

EESTI MAAVILJELUSE INSTITUUT

**Gennadi Bogun
Väino Jõgeva**

**SOOVITUSED VEDEL- JA TAHESÕNNIKU
KASUTAMISEKS MAJANDIS, TAGAMAKS
KESKKONNAKAITSENÕUETE TÄITMISE**



Saku 2005

SOOVITUSED VEDEL- JA TAHESÖNNIKU KASUTAMISEKS MAJANDIS, TAGAMAKS KESKKONNAKAITSENÕUETE TÄITMISE

Gennadi Bogun
Väino Jõgeva

Käesolev soovituslik teabematerjal tahe- ja vedelsõnniku kasutamiseks loomakasvatuse majandites on koostatud, tuginedes kehtivatele keskkonnakaitsenõuetele. Selle kirjutamisel on aluseks võetud seda liiki orgaaniliste väetiste majandusliku kasutamise korraldamise mõningad põhimõtted, mis on levinud Euroopa Liidus. Eeskujuks on olnud põllumajanduslike teadusliku uurimise üksuste ADAS (*Agriculture and Environmental Research*), IGERI (*Institute of Grassland and Environmental Research*), SRI (*Silsoe Research Institute*) poolt välja töötatud soovitused farmeritele, mis on välja antud Inglismaal 1998.a. (B. Chambers, N. Nicholson jt, 1998).

Soovituste põhiosa käsitleb kõige ratsionaalsemate majandamisviiside rakendamist Eesti oludes, püüdes võimalikult vältida orgaanilistes väetistes sisalduvate taimetoitainete kadu, sealjuures on arvesse võetud Euroopa riikides kasutatavat nüüdisaegset tehnikat ja selle tehnika kasutamisega seotud tehnoloogilisi põhimõtteid, juhindudes projekti "ALFAM" (*Ammonia Loss from FIELD Applied Animal Manure*), (ALFAM, 1998) aruande materjalidest ja põllumajandustehnika digitaalkataloogidest Landmaschinen KATALOG, top agrar profi, 2003 ja 2004.

SISUKORD

ÜLDIST	4
1. MAJANDIS KOGUNEVA ORGAANILISE VÄETISE (SÕNNIKU) MAHUD, SELLE ISELOOMUSTUS: TAIMETOITAINETE SISALDUS, LABORATOORNE ANALÜÜS, KULUNORMI (ANNUSE, DOOSI) VALIK	5
2. ORGAANILISE VÄETISE ANDMISEKS KASUTATAV TEHNIKA JA PÕLLU TÖÖTLEMINE AMMONIAAGI EMISSIOONI VÄHENDAMISEKS..	11
2.1. Vedelsõnnik (läga)	11
2.2. Tahesõnnik	20
2.3. Tehnilised vahendid sõnniku segamiseks mullaga	22
2.4. Masinate valik – ammoniaagi kadude vähendamise alus sõnniku käitlemisel	22
2.5. Mõningad soovitused	24
KASUTATUD KIRJANDUS	31
LISA	32

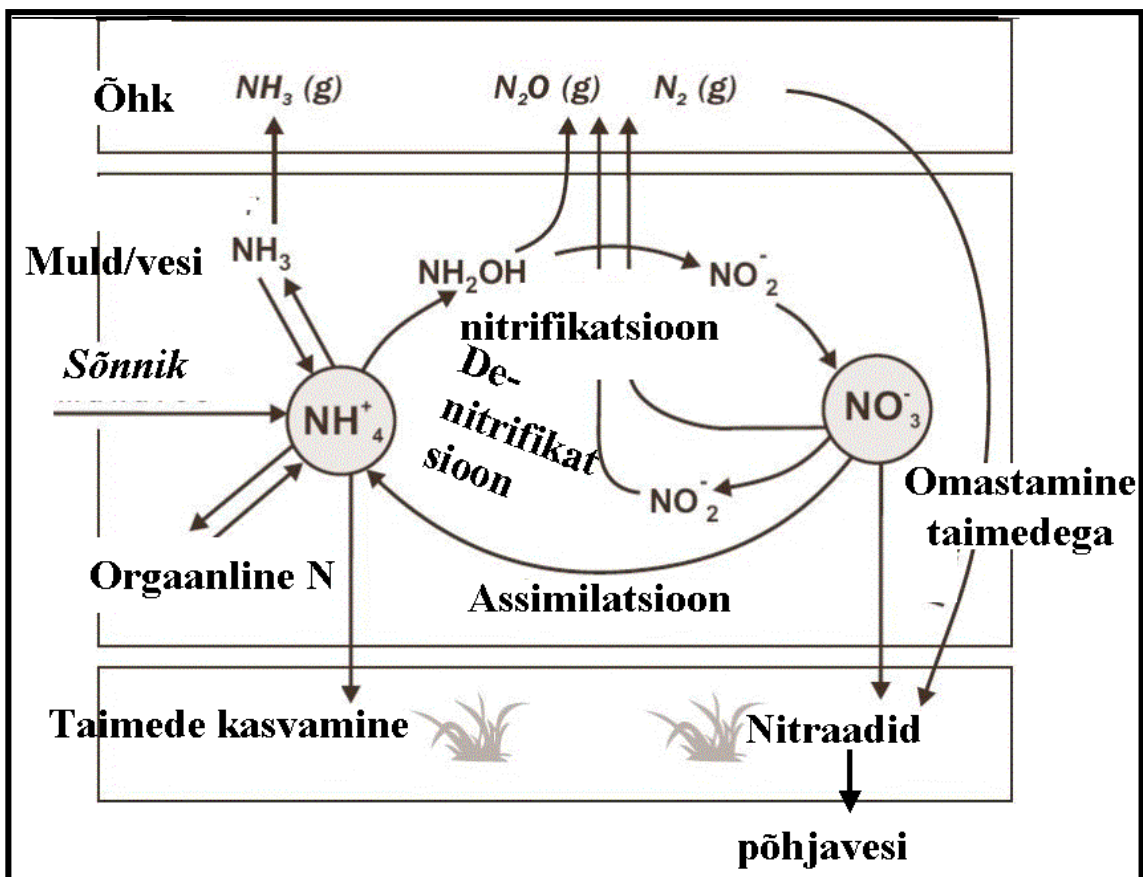
ÜLDIST

Sõnnik kui veekogude reostumise põhjustaja

Veekogude reostumise oht tekib heitvete väljapääsemisest hoidlast (üleujutuse või lekkimise korral), tugevate vihmade toimest hoidlatele (eelkõige vedelsõnniku hoidlatele), aga ka sõnniku hoidmisest selleks kohaldamata hoidlates jne.

Selline mõjutus on kahjulik kalamajandusele ja kogu vee-elustikule, seda peamiselt biokeemiliste protsesside jaoks tarviliku hapniku puudumise ja sõnnikus sisalduva lahustuva lämmastiku kahjuliku mõju tõttu.

Molekulide hajumisega (difusiooniga) kaasnev reostus, mis on nähtamatu, mõjub veele ja õhule. Võttes arvesse põllumajanduslikus tootmises esinevaid taimede poolt omastamata väetussainete kadusid (mis võivad sattuda põhjavette) ja majanduste tootmispraktikat, kusjuures ei järgita keskkonnakaitse nõudeid; väetiste ebaratsionaalset (ettenähtud doosi ületavat) ja agrotehnilisi nõudeid ning mullaviljakust mitte arvestavat kasutamist (eriti just suurtel pindaladel ja pika aja kestel) ning nende hoidmisel esinevaid kadusid jms., tuleb nentida, et see on üheks keskkonnakahjustuse ja reostuse põhjuseks.



Joon. 1. Lämmastiku teisendumise tsükliline protsess ja selle kaod sõnniku andmisel põllule (*Manure Management*, 2003, p. 59).

Väetusainete (taimetoitainete) sisaldus

Lämmastik kaob sõnnikust kergesti, lahustudes vees või lendudes gaasina atmosfääri. Sõnnikus esineb lämmastik nii mineraalsel kui ka orgaanilisel kujul (joonis 1). Jooniselt 1 nähtub lämmastiku N orgaaniline vorm ja esinemine ammooniumina, mis võib kaotsi minna õhku lenduva ammoniaagi NH_3 gaasina. Mullas toimuva protsessi tulemusena saab ammooniumlämmastikust ammooniumnitraat, mille kaod tekivad nitraatide väljauhtumise ehk leostumise ja mullas toimuva lagunemise (denitrifikatsiooni) tulemusena – mullas tekkinud gaasilise lämmastiku kaod aga lämmastikoksiidi ja gaasilise lämmastiku kujul.

Ülaltoodud lämmastikukadudel võib igapäeval olla soovimatu efekt keskkonnamõjutuste tõttu (vt edasi) ja majanduslik kahju talule.

Ammoniaak – see gaas (NH_3) võib põllule laotatud sõnnikust kiiresti atmosfääri lenduda, nii nagu ta lendub hoidlatest, loomalautadest, sõnnikust selle vedamisel kaugele. Vihmaveega mulda imunud ammooniumlämmastiku jäägid soodustavad mulla happesuse suurenemist. See tõstab lämmastikusisaldust toitainetevaeses mullas, rohumaadel aga võib muuta taimestiku liigilist koostist.

Ammooniumlämmastiku ladestumine võib tekitada lämmastikukadusid nitraatide väljakandena.

Nitraadid (NO_3) – lämmastikukaod (vt joonis 1) on tingitud nitraatide sattumisest põhjavette ja seejärel veekogudesse (jõgedesse, järvedesse jne). Euroopas on NO_3 lubatud piirsisaldus vees 20, Eestis kuni 40 milligrammi liitri kohta. Keskkonnareostuse vältimiseks on vajalik nitraatide kontsentratsiooni seire põhja- ja pinnavees ning sõnniku kasutamise alane juhendamine, arvesse võttes nii mineraalse lämmastikväetise kui ka orgaanilise väetise (sõnniku) andmist.

