju značajnu investiciju.

Dužna lagerovanja stajnjaka od četiri meseca, smatra se kompromisnim rešenjem.



Sl. 68. Prikaz dobijenih količina tečnog stajnjaka kod goveda u periodu od 100 dana, što se smatra minimalnom dužinom lagerovanja



Sl. 69. Količina tečnog stajnjaka svinja u periodu od 100 dana, što se smatra minimalnom dužinom lagerovanja

### PROIZVODNJA BIOGASA IZ TEČNOG STAJNJAKA

Biogas je proizvod metanske fermentacije, koja predstavlja anaerobni proces, putem kojega se organska materija razgrađuje, pod uticajem mikroorganizama. Metansko anaerobno vrenje organske materije je proces koji se odvija pod uticajem bakterija u odsustvu molekularnog kiseonika i svetlosti. Kao kraj-nji proizvod dobija se određena količina biogasa, smese metana i ugljen dioksida (relativni zapreminski udeli odnose se približno u granicama 2 : 1), sa primjesama nekoliko drugih gasova (vodoniksulfata, vodonika, azota i kiseonika), sa vrlo malim zapreminskim udelom od 0,01-0,02.

Mehanizam procesa anaerobne fermentacije, odvija se u tri faze međusobno povezane. Te faze se izvode zahvaljujući mikroorganizmima koji se mogu svrstati u najmanje četiri grupe i to hidrolitički, acetogeni, homoacetogeni i metanogeni.

Sa promenom temperature menja se intenzitet aktivnosti pojedinih mikroorganizama, jer se u određenom uslovima mogu razvijati samo određene adaptirane vrste. Pored potrebnih uslova za razvoj odgovarajućih mikroorganizama, na izdvajanje biogasa bitno utiče sadržaj suve materije u tečnom stajnjaku. Sadržaj suve materije u tečnom stajnjaku kod pojedinih vrsta domaćih životinja se kreće u granicama od 2-10%.

Za projektovanje optimalnih performansi tehnološkog procesa proizvodnje biogasa neophodno je poznavati sve karakteristike stajnjaka iz kojeg će se proizvesti biogas. Konzistencija tečnog stajnjaka od 3,5-5% je sasvim prihvatljiva i sa ekonomskog stanovišta za proizvodnju biogasa.

### Postrojenja za proizvodnju biogasa

Za proizvodnju biogasa danas postoji veliki broj sistema. Ti sistemi su u stvari poznatiji pod nazivom digestori - reaktori.

Prema veličini digestori - reaktori mogu biti: tehnički, polutehnički i laboratorijski. Prema obliku rezervoara digestori mogu biti vertikalni i horizontalni. U zavisnosti od materijala od kojih su napravljeni, digestori mogu biti betonski, metalni i od čvrstih fleksibilnih plastičnih materijala. Prema rezervoaru u koji se izdvaja gas, digestori mogu biti integrirani i odvojeni. Prema sistemu za zagrevanje digestori mogu biti sa spoljašnjim i unutrašnjim grejanjem. U zavisnosti na principe mešanje sadržaja digestora oni mogu biti sa mehaničkim mešanjem, sa hidrauličnim i komprimovanim mešanjem.

Bez obzira na tip i materijal od kojih je izrađen svaki digestor mora da ispuni sledeće uslove:

- da je dobro zaptiven (nepropustljiv za tečnost i gas),
- da je statički stabilan, odnosno da može podneti velika statička opterećenja,
- da poseduje visoku korozionu postojanost.

Konstruktivno digestor mora da obezbedi slobodni ispuštanje i oticanje tečnosti i gasa.

Svaki gubitak gasa smanjuje efikasnost postrojenja. U interesu ekonomičnosti i sigurnosti treba sprečiti nekontrolisane gubitke. Prolaz vlage kroz zidove umanjuje efikasnost toplotne izolacije. Nezaptivenost digestora najčešće se nalazi na mestima ugradnje tehničkih uređaja. Ta mesta moraju posebno da se izoluju.

Konstrukcija digestora mora da izdrži sva opterećenja (sopstvena težina, punjenje itd.).

Problemi sa korozijom se najčešće javljaju kod čeličnih digestora. Korozija kod njih nastaje sa obe strane (spoljašnje i unutrašnje). Takvi digestori moraju biti zaštićeni antikorozivnim premazima.

Čelik je pogodan kao materijal za izgradnju digestora. Međutim, nije otporan na koroziju. Kod izbora antikorozivnih premaza treba imati u vidu činjenicu

da isti mogu uticati na uništavanje bakterija koje ostvaruju metansko vrenje. Da bi se takva pojava izbegla kao zaštitni premaz se koristi bitumen ili odgovarajuća epoksidna smola. Kod digestora od čelika obavezna je i termo izolacija.

Beton kao građevinski materijal je dobar za izgradnju digestora ukoliko oni mogu biti jednostavnog oblika. Međutim, zbog loših izolacionih svojstava nužno je kvalitetno izolovati ovakve digestore. Pored ove vrste izolacije ovakve digestore treba zaštititi i od poroznosti. Beton kao materijal je otporan na korozione uticaje, kao i na statička opterećenja, te je zbog svih navedenih parametara pogodan za velike kapacitete.

### **Uređaji za doziranje i pražnjenje digestora**

Digestori se mogu puniti pomoću pumpi ili slobodnim dotokom tečnog stajnjaka. Izbor pumpi za manipulaciju sa stajnjakom zavisi od količina naturalnog i razgrađenog stajnjaka. Potiskivanje svežeg stajnjaka najčešće se obavlja pomoću centrifugalnih pumpi ili mono pumpi. Ukoliko u tečnom stajnjaku može doći do pojave primesa u obliku slame, onda se moraju koristiti pumpe sa dodatnim uređajima za usitnjavanje tih primesa (maceratori). Ovakve pumpe se koriste i za mešanje sadržaja digestora.

Bez obzira koja će se pumpa koristiti za doziranje i pražnjenje digestora, neophodno je obratiti pažnju da u toku rada ne dođe do pojave kratkog spoja u proticanju kod otvora za ulaz i izlaz na digestoru i da se pri tome ne naruši vreme retencije tečnog stajnjaka.

### **Uređaj za mešanje sadržaja u digestoru**

Mešanje sadržaja u digestoru je višestruko značajno. Ono mora biti intenzivno u toku celokupnog postupka vrenja. Osnovni cilj mešanja je obnavljanje površina dodira između pojedinačnih konzumenata biomase - tečnog stajnjaka, kao i za izjednačavanje sastava tečnog stajnjaka i definitivno odstranjivanje biogasa iz tečnog stajnjaka, odnosno digestora. Pored toga uređajima za mešanje sadržaja u digestoru, razbija se eventualna kora nad stajnjakom u digestoru.

Intenzivno mešanje sadržaja u reaktoru, može se postići različitim sredstvima i na različite načine. Rešenja za tu namenu mogu biti u obliku recirkulacionih pumpi izvan digestora, vertikalnih i horizontalnih pumpi unutar digestora, u obliku agregata za uzburkavanje pomoću komprimiranog biogasa.

## Zagrevanje i izolacija

Radi održavanja povoljne radne temperature u prostoru vrenja (reaktoru), potrebna je izgradnja instalacija za zagrevanje u zavisnosti od klimatskih uslova. Izvori toplote mogu biti: solarna energija, biogas, toplovodne pumpe i sl.

Predgrevanje, zagrevanje i održavanje toplote supstrata u digestoru se može da obavi na direktan i indirektan način. Direktno predgrevanje se može izvesti pomoću vrele ili tople vode, a direktno zagrevanje supstrat se vrši pomoću vodene pare niskog pritiska. Na ovaj način direktno se meša topli fluid sa substratom. Indirektno predgrevanje ili zagrevanje substrata obavlja se toplom ili vrelom vodom, preko razmenjivača toplote. Razmenjivači toplote mogu biti postavljeni unutar digestora, uz zid ili u zid digestora ili izvan digestora.

Za proizvodnju biogasa sa pogonsko tehničkog stanovišta poznata su dva različita postupka: diskontinuirani tip digestora uglavnom malog kapaciteta i kontinuirani tip digestora.

Svaka tehnološka solucija ima mana i prednosti. Diskontinuirana postrojenja (Batch) pune se šaržno i digestor se ne prazni dok se fermentacija u celosti ne završi. Ova postrojenja su vrlo jednostavne konstrukcije. Mogu da razgrađuju vlaknaste i slamaste materijale.

Kod kontinuiranih postrojenja istovremeno se vrši punjenje digestora tečnim stajnjakom i pražnjenje - izlivanje fermentisanog stajnjaka iz digestora. Kod ovog sistema je omogućena kontinuirana proizvodnja biogasa.

## Prečišćavanje biogasa

Prečišćavanje biogasa, uklanjanje nepoželjnih sastojaka, u prvom redu vodoniksulfata ( $H_2S$ ), zatim vode i ugljen monoksida ( $CO_2$ ), omogućava izbegavanje korozivnih procesa instalacije i povećanje kalorične vrednosti biogasa. Stepen i način prečišćavanja biogasa, direktno zavise od načina korišćenja i namene biogasa.

Ukoliko se biogas koristi za zagrevanje vode, a ova za grejanje objekata, onda se prečišćavanje biogasa može izvoditi pranjem pomoću vode. Kod podnog grejanja objekata kada se koriste grejna tela koja su otporna na visok sadržaj sumpora, prečišćavanje se i ne vrši. Za gasne grejalice je potrebno prečistiti gas i to u zavisnosti od stepena sadržaja  $H_2S$ , dinamike provetravanja prostorije koja se na ovaj način greje. Pranje se izvodi vodom.

Pri korišćenju biogasa u industriji kada je neophodno odstraniti pojedine sastojke iz gasa, koristi se voda ili aktivni ugalj. Aktivnim ugljem se uglavnom otklanja  $H_2S$ .

### Efekti proizvodnje biogasa

Kapacitet reaktora za proizvodnju biogasa mora biti veći od dnevnih količina tečnog stajnjaka do dvadeset puta. To je upravo zbog toga što fermentacija (ukupna) traje toliko. U tom periodu se svakodnevno u reaktor ubacuje sveži stajnjak u količini od 5% njegove zapremine. Pod takvim režimom moguće je očekivati da se od 1 m<sup>3</sup> zapremine reaktora dnevno proizvede 1,2 m<sup>3</sup> gasa. Prevedeno na energetska vrednost gasa i u poređenju sa energetska vrednošću nafte, moguće je zaključiti da se od 1 m<sup>3</sup> tečnog stajnjaka može dobiti energija jednaka energiji koju dale 0,7 l nafte.

Posle fermentacije tečni stajnjak gubi neprijatan miris i postaje potpuno bezopasan po okolinu, ujedno svi elementi njegove fertilizacione vrednosti ostaju nepromenjeni.

### TEHNIKA IZDUBRAVANJA ČVRSTOG STAJNJAKA

Čvrsti stajnjak predstavlja mešavinu balege i osoke sa prostirkom. Formira se u objektima sa vezanim i slobodnim sistemom držanja domaćih životinja sa punim podom uz manje ili veće učešće prostirke.

Tradicionalno, čvrsti stajnjak je najviše zastupljen u govedarstvu, kod svih kategorija koje se gaje u objektima sa korišćenjem prostirke. Sastav ove vrste stajnjaka uglavnom zavisi od vrste konzumirane hrane, količine osoke, vrste i količine prostirke koja se upotrebljava.

**Tab. 14. Sastav čvrstog stajnjaka goveda u zavisnosti od načina držanja (Titlie 1994)**

Način držanja	Suva materija (gr/kg)	Organska materija (gr/kg)	N (gr/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (gr/kg)	K <sub>2</sub> O (gr/kg)
Duboka prostirka	221	180	5,8	2,3	9,6
Pun pod, nagnuto ležište	182	148	4,9	2,3	9,3
Vezani sistem	185	152	5,3	1,7	7,1
Pun pod, slobodni sistem	170	160	5,1	2,3	6,2

Količine prostirke koje se dnevno koriste u stajama zavise od načina držanja. One svakako bitno utiču na sastav stajnjaka.

**Tab. 15. Količine prostirke u zavisnosti od kategorije i načina držanja goveda (kg/grlo/ dan)**

Kategorije životinja	Vezani sistem držanja	Slobodni sistem držanja
Muzne krave	3	5
Steone junice	3	5
Junice od 1 - 2 godine	2	3
Junice do 1 godine	1,5	2,5
Telad	-	1

Na osnovu telesne mase životinja i njihove potrebe za hranom, kao i količine utrošene prostirke, može se odrediti dnevna proizvodnja čvrstog stajnjaka prema sledećem obrascu :

$$Q_{st} = Q_{smh}/2 + Q_{smp} \cdot 4 \quad (\text{kg})$$

gde je:  $Q_{st}$  - količina stajnjaka (kg),

$Q_{smh}$  - količina suve materije iz hrane (kg),

$Q_{smp}$  - količina suve materije iz prostirke (kg).

