



LOUNAI-SUOMEN
YMPÄRISTÖKESKUS
SYDVÄSTRA FINLANDS
MILJÖCENTRAL



ROOSTIKE KASUTAMISE STRATEEGIA SOOMES JA EESTIS
Interreg IIIA

Energeetilise pilliroo saagikus



Ülo Kask, Livia Kask, Triin Avik
TTÜ soojustehnika instituut

Sissejuhatus

Maaenergiaavaruse kasutamisel olakse suurte muutuste lävel. On aru saadud fossiilkütuste varu piiratusest ja teisest küljest kasvab üldine energiatarbimine ligi 2 % aastas. Juhitavate termotuumaseadmete kaubanduslike variantide valmimine jääb ilmselt sajandi teise poolde ja tuumajaamade laialdasem kasutamine kohtab paljudes riikides elanikkonna vastuseisu. Sajandi lähikümnenditel oodatakse vesinikupõhise energeetika sündi senise süsinikupõhise energeetika asendamiseks. Tõenäoliselt leiab vesinik esmalt kasutamist fossiilsete transpordikütuste asendajana ja ka väikeste energiaajamade (soojus + elekter) kütusena.

Taastuvenergiaallikate laialdasemat kasutuselevõtmist toetavad vähemalt sõnades aga kõigi riikide valitsused, paljudes eksisteerivad vastavad ma-

janduspoliitilised toetuskeemid. Iga riik peaks tegema taastuvenergiaallikate inventuuri. Eesti olulisemad taastuvenergiaallikad on biomass ja tuul (tuule vahendusel saaks energiat vesiniku näol hõlpsalt salvestada). Neid ja voolava vee energiat on meie aladel kasutatud juba sajandeid. Energeetilise biomassi varuna tuleks arvele võtta ka looduslikud, suure produktiivsusega rohttaimed, mida saab tehnoloogilise muundamise käigus kütuseks vääristada. Analoogse tööga alustati ka Lääne-Euroopas pärast nn esimest energiakriisi 1970. aastatel.

Käesolevas artiklis tutvustatakse Eesti märgaladel, rannikumeres ja järvedes korraldatud energeetilisteks eesmärkideks kogutava pilliroo saagikuse määramise katsete tulemusi. Töö on osa INTERREG IIIA programmist rahastatava projekti „Roostike kasutamise strateegia Soomes ja Eestis“ bioenergia moodulist. Projekti toetab rahaliselt ka Eesti Siseministerium. Projekti ühe väljundina peaks selguma, kas, kus, millises mahus ja milliste tehnoloogiatega oleks pilliroo kasutatav kütusena alates väiketarbijatelt kuni kaugküttesüsteemideni.

Märgalade roostike suurus

Matsalu Rahvusparki spetsialisti Alex Lotmani andmetel kasvab tänapäeval Kasari jõe deltaaladel pilliroog kokku u 25 km² ehk 2 500 hektaril. Roostikud on seal jaotatud tinglikult kolmeks: tarnaroostikud – 490 ha, kaldaroostikud – 600 ha ja mereroostikud – 1 410 ha. Kasvult hõredamad tarnaroostikud paiknevad aladel, mis on veega kaetud vaid üleujutuste ajal. Kaldaroostikud jäävad tarna- ja mereroostike vahelisele alale ja moodustavad üleminekutsooni. Kalda- ja mereroostikud asuvad valdavalt vees [1].

Lisaks ulatuslikele Matsalu roostikele on Eestis pilliroo kasvualasid ka Võrtsjärve idaküljel (lääneküljes on vähem), Väikses väinas, Peipsi järve ääres, mitmelt poolt Saare, Hiiu, Lääne ja Pärnu maakonnas ning isegi Tallinna külje all Rocca al Mares. Võrtsjärve roostike kogusuuruseks hinnatakse ~1 200 ha ja Peipsi järves on roostike pindala ligikaudu 930 ha. Hiiumaal Käina lahes on 180 ha roostikke [2]. Eestis on roostike pindala pidevalt suurenenud.

Eesti on märgalade pindala TÜ Geograafia Instituudis koostatud kaardi andmetel kokku ~24 000 ha. Roostike kogupindala kohta andmed puuduvad. Enamuses kasvab märgaladel pilliroog, vähemal määral pajuvõsa ja hundinuad, vahele jäävad vabavee alad.