Lämmastikoksiid (N_2O) ja **gaasiline lämmastik** (N_2) moodustub mulla mikrobioloogilise protsessi tulemusena. Lämmastikoksiid on üks olulisemaid gaase, mis soodustab kasvuhooneefekti tekkimist, kuid see gaas ei ole ümbritsevale keskkonnale otseselt kahjulik. Mõlemad gaasid moodustuvad mullas sisalduvatest nitraatidest, mis nii või teisiti pärinevad sõnnikust, mineraalväetisest või mullast endast.

Fosfor (P) on vetikate vohamise peamine tekitaja magevees, see kahjustab vee-elustikku ja muudab vee tarvitamiskõlbmatuks. Fosfori esinemine mullas on normaalne nähtus, aga sõnniku ülemäärase kasutamisega võib kaasneda fosforväetise liigne sisaldus, kusjuures kontsentratsiooni kõrgtasemele tõustes satub (taimede poolt mitte kasutatud) fosfor põhjavette ja pinnaveekogudesse. Fosforikaod võivad tekkida ka mulla erosiooni tulemusena ja äsja põllule laotatud värskest sõnnikust väetusainete ärakandest vihmaveega.

Kaalium (K) võib samuti saada mullast välja kantud ning lenduda mulla pinnalt. Need kaod väljenduvad peamiselt kui väetisekaod kasutatavas sõnnikus, kuid seejuures puudub keskkonnareostuse risk.

Kaaliumisisalduse kohta ei ole keskkonnaministeerium piiranguid kehtestanud, kuid selle liia korral võib osa kaaliumiühendeid leostuda või saagi kvaliteet halveneda.

1. MAJANDIS KOGUNEVA ORGAANILISE VÄETISE (SÕNNIKU) MAHUD, SELLE ISELOOMUSTUS: TAIMETOITAINETE SISALDUS, LABORATOORNE ANALÜÜS, KULUNORMI (ANNUSE, DOOSI) VALIK

Loomapidamisel koguneva sõnniku koguse hindamine toimub lisas (tabelid 1, 2, 3) toodud andmete alusel. Seejuures arvestatakse ka lautades kasutatavat allapanu,

tarvitatud pesemisvee hulka, mis oleneb loomalauda (loomade hoidmise aediku) pindalast, дренаaži vajadust vedelsõnniku kogumissüsteemi juures ja paikkonna sademete hulka.

Majapidamise praktikas võib дренаaži- ja pesemisvesi olla kogutud vedelsõnniku kogumise süsteemi (vedelsõnniku lahjendamiseks), mis põhjustab koguneva mahu kahekordistumise. Samal ajal põhjustavad suurenenud veesisaldus ja tahesõnniku keemiline lagunemine (sademetevee ja kompostimise mõjul) sõnniku massi ja mahu vähenemise.

Väetussainete (taimetoiteelementide) sisaldus

Väetise kasutamise usaldusväärseks planeerimiseks on väga oluline teada selle taimetoiteelementide (väetussainete) sisaldust. Väetussainete sisaldus sõnnikus, kuhu kuuluvad sellised elemendid nagu eelkõige lämmastik (N), seejärel fosfor (P), kaalium (K), väävel (S) ja magneesium (Mg), tuleb määrata laboratoorsete analüüsidega.

Planeerimise lähteinformatsiooniks tutvume EL maades toodud andmetega:

Tabelis 1 on näiteks arvandmed Inglismaa jaoks, mida võib kasutada orienteeruvate lähteandmetena.

Tabel 1 – Väetussainete üldine sisaldus veisesõnnikus (värske massi baasil)
(Inglismaa) (B. Chambers, T. Cumby jt, 1998)

Sõnniku liik	Kuivainesisaldus	Lämmastik N	Fosfaat P ₂ O ₅	Potas K ₂ O	Väävel- oksiid SO ₃	Mag- nee- sium- oksiid MgO
Tahesõnnik	%	kg t ⁻¹	kg t ⁻¹	kg t ⁻¹	kg t ⁻¹	kg t ⁻¹
Veisesõnnik (TLS) ¹	25	6,0	3,5	8,0	1,8	0,7
Seasõnnik (TLS) ¹	25	7,0	7,0	5,0	1,8	0,7
Hanesõnnik	30	16	13	9	3,8	2,2
Linnusõnnik (kana-)	60	30	25	18	8,3	4,2
Vedelsõnnik	%	kg m ⁻³	kg m ⁻³	kg m ⁻³	kg m ⁻³	kg m ⁻³
Lüpsilehmad ²	6,0	3,0	1,2	3,5	0,8	0,7
Lihaveised ²	6,0	2,3	1,2	2,7	0,8	0,7
Sead ²	4,0	4,0	2,0	2,5	0,7	0,4

Märkused:

1) Taheda laudasõnniku (TLS) hoidlate korral on pideval lahtiselt hoidmisel N ja K₂O arväärtused väiksemad.

2) Vedelsõnniku lahjendamiseks võib ümberarvutus olla tehtud kuivainesisalduse alusel.

Eesti jaoks on ülaltoodud näitajad siiski vähesobivad ja seetõttu on otstarbekam kasutada naaberriigi Soome andmeid, kus kliimatilised tingimused on Eesti omadele enam sarnased (tabel 2).

Tabel 2 – Sõnniku väetussainete keskmine sisaldus (Soome) (A. Maastik, 1994)

Sõnnik	Kuivaine-sisaldus %	Üld-lämmastik kg t ⁻¹	Lahustunud lämmastik kg t ⁻¹	%	Fosfor kg t ⁻¹	Kaalium kg t ⁻¹
Veise tahesõnnik	18	4,6	1,2	26	1,6	4,2
Virts	2,5	3,1	2,8	87	0,2	5,0
Läga	8,0	3,3	1,8	54	1,0	2,8
Sea tahesõnnik	23	7,2	2,8	37	3,7	4,0
Virts	2	2,6	2,2	86	0,5	1,4
Läga	9	5,4	3,6	67	1,9	2,0
Kanasõnnik	38	15,6	7,6	50	7,3	7,4

Järelikult on vajalik teha laboratoorne analüüs, mis peab hõlmama kuivainesisalduse määramist; N, P, K, S, Mg üldise sisalduse ja taimede poolt kiiresti omastatava lämmastiku (NH₄⁺-N) määramist; hästi kompostitud sõnnikul peab täiendavalt olema mõõdetud nitraatlämmastiku sisaldus.

Lämmastik

Orgaanilistes väetistes sisalduva lämmastiku (N) ratsionaalse kasutamise eesmärgil tuleb neid suviteraviljadele anda külvieelselt – varakevadel, taliteraviljadele kesa-harimisel. Aga käärimata põhurikas sõnnik tuleks (selle efektiivsuse suurendamiseks) anda sügiskünni alla. Kartuli väetamisel sõnnikuga on praktikas rakendatud kolme andmisega: sügiskünni alla, kevadkünni alla või mahapanekuaegselt vaku. Liivmuldadel tuleb sõnnikut kartulile anda kevadise korduskünni alla, selleks et vältida toitainete väljauhtumist sügis-talviste sademete ja kevadiste lumesulamisetega ning sellega kaasnevat keskkonnareostust.

Põllule antavas sõnnikus sisalduva kergesti (kiiresti) omastatava lämmastiku efektiivsust vähendavad kaks põhilist lämmastikukadu, need on:

- ammoniaagi lendumine ehk emissioon;
- nitraatide väljakanne ehk väljauhtumine.

Ammoniaagi lendumine. Ammoniaagi kadu ja ebameeldivat lõhna saab vähendada laotatud tahesõnniku muldaviimisega (tabel 3).

Tabel 3 – Ajavahemik sõnniku põllule laotamise hetkest kuni selle segamiseni mullaga võimaliku ajavahena lenduva lämmastiku (s.o kiiresti kaotsiminev kergesti aurustuv ammoniaak – NH₃) konservimisel

Sõnniku liik	Eesmärk – N kadude vähendamine 90%	Eesmärk – N kadude vähendamine 50%
Vedelsõnnik	Viivitamatu segamine mullaga	Ajavahemik laotamisest kuni mulda segamiseni mitte üle 6 tunni
TLS	ajavahemik mitte üle ühe tunni	mitte üle 24 tunni
Linnusõnnik	ajavahemik kuni 6 tundi	mitte üle 48 tunni

Vedelsõnniku andmisel kasutatakse injektsioon- ehk süstemeetodit (väetise pihustamist etteantud sügavusel mulda), rakendades kõrgsurveseadmetega varustatud masinaid ja riistu.

Seoses ülalesitatuga tuleb märkida:

sõnniku laotamisel mulla pinnale, ilma mulda viimata, esinevad paratamatud lämmastikukaod, mis kergesti omastatava lämmastiku atmosfääri lendumise tõttu moodustavad veise tahesõnniku korral kuni 65%, linnusõnnikul kuni 35%.