**Tab. 16. Količine čvrstog stajnjaka goveda u zavisnosti od načina držanja (Titlie 1994)**

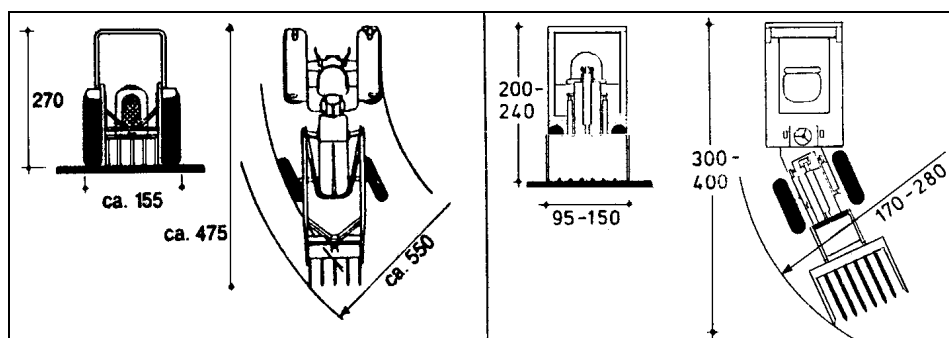
Tip staje	Količina prostirke (kg/grlo/dan)	Prosečna težina grla (kg)	Balega m <sup>3</sup> /grlo/mesec	Osoka m <sup>3</sup> /grlo/mesec
Vezano držanje sa prostirkom	3	650	1,9	0,4
Slobodno držanje nagnut pod sa stajalištem	6	585	1,7	0,18
Duboka prostirka sa stajalištem (strugano)	6,5	650	0,8	1,2
Duboka prostirka sa rešetkastim stajalištem	6,5	655	1,16	1,27
Duboka prostirka sa spoljnim ispustom (struganim)			0,87	1,36
Slobodno držanje sa boksovima za ležanje i stajalištem pun pod	1,2	645	-	2,14
Ležajni boks sa struganim stajalištem	2,7	600	1,3	0,24
Ležajni boksovi sa rešetkastim stajalištem	-	650	-	1,76
Ležajni boks sa spoljašnjim ispustom (struganim)	0,55	625	-	1,97
Ležajni boks sa stajalištem	2	400	1,3	-
Nagnuti pod sa stajalištem	1,3	424	0,74	-



Čvrsti stajnjak se iz staja čisti svakodnevno ili periodično, zavisno od načina držanja. Za čišćenje objekata koriste se različita univerzalna i specijalna sredstva. Ta sredstva se mogu podeliti na mobilna i stacionirana.

### Mobilna sredstva za čišćenje staja

Mobilna sredstva za čišćenje stočarskih objekata su u izvesnoj prednosti u odnosu na stacionirana, jer se jednim uređajem može opsluživati veći broj objekata. Takođe je značajno da raspored prostora i površina koje treba očistiti ne mora biti strogo definisan. Time se dobija mogućnost da jedno sredstvo može čistiti objekte različitog tipa. Međutim, ipak postoje neki zahtevi za korišćenje ovih sredstava koji se moraju zadovoljiti. To su pre svega ulazni i izlazni otvori na staji.



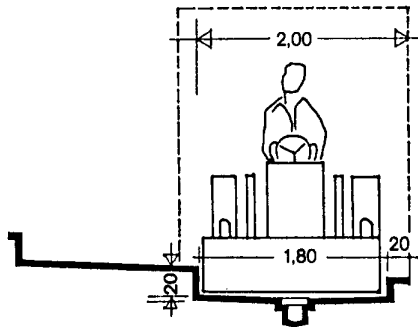
Sl. 70. Uporedne karakteristike osnovnih mobilnih sredstava za čišćenje staja

Standardni traktor sa utovarivačem, može imati motor snage od 20-70 kW. Koriste se za čišćenje u hodnicima od 180-220 cm. Širina/visina traktora se kreće u relaciji 200/260 cm, odnosno 220/280 cm. Dužina celog uređaja je 475, a radijus okreta 550 cm.

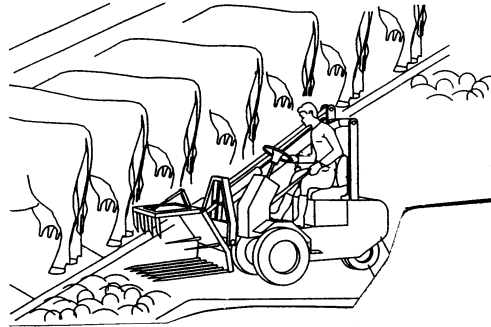
Specijalni traktor sa prednjim utovarivačem ima motor 10-25 kW, ukoliko je u Diesel izvedbi ili 6-8 kW, ukoliko je sa elektro motorom. Može da čisti u hodnicima širine 120 cm. Širina/visina traktora se kreće u relaciji 120/260 cm. Dužina celog uređaja je od 300-400 cm, a radijus okreta 170-280 cm.

Danas se u proizvodnoj praksi vrlo široko koriste specijalni traktori sa prednjim utovarivačem u obliku kašike ili vila. Traktor ulazi u objekat (u deo prostora koji treba očistiti) i iznosi stajnjak sukcesivno, zahvatajući izvesnu količinu stajnjaka (i do 150 kg). Ili se u slučajevima korišćenja dasaka koje traktor gura, načini prohod kroz ceo objekat, a sav sadržaj stajnjaka izgura van

objekta. Da se stajnjak ne bi raznosio na sve strane traktori sa daskama se kreću u tačno definisanom prostoru.



Sl. 71. Traktor sa prednjom daskom za čišćenje stočarskih objekata u prostoru za čišćenje



Sl. 72. Specijalni traktor sa prednjim vilama za sukcesivno iznošenje stajnjaka iz objekata

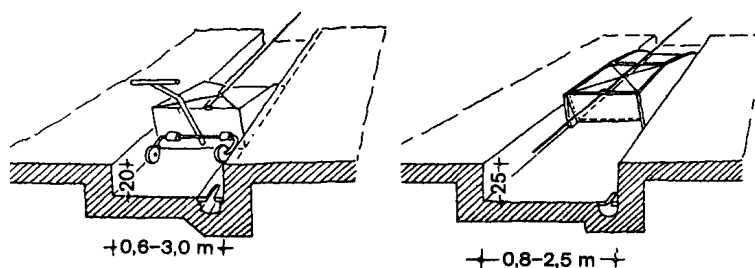
Traktori sa prednjim utovarivačem se koriste i za radove oko smeštaja stajnjaka na mesto lagerovanja, kao i ukupnu manipulaciju sa stajnjakom (nega, prevrtanje, utovar i sl.).

### Stacionarna sredstva za čišćenje staja

Stacionirana tehnička sredstva za čišćenje stočarskih objekata imaju dugu razvojnu genezu. Osnovna karakteristika svih rešenja je usko definisan radni prostor. Konstrukciono mogu biti izvedena u nekoliko varijanti kao što su: lopate sa ručnim ili mehaničkim pogonom, potisna greda sa poprečnim daskama, delta skrejper.

#### *Uređaj za čišćenje u obliku lopate*

Prva rešenja ovih sistema su bila u obliku lopata sa ručnim ili mehaničkim pogonom. Lopata se morala uklapati u dimenzije kanala u kojima se formirao - sakupljao stajnjak. Od značaja je svakako bilo postizanje što je moguće ravnijeg dna kanala, kako bi kvalitet rada lopate bio zadovoljavajući.



Sl. 73. Mehaničke lopate za čišćenje sa ručnim i motornim pogonom

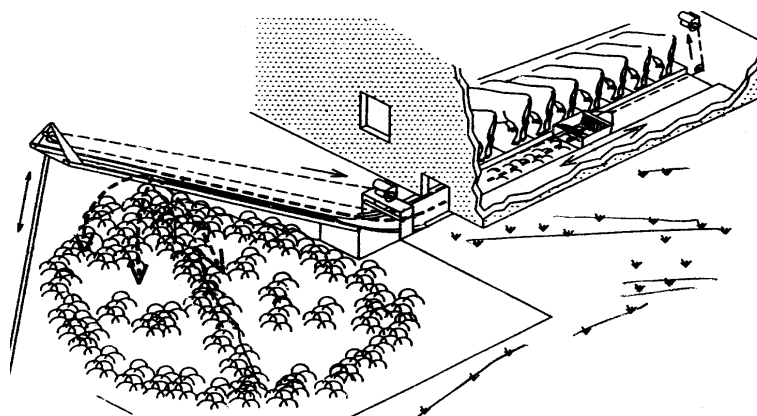
Lopatama sa ručnim pogonom, stajnjak se izvlači iz objekata do prihvatnih šahtova. Ti šahtovi su na nižem nivou od kanala tako da se stajnjak u njih obrušava potiskivan lopatom.

U slučaju korišćenja lopata sa elektromotornim pogonom, izvlačenje stajnjaka se može vršiti u šahtove ispod i iznad nivoa kanala za čišćenje u staji. U ovakvim slučajevima dužina kanala može dostizati 100 m (60-100 m). Pogon lopata se ostvaruje pomoću elektromotora snage 0,5-1,5 kW/10 m dužine kanala.

Tab. 17. Tehničke karakteristike nekih sistema za čišćenje stočarskih objekata

Karakteristike	Pogon sa sajlom (ručni)	Pogon sa sajlom (mehanizovani)	Lančasti pogon	Potisna greda
Maksimalna dužina	100 m	60 m	20 - 80 m	60 m
Radijus okreta	R = 1,5 - 2 m	R = 2 m	R = 0,5 - 1 m	R = 1,5 m
Visina izdizanja	3 m	3 m	4 m	-
Brzina kretanja	43 - 48 m/min	43 - 48 m/min	10 m/min	3 - 4 m/min
Potrebna snaga na dužinu od 10 m	15 kW	0,4 - 0,5 kW	0,4 - 0,8 kW	0,4 - 0,8 kW
Vreme rada h/krava/godina	7	4,5 - 5	4,5	4,5

Lopatu kroz kanal povlači elektromotor pomoću sajle do izlaza iz objekta, a potom preko kosog rama do središta šahta. Kosi ram ima puno dno - lim celom dužinom. Dolaskom lopate do kraja rama, menja se smer kretanja pogonske sajle, lopata se vraća u početni položaj, dok se stajnjak ostavlja na gomili u šahtu. Kosi ram može menjati visinu u odnosu na dno šahta.



Sl. 74. Lopata za čišćenje sa motornim pogonom

### **Potisna greda sa poprečnom daskom**

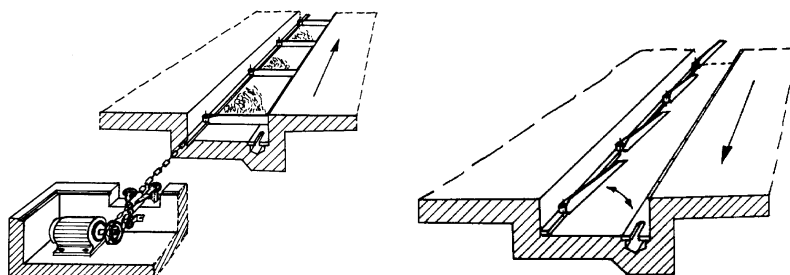
Kod vezanog načina držanja krava najzastupljeniji način čišćenja zasnovan je na primeni potisne grede sa poprečnim daskama. Ovo rešenje je prilagođeno za rad u kanalima čija je širina oko 50 cm, a dubina oko 20 cm.

Osnovu ovog sistema čini jedna metalna greda kvadratnog ili pravougaonog poprečnog preseka. Greda se postavlja u kanal do vertikalnog zida. U toku rada greda trpi velika naprezanja koje izaziva otpor mase stajnjaka. Da ne bi došlo do oštećenja zidova oni moraju biti statički ojačani.

Greda na sebi ima navarene osovinice na koje se postavljaju u labavoj vezi poprečne daske - lopatice. Lopatice su izrađene od livenog gvožđa. Na sebi nose klizna ležišta preko kojih se zglobno vezuju sa osovinicama potisne grede. Osovinice na potisnoj gredi su na rastojanju od 1-2 m jedna od druge.

Greda u toku rada ima povratno pravolinijsko kretanje. Dužina puta u jednom smeru je identična rastojanju između lopatica. Pri kretanju u jednom - radnom smeru, lopatice se zahvaljujući zglobnoj vezi i sili inercije, potpuno otvaraju do normalnog položaja u odnosu na pravac kretanja ( $90^{\circ}$ ). Na taj način zahvataju celu širinu kanala.

U radnom pravcu kretanja lopatice sukcesivno pomeraju stajnjak napred od lopatice do lopatice. Brzina kretanja lopatica je vrlo mala i iznosi oko 10 m/min. Promenom smeru kretanja potisne grede, lopatice usled trenja o dno kanala zaostaju u odnosu na gredu i zahvaljujući labavoj vezi sa gredom, približavaju joj se. Dužina puta u nazad je identična putu pri kretanju unapred. Na taj način je obezbeđeno sukcesivno pomeranje stajnjaka ka izlazu iz staje.



Sl. 75. Potisna greda u radnom i povratnom položaju (hodu)

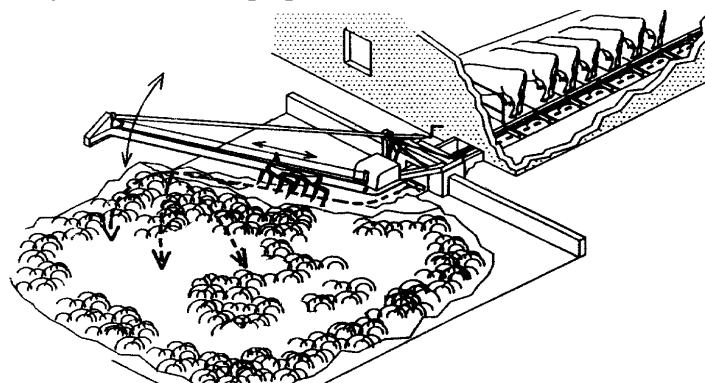
Pogon grede se ostvaruje pomoću elektromotora sa reduktorom. Veza pogonskog motora sa gredom može biti pomoću nekog od prenosnika kao što su lanci ili zupčasta letva sa zupčanicima. Promenu smera kretanja pogonskog vratila, a samim tim i grede omogućava odgovarajući graničnik. Graničnik je povezan sa reverzibilnom sklopkom elektromotora koju u odgovarajućem trenutku uključuju u rad.