Märgalade taimede biomassipotentsiaal energiaallikana (kütusena) on jäetud seni arvestamata, kuigi see on paljulubav tänu seal kasvavate taimede kõrgele saagikusele ja suhteliselt kõrgele kütteväärtusele.

Märgalade biomassi kasutuse tähtsus energeetilise toormena ei piirdu ainult majandusliku efektiga, vaid võiks olla oluliseks panuseks üle-eestilise keskkonnakaitse, loodusmaastike kujundamise ja maapiirkondade tööhoive parandamise.

Pilliroo saagikus

Roostike biomassi iga-aastane saak sõltub mitmest asjaolust, nagu näiteks



Joonis 1. Pilliroo proovivõtu kohad Eestis (veebruar–aprill 2006).
Figure 1. Places in Estonia where samples of reed were taken (February–April 2006)

Tabel. Eesti roostike keskmise saagikuse ja niiskuse mõõtmistulemuste koondtabel.
Table. Final results of measurement of the average productivity and moisture content of Estonian reed beds

Maakond, linn, vald, proovivõtu kuupäev. County, city, rural municipality, time	Täpne asukoht. Accurate location	Tarbimisaine. As received, t/ha	Tarbimisaine niiskus. Moisture, %	Kuivaine. Dry mater, t/ha
Põlva maakond, Värskla vald, 10.02.2006	Popovitsa küla, Peipsi	10,75	21,37	8,45
Põlva maakond, Mikitamäe vald, 10.02.2006	Lüübniitsa küla, Peipsi	9,25	20,00	7,40
Tartu maakond, Meeksi vald, 10.02.2006	Mehikoorma küla, Peipsi	6,33	22,55	4,91
Harju maakond, Loxsa vald, 15.02.2006	Turbuneeme küla (enne Ahju bussijaama)	11,00	19,80	8,82
Harju maakond, Kuusalu vald, 15.02.2006	Tapurla küla	8,67	24,80	6,52
Saaremaa, Muhu vald, 03.03.06	Linnuse küla	6,21	20,42	4,94
Saaremaa, Põide vald, 03.03.06	Enne Väinatammi, roostik parkla kõrval	7,75	21,02	6,12
Saaremaa, Laimjala, 03.03.06	Ruhve küla	7,75	24,05	5,89
Hiiumaa, Käina vald, 10.03.06	Vaemla (Laisna) küla	11,21	17,47	9,25
Hiiumaa, Orjaku õpperaja alguses, 10.03.06	Majaka kõrval, Käina lahe vastaspool	8,83	17,96	7,25
Viljandi maakond, Vaibla, 13.02.2006	Vaibla, Võrtsjärv	6,17	22,42	4,78
Viljandi maakond, Jõesuu, 13.02.2006	Jõesuu, Võrtsjärv	5,00	24,55	3,77
Saaremaa, Kaarma vald, 10.03.2006	Mullutu laht	6,65	17,58	5,48
Saaremaa, Kaarma vald, 10.03.2006	Suurlaht	3,00	17,13	2,49
Saaremaa, Kaarma vald, 10.03.2006	Kasti laht	4,33	17,17	3,59
Läänemaa, Matsalu RP, 18.03.06	Kirikuküla, mereroostik	7,07	15,30	5,99
Läänemaa, Matsalu RP, 18.03.06	Tuudi jõe suudmeala, kaldarostik	8,53	14,75	7,27
Läänemaa, Matsalu RP, 18.03.07	Kirikuküla, tarnarostik	1,93	14,90	1,65
Pärnumaa, Häädemeeste vald, 24.03.06	Rannametsa küla	12,6	22,27	9,79
Pärnumaa, Tahkuranna vald, 24.03.06	Tahku küla	7,10	18,43	5,79
Pärnu linn, 24.03.06	Papiniidu tn merepoolne ots	6,33	18,46	5,16
Läänemaa, Noarootsi vald, 17.03.2006	Sutlepa meri	3,90	16,78	3,25
Läänemaa, Oru vald, 17.03.2006	Saunja laht	4,53	16,42	3,79
Tallinn, Rocca al Mare, 28.03.2006	Kopli laht	13,83	46,50	7,40
Haapsalu linn, 8.04.2006	Tagalaht	15,95	20,58	12,35
Läänemaa, Virtsu, 8.04.2006	Puhtu-Laelatu LKA	14,80	20,88	11,70
Eesti roostike keskmine saagikus, talv-kevad 2006		8,06		6,30

roostiku asukoht, pinnase koostis, aasta kliimaatilised tingimused, toitainete saadavus jm. Mõned varasemad uurinud näitavad, et looduslikul märgalal, mere ja järve randades kasvab aastast roogu kuivainele ümberarvutatult 10–15 t/ha. Väidetavalt on Matsalu ja Lihula mereroostike pilliroo aastaproduktioon 11–12 t/ha [3]. Veel suuremat saagikust võib oodata kunstlikel märgaladel ehk märgalapuhastites, kuhu suunatakse asulate või talude toitaineterikas heitvesi.