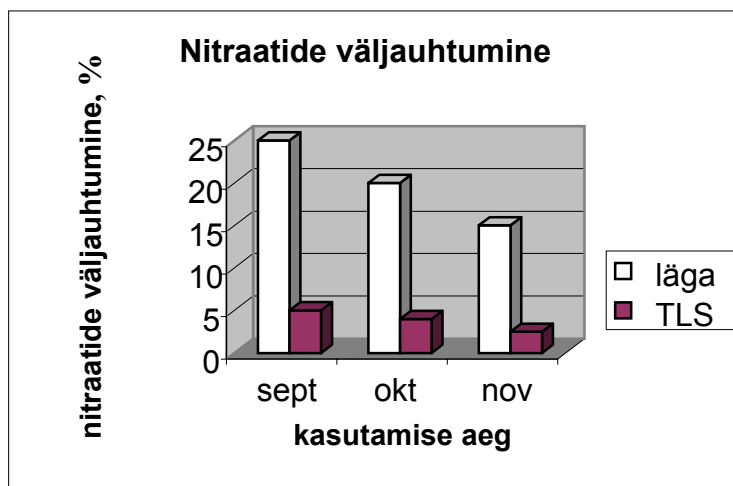
Vedelsõnniku kasutamisel tuleb tähele panna, et kuivaine sisaldus on üks olulisemaid tegureid, mis mõjutab lämmastikukadusid – nii näiteks on 6%-se kuivainesisaldusega vedelsõnniku korral lämmastikukaod 20% võrra suuremad kui vedelsõnnikul, mille kuivainesisaldus on 2%. Kadude vähenemine on tingitud vähemtahke (vedelama) fraktsiooni kiiremast infiltreerumisest mulda, kusjuures kuivainesisalduse suurenemisel kestab see protsess suhteliselt kauem, järelkult puutub väetis atmosfääriõhuga kokku pikema aja kestel, millega kaasneb ammoniaagi emissiooni suurenemine.

Nitraatide väljakanne (väljauhtumine)

Veisesõnnik on hiiglaslik nitraatide väljakande allikas. Väljakantava lämmastiku hulk sõltub peamiselt sõnniku kasutusmäärast (annusest, doosist), kergesti omastatava lämmastiku sisaldusest ja väetamise ajast. Sõnnikus sisalduv kergesti omastatav lämmastik kas kasutatakse taimede poolt või läheb kaduma nitraatide väljakande tõttu (joonis 2).

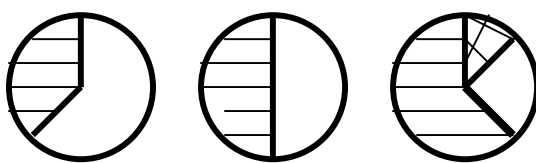
Võrreldes veise tahesõnnikuga (TLS), millel kergesti omastatavat lämmastikku on suhteliselt vähe (10...25% üldisest lämmastikusisaldusest), sisaldavad veise vedelsõnnik ja tahe linnusõnnik seda tunduvalt rohkem (40...60% üldisest lämmastikusisaldusest). Järele jääv orgaaniline lämmastik (N) mineraliseerub kuu kuni aasta jooksul (joonis 3).

Sõnniku põllule laotamist hilissügisel (külmunud mullapinnale) ja talveperioodil tuleb vältida, kuna sügis-talviste sademetega uhutakse nitraadid mullast välja, ilma et neid saaksid kasutada põllumajanduslikud kultuurid, aga nitraatide väljauhtumisel ja sattumisel põhjavette, veekogudesse jm ilmneb nende ebasoodne mõju ümbritsevale keskkonnale ja inimese tervisele. Seetõttu tuleb nendel perioodidel hoiduda sõnniku kasutamisest, eriti just suure lämmastikusisalduse korral.



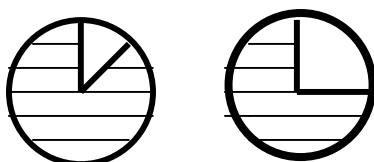
Joon. 2. Nitraatide väljakanne olenevalt sõnniku kasutamise ajast (B. Chambers, T. Cumby jt, 1998)

Kergesti omastatava lämmastiku (N) suur sisaldus

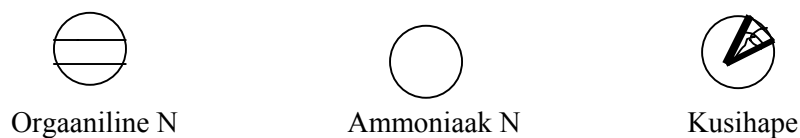


Vedel seasõnnik Vedel veisesõnnik Linnusõnnik

Kergesti omastatava lämmastiku (N) väike sisaldus



Vana TLS Värske TLS



Orgaaniline N

Ammoniaak N

Kusihape

Joon. 3. Üldlämmastiku (N) sisaldus sõnnikus (B. Chambers, T. Cumby jt, 1998)

Sõnniku väärtus väetisena

Seega sõltub sõnniku kui väetise efektiivsuse hinne selle liigist, kuivainesisaldusest, kasutamise ajast, rakendatavast tehnoloogiast, tehnilistest vahenditest, mulla tüübist ja

ilmastikuoludest. Nendest teguritest oleneb ka sõnnikus sisalduva lämmastiku (N) kasutamine tulevase saagi kasvatamiseks (tabelid 4 ja 5).

Tabel 4 – Saagi kasvatamiseks kasutatava lämmastiku ($N_{omast.}$) hulk (protsentides) sõnnikus sisalduvast üldisest lämmastikuhulgast ($N_{üld}$) sõnniku laotamisel mulla pinnale (B. Chambers, T. Cumby jt, 1998)

Sõnniku liik	Kuivaine-sisaldus, %	Augustist oktoobrini*		November		Märts-aprill	Maist juulini
		Liiv-	Teised mullad	Liiv-	Teised mullad	Kõik mullad	Kõik mullad
Värske TLS**	25	5	5	10	15	20	***
Linnusõnnik	30...60	10	15	15	25	35	***
Vedel veisesõnnik	10	5	5	5	10	15	5
	6	5	10	10	20	30	20
	2	5	10	15	30	50	35
Vedel seasõnnik	6	5	10	10	25	35	20
	4	5	10	10	30	45	30
	2	5	10	15	35	60	40

*Sügisene lubatud dreneràravool 250 mm.

**Lubatava arvutusliku hälbe (tolerantsi) väärtus värske TLS jaoks, milles sisaldub 25% lämmastikku (N); lahtist tüüpi hoidlate ja pikaajalise (üle 6 kuu) hoidmise korral tuleb seda väärtust vähendada kaks korda.

***andmed puuduvad.

Tabel 5 – Saagi kasvatamiseks kasutatava lämmastiku ($N_{omast.}$) hulk (protsentides) sõnnikus sisalduvast üldisest lämmastikuhulgast ($N_{üld}$) laotatud sõnniku kohesel segamisel mullaga / sõnniku sisestamisel mulda (B. Chambers, T. Cumby jt, 1998)

Sõnniku liik	Kuivaine sisaldus, %	Augustist oktoobrini*		November		Märts-aprill
		Liiv-	Teised mullad	Liiv-	Teised mullad	Kõik mullad
Värske TLS**	25	5	10	10	15	25
Linnusõnnik	30...60	10	15	15	30	50
Vedel veisesõnnik	2...10	5	10	15	30	50
Vedel seasõnnik	2...10	5	10	15	35	60

*Sügisene lubatud dreneràravool 250 mm.

**Lubatava arvutusliku hälbe (tolerantsi) väärtus värske TLS jaoks, milles sisaldub 25% lämmastikku (N); lahtist tüüpi hoidlate ja pikaajalise (üle 6 kuu) hoidmise korral tuleb seda väärtust vähendada kaks korda.

Mullas oleva lämmastiku mineraliseerumine. Kui ei ole teada mullas oleva mineraliseerunud lämmastiku tase (sõnniku kasutamisel pikema perioodi kestel või seal, kus seda kasutati teadmata määral), soovitatakse analüüsiks võtta mullaproov.

Mullaproov võetakse 60 cm sügavusest kihist, kahe võttena – 0...30 cm ja 30...60 cm sügavusest. Proov viiakse analüüsimiseks laboratooriumi karbis (topsikus), jahutatud või külmutatud olekus. Mullalämmastiku mineraliseerumise analüüsi tulemus võimaldab arvestada ka mineraalset lämmastikku väetistarbe arvutamisel tulevase saagi jaoks.

Sõnniku kasutamine koos mineraalse lämmastikväetisega. Eesmärgiks on parandada sõnniku kasutamist mineraalse lämmastikväetise (N) lisamise teel. See on küllaltki otstarbekohane võtte, mis võimaldab optimaalse saagi saamiseks täiendavalt varustada 50...60% taimede lämmastikuvajadusest.

2. ORGAANILISE VÄETISE ANDMISEKS KASUTATAV TEHNIKA JA PÕLLU TÖÖTLEMINE AMMONIAAGI EMISSIOONI VÄHENDAMISEKS

2.1. Vedelsõnnik (läga)

Vedelsõnniku laadimiseks, veoks ja põllule andmiseks saab kasutada paake (tsisterne), mis on komplekteeritud kas vaakumpumbaga (kompressoriga) või tsentrifugaal- või kolbpumbaga.

2.1.1. Perspektiivsed seadmed väetise jaotamiseks põllule on seadmed, mis võimaldavad vedelsõnniku andmist ammoniaagi vähese lendumisega. Need võib jagada kolme rühma:

- mulla pindjaotamiseks (mulla pinnale)
- mulla sisejaotamiseks (mulla sisse)
- väetise segamiseks mullaga.

2.1.1.1. Pindmine jaotamine

Sõnniku andmine ribadena põllu pinnale (taimejuurte lähedale) vähendab ammoniaagi lendumist (emissiooni), võrreldes traditsioonilise (reflektorplaadiga) laotamisviisiga. Riba laius on tavaliselt 25...30 cm piirides. Emissiooni vähenemine on võimalik seetõttu, et taimkatte toimel muutub mikrokliima mulla pinnal: tuule kiirus väheneb, temperatuur ja kiirgus on madalam, õhu suhteline niiskus suurem. Positiivne mõju on ka taimevarte (kõrte) pikkusel ja lehepinna suurusel. Peale selle saavad taimed lehtede kaudu adsorbeerida ammoniaaki, mille tõttu selle emissioon atmosfääri väheneb.

Ammoniaagi emissiooni vähenemine taimkatteta maapinna korral vedelsõnniku ribadena andmisel on tingitud vedelsõnniku atmosfääriõhuga kokkupuutepinna vähenemisest.