Snaga motora za pogon grede je zavisna od njene dužine i kreće se od 0,4-0,8 kW/10 m dužine grede. Maksimalna dužina jedne grede ne prelazi 60 m. U slučaju potrebe problem se rešava poprečnim sabirnim kanalom.

Zbog visoke nabavne cene ovog uređaja, opravdanost korišćenja se nalazu kod staja sa 20 krava i više krava.

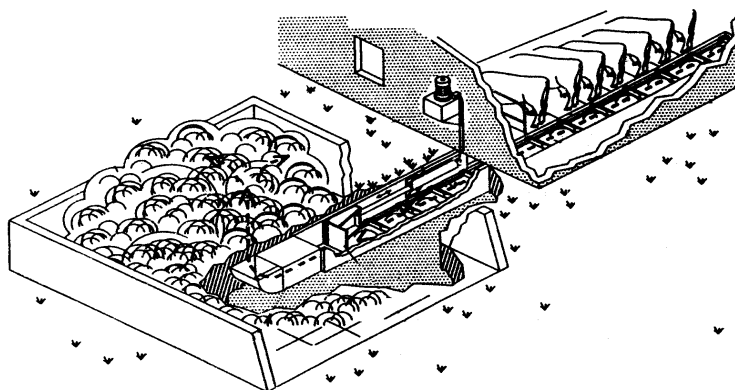
Potisna greda stajnjak izvlači van objekta u posebno pripremljen šaht, ili ga odvlači do mesta lagerovanja. U oba slučaja nužno je korišćenje uređaja sa kosim ramom i vilama pomoću kojih se vrši planiranje gomile stajnjaka u šahtu ili na deponiji.

Vile se pogonjene posebnim elektromotorom kreću po ramu čija pozicija može biti menjana u obe ravni po potrebi.



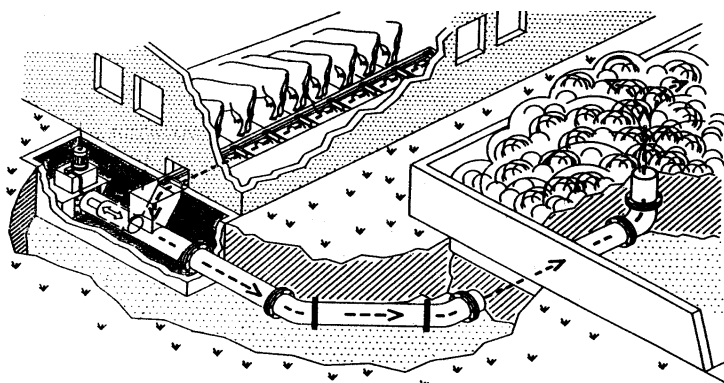
Sl. 76. Uređaj sa ramom i mehaničkim vilama

Drugi tip uređaja za dopunsko kretanje stajnjaka na željeno mesto je u obliku klipnog mehanizma. Taj mehanizam se postavlja u produžetku kanala za izdubavanje u posebnu komoru koja je identičnog poprečnog preseka kao i kanal. U komori se nalazi klipnjača sa pogonskim hidro ili elektro motorom. Na klipnjači se nalazi telo klipa u obliku leptir klapne. Ta klapna je zglobno povezana sa klipnjačom čime joj se obezbeđuje promena pozicije radnog i povratnog položaja. U toku rada klapna sukcesivno potiskuje stajnjak kroz komoru sve do mesta za lagerovanje. Snaga pogonskog motora za pokretanje ove vrste uređaja iznosi od 4-7,5 kW.



Sl. 77. Uređaj sa klapnom za potiskivanje stajnjaka

U slučaju potrebe za transportom stajnjaka na veće daljine do mesta za lagerovanje koristi se uređaj sa klipom u cevima. Stajnjak se gredom dovodi do cevi u kojoj se nalazi klasičan klipni mehanizam koji dalje kroz cev gura stajnjak do mesta za lagerovanje. Snaga motora za pogon se kreće oko 7,5 kW. Cevi moraju biti čelične, a njihov prečnik se kreće oko 30 cm.

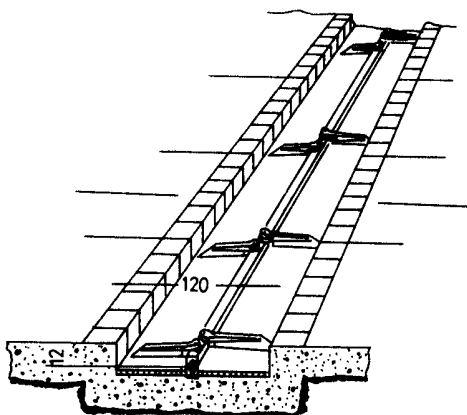


Sl. 78. Uređaj sa klipom u cevi

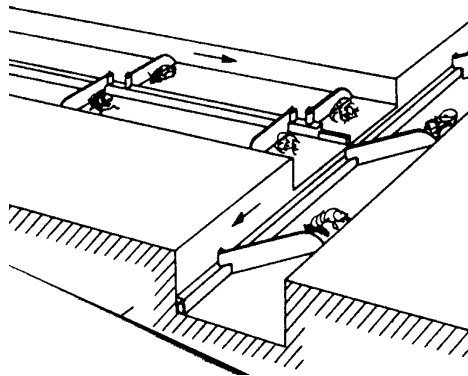
Rad ovog uređaja mora biti sinhronizovan sa radom potisne grede u staji.

Potisna greda u nekim varijantama može nositi dvostrane lopatice. U tim slučajevima postiže s bolji efekat čišćenja kanala koji tada mogu imati širinu i do 120 cm.

Dvostrane lopatice mogu biti korišćene i u slučajevima kombinovanog načina čišćenja kada je to neophodno zbog dužine kanala za izdubavanje.



Sl. 79. Potisna greda sa dvostrukim lopaticama

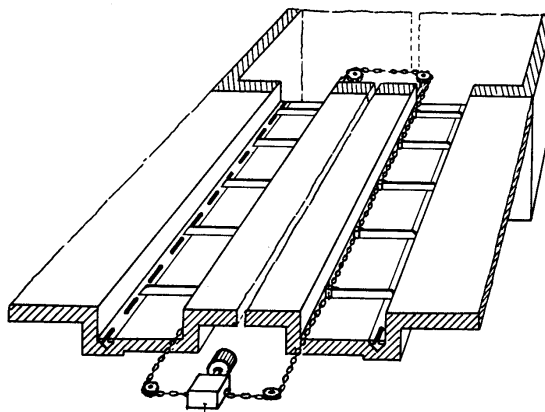


Sl. 80. Sistem čišćenja pomoću kombinovanog sistema

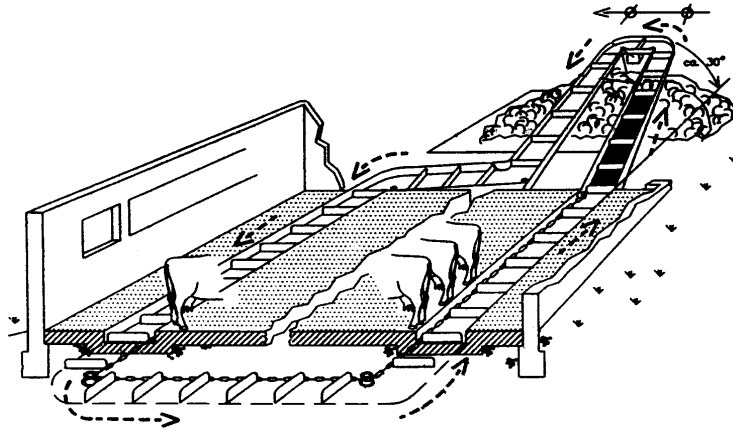
### Kružni sistem za čišćenje staja

Kružni sistem se zasniva na korišćenju beskrajnih lanaca na kojima se nalaze lopatice. Ovako povezan sistem se postavlja u kanale koji su takođe povezani međusobno. Pogon se ostvaruje pomoću elektromotora snage od 0,4-0,8 kW/10 m dužine kanala.

Lopaticice su za lanac povezane čvrstom vezom i u toku rada ne menjaju položaj. U tome j i najveći nedostatak ovog sistema. Stajnjak se u krug gura do izlaza iz objekta.



Sl. 81. Kružni sistem čišćenja sa lancem i lopaticama

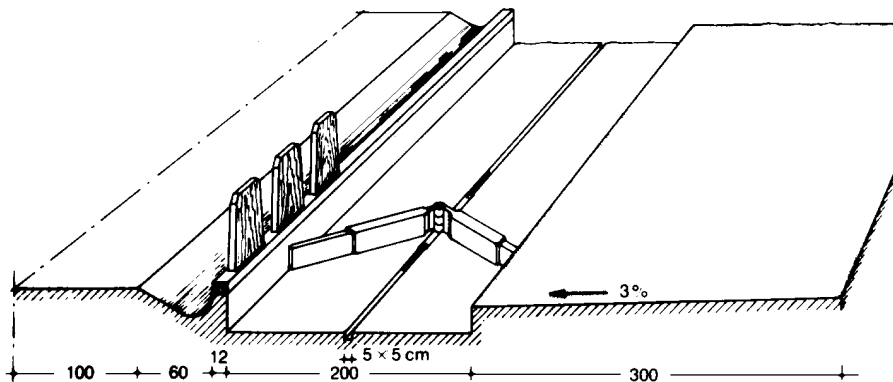


Sl. 82. Šema rada kružnog sistema za čišćenje

Maksimalna dužina kanala kod ovo sistema je oko 80 m u jednom smeru. Kod većih dužina dolazi do poteškoća u funkcionisanju zbog nagomilavanja stajnjaka.

### ***Delta skrejper - krila***

Za čišćenja prostora po kojem se krave kreću u stajama sa slobodnim sistemom držanja koriste se delta skrejperi odnosno dvokrake potisne poluge.



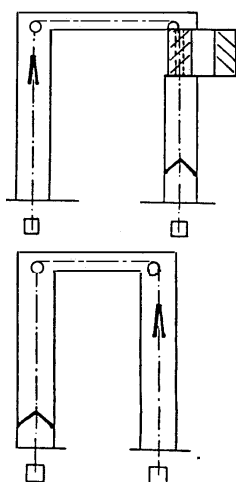
Sl. 83. Dvokraka potisna poluga - delta skrejper

Uređaj se sastoji od jedne čelične noseće letve na koju se postavljaju dve poluge u labavu - zglobovu vezu. Noseća letva je povezana pomoću sajle za pogonski motor. Princip korišćenja je sličan principu potisne grede. Postoji radni i povratni hod.

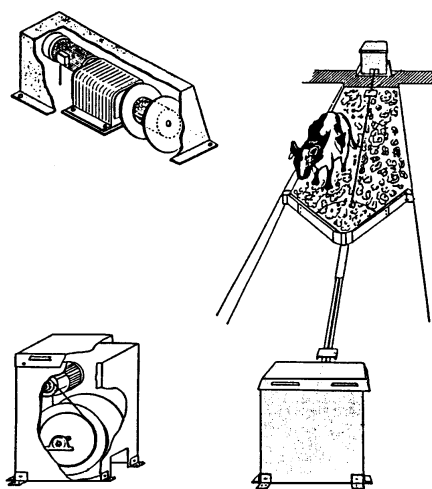


U radnom hodu krila - poluge se rašire i zahvate ceo prostor koji treba da čiste. U povratnom hodu se približavaju jedna drugoj. Ovaj sistem se može koristiti u kanalima, odnosno u prostorima koji čiste, i do 100 m dužine. Sistem radi u paru ili u solo izvedbi.

U slučaju korišćenja sistema koji rade u paru postoje dva pogonska motora potpuno odvojena. Jedan poluge povlači u jednom, a drugi u drugom smeru. Kod korišćenja solo izvedbe ovog uređaja takođe se koriste dva motora za pogon po istom principu.



Sl. 84. Šema rada dvokrake poluge u paru



Sl. 85. Dvokraka poluga - delta skrejper sa pogonskim delom

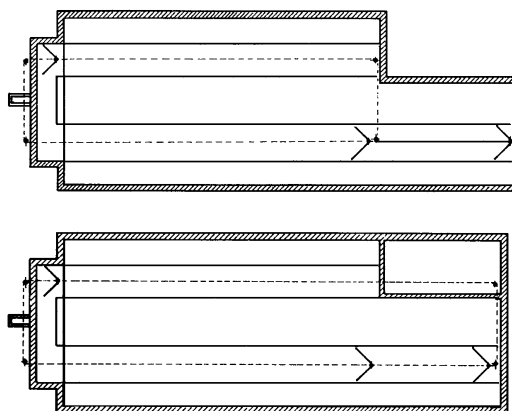
Pokretanje poluge se ostvaruje pomoću noseće letve i sajle. Noseća letva se postavlja u žljeb na sredini kanala, a sa pogonskim motorom je povezana pomoću sajle. U toku rada motor namotava sajlu na doboš. U tom kretanju sajla povlači krila poluge koje se šire u prostoru za čišćenje. U povratnom položaju drugi motor sve vraća po istom principu u početni položaj.