Soomes Turu lähedal on rookoristuskatsetel saadud kuivainena keskmiselt 5 t/ha roogu, talvel vähem. Rootsist saagirikastest roostikest on saadud talvel 5–10 t/ha kuiva biomassi, Tonava soodest 3–30 t/ha [4].

Valiku põhimõtted
 Tallinna Tehnikaülikooli soojustehnika instituudi (TTÜ STI) on projekti Eesti-poolne peapartner) teadurid määrasid pilliroo saagikust Eestis veebruaris–aprillis 2006 (proovivõtuasukohad vt joonis 1). Asukohavalikul lähtuti (1) projektis osalevate omavalitsuste (Saare maakond, s.h Kuressaare linn, Haapsalu linn, Muhu, Lihula ja Noa-

rootsi vallad) huvidest, (2) suuremate roostike (Matsalu Rahvuspark, Silma Looduskaitseala, Mullutu laht, Väinameri jt) haaratusest, (3) alade mitmekesisusest (avamererand Häädemeeste vallas, merelahesopid Rocca al Mares Kopli lahes Mustjõe suubumise lähedal, järverannad Peipsis ja Võrtsjärves) ja (4) põhimõttest, et nimistus oleks enam-vähem kõik suuremad tööstuslikku huvi pakkuvad piirkonnad. Paljudes nimetatud kohtades on juba aastaid lõigatud pilliroogu ehitusmaterjali tarbeks. Mõõtealade valik peaks andma piisava ülevaate Eesti roostike biomassist saagikusest.

Saagikuse määramise meetodika

Roostiku või selle osa biomassi koguse mõõtmiseks hinnati kõigepealt visuaalselt roostike tihedust ja ühtlust ning sellest olenevalt valiti proovilappide asukoht ja arv. Ühtlase kasvuga roostikes valiti lappide asukoht vaba vee ja kalda (kuiva maa) vahel risti kaldajoonega. Üks proovilapp valiti avavee lähedal ja teine üsna kalda ääres ning nende vahel lõigati roogu vähemalt ühel proovilapil. Kui roostik oli ebaühtlane, koristati ka rohkem lappe, nii neid, millel rookasv hõredam, kui neid, millel tihedam. (joonis 2).

Proovilapp piiritleti nelja mõõtelati abil, mille otste jäiga kinnitamise järel moodustus 1 m² suurune ala (joonis 3). Pilliroog lõigati käsioksakääridega lumepiirilt (joonis 4). Lõikamine lumepiirilt toimub ka tööstusliku lõikamise korral, et mitte lõhkuda lõikeri lumes peituvate takistuste (kivid, kannud jm) vastu. Mõõdeti pilliroo kõrte keskmist pikkust, mõnel pool läbimõõtu lõikekohas, lumikatte paksust ja kliimaatilisi parameetreid. Kokku lõigati roogu 99 proovilapilt, mis paiknesid 26 proovivõtualal (roostikus või selle osas). Proovide kohta koostati 10-tulbaline tabel, kus leidsid kajastamist nii iga proovilapi täpne asukoht, proovivõtuaeg, roo tarbimisaine mass, märkused (näiteks: 8 °C, sadas vähest lund, lumikatte paksus järvel u 20 cm, jää paksus 40–50 cm, katselapp kalda ja avavee vahel) kui ka keskmine tarbimisaine niiskus ja mass lõikeala roole ning roo kuivmass t/ha.

Portatiivse GPS-seadmega (MAGELLAN, tüüp eXplorist 600) määraati proovilapi geograafilised koordinaadid. See oli vajalik, et teha suvel ja järgmisel talvel kordusmõõtmisi samas kohas. Suvel (augusti alguses) peaks olema pilliroo kasv peatunud ja tema maa- (vee-)pealne biomass suurim.

Talveks pilliroo lehed langevad, vahel murduvad varred ja üldjuhul katab maad/jääd lumekiht, mistõttu biomassi jääb vähemaks.