Seadmete tüübid.

Niirimetatud lohisvoolikute süsteem (s.o. *masina haardelaiuse ulatuses ühtlase vahekaugusega paigaldatud voolikutega*) jaotab vedelsõnniku ribadena (väetis väljub igast eraldiolevast voolikust lindina) mulla pinnale, taimeridade vahele (joonis 4).

Pindmise jaotamise teine variant – s.o. seadme abil, mis oma põhimõttelt ei erine lohisvoolikutega süsteemist (joonis 5).

Erinevus seisneb vaid selles, et igale väetist jaotavale voolikule on paigutatud spetsiaalne seadis “liuguv taldmik”, mille väljavooluavaga kand paikneb taimkatte

(juurte ja maapinna) tasemel (toetudes maapinnale) ja väetis siseneb suurendatud filtratsioonikiirusega mulda, sel ajal kui taldmik seadme omakaalu mõjul toetub maapinnale.

Mõningate seda tüüpi seadmetega on võimalik viia väetis taldmiku poolt lõigatud väikese sügavusega pilusse. Sel juhul suureneb oluliselt vedelsõnniku mulda sisenemise kiirus ja maht.

2.1.1.2. Vedelsõnniku sisestamine mulda

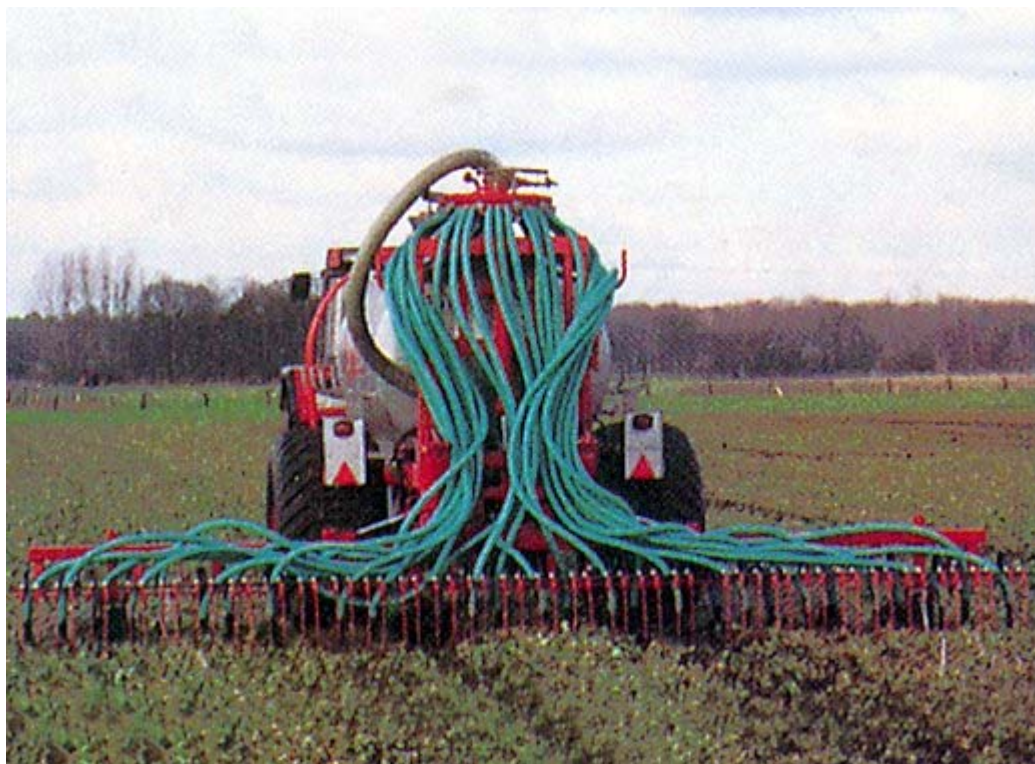
Vedelsõnniku sisestamine mulda annab ammoniaagi emissiooni vähendamise toimingus kahekordse eelise, kuna väheneb kontakt atmosfääriõhuga ja kiireneb vedelsõnniku mulda sisenemine.

Sisestamise ehk injektiooni tööprotsessi tagavaid seadmeid on põhiliselt kolmesuguse ehitusega (joonised 6, 7, 8 ja 9):

1) kahekettaline ketaskäpp (joon. 6, a ja c ning joon. 7), mis lõikab mulda V-kujulise pilu, millesse voolikust siseneb vedel väetis; seade paikneb raamil (nende hulk on vastavuses jagamispea jaotusvoolikutega arvuga masina haardelaiusel);

2) sfäärketaskäpp (joon. 6, b ja joon. 8), mis kujundab oluliselt sügavama pilu, millesse siseneb väetis;

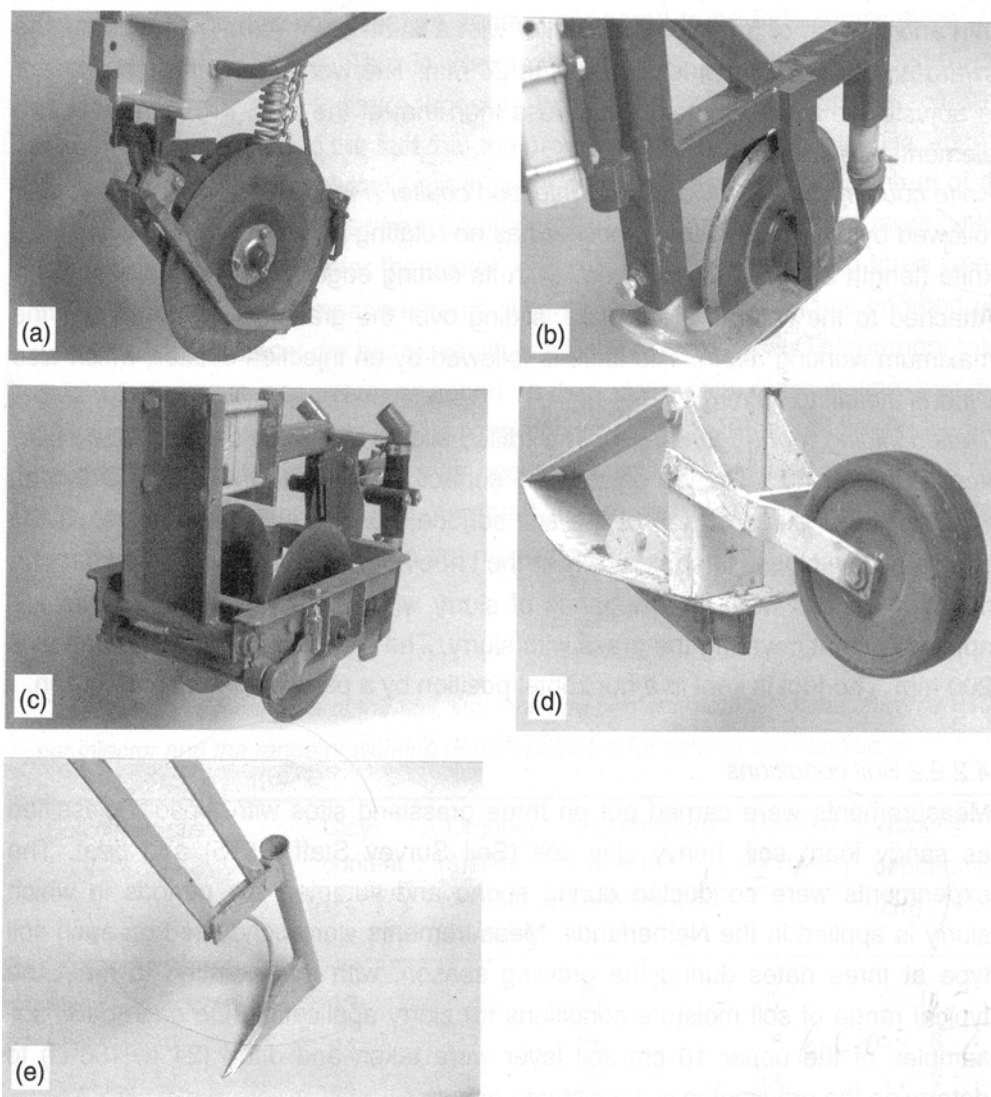
3) sahkikäpp (joon. 6, c ja d ning joon. 9), kusjuures mulla tihendamiseks küntud põllul (siselõigatava pilu kohas) kasutatakse ratast.



Joon. 4. Ammoniaagi emissiooni vähenemine taimkatteta maapinna korral, vedelsõnniku ribadena andmisel (lohisvoolikutega süsteem) [7].



Joon. 5. Vedelsõnniku jaotamine karjamaal (liuguva taldmikuga süsteem, tüüp e, joonis 6, sisestamise sügavus kuni 2 cm) [7].



Joon. 6. Vedelväetise mulda sisestamise seadmeid (väetuskäppi)
(J. F. M. Huismans, 2003).



Joon. 7. Kahekettalise ketaskäpaga vedelvätusmasin (vt ka joon. 6, a) [8].



Joon. 8. Sfäärketaskäppadega vedelväetusmasin (vt. ka joon. 6, b); väetise mulda sisestamise sügavus rohkamaral (karjamaa) on kuni 2 cm, põllul töötamisel aga kuni 10 cm [8].

Väikese sügavusega ehk madal injektioon

Vedelsõnniku mulda sisestamise ehk injektioonisüsteemid on reeglina paigaldatud raamile ja komplekteeritakse transportimistsisterniga või kasutatakse vahetult traktori taga. Vedelsõnniku jaotussüsteemid on sageli koostatud mitut marki toodetest, mis on koondatud ühte plokki; väetise andmine injektioonisüsteemi (ühe- või kahekettaline, spetsiaalne nuga jne), nagu ülalpool mainitud, toimub masina jagamispeaga ühendatud voolikute vahendusel, kusjuures pilude sügavus madala injektiooni korral on mitte üle 5 cm. Mõningad seadmed on varustatud tihendusratastega, mille abil rullitakse väetise injektioonipilud kinni.