Dvokrake poluge se u toku dana moraju uključivati više puta. U prostoru koji se čisti ne sme doći do nagomilavanja stajnjaka zbog otpora koji bi ta masa pružala polugama kao i zbog malih visina poluga.

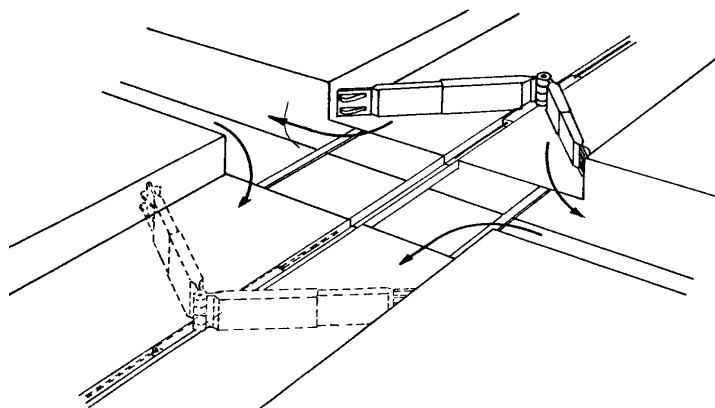
Imajući u vidu dužinu i širinu prostora koji mogu da čiste ovakvi uređaji neophodno je njihovo češće uključivanje u toku dana. Iz tog razloga ovi uređaji su opremljeni sistemom za automatsko uključivanje u rad. Brzina kretanja uređaja u radu se kreće oko 3 m/min.

U slučajevima kada prostori za čišćenje imaju velike dužine, onda je neophodno korišćenje poprečnih sabirnih kanala sa sakupljanje stajnjaka. U takvim slučajevima koriste se dvokrake poluge koje mogu da promene položaj (iz radnog u povratni) u trenutku kada prelazi iznad poprečnog kanala.

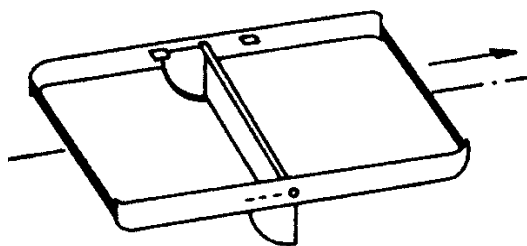
Druga mogućnost je postavljanje po dve dvokrake poluge u isti kanal. U tom slučaju njihovo dejstvo se udvostručuje.



Sl. 86. Šema korišćenja odvojenih dvokrakih poluga u kanalima velikih dužina



Sl. 87. Dvokraka poluga u fazi promene položaja

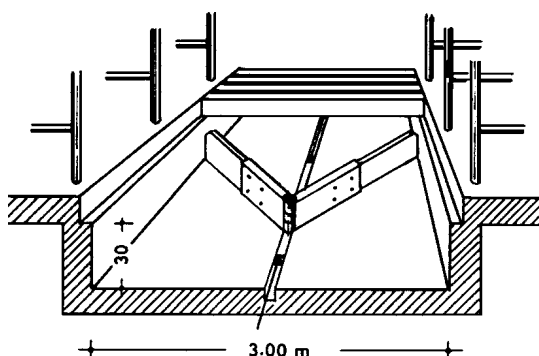


Sl. 88. Sistem sa klapnom

Za slične uslove rada u kojima se koristi dvokraka poluga, moguće je koristiti uređaj u obliku klapne. To je mehanički uređaj koji se sastoji od nosećeg rama i klapne. Ram nosi klapnu na zglobnim nosačima koji joj obezbeđuju promenu položaja u željenom trenutku.

Dvokraka poluga se može koristiti i kod sistema tečnog izđubavanja u uslovima kada se na ležištima koristi manja količina prostirke. U slučajevima dolaska prostirke u prostor kanala ceo sistem izđubavanja ne bi mogao funkcionisati bez dvokrake poluge.

Pogodnosti ovakvog sistema su sagledane u izgradnji plićih kanala (manja investicija), međutim, obzirom da se uređaj smešta ispod rešetaka nastaju poteškoće pri intervencijama.



Sl. 89. Dvokraka poluga u sistemu tečnog izđubavanja

## LAGEROVANJE ČVRSTOG STAJNJAKA

Čvrsti stajnjak se svakodnevno proizvodi i to u značajnim količinama. Obračunato prema UG, ta količina se kreće od 40-45 kg na dan, u zavisnosti od učešća prostirke. Količine su kod različitih vrsta domaćih životinja dosta različite, pa čak i u okviru iste vrste zavisno od sistema držanja.

Tab. 18. Količine stajnjaka i prostirke kod pojedinih vrsta domaćih životinja

Domaće životinje	Prostirka od slame (kg/UG/dan)	Prostirka od slame (t/UG/godišnje)	Čvrsti stajnjak (kg/UG/dan)	Čvrsti stajnjak (t/UG/godišnje)
Goveda, vezani sistem	3	1,1	30	11
Goveda, duboka prostirka	9	3,3	50	15
Svinje	5	2	30	10
Konji	2,5	0,9	25	9

Lagerovanje stajnjaka se izvodi isključivo za tu namenu uređenim prostorima - deponijama. To su definisani prostori koji moraju zadovoljiti čitav niz zahteva kao što su građevinski, tehnološki i ekološki.

Sa građevinskog aspekta se moraju zadovoljiti potrebe u prostoru, kvalitetu i stabilnosti zidova i poda, uticaj atmosferskih taloga i sl. Deponije su uobičajeno je horizontalni objekti, najčešće od betona.

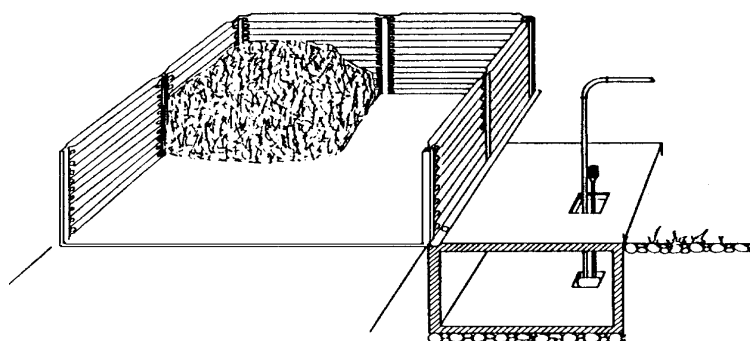
Pod deponije mora biti statički stabilan i dovoljno kvalitetan da izdrži sva statička i dinamička opterećenja kojima je izložen u toku manipulacije sa stajnjakom. Podna površina se obračunava prema količini stajnjaka, dužini lagerovanja, načinu nege i visini gomile u koju se stajnjak pakuje.

Kod stajnjaka sa manjim učešćem slame planira se 1,5-2 m<sup>2</sup>/UG površine poda deponije za dužinu lagerovanja od 6 meseci. Kod većeg udela slame, planira se i do 4 m<sup>2</sup>/UG.

Dinamika odnošenja stajnjaka na poljoprivredne površine takođe utiče na veličinu deponije. Uobičajeno je da se stajnjak odnosi dva puta u toku godine što znači da se prostor deponije planira za polugodišnju količinu stajnjaka.

Opterećenje - pritisak koji vrši stajnjak na pod deponije zavisi od njegovog stanja. Poluzgoreli stajnjak ima zapreminsku masu od 750-800 kg/m<sup>3</sup>, a zgoreli 800-1000 kg/m<sup>3</sup>. Pod deponije mora imati nagib prema osočari od 0,5-1%.

Deponija za stajnjak se ograđuje betonskim zidovima do visine od 1 m. Ti zidovi moraju biti statički stabilni da izdrže sva opterećenja.



Sl. 90. Deponija za lagerovanje čvrstog stajnjaka

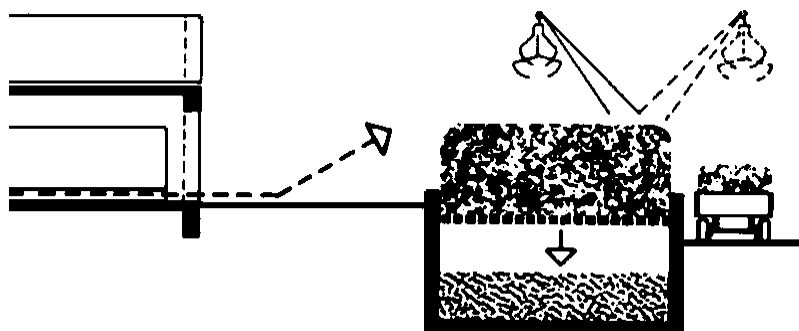
Čvrsti stajnjak se na deponijama pakuje u gomile visine od 2-5 m. U toku boravka stajnjaka na deponiji moguće je i pored tako velikih visina ostvarivati neki od vidova nege. U najvećem broju slučajeva zastupljen je hladni vid nege uz anaerobno razlaganje organske materije.

Za manipulaciju sa stajnjakom na deponijama obično se koriste traktori sa odgovarajućim priključcima u obliku utovarivača.

Tab. 19. Karakteristike uređaja za manipulaciju sa čvrstim stajnjakom

Karakteristike	Zadnji utovarivač	Zglobni utovarivač	Prednji utovarivač
			
Učinak (t/h)	14 - 17	20 - 30	18 - 25
Namena	Stajnjak i zemlja	Stajnjak, zemlja i repa	Stajnjak, zemlja, repa i silaža
Uslovi rada	Ravno	Ravno i ispod nivoa zemlje	Ravno

U slučaju lagerovanja stajnjaka u gomilama visine iznad dva metra, za manipulaciju se koriste stabilni kranovi. Njihova uloga je višestruka, služe za pakovanje, premeštanje i utovar stajnjaka prilikom iznošenja.



SI. 91. Šema korišćenja stabilnih kranova za manipulaciju sa čvrstim stajnjakom

## KORIŠĆENJE STAJNJAKA

### Korišćenje tečnog stajnjaka

Da bi se tečni stajnjak doveo do faze aplikacije na poljoprivrednom zemljištu, neophodno je ispoštovati nekoliko vrlo značajnih tehnološko-tehničkih parametara. Ti parametri su proistekli iz potrebe da se tečni stajnjak u svakom trenutku, od momenta formiranja do aplikacije, drži pod punom kontrolom.

U tom cilju važno je razmotriti sledeće parametre:

- vrstu, količine i sastav tečnog stajnjaka,

- način lagerovanja tečnog stajnjaka,
- vrstu primenjene obrade tečnog stajnjaka
- položaj punktova za tečni stajnjak,
- lokacija poljoprivrednog zemljišta,
- gubici mineralnih materija iz tečnog stajnjaka u toku aplikacije,
- vreme i norme iznošenja,
- uticaj zemljišnih uslova,
- uticaj klimatskih uslova,
- potrebe zaštite životne sredine.

### **Način lagerovanja tečnog stajnjaka**

Ukopani ili delimično ukopani bazeni kružnog poprečnog preseka obezbeđuju potpunu kontrolu nad tečnim stajnjakom u toku lagerovanja. Takođe omogućavaju korišćenje gotovo svih tehničkih rešenja za transport i aplikaciju. U ovakvim slučajevima najčešće se koriste cisterne sa sopstvenom pumpom ili kompresorom za punjenje i pražnjenje.

U slučajevima kada se tečni stajnjak lageruje u nadzemnim bazenima, kada se manipulativna pumpa nalazi u predbazenu, postoji mogućnost korišćenja cisterni sa mehaničkim punjenjem i pražnjenjem, odnosno korišćenjem manipulativnih pumpi iz predbazena za punjenje cisterni.

Korišćenjem laguna za lagerovanje tečne faze stajnjaka, omogućava se korišćenje navedenih tehničkih rešenja za punjenje i pražnjenje.

### **Vrsta primenjene obrade tečnog stajnjaka**

Primenjena obrada tečnog stajnjaka bitno utiče na izbor odgovarajućih sistema za njegovo iznošenje na poljoprivredne površine.

Primenjenom obradom se utiče na fizičko-hemijske i biološke osobine tečnog stajnjaka, koje su od presudnog značaja za vid aplikacije.

Korišćenjem mehaničke obrade tečnog stajnjaka u vidu homogenizacije dobija se ujednačena masa približno istog sastava pogodna za sve vidove aplikacije izuzev preko sistema za navodnjavanje.

Međutim, u ovakvim slučajevima treba izbeći tehnička rešenja aplikacije kod kojih je otežana kontrola norme đubrenja, kao i tehničkih rešenja koja su osetljiva na konzistenciju tečnog stajnjaka.

Ukoliko se tečni stajnjak pre iznošenja podvrgne mehaničkoj obradi razdvajanja na faze (separaciji), omogućava se veći izbor tehničkih rešenja aplikacije. U ovakvim slučajevima u obzir bi mogla doći gotovo sva tehnička rešenja

uključujući i sistem za navodnjavanje. U obzir najčešće dolaze uređaji za aplikaciju sa klatećom diznom, sa razvodnom granom, sprovodnim cevima za površinsko natapanje, injektori i tifoni.