Lõigatud roog tükeldatai ~10–20 cm pikkusteks tükkideks, suleti kilekottidesse ning kaaluti kohapeal digitaalse käsikaaluga KERN (MH10K10, ± 10 g, joonis 5). Proovialalt kogutud roog segati kokku keskmiseks prooviks. Sellest võeti hermeetiliselt suletavasse kilekotti vähemalt 600 g (tavaliselt 1,5 kg) (joonis 6) niiskuse määramiseks TTÜ STI laboris. Pärast seda tükeldatai rookõrred lühemaks (~5 cm) ja peenesdati põlemistehniliselt parameetrite määramiseks.

Saagikuse mõõtmiste tulemused

Katsemõõtmistega hinnati lõikealade tööstuslikult kogutava pilliroo biomassi saagikust (tabel). Tulemust võis mõjutada proovilappide asukoha valik ja arv ning lumikatte paksus ja hanged. Täpsemaid hinnanguid koristatava roo koguse kohta saab teha alles pärast suuremaid proovikoristusi masinatega. Ka siis peab arvestama, et kogu rooala ei pruugi olla koristatav kas lumehangede, kivide, kändude vms tõttu (joonis 7). Rõhutame, et meie mõõtmistes hinnati tööstuslikult kogutava pilliroo biomassi talvel, mis on alati väiksem sama ala roo kogu biomassist.

Suurima pilliroo tarbimis- ja kuivaine saagikuse saime Haapsalu roostikus vastavalt 15,95 ja 12,35 t/ha, väiksema Kirikuküla tarnarostikust – 1,93 ja 1,65 t/ha. Tarbimisaine niiskus oli vahemikus 14,75 (Tuudi jõe suudmela) – 46,5 % (Kopli laht). Üksikutelt katselappidelt saadi veelgi suuremaid saake. Turbuneeme küla lähistelt saadi roo saagikuseks 18,5 t/ha (niiskus 19,8 %, kuivainet 14,84 t/ha) ja Haapsalus Uue-Sadama tänava lõpust isegi 26,6 t/ha (24,7 %, 20,03 t/ha). Nendes kohtades oli pillirookõrte kõrgus kuni 4 m mõõdetuna lume või jää pealt ja jämedamate kõrte läbimõõt lõikekohas ulatus üle 9 mm. Samuti olid need lõikealad kaetud tihedalt pillirooga. Kõigi 26 lõikeala keskmine tarbimisaine saagikuse oli 8,06 t/ha ja kuivaine saagikuse 6,30 t/ha (joonis 1, tabel). Kui talvisel niitmisel koguda kütteroogu keskmiselt 5–6 t/ha tarbimisaine keskmise kütteväärtusega 3,7 MWh/t (niiskus ~20 %), saaksime ühe hektari kütteroogu energiasisalduseks 18,5–22,2 MWh. Seega saaks ühe hektari rooga katta ~500 m³-suuruse nüüdisaegse eramu aastase küttevajaduse.

Küttepilliroo kättesaadavus. Inim- ja looduslikud mõjurid.

Pilliroo saagikus sõltub looduslikest tingimustest ja inimõjust ning on suurim kasvuperioodi lõpupoole, vähenedes kuivamise perioodil. Intensiivpõllunduse perioodil 1970.–1980. aastatel, kui märgaladele sattus palju toitaineid ja vähenes loomade karjatamine rannaniitudel (jätkub praegugi), laienesid roostikud kiiresti.

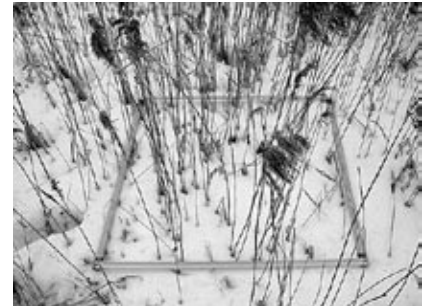
Kuna tänapäeva Eestis arendatakse põllumajandust peamiselt kõrge mulviljakuse piirkondades, siis sadevetesse leostunud toitaineid satub märgaladele ja roostikesse vähem. Viimasel kümnel aastal on hakatud pilliroogu niitma ehitusmaterjalina kasutamiseks ja pärandkoosluste säilitamiseks (rannaniitude hooldamine). Pideva niitmise ja toitainete vähenemise tõttu on hakanud roostike saagikus vähenema. Seda on märganud kauaaegsed katuseroo niitjad (joonis 8). Niitmisest tingitud saagikuse vähenemist aitaks vältida väljavaheldus sarnaselt viljavaheldusega põllumajanduses. Roovälju tuleks niita mosaiikiselt, et niitealad saaksid mõne aasta taastuda. See tehnoloogia sobib hästi kokku looduskaitseõuetege (vt allpool). Kahtlemata vähendab see aastast saadavat roomassi ja on varujatele tülikam, kuid samas jätkusuutlik ja loodussõbralikum.