Sügav injektioon

Seda liiki seadmetes kasutatakse laialdaselt raamile paigaldatud kultivaatorikäppasid, mida koos laoturiga veetakse traktori taga. Iga käpa (mis tagavad mullakihi piisavalt sügava kobestamise) alla suundub voolikust 10...20 cm sügavusele väetis. Sellise andmisviisi positiivseks tulemuseks on ammoniaagi emissiooni ulatuslik vähenemine, negatiivseks aga kogu masina kõrge hind ning suur kütusekulu töötamisel.



Joon. 9. Tihendusrataste ja sahkäppadega vedelväetusmasin (vt. ka joon. 6, d) [7, 8].



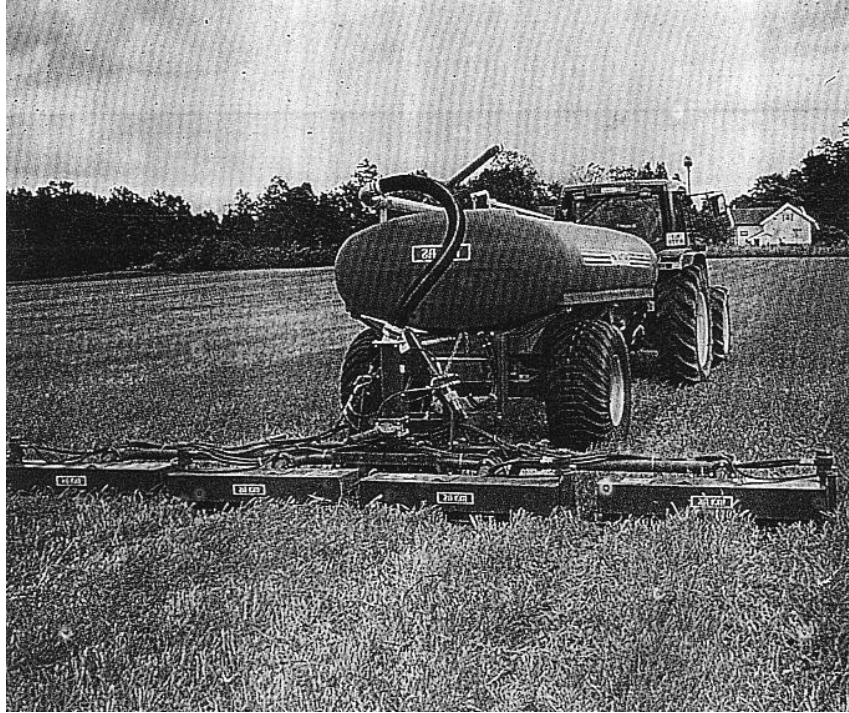
Joon. 10. Tihendusrataste ja sahkäppadega vedelväetusmasin; rohkamaral on väetise sisestamise sügavus 1...3 cm, küntud põllul 2...5 cm [7, 8].



Joon. 11. Väetise sügav (10...20 cm) sisestamine mulda [7, 8].

Vedelväetise sisestamine suure rõhuga toimub kõrgrõhkpumba kasutamisel, mille abil vedelsõnnik läbi düüside (läbimõõt 10...15 mm, olenevalt väetamise annusest) suunatakse väetatavale alale. Düüside rida paikneb “suusaks” või “tallaks” nimetatud seadmes, mida masina haardelaiusel lohistatakse mööda põllu pinda.

Pöörlevad lõikenoad hoiavad ära düüside ummistumise juhuslike mitte-konditsioonsete lisanditega, sel ajal kui vedelsõnnik pulseeriva joana läbib düüsi. Kõrge rõhuga vedelikujuga tungib poorsesse mulda, pulseerimisel lõhutud mullapooridest moodustuvad õõned, millesse siseneb vedel väetis.



Joon. 12. Rõhuga sisestatava vedelväetise masin töötamas

2.2. Tahesõnnik

2.2.1. Sõnnikulaoturid ja nende laotusseadiste erinevused

Kahest rõhtsalt paiknevast trumlist (tigubiitrist), koosnev laotusseadis sobib hästi tahesõnniku laotamiseks, komposti jaoks on sobivus alla keskmise (joonis 13).



Joon. 13. Kahe rõhtbiitriga sõnnikulaotur [8].

- Kahest rõhtsast tsentrifugaalkettast (igal kettal kaks liikumatut laba) koosnev laotusseadis sobib väga hästi komposti ja hästi tahesõnniku laotamiseks (joon. 14).
- Neljast püstbiitrist ja nende all paiknevatest rõhtketastest koosnev laotusseadis sobib väga hästi tahesõnnikule ent rahuldavalt kompostile (joon. 15).
- Neljast kergelt sissepoole kallutatud V-kujuliste topeltpiidega püstbiitrist koosnev laotusseadis sobib väga hästi tahesõnniku jaoks ja hästi komposti jaoks (joon. 16).



Joon. 14. Sõnnikulaotur, mille laotusseadis koosneb kahest rõhtsast tseentrifugaalkettast ja kahest rõhtrullist (-biitrist) [7].



Joon.15. Nelja püstbiitriga ja nende all paiknevate rõhtketastega sõnnikulaotur [8].



Joon. 16. Püstbitritega sõnnikulaotur (firma JF tüüp ST 12000, Taani).

2.3. Tehnilised vahendid sõnniku segamiseks mullaga

Oluline on märkida, et sõnniku andmisel küntud põllule tuleb tingimata (kergesti lenduva ammoniaagi säilitamise eesmärgil) see võimalikult kiiresti segada (katta) mullaga. Sel eesmärgil tuleb põldu töödelda (harida) kultivaatoriga, randaaliga või rootoräketega. Sõnniku mullaga katmise efektiivsus sõltub mitte ainult mullaharimisriista liigist aga ka mulla struktuurist ja seisundist. Ammoniaagi lendumine oleneb sõnniku laotamise ja mullaga katmise (mulda segamise) vahelisest ajast (vt tabelid 2, 4, 5).

2.4. Masinate valik – ammoniaagi kadude vähendamise alus sõnniku käitlemisel

Ammoniaagi emissiooni vähendamise eesmärgil tuleb tehnika valikul arvesse võtta emissiooni ohjamise efektiivsus, seadme rakendatavus ja selle maksumus. Vedelsõnniku andmine lindina (ribadena) ja selle sisestamine mulda võivad vähendada ammoniaagi emissiooni 30...80%, võrreldes pindmise jaotamisega traditsioonilise reflektorplaadiga seadise abil. Siinjuures tuleb märkida, et lindina laotamine ja mulda sisestamine ei sobi vedelsõnniku andmiseks järskudel nõlvadel, ning et väikese sügavusega sisestamise tehnika hästi ei tööta kivistel ja tugevalt tihenenud muldadel. Väikesed ebakorrapärase kujuga põllud on raskesti töödeldavad suurte masinatega. Eelnevalt kultiveeritud põld on sõnniku mulla sisse segamiseks vähem sobiv.

Lõpetuseks tuleb eriti märkida, et vedelsõnniku andmise viis (tehnoloogia), mille juures ammoniaagi emissioon on vähene, parendab ka oluliselt väetise põllule jaotamise ühtlust, võrreldes traditsioonilise (reflektorplaadiga) laotamisviisiga, sest väetise viskoossuse ulatuslikust varieerumisest tingituna on reflektorplaadiga laotamisviisi korral üsna raske prognoosida laotamise töölaust, jaotamise ebahütlust ja väetise annust töölausel. Lint- ja injektsioonlaoturid aga omavad kindlat haardelaiust, mis ei olene väetise viskoossusest.

Tabel 6 – Tehnika valik sõnniku andmiseks põllule ja ammoniaagi emissiooni vähendamise efektiivsus (ALFAM, 1998)

Nr	Väetusviis	Sõnniku liik	Kõlvik	Emissiooni vähendamine, %	Kasutamise piirang
1	Laotamine lohisvoolikutega	Vedel	Karjamaa Põld	10...20 30...40	Maapinna kalle, põllu suurus, mitteviskoosne sõnnik. Sama mis ülal. Tehnoradade laius teraviljade jaoks
2	Laotamine lohisvoolikutega	Vedel	Peamiselt karjamaa	40...60	Sama mis ülal. Taimkatte optimaalne kõrgus üle 10 cm
3	Sisestus väikese sügavusega piludesse	Vedel	Peamiselt karjamaa	60...70	Sama mis ülal. Rohi lühike (väetamise eel niidetud /karjamaa), kivideta, mitte väga tihenenud muld
4	Sügav sisestus	Vedel	Küntud põld	70...80	Sama mis ülal. Vajalik on tugevajõuline traktor
5	Mullaga segamine (mulda viimine)	Kõik liigid	Küntud põld ja/või karjamaa	20...90	Kultiveeritud põld, eelistatud on eelnevalt küntud

2.5. Mõningad soovitused

Sõnniku (esmajärjekorras vedela fraktsiooni) kogumise, hoidmise ja põllule andmise mis tahes efektiivne süsteem osutub puudusi omavaks, kui hoidla konstruktsioon ja sõnniku käitlemise süsteem ei ole õigesti valitud.