Ukoliko se tečno faza podvrgne biološkoj obradi, pre momenta aplikacije, najjednostavniji vid aplikacije, bez bojazni oko oštećenja lisne mase, moguće je korišćenje sistema za navodnjavanje.

### **Položaj punktova sa tečnim stajnjakom**

Broj lagera i njihov raspored kao i njihova međusobna tehnološko-tehnička povezanost utiču na izbor tehničkog rešenja za transport i aplikaciju. Ukoliko na farmi postoji veći broj bazena međusobno tehnološki povezanih sa zajedničkim predbazenom, onda je moguće korišćenje svih oblika cisterni sa nezavisnim (sopstvenim) ili zavisnim punjenjem. U takvim slučajevima se za punjenje koriste manipulativna pumpa u predbazenu.

Međutim, ukoliko ne postoji veza između bazena za lagerovanje potrebno je iznošenje mobilne pumpe za punjenje cisterni ili korišćenje cisterni koje se same pune i prazne.

### **Lokacija poljoprivrednog zemljišta**

Transport tečnog stajnjaka se osim cisternama može izvoditi korišćenjem površinskog cevovoda. Ta vrsta transporta je zavisna od više faktora. Pre svega treba imati u vidu da je tečni stajnjak anizotropni heterogeni materijal sa vrlo složenim feološkim ponašanjem.

Eksperimentalna istraživanja su pokazala da tečni stajnjak spada u grupu nenjutnovskih pseudoplastičnih fluida, pa se za određivanje pada pritiska usled trenja pri strujanju tečnog stajnjaka kroz cevi ne mogu koristiti dobro poznate korelacije za koeficijent trenja koji se koristi za njutnove fluide (*Hashimoto, 1976*).

Dužina transporta cevovodom je zavisna od konzistencije stajnjaka i vrste primenjene pumpe.

U pogledu izbora vrste transporta tečnog stajnjaka značajnu ulogu imaju troškovi transporta koji su presudni pri razmatranju ekonomske opravdanosti korišćenja cisterni za transport.

### Gubici mineralnih materija iz tečnog stajnjaka u toku aplikacije

Gubici mineralnih materija iz tečnog stajnjaka nastaju odmah nakon njegovog formiranja. Najizraženiji su gubici azota. Postupkom sa tečnim stajnjakom u toku lagerovanja, obrade i iznošenja na poljoprivredno zemljište, može se uticati na gubitke u pozitivnom ili negativnom smislu.

Anaerobne fermentacije, bez obzira gde nastaju, u staji ili u toku lagerovanja formiraju jedinjenja koja imaju intenzivan neprijatan miris, a koja su većinom toksična za životinje, ljudska bića, a naročito biljke. Ta jedinjenja su uzročnici većine problema kao što su: miris, ukus, ožegotine na biljkama, porast korova i plodnosti.

U zavisnosti od vrste stajnjaka 50-70% ukupnog azota u svežem stajnjaku može biti u organskom obliku. Ovaj organski azot se, povećanjem anaerobne fermentacije, stalno dekomponuje u amonijak. Amonijak kao gas isparava već u staji, u mirnom bazenu, a posebno za vreme homogenizacije, prepumpavanja i aplikacije.

Pravilnim lagerovanjem i negom tečnog stajnjaka (betonski bazeni i homogenizacija) nivo gubitaka azota se može održavati u granicama ispod 20% od početnog stanja, što se može smatrati zadovoljavajućim.

**Tab. 20. Gubici azota tokom lagerovanja u lagunama (Schick, 1985)**

Vreme lagerovanja	Gubici azota (%)
24 časa	6 - 8
4 meseca	30 - 40
6 meseci	40 - 50
12 meseci	65 - 75

Međutim, pored toga značajni gubici azota mogu nastati tokom aplikacije. Pravilnim izborom sistema za aplikaciju takođe se može uticati na smanjenje gubitaka.

**Tab. 21. Uticaj sistema aplikacije na gubitke azota (Schick, 1985)**

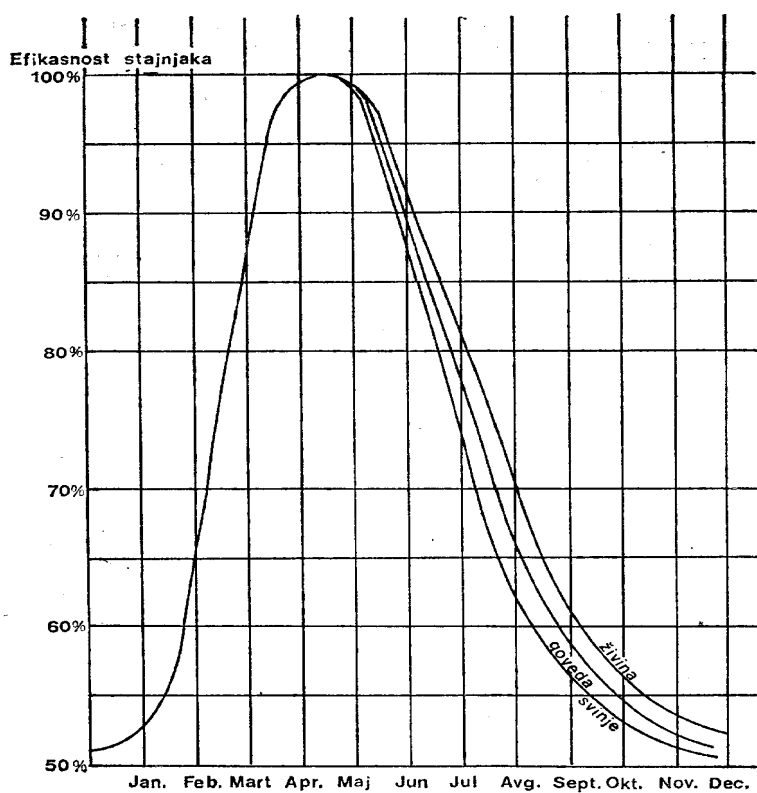
Sistem aplikacije	Gubici azota, %
Injektorskim telima	15 - 17
Vučeni površinskim crevima	16 - 19



Centrifugalnim razbacivačem	23 - 26
Zalivnim sistemom	25 - 28

### Vreme i norme iznošenja

Optimalni termini aplikacije uz minimalne gubitke garantuju se samo u toku vegetacije, ili neposredno pre nje. Sa gledišta ekonomičnosti i zaštite životne sredine tečni stajnjak nikada ne bi trebalo iznositi tokom jeseni i zime, odnosno u periodu izraženog vodnog kretanja. Veća količina azota u toku tog perioda je izgubljena.



Sl. 92. Iskorišćenje sadržaja tečnog stajnjaka u zavisnosti od vremena aplikacije (Vetter, 1984)

Tab. 22. Iskorišćenje sadržaja azota (u%) u zavisnosti od vremena aplikacije i vrste useva, na prosečnom kvalitetu zemljišta

Vreme aplikacije	Uljana repica	Ozima pšenica	Jara pšenica, krompir	Kukuruz, repa, krompir	Livade	Postrni usevi
Juli	30	10*	10*	10	50	50

Avgust	30	10*	10*	10	40	50
Septembar	-	20*	20*	20	30	40
Oktobar	-	(20)	(20)	20	-	-
Novembar	-	(20)	(30)	30	-	-
Decembar	-	(30)	(30)	30	-	-
Januar	-	(30)	(40)	40	-	-
Februar	-	40	50	40	-	-
Mart	50	50	50	50	40	-
April	50	50	50	60	60	-
Maj	-	50	50	60	60	-
Jun	-	-	-	-	50	50

**Tab. 23. Povoljni i nepovoljni periodi iznošenja tečnog stajnjaka prema iskorišćenju azota kod pojedinih kultura (Hansen, 1988)**

■ Dobro □ Nije dobro

	Juli	Avg	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mart	April	Maj	Juni
Ozima pšenica		□□□□□□□						■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ □ □				
Jara pšenica								□ □ □ □ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ □ □				
Kukuruz								□ □ □ □ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■				
Repa								□ □ □ □ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■				
Krompir								□ □ □ □ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■				
Uljana repica		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■						■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■				
Livade	■ ■ ■ ■ ■ ■ □ □ □ □							□ □ □ □ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■				
Postrni usev	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■											
Strnjika	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □											

Sa gledišta mogućnosti iskorišćenja azota kod većine gajenih kultura, najpovoljniji period iznošenja tečnog stajnjaka je u proleće od kraja februara meseca do prve polovine maja. Izuzeci su krmne kulture koje se kose i pašnjaci, kao i postrni usevi.

Iznošenje tečnog stajnjaka na strništa je moguće, ali sa aspekta iskorišćenja azota manje je poželjno.

**Tab. 24. Koeficijent efikasnosti u tečnom stajnjaku u zavisnosti od vremena aplikacije i tipa zemljišta**

Tip zemljišta	Koeficijent iskorišćenja tečnog stajnjaka (%)		
	Leto	Jesen	Zima
Glinovita zemljišta	100	100	100

Peskovita zemljišta	80-90	80-90	100
---------------------	-------	-------	-----

U postupku korišćenja tečnog stajnjaka kao organskog đubriva najznačajniji parametar je norma - količina tečnog stajnjaka po jedinici površine.

Norma korišćenja zavisi od više faktora. Pre svega od vrste gajene kulture i njenih potreba za pojedinim mineralnim materijama, a potom od sastava - stanja tečnog stajnjaka i načina - vremena aplikacije.

**Tab.. 25. Količine mineralnih materija koje se mogu obezbediti iz tečnog stajnjaka svinja i goveda sa 7% suve materije**

Broj UG/ha	Količina tečnog stajnjaka m <sup>3</sup> /ha	N - ukupni kg/ha	NH <sub>4</sub> - N kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha
Muzne krave					
0.5	11	44	22	17	66
1.0	22	88	44	33	132
1.5	33	132	66	50	196
2.0	44	176	88	66	264
2.5	55	220	110	83	330
3.0	66	264	132	99	396
Tovne svinje					
0.5	9	54	36	27	27
1.0	18	108	72	54	54
1.5	27	162	108	81	81
2.0	36	216	144	108	108
2.5	45	270	180	135	135
3.0	54	324	216	162	162

Godišnja norma - količina tečnog stajnjaka se iznosi u najmanje dva navrata. Veći deo norme treba izneti u periodu kada je najpotrebniji biljkama.

Norme po kulturama se dosta razlikuju. Najveće su kod okopavina (repa, kukuruz,...), a najmanje na strnim žitima i pašnjacima.

**Tab. 26. Norme iznošenja tečnog stajnjaka kod pojedinih kultura (Guster, 1987)**

Vrsta kulture	Pred setvu
Kukuruz	30 - 50 m <sup>3</sup> /ha
Ječam	max 25 m <sup>3</sup> /ha
Pšenica	15 - 25 m <sup>3</sup> /ha

	Tokom vegetacije
Strna žita	15 - 30 m <sup>3</sup> /ha
Livade (pašnjaci)	15 - 25 m <sup>3</sup> /ha

Datum aplikacije i tehnička mogućnost određivanja normi na uređajima kojima se tečni stajnjak iznosi, mogu bitno uticati na pozitivne i negativne efekte dovoljno ili nedovoljno unetih količina mineralnih materija.

**Tab. 27. Značaj aplikacije na normu tečnog stajnjaka po jedinici površine**

Vrsta kulture	Tip zemljišta	Norma tečnog stajnjaka prema vremenu iznošenja (m <sup>3</sup> /ha)											
		Jan.	Febr.	Mart	Apr.	Maj	Jun	Jul	Avg.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Ozima pšenica	-	< 20 - 30 >.....											
	+	< 20 - 30 >.....<											
Jara pšenica	-	.....< 20 - 40 >.....											
	+	.....< 20 - 40 >											
Uljana repica	-	.....< 20 - 40 >..... < 20 - 30 >.....											
	+	.....< 20 - 40 >..... < 20 - 40 > .....											
Šećerna repa	-	.....< 20 - 60 >.....< 40 - 60 >.....											
	+	.....< 40 - 60 >.....< 40 - 60 >.....											
Stočna repa	-	.....< 50 - 80 >.....< 30 - 50 >.....											
	+	.....< 50 - 80 >.....< 30 - 50 >.....											
Kukuruz	-	.....< 40 - 70 >.....											
	+	.....< 40 - 80 >.....											
Krompir	-	.....< 20 - 40 >.....											
	+	.....< 20 - 50 >.....											
Livade	-	.....< 20 - 20 >.....< 20 >.....< 20 >.....											
	+												
Strnjika	-	< 30 - 50 >.....											
	+	< 30 - 60 >.....											