Talvised üleujutused, tormid ja lumetuisud võivad pilliroo kasvualadele suurt kahju tekitada. 2005. aasta talvetorm koos üleujutusega hävitas roogu tuhandetel hektaritel (joonis 9).

Kuivanud pilliroogu saab meres ja järves niita vaid talvel, kui jää paksus on piisav rasketehnika kandmiseks. Pehme pinnasega rannaniitude niitmine osutub võimalikuks ainult külmunud pinnase korral. Kui jää tekib sügiskülvel varakult kõrge veeseisu ajal ja jääb õhukeseks, siis kevadel kütteroo lõikamiseks sobivaimaks ajaks vee tase langeb ja ei pruugi kanda raskeid niidukeid. Kohati võib niitmist takistada ka roostikesse tuisanud sügav lumi (joonis 10). Samuti ei soodusta niitmistehnika kandmiseks vajaliku paksusega jää tekkimist õhukesele jääle sadanud paks lumi. Mere- või järve-roostike muda mädanemisel eralduv soojus võib samuti takistada niidukeid kandva jää tekkimist. Soome uurijate andmetel kannab 20 cm paksune jää kuni 2-, 25 cm paksune 3- ja 30 cm paksune jää kuni 4,5-tonnist sõidukit (niidukit, pallijat, traktorit jm). Soomlaste niitmiskatsetel kasutatud niitetechnika kaalus 2,5–3 t [4].



Joonis 2. Muutuva saagikusega roostik
Figure 2. Reed bed with variable productivity



Joonis 3. Ühe ruutmeetri lõikeala.
Figure 3. A 1 sq m cutting area



Joonis 4. Lõikamine lume pealt.
Figure 4. Cutting of reed above the snow



Joonis 5. Kivid roostikus.
Figure 5. Little rocks in the reed bed



Joonis 6. Iga-aastase lõikamise tagajärjel hõrenenud roostik Muhus.
Figure 6. A thin reed bed due to annual cutting

Tihti takistab niidukite tööd kivine pinnas: Soomes Liminkalahti roolõikamise katsetel purunesid näiteks kivisel pinnasel niiduki terad ja tehnilised sõlmed.

Kevadel kiire lumesulamise ja sademeterohkel ajal (nagu aprilli alguses 2006) võib pilliroog sedavõrd niiskuda (kuni 40 %), et tema põletamine pole efektiivne. Sel juhul tuleks roogu niita vähemalt 30 cm tavalisest kõrgemalt, et koristada kuivemad ladvaosad. Samas aga kaotaksime siis 25–30 % võimalikust saagist.

Keskkonnanõuete karmistumine võib mõjutada pilliroo varumist. Looduskaitseenõuetest lähtuvalt on hilistalv pilliroo kogumiseks soodsaim, samas kui pilliroog on kõige kuivem, seega põletamiseks sobivam, hilistalvel-varakevadel (veebruari aprilli lõpuni) [5]. Näiteks Käina lahes tuleb rooniitmine lõpetada juba märtsi keskel ja niita tohib mosaiiksel (joonis 11), et lindudele jääks nii vabu kui varjulisi alasid. Mõnedes roostikes (reservaadid) on keelatud igasugune majanduslik tegevus, k.a roovarumine.

Kütteroo varumise sotsiaalmajanduslikud riskid

Masinate, seadmete, mootorikütuse ja tööjõu kallinemine mõjutab ka rookütuse hinda. Kütteroo varujatele pakuvad konkurentsi katuseroo ja pilliroomattide tootjad. Pilliroomatid on juba praegu nõutav kaup ökoehitiste rajajate seas. Katuseroovihkude valmistamise jääkide peenendamise või pakendamise kateldele sobivaks on tööjõumahu- kas ja kulukas.