Soovitusi hoidla kasutamisel

Sõnniku kogumise, hoidmise, ümberlaadimise ja põllule andmise tehnoloogiat talumajapidamises saab parendada, kui juhendada alljärgnevatel punktides toodud soovitustest:

- vältida pakkimata materjalide (betoon, tellised, muu ehitusmaterjal, juhtmed) paiknemist sõnnikuhoidla lähedal, kuna need võivad rikkuda mehhanisme ja osutada ohtlikuks tööde tegemisel;
- kui süsteemi kasutatakse ainult vedelsõnniku jaoks, tuleb virtsakaevust ja hoidlast eraldada allapanu- ja söödajääd, vältides nende kogunemist;
- kui nõutakse vedelsõnniku läbisegamist, on soovitatav alustada hoidlas oleva massi segamist mõni päev enne hoidla täielikku tühjendamist; läbisegamine tagab võimaluse saada (homogeensele lähedast) massi, mis laotamisel on kõige sobivam, tühjendada hoidla täielikult ning seejuures kõrvaldada ka pinnale moodustunud korp;
- oluline on hoidla täielik tühjendamine vedelsõnnikust vähemalt kord aastas, korba või sette (tihenenud massi) kogunemisel sagedamini – iga kord.

Keskkonnakaitse

Seal kus võimalik, kasutage vedelsõnniku andmiseks ribaslaoturit, liuguva taldmiku tüüpi seadisega laoturit või injektsioonseadet. Juhul kui seda ei ole võimalik teha, kasutage traditsioonilist (reflektorplaadiga) laotamist, aga nii, et väetisejoo paiskekaar oleks madal ja vedela fraktsiooni pihustumine mõõdukas (piiskade läbimõõt võimalikult suur).

Pärast vedel- või tahesõnniku andmist kultuurideta põllule (mustkesale) segage väetis mullaga vastavalt ülaltoodud soovitustele.

Sõnnikut mitte kasutada:

- lähemal kui 10 m kraavist ja jõest, samuti inimeste ja/või loomade joogiveekaevu läheduses, 50-meetrises tsoonis;
- rohkem kui 30 tonni hektarile, eriti ühe korraga – et vähendada pindäravoolu riski. Kasutusmäära (annuse, doosi) vähendamine tuleneb orgaanilises väetises sisalduva lämmastikukoguse piiratult andmise vajadusest. Keskkonnaministeeriumi poolt kehtestatud nõuete kohaselt ei tohi aasta kestel antav lämmastikunorm ületada 100 kg ha⁻¹. (Euroopas antakse sõnnikut kuni 50 t ha⁻¹, mis moodustab kuni 250 kg lämmastikku hektari kohta aastas);
- kui muld on külmunud, sealjuures tuleb arvestada, et kerged külmad (hallad, öökülmad sügisel ja varakevadel) kestavad mitte vähem kui 12 tundi ööpäevas;
- kui põld on kaetud lumega;
- kui kuivendusdreenide kohal või drenikaeviku täitepinnases on sügavad lõhed;
- kui põllule on paigaldatud torujuhe, rajatud muttdrenaaž või viimase 12 kuu jooksul on tehtud drenikaevikutega lõikuv mulla sügavkobestus.

Sõnnikuga väetamise aeg

Sõnnikus sisalduvate väetusainete (taimetoitainete) optimaalseks kasutamiseks tuleb väetada sobival ajal, et kultuurtaimed suudaksid väetusained omastada enne täielikku valmimist.

Ebameeldiva lõhna leviku vähendamiseks täitke enne sõnnikuga väetamise alustamist järgmisi nõudeid:

- ärge väetage sõnnikuga õhtul või nädalavahetusel, siis kui suurem osa inimesi on kodus;
- hinnake tuule suunda naabrite suhtes;
- vältige sõnnikuga väetamist sooja niiske ilmaga;
- hoiduge selliste laotussüsteemide kasutamisest, mis töötamisel tekitavad väga peeni (tolmutaolisi) piiskasid.

Miks on nii oluline võtta sõnnikuproov ja teha selle analüüs?

Väetusainete (taimetoitainete) sisaldus vedelsõnnikus võib hoidlas olla väga erinev, tingituna selle koostisest ja pinnale moodustuvast korbast. Ka tahesõnniku koostis võib erineda, olenevalt allapanu hulgast ja söödajätmetest, mis kogunevad sinna hoidmise kestel.

Kui analüüs tehakse laboratooriumis, on väga oluline see, et proovid kujutaksid endast hoitava sõnnikumassi keskmist.

Proovide võtmise põhimõtted. Väga oluline on see, kus kohas on kõige käepärasem ja ohutum võtta analüüsiks piisav kogus proove. Neid tuleb võtta vedelsõnniku hoidlast ja tahesõnniku patareist, valada ja segada need kokku ja seejärel võtta sellest proov. Lõpliku proovi võite esitada analüüsimiseks või testimiseks – näiteks lämmastikusisalduse määramiseks.

Vedelsõnnik: võtta vähene kogus viiest kaheliitrisest proovist, valada see suuremasse nõusse, segada põhjalikult ja koheselt valada 2 liitrit proovi väiksemasse puhtasse nõusse, seades selle analüüsiks valmis.

Proovide võtmine erinevat tüüpi hoidlatest.

Maapealne hoidla: ideaalolukorras peab vedelsõnnik olema täielikult läbi segatud ja proovid tuleb võtta vahepealsest väiksemast (sõnniku transportimise ja eraldamise) hoidlast, mis eelneb sõnniku kogumise põhihoidlale. Kui selline variant ei ole vastuvõetav ja kui vedelsõnniku hoidlale on olemas ohutu ligipääs (juurdepääs operaatori platvormilt), võib mistahes juurdepääsetavas kohas võtta 5 proovi, kasutades nõõri otsa kinnitatud kantavat kaheliitrist nõu.

Mulla sisse süvistatud ehk süvendis olev hoidla: proovi võtmine on võimalik hoidla erinevatest punktidest, kasutades kantavat nõu, analoogiliselt ülalkirjeldatule. Kuid *mitte kunagi ärge üritage siseneda hoidlasse (tavaliselt on see ammoniaagi lendumise vältimiseks kaetud kaanega), kuna sinna võib koguneda (koguneda) surmav gaas.*

Laguuni tüüpi hoidla: sel juhul kui sõnnik on hästi segatud, võib proovid võtta vahetult transportiva masina või vedelsõnniku laoturi paagist, nagu kirjeldatud allpool. *Ärge püüdkite võtta proovi otse laguuni tüüpi hoidlast, seda võib teha ainult ohutu platvormi olemasolul.*

Kui on olemas spetsiaalne väljalaadimisklapiga varustatud statsionaarne ümberlaadimise reservuaar, millest saab proove võtta, siis võtke kindlaksmääratud aja vahemike järel 5 proovi põllule laotamise käigus.

Tahesõnnik: võtta 10 väheldast umbes ühekilost proovi ja asetada need puhtasse kandekasti või jõupaberilehele, moodustada mõned hunnikud, segada proovid põhjalikult läbi ning seejärel võtta analüüsiks kahekilone proov.

Hunnikud (kuhjatised): kui sõnnik on kuiv ja sellel käimine on ohutu, märkida ühtlaste vahedega 10 punkti kust kavatsetakse võtta proove. Väljavalitud kohtades kaevatakse hunnikusse umbes 0,5 m sügavused augud ja võetakse igaühest üks kilo sõnnikut proovi jaoks. Teise võimalusena võetakse proov hunniku külgpindadelt, sõnniku põllule andmise erinevate perioodide järel.

Märgunud seinaga hoidla: mitte võtta proovi hoidla tühjendamise käigus, kuna hoidlas oleval sõnnikul käimine on ohtlik. Proovid võib võtta hunniku pealt, kohe tühjendamise alguses.

Proovide võtmine laotamise ajal: vedelsõnniku või tahesõnniku proovide võtmiseks laboratoorse analüüsi otstarbel võib kasutada ka põllule asetatavaid panne (madalaid konteinereid), mida tavaliselt kasutatakse masinate katsetamisel.

Niisiis, nagu mainitud eelnevates paragrahvides, analüüsitakse proove kuivainesisalduse (KAS), üldlämmastiku (N) jms määramiseks (vt jaotis 1.1 jt). Vedelsõnniku saatmiseks laboratoorsele analüüsile tuleb valitud proovid valada puhtaisse (keermetatud korgiga suletavatesse) kaheliitritesse plastikkanistritesse.

Laoturi häälestamine (seadistamine) väetiseannusele ja väetise laotamine põllule

Kasutatav annus (doos). Eesmärgiga vähendada keskkonnareostuse riski, mis on põhjustatud taimede poolt mitteomastatavate väetisainete ülejäägist mullas, on kindlaks määratud lämmastiku (N) kasutamise aastalimiit – 100 kg (N) hektari kohta aastas, mis on kehtestatud Eesti Vabariigi Keskkonnaministeeriumi poolt. (Euroopa Liidus on see näitaja 250 kg lämmastikku (N) hektari kohta aastas). Keskkonnaministeeriumi poolt on kinnitatud ka sõnniku kasutamise piirmäärad (lubatavad doosid) Eestis. Allapanuga veisesõnniku piirkasutusmäärad on esitatud tabelis 7.

Tabel 7 – Allapanuga veisesõnniku piirkasutusmäärad aastas
(Talukeskkonna kaitse IV, 1994, lk 22)

Piirkond	Sõnniku külvikordadekeskmise kogus t ha ⁻¹ aastas			
	teravili	rohumaal	kartul	suhkrupeet
EESTIS üldiselt	30	20	30	30
Karstialadel ja õhukese pinna- kattega aladel	20	15	20	20
Saartel	20	10	20	20

Kuidas hinnata/mõõta kasutusmäära (doosi)?

Vedel- ja tahesõnniku laotusseadmete häälestamiseks on olemas rahvusvahelised standardid. Täieliku häälestamismenetluse (seadistused, reguleerimised) korral määratakse väetisenorm (annus, doos), millega võib väetada nii vedel- kui ka tahesõnnikuga, kui see põllule laotamisel jaotatakse ühtlaselt. See näitaja määratakse kindlaks väetise jaotamisühtluse variatsiooniteguri abil. Vastav seade selle tagamiseks on kallid ja nõuavad suurt tööd, aga on olemas lihtsad testid, mille abil võib toime tulla majandi (talu) tingimustes.