- lako zemljište + teško zemljište

**Tab.. 28. Proračun potrebnih materija (P i K), kao dopuna tečnom stajnjaku, a u zavisnosti od vrste tečnog stajnjaka**

Vrsta domaćih životinja	Mineralna materija	Količina mineralnih materija (kg/ha)	Broj uslovnih grla (UG/ha)	Količina tečnog stajnjaka (m <sup>3</sup> /ha)	Dostupna količina P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	Količina P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> i K <sub>2</sub> O za dopunu (kg/ha)
Tovna junad	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	61	1.0	16	24	37

			1.5	24	36	25
			2.0	32	48	13
	K <sub>2</sub> O	92	1.0	16	56	36
			1.5	24	84	8
			4.0	32	112	0
Muzne krave	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	67	1.0	22	33	34
			1.5	33	50	17
			2.0	44	66	1
	K <sub>2</sub> O	150	1.0	22	132	18
			1.5	33	198	0
			2.0	44	264	0
Tovne svinje	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	57	1.0	18	54	3
			1.5	27	81	0
	K <sub>2</sub> O	73	1.0	18	54	19
			1.5	27	81	0

### Uticaj zemljišnih uslova

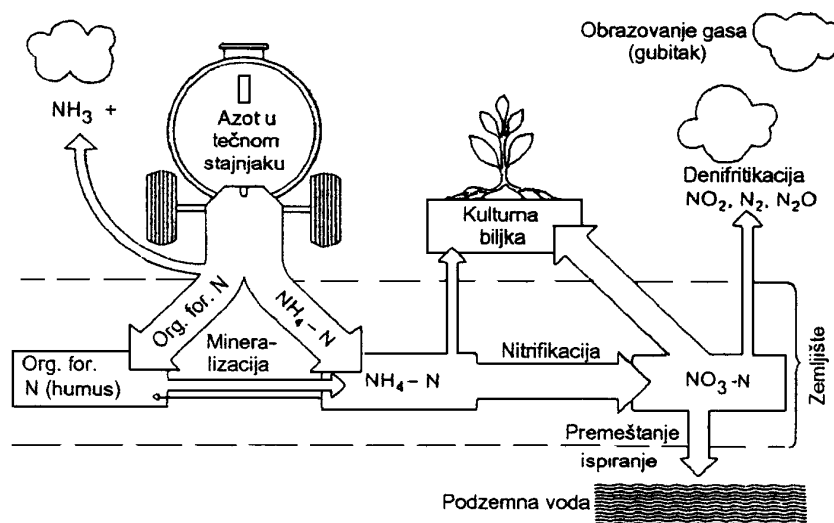
Zemljišni uslovi koji u najvećoj mjeri utiču na korišćenje tečnog stajnjaka su zasnovani na hemijskom sastavu, vrsti i udelu mikroorganizama u svakom horizontu. Od fizičkih osobina važnu ulogu ima tekstura, struktura, kapilarnost, zapremina i raspored zemljišnih pora.

Zemljište kao živi organizam, a ujedno i kao pufer treba razumno koristiti za deponovanje tečnog stajnjaka.

U toku kretanja tečnog stajnjaka kroz zemljište (kroz njegov aerobni sloj), organski azot prelazi u amonijak, koji sa primarnim amonijakom prelazi u nitratre. U anaerobnim uslovima nitrifikacija se ne vrši.

Adsorpcioni procesi u zemljištu vezuju - zadržavaju fosfate. Ovi procesi su izraženi u zemljištima bogatim ferom i aluminij oksidima.

Joni metala iz tečnog stajnjaka se vezuju mineralima gline, hidroksidima i organskim materijama.



Sl. 93. Putevi kretanja azota pri aplikaciji tečnog stajnjaka na zemljište

Sadržaj vlage u zemljištu i hidrološke osobine kao što su nivo podzemnih voda, njihov kvalitet i način korišćenja, mogu biti ograničavajući faktori u korišćenju tečnog stajnjaka.

Pri izboru sredstava za aplikaciju treba imati u vidu izgled reljefa poljoprivrednog zemljišta, pa prema tome odrediti način aplikacije.

### Uticaj klimatskih uslova

Klimatski faktori kao što su temperatura zemljišta, padavine i brzina strujanja vetra su vrlo uticajni na izbor odgovarajućeg sistema aplikacije tečnog stajnjaka.

Biološki i hemijski procesi u zemljištu, njihova dinamika i intenzitet su direktno zavisni od temperature zemljišta. U periodu niskih temperatura u zemljištu, biološki i hemijski procesi su zaustavljeni.

U periodu izraženih vodnim kretanja dolazi do većeg ili manjeg ispiranja mineralnih materija u dublje slojeve, ali i površinskog pomeranja rastvaranjem pojedinih elemenata u vodi.

Aplikacija tečnog stajnjaka u periodu izraženih vazdušnih strujanja dovodi do pojave odnošenja finih čestica stajnjaka na veće udaljenosti, uz istovremeno širenje zagađenja životne sredine.

Tab. 29. Uticaj brzine vetra na odnošenje čestica tečnog stajnjaka različite veličine (Vetter, 1980)

Veličina čestice (µm)	Daljina odnošenja čestice (m)	
	brzina vetra 1,4 m/s	brzina vetra 4,5 m/s
500	2	7,5
100	15	48
50	60	145
20	400	900
10	1.500	3.000

### Potrebe zaštite životne sredine

Tečnim stajnjakom, ukoliko se nekontrolisano razbacuje, moguće je u velikoj meri zagaditi znatne zemljišne površine i dubinske vode koje leže ispod njih, uz kontinuirano zagađenje površinskih voda i vazduha.

Stalnim prekomernim tretiranjem određenih zemljišnih površina tečnim stajnjakom, dolazi do ozbiljnih poremećaja u život i procesima u zemljištu. Zemljište brzo gubi moć razgrađivanja prispelih organskih materija (moć samočišćenja). Takva pojava dovodi do promene strukture i velikog zagađivanja zemljišta. Sem toga u takvim uslovima pojedini štetni hemijski sastojci organskih materija brže prodiru u dublje slojeve zemljišta, pa i u dubinske vode.

Sa stanovišta zaštite životne sredine posebno je štetno prekomerno nagomilavanje fosfata organskog porekla. Ovom vrstom fosfata je bogat svinjski stajnjak. Ovi fosfati se u zemljištu slabije apsorbuju i brže prodiru u dublje slojeve nego fosfati neorganskog porekla. Sve se to odnosi i na organski azot.

Veće koncentracije azota u biljkama (6% NO<sub>3</sub> u suvoj masi) može izazvati smrtnost domaćih životinja. Ništa manje nije opasno i nekontrolisano ispuštanje tečnog stajnjaka u otvorene vodotokove.

Korišćenje antibiotika u ishrani i lečenju domaćih životinja, kao i raznih drugih hemikalija koje se koriste kao dezinficijensi mogu preko stajnjaka doći do zemljišta ili voda i izazvati toksična dejstva na floru i faunu, narušavajući i degradirajući eko sistem. Odgovarajućom obradom tečnog stajnjaka i pravilnim izborom sistema za aplikaciju moguće je sve navedene posledice izbeći.

Pri izboru sistema za aplikaciju treba obratiti pažnju na mogućnost postizanja i održavanja normi đubrenja tečnim stajnjakom. Time se postiže maksimalno moguće iskorišćenje mineralnih materija iz tečnog stajnjaka od strane biljaka.

Kao najprikladniji sistem aplikacije sa ciljem zaštite životne sredine u najvišoj mogućoj meri, svakako je sistem sa injektorskim telima, a potom i drugi sistemi koji puštaju stajnjak na površinu najkraćim putem pomoću creva ili cevi.

**Tab. 30. Uticaj sistema aplikacije na gubitke azota**

Sistem aplikacije	Gubici azota (%)
Injektorskim telima	15 - 17

Vučenim površinskim crevima	16 - 19
Centrifugalnim razbacivačem	23 - 26
Zalivnim sistemom	25 - 28

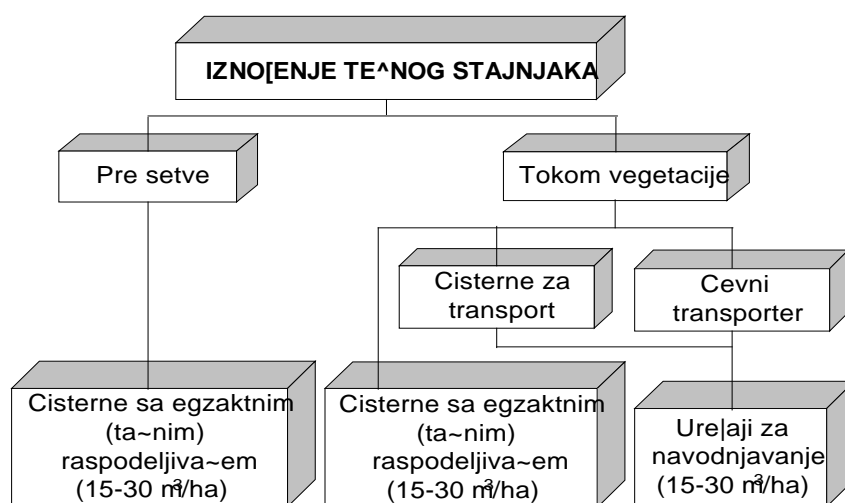
## TEHNIČKI SISTEMI APLIKACIJE TEČNOG STAJNJAKA

Svi primenjeni tehnički sistemi za aplikaciju tečnog stajnjaka se mogu svrstati u dve grupe: za površinsku i podpovršinsku aplikaciju (inkorporiranje).

Tehnički sistemi površinske aplikacije tečnog stajnjaka takođe mogu biti svrstani u dve grupe, a o su specijalne cisterne i adaptirani zalivni sistemi.

Cisterne za tečni stajnjak imaju više mogućnosti aplikacije. Te se mogućnosti uglavnom vezuju za izgled i funkciju rasprskivača - dela sistema koji pušta masu stajnjaka na zemljište. Koji će od sistema biti korišćen zavisi od niza činilaca, pre svega od vremena iznošenja i norme đubrenja.

Do sada izvedene konstrukcije cisterni za tečni stajnjak imaju neka zajednička svojstva u smislu njihovih osnovnih tehničkih parametara kao što su: kapacitet, snaga agregata, radni pritisak, hodni sistem. Osnovne razlike su u primenjenom uređaju za aplikaciju.



SI. 94. Šematski prikaz mogućnosti iznošenja tečnog stajnjaka u različitim fazama i različitim uređajima za aplikaciju

Kapaciteti cisterni se kreću u intervalu od 2-15 m<sup>3</sup>. Specifična snaga agregata se kreće u granicama od 8-10 kW/m<sup>3</sup> kapaciteta cisterne. Radni pritisak je u režimu od 2-15 bara. Hodni sistem cisterni je zavisian od kapaciteta. Za sve cisterne kapaciteta većeg od 6 m<sup>3</sup> koristi se hodni sistem sa udvojenim osovinama i pneumaticima većih nagaznih površina

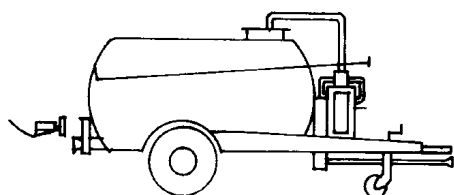


### Upoređenje vrsta cisterni

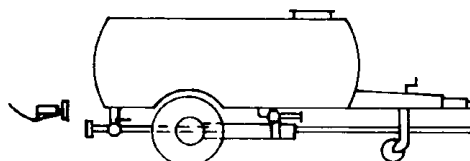
Pojedinačnom analizom eksploatacionih karakteristika nekoliko tipova cisterni za tečni stajnjak došlo se do vrlo korisnih podataka bitnih za pravilan izbor i primenu, prema već datim uslovima aplikacije. U praksi su zastupljena u najvećoj meri tri tipa cisterni: cisterna sa kompresorom, cisterna sa ekscentričnom pumpom i cisterna sa potisnim uređajem.

Cisterne sa kompresorom imaju mogućnost povećanja radnog nadpritiska do 1 bar u rezervoaru. Odlikuju se ravnomernošću u toku pražnjenja. Zbog povećanog pritiska nisu osetljive na konzistenciju tečnog stajnjaka. Koeficijent iskorišćenja radne zapremine je do 0,7. Njima se otežano manipuliše zbog dodatnih uređaja na cisterni.

Cisterna sa potiskujućom pumpom je opremljena ekscentričnom pužnom pumpom ili pumpom sa rotacionim klipom. Transportni - prenosni pritisak na masu tečnog stajnjaka iznosi 3 bar. Ukupni radni pritisak iznosi 15 bar. Osetljiva je na prisustvo mehaničkih primesa u stajnjaku i konzistenciju stajnjaka. Radni zahvat je i do 50 m.

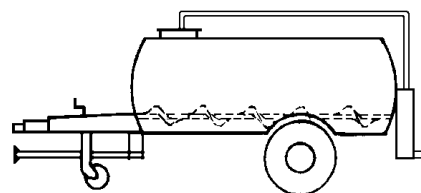


Sl. 95. Cisterna sa kompresorom



Sl. 96. Cisterna sa ekscentričnom pužnom pumpom

Cisterna sa potisnim uređajem je jednostavne konstrukcije zbog jednostavnosti uređaja. Radni pritisak je do 2 bara. Punjenje se izvodi korišćenjem manipulativne pumpe iz prihvatnog ili lager bazena.



Sl. 97. Cisterna sa potisnom pumpom

U praksi su najzastupljenije cisterne sa ekscentričnom pužnom ili obrtno klipnom pumpom.