Roo kui kaugküttekattlamajade kütusetoomer konkurendiks võivad osutuda ka roopelleti- ja -briketitootjad. Briketitootmist juba kavandatakse vedelkütuse hinna tõusu tõttu. Nii puidupõhisest kui ka rohu biomassist valmistatavate pelleti- ja briketiturg on Euroopas seni kaugelt täitmata ja sealne tarbija suudab nende eest tõenäoliselt veel mitmeid aastaid maksta kõrgemat hinda kui kohalik Eesti tarbija.

Riskiks on ka jätkuv kvaliteetse tööjõu väljavool Eestist. See võib hakata mõju avaldama ka maapiirkondadele, kuhu töötahtelisi töötajaid ei pruugi jääda. Sellest tulenevalt peab tegema suuremaid kulutusi tööjõu värbamiseks või maksuma rootoorme eest kõrgemat hinda. Katuseroo tootjatelt toorme nn ülelöömine tõstaks selle hinna soojusettevõtja jaoks vastuvõetamatule tasemele. Maapiirkondade kaugkütte-

võrkude tarbijad ei jõua soojuse eest maksta samaväärselt jõukamate pealinna kodanikega. Omavalitsusele (ja riigile) võib kujuneda koormavaks ka toimetulekutoetuste maksmine.

Päris olematuks riskiteguriks ei saa lugeda ka huligaansetel ajenditel süüdatud roostike hävimist nagu see juhtus mõnel aastal Rocca al Mares.

Järeldused

1. 26 lõikeala keskmine tarbimisaine saagikus oli veebruaris–aprillis 2006 8,06 ja kuivaine saagikus 6,30 t/ha. Talvisel niitmisel oleks tõenäoline niiskusega u 20 %, mille kütteväärtuse oleks 3,7 MWh/t.

2. Katlamajadele sobiva niiskusega pilliroo kättesaadavus ei pruugi olla osast roostikest igal aastal tagatud, kuigi Eesti ulatuses päris saagita ka ei jääda.

3. Pilliroole kui katlakütuse toormele pakuvad konkurentsi esimeses järjekorras ehitusroo tootjad, kes jõuavad materjali eest märksa rohkem maksta. Ka pelletiteks/brikettideks vääristatud pilliroog leiab ostjaid peamiselt jõukates välisriikides.

Kirjandus

1. Pilliroo põletamiseks sobivaima soojuse ja elektri koostootmise tehnoloogia uuringu läbiviimine ning tehnoloogia tarnijate pakkumiskonkursi dokumentatsiooni ettevalmistamine. I etapi aruanne. Koost. Ü. Kask, TTÜ soojustehnika instituut. Tallinn 2006. 110 lk.
2. Kask, Ü., Kask, L. Pilliroo ja hundinua potentsiaal energiataimedena. – Ehituskaar, sügis 2003, 64–67.
3. Noormets, A. Matsalu lahe lõunakalda roostike produktsioonist. – Loodusvaatlusi 1993. I. Matsalu Riiklik Looduskaitseala. Tallinn, 1994, 71–78.
4. Järviruoko energiakasvina. Tiedotus 210. Vesihallitus, Suomi. Helsinki, 1981. 48 lk.
5. Kask, L., Kask, Ü., Paist, A. Energiakultuuride sobivusest energeetiliste katelde kütuseks. Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine. Kuuenda konverentsi kogumik. In: Investigation and Usage of Renewable Energy Sources. Sixth Conference Proceedings. Peatoimetaja/Editor-in-chief V. Tiit. Tartu, 2005, 65–76. (Summary: The suitability of energy as fuel in energy boilers, 76.)



Joonis 7. Tormimurtud roog Kasti lahe ääres (Saaremaa, 2006)

Figure 7. A broken reed at Kasti Bay due to winter storm (Saaremaa, 2006)



Joonis 8. Kõrged hanged roostikus.

Figure 8. High snowdrifts in the reed bed



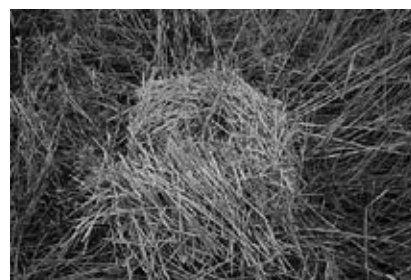
Joonis 9. Mosaiiksel lõigatud roostik.

Figure 9. Reed harvesting by mosaic



Joonis 10. Katselapilt lõigatud roo kaalumise.

Figure 10. Scaling the cut reed



Joonis 11. Kolme eri lõikeala roog.

Figure 11. Reed from different cutting areas