Vedelsõnnik

Väetisenorm (etteantud doos) sõltub kolmest tegurist:

- agregaadiga paagi tühjendamise jõudlusest;
- haardelaiusest agregaadiga töötamisel (töö-haardelaiusest ehk töölaiusest);
- agregaadiga liikumiskiirusest.

Kui etteantud doos (väetisenorm) tehakse kindlaks saagi kasvatamiseks tarviliku väetisehulgaga (teraviljade jt kultuuride väetistarbega), arvesse võttes väetusainete (taimetoitainete) sisaldust vedelsõnnikus, toimub nõutava liikumiskiiruse arvutus väetisenormi järgi seosest:

$$\text{Liikumiskiirus (km h}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Paagi tühjendamise jõudlus (m}^3\text{ s}^{-1}\text{)} \times 36\,000}{\text{Haardelaius (m)} \times \text{väetisenorm (m}^3\text{ ha}^{-1}\text{)}}$$

Vaakum- või ülerõhupumbaga varustatud agregaadid paagi tühjendamise jõudluse saab määrata täielikult täidetud paagi (tsisterni) teadaoleva mahu ja tühjendusaja järgi, rakendades jõusiirdevõllil (kardaanvõllil) sellist pöörlemissagedust, mida tavaliselt kasutatakse väetise põllule laotamisel. Teine võimalus on täielikult täidetud tsisterni kaalumise koormakaalul või selle massi määramine masina teljekoormuse järgi.

Ülerõhuga (enamasti kolbpumbaga varustatud) tsisternidele võivad olla tootja poolt kaasa antud juhised, mille järgi saab etteantud väetisedoosi kindlaks määrata.

Kui tsistern on varustatud tsentrifugaalpumbaga, tuleb väetiseannuse määramisel arvesse võtta ka väetise tsisternist etteandmise jõudluse muutumist, tingituna toruliini pikkusest tulenevast rõhukaost ja rõhu muutumisest kasutatava vedelsõnniku erinevate füüsikaliste omaduste korral.

Ent doos võib olla lihtsalt hinnatud (määratud) tsisterni tühjenemisaja järgi, kui selle maht või väljutatud materjali mass on teada.

Näide agregaadid häälestamiseks ja töökiiruse valikuks vedelsõnniku annuse (doosi) 25 m³ ha⁻¹ korral.

Kui väetisepaak mahuga 10 m³ tühjendatakse 300 sekundi jooksul, siis on vooluhulk:
10 : 300 = 0,033 m³ s⁻¹.

Kui agregaat on varustatud 6-meetrise haardelaiusega torulaotusseadmega, tuleb vedelsõnniku põllule andmisel (doosiga 25 m³ ha⁻¹) liikuda kiirusega:

(0,033 × 36 000) : (6 × 25) = 8 km h⁻¹.

Põllu ettevalmistamine ja tööde korraldamine.

Põllu ettevalmistamine seisneb selle märgistamises ja masinate liikumist segavate takistuste kõrvaldamises. Näiteks, tuleb tasandada lohud ja lahkukünnivaod.

- Vedelsõnnikut on otstarbekas laotada põllu pikema külje sihis, liikudes süstik- või eeviisiliselt, laotusseadise kohustusliku väljalülitamisega tööee lõpus (joonised 17 ja 18).
- Süstik- või eeviisilise liikumise korral tähistatakse eelnevalt tööee otstes pöörderiba piirjoon, mis on orientiiriks masina tööorganite sisse- ja väljalülitamisel.

Põllu märgistamine.

Enne laoturiga põllule sõitu määratakse ratsionaalne liikumisskeem, lähtudes minimaalsetest tühisõitudest. Sellega seoses püstitatakse nõuded põllu jaotamisel tööeedeks ja nende märgistamisel selliselt, et need oleksid laoturi tsisterni tühjendamiseks vajaliku töökäigu pikkuse kordsed. Juhul, kui laoturi ümberpööramine väljaspool tööee piire ei ole võimalik, tuleb põllu tööeedeks jaotamisel arvestada pöörderibadega.

Tööe piiridest väljumisel või pöörde sooritamisel pöörderibal, tuleb laotamine katkestada, aga pöörderivad töödelda pärast sõnniku laotamist põllu põhiosale.

Laoturi liikumisskeemide valikul arvestatakse ka põllupinna seisundit. Laoturiga soovitatakse liikuda eelnevalt tehtud künni sihis, teravilja- või kartulikombaini jälgede sihis. Rohumaadel või karjamaadel töötamisel valige teile sobivam liikumisskeem.

Laoturi liikumise siht määrab omakorda põllu märgistamise skeemi, mis sõltub valitud tööe pikkuse ja laoturi tsisterni tühjendamiseks vajaliku töökäigu pikkuse suhtest. Tähelestatud suhtel võivad olla järgmised variandid: tööe pikkus on ligikaudu võrdne laoturi tsisterni tühjendamiseks vajaliku töökäigu pikkusega; on sellest mitu korda väiksem või suurem.

Laoturi tsisterni tühjendamiseks vajalik töökäigu pikkus sõltub masina kandevõimest, töölaaiusest ja väetamise annusest.

Ristkülikukujulise põllu märgistamine ja ümberlaadimisväljakute paigutus.

Ühesuguse kuju ja mõõtmetega põldude märgistamine, vedelsõnniku laotamisel ühe ja sama agregaadiga, sõltub igal üksikjuhul laoturi tsisterni tühjendamiseks vajaliku töökäigu pikkuse ja tööe pikkuse omavahelisest suhtest.

Põllu märgistamisel ja laoturi paagi täitmiseks vajalike ümberlaadimisväljakute asukohta valikul arvestatakse järgmisi tingimusi. Kui tööe pikkus on laoturi tsisterni tühjendamiseks vajaliku töökäigu pikkusest mitu korda väiksem, siis märgitakse nii põllu pikema kui ka lühema külje sihis laoturi esimese töökäigu joon, arvesse võttes ümberlaadimisväljaku asukohta põllu servas (joonis 17). Ümberlaadimisväljak peab olema tihendatud ja vajaliku suurusega, võimaldamaks traktoragregaadi ning autotranspordi manööverdämist. Vedelsõnniku ümberlaadimine tööeel ei ole lubatav, kuna see põhjustaks mulla tallamist masinatega, eriti siis kui põld on märg.

Kui tööe pikkus on ligikaudu võrdne laoturi tsisterni tühjendamiseks vajaliku töökäigu pikkusega, jagatakse põld kaheks tööeks, mis töödeldakse järgemööda (joonis 18). Võimaluse korral nähakse ette igale tööele oma ümberlaadimisväljak.

Juhul, kui põllu pikkus mitu korda ületab laoturi tsisterni tühjendamiseks vajaliku töökäigu pikkuse, jagatakse põld mitmeks tööeks, kusjuures tööe pikkus võetakse võrdseks laoturi tsisterni tühjendamiseks vajaliku töökäigu poole pikkusega.

Ebakorrapärase kujuga ja väikeste põldude märgistamine.

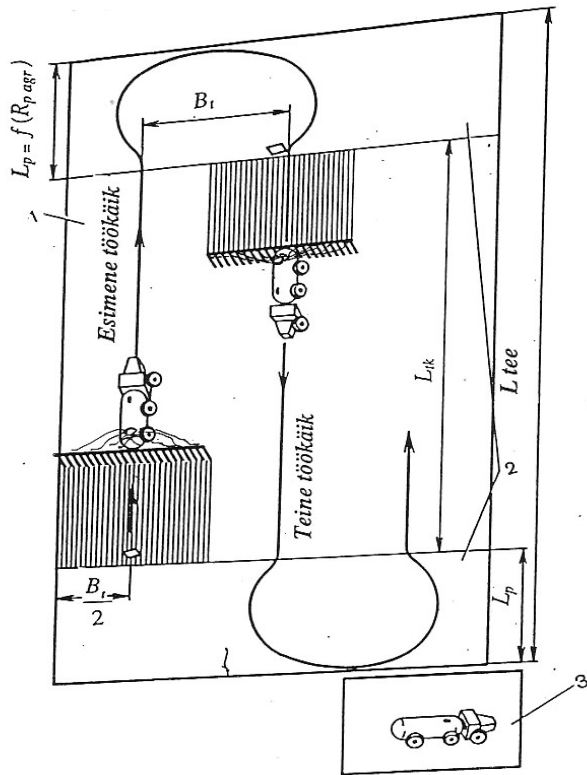
Märgistamine toimub põllu osade järkjärgulise jaotamisega ristkülikukujulisteks tööeedeks, arvesse võttes eelneva töötlemise sihti, laoturi tsisterni tühjendamiseks vajaliku töökäigu pikkuse ja tööe pikkuse suhet, ümberlaadimisväljaku asukohta.

Väikesi põlde (reeglina) ei märgistata, neid töödeldakse vastavalt kohapeal selgunud tingimustele.