**Tab. 31. Tehničke i eksploatacione karakteristike pumpe na cisternama za tečni stajnjak (Nosel, 1987)**

Kapacitet (m <sup>3</sup> )	Vrsta pumpe	Protok (l/min)	Potrebna snaga (kW)	Pritisak (bar)	Radni organ za aplikaciju	Prečnik usisne cevi (mm)	Učink pri 7 km/h (m <sup>3</sup> /ha)

1	2	3	4	5	6	7	8
6	EP	2.000	49	6	Odbojnik	133	15-18
7	EP	3.000	12	6	Rotirajući rasprskivač	150	22
6	EP	2.800	51	8	Razbacivač sa odbojni.	150	10
6	OK	1.900	15	3	Odbojna glava	150	12
7	EP	2.000	37	8	Razbacivač sa odbojni.	150	13

EP - ekscentrična pumpa

OK - obrtno klipna pumpa

**Tab. 32. Prikaz aplikacionih uređaja na odgovarajućim tipovima cisterne**

Aplikacioni uređaji	Tip cisterne	Norma aplikacije	Širina radnog zahvata
Odbojni disk	K/EP/PU	> 25	4 - 16
Vertikalni rasprskivač	K/EP/PU	> 20	10 - 16
Klateći rasprskivač Eisele Eisele Perrot Perrot Sieperie	K	10-60	8-18
	PU	10-60	10-18
	K	8-40	8-15
	PU	>23	21
	K	15-60	12
Klateći rasprskivač sa odbojnim diskom	K/EP/PU	> 20	16
Ploča za razbacivanje klasična Rot.turb.	EP	15-50	10-14
	PU	>15	6-15
Raspodeljujuća grana Mayer-Lohne sa rasprskivačima pumpen-Wagen	EP	15-50	12 (18)
	EP	10-50	12-15
Gumena creva spuštена do površine zemlje	EP	15-60	12

K - Cisterna sa kompresorom

EP - Cisterna sa ekscentričnom pumpom

PU - Cisterna sa potisnim uređajem

**Tab. 33. Put pražnjenja cisterne od 6 m<sup>3</sup> sa 12 m radnog zahvata i zapreminskim protokom od 2 m<sup>3</sup>/min (Boxberger, 1988)**

Norma đubrenja	Put jednog pražnjenja	Radna brzina
50 m <sup>3</sup> /ha	100 m	1,5 km/h
40 m <sup>3</sup> /ha	125 m	1,9 km/h
30 m <sup>3</sup> /ha	167 m	2,5 km/h

20 m <sup>3</sup> /ha	250 m	3,8 km/h
10 m <sup>3</sup> /ha	500 m	7,5 km/h

Na normu đubrenja, odnosno količinu mase tečnog stajnjaka koja će iz cisterne biti ravnomerno i ujednačeno razbacana po zemljištu može se uticati promenom broja obrtaja radnih organa.

**Tab. 34. Uticaj broja obrtaja na protok i količinu izbacivanja na jednoj cisterni sa pumpom (dizna 45 mm, sadržaj suve materije 8,5% (prema Isenssee i Luoma, 1981)**

Broj obrtaja (min <sup>-1</sup> )	Protok (l/min)	Pritisak (bar)	Norma iznošenja (m <sup>3</sup> /ha*)
500	1.400	1,6	23
400	1.200	1,2	20
300	900	0,6	15
200	600	0,25	10

\* pri brzini 3,6 km/h

Promenom broja obrtaja radnog kola pumpe srazmerno se smanjuje protok i radni pritisak, ali istovremeno i norma razloženog tečnog stajnjaka. Međutim, pri navedenim promenama, radna brzina mora ostati nepromenjena.

### Kontrolisana aplikacija tečnog stajnjaka

U postupku tečnog stajnjaka kao osnovnog đubriva nužno je ispoštovati sledeće uslove:

- stalna kontrola aplikovane količine, uređajima za regulisanje protoka, prema trenutnoj potrebi za đubrenje određene površine,
- visoka ujednačenost distribucije.

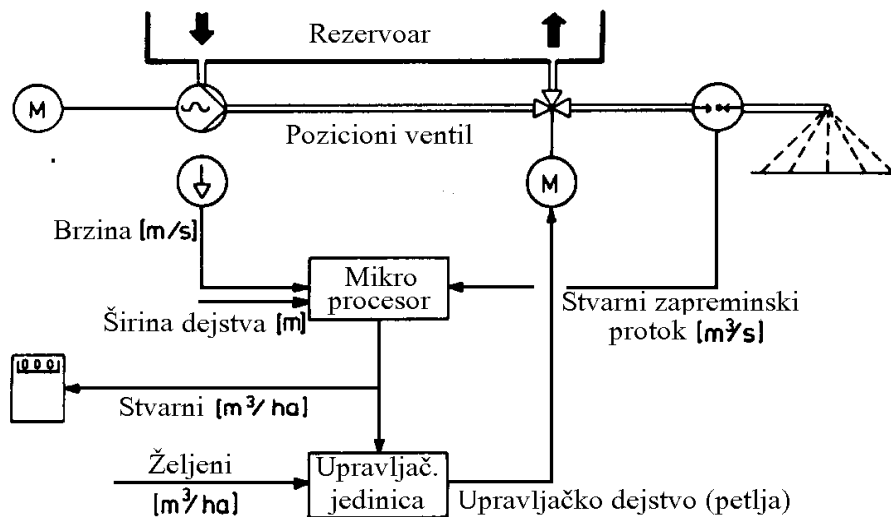
Postupcima sa tečnim stajnjakom treba da prethode odgovarajuće mere pripreme stajnjaka, kao i uređaja za aplikaciju (izdvajanje krupnih delova čvrste faze radi sprečavanja začepljenja ventila i rasprskivača ili biološke degradacije koja uzrokuje nižu viskoznost). U Nemačkoj se posebna pažnja poklanja razvoju

kontrolnih sistema, pomoću kojih se može postići ujednačeno i konstantno doziranje, nezavisno od brzine kretanja mašine i broja obrtaja priključnog vratila.

Elektronski kontrolni sklop je bio ispitivan i uspešno se pokazao tokom poljskih ogleda na cisternama sa cirkulacionim pumpama [Krause, 1987].

Trenutna brzina kretanja agregata merena je, kako induktivnim davačem brzine, prikopčanim na točak cisterne, tako i radarskim davačem brzine.

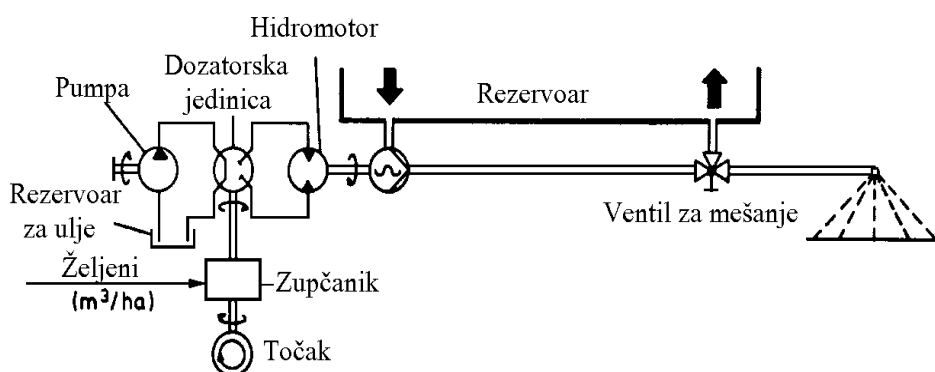
Trenutni protok mase kroz rasprskivač je induktivno meren. Oba ova signala, kao i širinu rasprskivanja, mikroprocesor preračunava u trenutnu vrednost aplikovane količine po jedinici površine parcele.



Sl. 98. Elektronska kontrola doziranja u toku aplikacije tečnog stajnjaka

U odnosu na odstupanje od željene vrednosti, elektronska kontrolna jedinica reguliše protok kroz pomoćni (bypass) vod pomoću elektromagnetnog hidrauličnog ventila, sve dok se u rasprskivaču ne postigne željeni protok.

Umesto primene bypass-a sa ventilom, variranje broja obrtaja radnog kola pumpe je mera za kontrolu protoka pražnjenja cisterne, koji je prilagođen željenoj normi đubrenja.



SI. 99. Hidrostaticka kontrola doziranja aplikacije tečnog stajnjaka

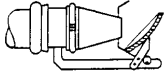
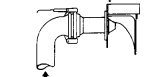



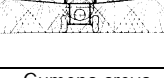

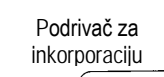
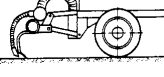
Kod hidrostatičkog sistema kontrole, brzina vučenog točka (osloni točak, točak bez pogona, kopir točak) mehanički se prenosi do hidrostatičkog dozatora koji kontrolišu protok ulja u hidromotor koji pokreće cirkulacionu pumpu.

Menjačkim prenosnikom prilagođava se stepen prenosa pogona sa točka cisterne na dozatorsku jedinicu, u skladu sa željenom normom đubrenja. Ovaj odnos treba da bude unapred definisan.

### Tipovi i karakteristike aplikacionih uređaja na cisternama

Na cisternama za tečni stajnjak se mogu koristiti različiti aplikacioni uređaji. Ti uređaji se znatno razlikuju po svojim tehničkim i eksploatacionim karakteristikama. Na izbor odgovarajućeg tipa aplikacionog uređaja utiče niz faktora kao što su: stanje tečnog stajnjaka, norma đubrenja, vrsta useva, konfiguracija terena i sl.

**Tab. 35. Tipovi uređaja za aplikaciju sa osnovnim tehničko-tehnološkim karakteristikama**

Aplikacioni uređaj	Način rada	Zahtev prema tečnom stajnjaku	Izbacivanje visina/ daljina (m)	Karakteristike
 <p>Odbojni disk</p>	Zadovoljavajuća tačnost normi, mogućnost podešavanja promenom položaja diska	Tečni stajnjak homogenizovan, nije potrebna separacija	3/12	Jednostavne konstruk., tačnost rasprskivanja zavisi od vetra, normiranje teško promenljivo i ostvarljivo
 <p>Vertikalni rasprskivač</p>	Promenom položaja menja se pravac aplikacije (gore, dole, na stranu)	Tečni stajnjak uobičajene konzistencije, separacija nije potrebna	2/12	Jednostavne konstruk., vetar manje utiče na tok rasprskivanja, biljke se lome pod udarima mlaza
 <p>Klateći rasprskivač sa odbojnim diskom</p>	Uređaj se u toku rada klati hidrauličnim pogonom	Tečni stajnjak uobičajene konzistencije, separacija nije potrebna	3/12	Uticaj vetra se potire klatenjem uređaja u toku rada. Otežano normiranje
 <p>Klateći rasprskivač</p>	Uređaj se u toku rada klati, učestalost i amplituda klatenja se mogu podešavati	Neophodna separacija tečnog stajnjaka za dizne do 23 mm, i preko 25 mm nije potrebna separacija	4/25	Vrlo velika daljina razbacivanja, prisutno zagađenje vazduha. Brzina klatenja se mora uskladiti sa učestanošću klatenja
 <p>Ploča za razbacivanje</p>	Tečni stajnjak slobodnim padom dolazi do razbacujuće ploče, širina radnog zahvata se menja promenom visine ploče	Tečni stajnjak treba da bude homogenizovan, bez separacije	10/12	Norma prskanja se može regulisati, ali je prisutno i zagađenje vazduha u toku aplikacije
 <p>Raspedeljujuća grana sa rasprskivačima, bez predraspedeljivača</p>	Na nosećoj grani su rasprskivači sa diznama od 15-22 mm	Uređaj je osetljiv na konzistenciju, neophodna je separacija	12-15	Netačno razbacivanje ukrštanje i preklapanje mlazeva
 <p>Noseća grana sa rasprskivačima od 15-22 mm i udarajućim diskovima</p>		Neophodna separacija tečnog stajnjaka	12	Sa predraspedeljivačem dolazi do ravnog ujednačenog ukrštanja i preklapanja mlaza
 <p>Gumena creva spuštena do površine zemljišta</p>	Za aplikacioni uređaj su postavljena creva koja se u toku rada vuku (delom) po zemljištu	Ujednačena homogenizovana masa, razređena ili separirana	12	Neophodan je predraspedeljivač za tačnost distribucije stajnjaka u creva. Moguća tačnost norme đubrenja
 <p>Podrivač za inkorporaciju</p>	Tečni stajnjak se pomoću creva spušta u brazdice podrivačkog tela. Creva su postavljena iza podrivačkog tela	Tečni stajnjak se homogenizuje ili separira pre korišćenja, što zavisi od norme đubrenja	2,5	Zbog podrivačkih tela snaga vuče agregata se povećava za 25 kW. Nakon tretmana zemljišta ostaje 10 dana bez drugih radnih zahvata. Zagađenje životne sredine svedeno na najmanju meru

## Korišćenje zalivnih sistema u aplikaciji tečnog stajnjaka

Zalivni sistemi u gotovo svim varijantama mogu biti primenjeni za aplikaciju tečnog stajnjaka. Međutim, odmah treba istaći činjenicu da se tečni stajnjak u naturalnom obliku ne može na ovaj način iznositi na poljoprivredno zemljište bez prethodne pripreme ili obrade. Pri tome se pre svega misli na separaciju radi obavljanja čvrste faze.

Gotovo svi tipovi rasprskivača su izrazito osetljivi na konzistenciju tečnog stajnjaka, a posebno na strane primese u stajnjaku (dlake npr.). Pored separacije, u zavisnosti od vremena aplikacije, odnosno porasta biljaka, tečna faza stajnjaka se mora podvrći biološkoj obradi. Time se izbegava mogućnost pojava ožegotina na lisnoj masi gajenih biljaka.