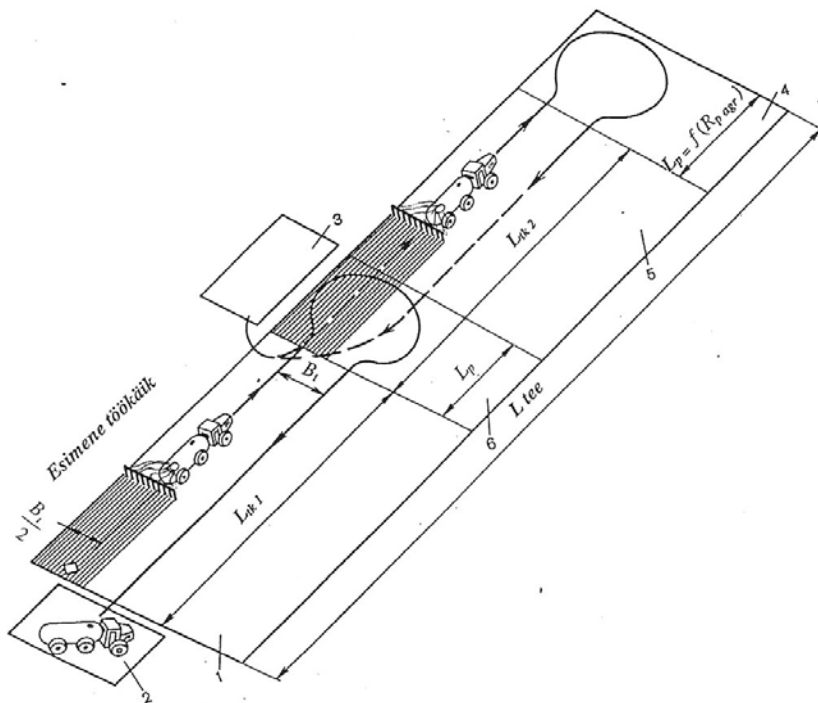
Vedelsõnniku jaotamisel lindina (ribana) (lohisvoolikutega torulaotusseadise kasutamisel) ja väetise sisestamisel (injektsioonil) mulda, on masina töölaius määratud torulaotusseadme või injektsioonilüli haardelaiusega. Laus- ehk hajuslaotusviisi korral on haardelaiuse täpne määramine raskendatud.

Väetise *põikjaotumine* on taolise laotusviisi korral tavaliselt üsna ebaühtlane ja nõuab masina järgmisel töökäigul ülekatet selleks, et parendada väetise põllule jaotamise ühtlust.

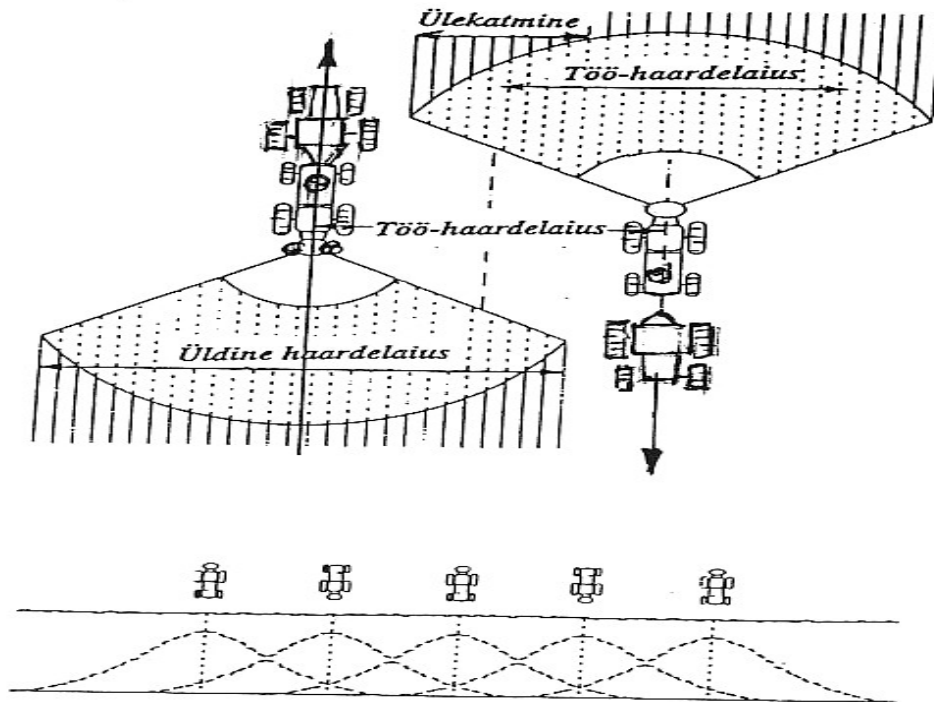
Joonisel 19 on toodud näide masina töötamisest ülekattega.



Joon. 17. Märjastamise skeem põllul, mille pikkus on mitu korda väiksem laoturi tsisterni tühendamiseks vajaliku töökäigu pikkusest
 1 - tööee, 2 – pöördebad, 3 - ümberlaadimisväljak.



Joon. 18. Märjastamise skeem põllul, mille pikkus on võrdne laoturi tsisterni tühendamiseks vajaliku töökäigu pikkusega
 1- I tööee; 2, 3 - ümberlaadimisväljakud; 4, 6 - pöördebad; 5 - II tööee.



Joon. 19. Näide masina töötamisest ülekattega

Tahesõnnik

Agregaadi liikumiskiiruse, töö-haardelaiuse ehk töölaiuse ja sõnniku laoturist väljalaadimise jõudluse arvutamine toimub analoogiliselt vedelsõnniku andmise masina kohta toodud kirjeldusega.

$$\text{Liikumiskiirus (km h}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Kaaluline väetisekulu (t s}^{-1}\text{)} \times 36\,000}{\text{Haardelaius (m)} \times \text{etteantud doos (t ha}^{-1}\text{)}}$$

Agregaadi jõudlus (kaaluline väetisekulu tonnides sekundis) tahesõnniku väljalaadimisel laoturist on määratav laoturi punkri täielikult tühjakslaadimiseks kuluva aja järgi. Sõltuvalt sõnniku tihedusest (mahumassist, kg m^{-3}) arvutatakse selle kulunorm (doos) iga sõnnikuliigi jaoks.

Näide. Etteantud kulunorm (doos) on 30 t ha^{-1} . Kui laoturi punkrisse on laaditud 8 tonni ja selle täielik tühjendamine (väljalaadimine) toimub 300 sekundi jooksul, siis on väljalaadimisjõudlus (kaaluline väetisekulu, t s^{-1}):
 $8 : 300 = 0,027 \text{ t s}^{-1}$.

Kui laoturi töölaius on näiteks 4 m, saame (doosi 30 t ha^{-1} korral) arvutuslikuks liikumiskiiruseks:
 $(0,027 \times 36\,000) : (4 \times 30) = 8 \text{ km h}^{-1}$.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. B. Chambers, N. Nicholson, B. Pain, T. Cumby, I. Scotford. Making better use of livestock manures on arable land. Booklet 1. IGER, ADAS, Silsoe Research Institute, MAFF, London, 1998, pp. 2-12.
2. B. Chambers, N. Nicholson, B. Pain, T. Cumby, I. Scotford. Spreading systems for slurry and solid manures. Booklet 3. IGER, ADAS, Silsoe Research Institute, MAFF, London, 1998, pp. 9-15.
3. ALFAM (Ammonia Loss from FIELD Applied Animal Manure), FAIR-PL98-4057, 1998 (autorite kollektiiv, 29 nime), 1998, pp.73-76.
4. J.F.M. Huismans. Manure application and ammonia volatilization. PhD thesis Wageningen University, 2003, pp. 70-73.
5. Sõnnik ja silomahl. Talu keskkonnakaitse III. Koostaja A. Maastik, Tallinn, 1994, lk.11
6. Sõnnikuhoidlad. Koostatud BAAP programmi raames. Koostaja V. Luts.1996, lk. 5
7. Landmaschinen KATALOG, top agrar profi. 2003.
8. Landmaschinen KATALOG, top agrar profi. 2004.
9. Talukeskkonna kaitse IV, Tallinn, 1994, lk 22.
10. The central role of nitrogen. In MANURE MANAGEMENT. Treatment Strategies for Sustainable Agriculture. 2nd Edition. Silsoe Research Institute 2003, pp. 58-64.

LISA (Tabelid 1, 2, 3, koostatud rahvusvahelise programmi BAAP raames. V. Luts, Sõnnikuhoidlad, Jäneda, 1996)

Tabel 1 - Tahesõnniku keskmine kogus looma kohta, m³

Looma liik	Hoiustamisperiood, kuud			
	6	8	10	12
Lüpsilehm, v.a. noorloomad	6,0	8,0	10,0	12,0
Lihaloom (0...2a)	2,7	3,6	4,5	5,5
Mullikas (üle 1a)	1,9	2,5	3,1	3,7
Noorloom (alla 1a)	1,0	1,3	1,7	2,0
Emis	1,4	1,9	2,4	2,9
Nummik, 2,5 vooru aastas	0,36	0,48	0,60	0,72
Tiine emis allapanul	1,2	1,6	2,0	2,4
Hobune	7,2	9,6	12,0	14,4
Talledega utt	0,75	1,0	1,25	1,5
Broiler, noorkana	0,0075	0,01	0,0125	0,015
Munakana	0,015	0,02	0,025	0,03
Naarits	0,035	0,05	0,065	0,08

Tabel 2 - Virtsa keskmine kogus tahesõnniku süsteemi korral looma kohta, m³

Loomaliik	Hoiustamisperiood, kuud			
	6	8	10	12
Lüpsilehm, v.a. noorloomad	4,6	6,7	9,1	11,7
Lihaloom (0...2a)	2,6	3,8	5,1	6,5
Mullikas (üle 1a)	2,0	2,8	3,8	4,8
Noorloom (alla 1a)	0,9	1,3	1,7	2,2
Emis	1,8	2,6	3,4	4,3
Nummik, 2,5 vooru aastas	0,44	0,62	0,82	1,04

Tabel 3 - Vedelsõnniku (läga) keskmine kogus looma kohta aastas, m³

Loomaliik	Vedelsõnniku (läga) kogus, m ³
Lüpsilehm, remontkari	20,5
Lihaloom (0...2 a)	10,7
Mullikas (üle 1 a)	7,5
Noorloom (alla 1 a)	3,6
Emis	4,6
Nummik	1,6