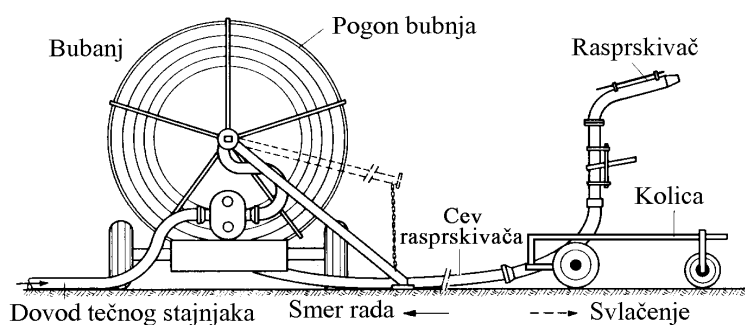
Pored navedenih, postoje još neki značajni uslovi za korišćenje ovog vida aplikacije, kao što su: centralna lokacija farme u zemljišnom posedu, dovoljne količine vode za mešanje sa tečnom fazom ili ispiranje sistema nakon aplikacije.

U poređenju sa cisternama ovaj vid aplikacije ima nekoliko prednosti:

- nezavisan je od vremenskih uslova,
- pri korišćenju ne dolazi do gaženja zemljišta,
- racionalnije je korišćenje sredstava uključenih u proces aplikacije.

U toku korišćenja ovog sistema dolazi do niza poteškoća. Najizraženije poteškoće su nemogućnost normiranja u preciznim razmerama, kao i nemogućnost korišćenja za manje norme đubrenja.

U svim slučajevima rasprskivači ne smeju biti sa diznama manjeg prečnika od 20-30 mm.



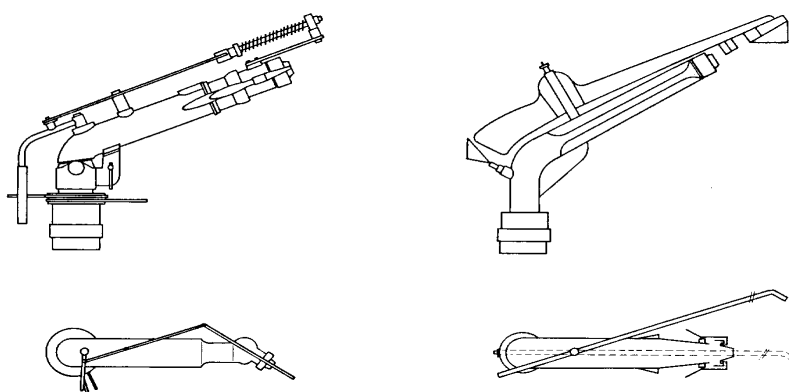
SI. 100. Izgled najzastupljenijih sistema za navodnjavanje u funkciji aplikacije tečnog stajnjaka

Aplikacija tečnog stajnjaka zalivnim sistemima najčešće se odvija uz dodavanje znatnih količina vode u masu stajnjaka. U takvom razređenom stanju stajnjak se iznosi na poljoprivredne površine.

**Tab. 35. Poređenje udela vode i tečnog stajnjaka pri aplikaciji zalivnim sistemom (Boxberger, 1986)**

	Količina vode	Količina tečnog stajnjaka
Količina iznošenja	100 - 700 m <sup>3</sup> /ha	10 - 20 m <sup>3</sup> /ha
Visina taloga	10 - 70 mm	1 - 2 mm
Širina raspodele	80 - 90 m	30 - 40 m
Pogon	turbina	hidraulika traktora
Prečnik cevi	90 - 125 mm	90 mm
Brzina strujanja	10 - 100 m/h	600 - 1.200 m/h

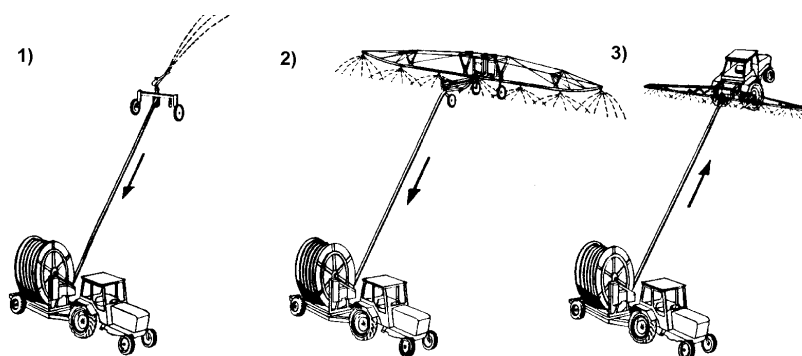
Za rasprskivanje tečnog stajnjaka koriste se dva tipa rasprskivača, rasprskivač sa povratnim udarcem i sa klatećom ručicom.



**Sl. 101. Tipovi rasprskivača, levo: sa povratnim udarcem, desno: sa klatećom ručicom**

Rasprskivači sa povratnim udarcem su postavljeni na nosače visine do 4 m, a domet mlaza kojeg oni stvaraju je i do 40 m. Slično je i sa rasprskivačem sa klatećom ručicom. Osnovni problem kod oba tipa rasprskivača je tačno postizanje norme đubrenja, kao i prisutno zagađenje životne sredine preko vazduha, širenjem neprijatnog mirisa u toku aplikacije.

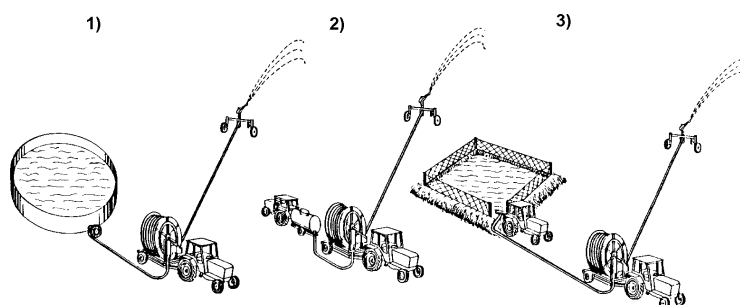




**Sl. 102. Visovi aplikacije zalivnim sistemima:**

1-korišćenjem specijalnog rasprskivača, 2-korišćenjem zalivnih grana sa rasprskivačima, 3-zalivnom granom na traktoru

Tečni stajnjak se do tehničkog sistema za aplikaciju može dovoditi na više načina. Ukoliko je poljoprivredno zemljište u neposrednoj blizini farmi, onda je moguće tečni stajnjak do uređaja dovesti površinskim cevnim transportom. U slučajevima veće udaljenosti zemljišta od lagera tečnog stajnjaka, koriste se cisterne ili se grade pomoćni lageri na svakoj parceli.



**Sl. 103. Mogućnosti dovoda tečnog stajnjaka do uređaja za aplikaciju:**

1-cevnim transportom, 2-cisternama, 3-lager (pomoćni) na samoj parceli

## KOMPOSTIRANJE STAJNJAKA

Kompostiranje je proces u kojem se organska supstanca razgrađuje zahvaljujući aerobnim mikro organizmima, u najvećoj meri na ugljen dioksid i vodu. U toku postupka dolazi do značajnog masenog i zapreminskog smanjenja početne mase (40-60%). Brzina razlaganja zavisi najčešće od životnih uslova aktivnih mikro organizama, zatim od odnosa C : N, temperature, koncentracije kiseonika u masi i sl.

U toku mikrobiološkog procesa previranja dolazi do zagrevanja mase. Temperature koje se dostižu u tom periodu se kreću od 50-80 °C. U toku trajanja visokih temperatura dolazi do higijenizacije komposta. Taj postupak se zasniva na uništavanju sposobnosti klijanja semena korova, zatim na uništavanju fito i humano patogenih klica. Period od većeg broja dana pod temperaturama od oko 60 °C su dovoljni za potpunu higijenizaciju komposta. Period tih visokih temperatura traje oko 20 dana, što se smatra sasvim dovoljnim.

U periodu trajanja visokih temperatura dolazi do podsticanja isparenja azota koji se nalazi u lako isparljivom amonijačnom obliku, ali i do produžetka procesa previranja zbog poremećaja povoljne mikrobiološke populacije.

Na proces kompostiranja se može uticati raznim merama. Cilj je da se u najkraćem vremenu dostigne visok kvalitet gotovog komposta. Istovremeno se mora nastojati na smanjenju emisije gasova i mirisa koji opterećuju klimu.

### Tok procesa kompostiranja

Proces kompostiranja se sastoji od tri faze. Prva faza je u stvari priprema sirovine za postupak kompostiranja (kondicioniranje), druga faza je postupak kompostiranja, a treća faza je konfekcioniranje. Svaka faza može imati svoje podfaze, ali to ne mora biti pravilo.

U toku kondicioniranja izvodi se stvarna priprema materijala za postupak kompostiranja. Kondicioniranje počinje već kod prijema mase, merenja i istovara mase. Ukoliko u masi koja će se kompostirati ima krupnijih delova (grane, šiblje), onda se za njihovo usitnjavanje moraju koristiti odgovarajući uređaji.

Usitnjavanje inače ima značaja zbog postupka razgradnje. Usitnjena masa ima veću dodirnu površinu sa mikroorganizmima koji vrše razgradnju.

**Postupak kondicioniranja** se završava mešanjem sirovine ili većeg broja sirovina, što je i najčešći slučaj u procesu proizvodnje komposta. Naime, masa za kompostiranje mora da ispuni određene uslove što se tiče sadržaja mineralnih materija, vlage i strukture - poroznosti. To je najveći razlog da se materijali moraju mešati i kombinovati. Stajnjak može biti jedan od osnovnih materijala za kompostiranje u svim njegovim oblicima. Čvrsti stajnjak se može kompostirati sam bez drugih materijala ukoliko je zadovoljavajući odnos C:N i sadržaj vlage. Tečni stajnjak se takođe može kompostirati, ali samo uz dodatak drugih materijala koji će zadovoljiti potrebne uslove. To mogu biti usitnjeni organski ostaci biljne proizvodnje.

Mešanje komponenata se odvija na samom mestu gde će se odvijati kompostiranje sa posebnim uređajima pre odlaganja mase. Udeo strukturnog materijala zavisi od mesta na kojem se odvija postupak kompostiranja. Ukoliko je mesto natkriveno onda strukturni materijal zauzima oko 20% u masi, a ukoliko je mesto otvoreno (pod uticajem atmosferskih taloga), tada su strukturni materijali zastupljeni sa oko 30-60%.

**Previranje** se izvodi u prizmičnim gomilama koje se podvrgavaju nezi - prevrtanju. Prevrtanje ima višestruki značaj i kao mera nege je neophodno. Prevrtanjem se masa intenzivno meša, zatim se vrši neophodna izmena gasova - aeracija, kao i izlaganje svih delova ujednačenom dejstvu mikroorganizama. Intenzitet prevrtanja ima veliki značaj na skraćanje vremena kompostiranja. Ukoliko se izvodi dva do tri puta sedmično vreme kompostiranja se može skratiti za 50%, a što je svakako značajno smanjila se i ukupna emisija gasova. Preterano često mešanje - prevrtanje može izazvati kontra efekat, brzo smanjenje neophodne vlage u masi, naročito leti, što svakako nije poželjno.

**Kompostiranje** u prizmama je uobičajeno. Prizme mogu biti različitog profila, trougaone, trapezne, polukružne. Dimenzije prizmi zavise od tipa i gabarita mašine pomoću koje će se vršiti mešanje.

Mašine za mešanje bez obzira kojeg su tipa imaju jednu zajedničku osobinu a to je oblik njihovog radnog tela pomoću kojeg se vrši rastresanje, prevrtanje i mešanje mase komposta sa istovremenim vraćanjem u prizmičan oblik. Radno telo im je cilindričnog oblika sa višestrukim dvosmernim zavojnicama. Zavojnice su najčešće u obliku noževa na horizontalnom bubnju. Radno telo se okreće oko horizontalne ose i nailaskom na masu vrši njen tretman.

Ove mašine rade sa vrlo malim brzinama kretanja od svega 100-500 m/h. Kao pogon za njih se može koristiti traktor sa odgovarajućim menjačem ili se za pogon koriste sopstveni motori.

Prizme materijala ne bi trebale da imaju visinu veću od 1,5-2 m. U slučajevima kada su gomile veće visine dolazi do nekoliko vrlo nepovoljnih pojava. Razmena vazduha u sredini gomile je nedovoljna. Količina kiseonika koja ipak dopre do tih delova biva brzo potrošena, a tada nastaju anaerobni uslovi fermentacije koja se odlikuje pojavom gasa metana. Ovaj se problem može rešiti izborom mašine za negu koja ima mogućnost tretmana i takvih prizmi.

**Konfekcioniranje** se izvodi posle završenog postupka kompostiranja, a zadatak mu je da se gotov materijal pripremi za pravilno korišćenje. Prvi zahvat je prosejavanje. Njime se odstranjuju grublji delovi koji nisu razgrađeni. Pravilna granulacija za poljoprivredno zemljište je oko 40-60 mm. U povrtarstvu se ko-

risti sitnija granulacija 20-40 mm. Kompost se pakuje u odgovarajuću ambalažu i može se plasirati kao roba na tržištu.

**Objekti za kompostiranje** moraju imati dobre prilazne puteve, električnu energiju i vodu. Prostor za kompostiranje mora biti ograđen. Površine na kojima se vrši tretman mase moraju biti tvrde - betonske ukoliko je moguće. Otvorena mesta za kompostiranje se koriste tamo gde su količine materijala velike. Tu se kompostiranje izvodi u gomilama prizmičnog oblika sa trouglastom formom. Ovakve prizme se jeftinije i jednostavnije za tretman od drugih.