Säästev põllumajandus ja metsandus turbaaladel

Kliimat ja bioloogilist mitmekesisust säästvad tavad

Teabeleht

Hochschule
für nachhaltige Entwicklung
Eberswalde

GREIFSWALD
MOOR
CENTRUM

ifab

HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

Ilmumisandmed

Tõlgitud väljavõte:

Michael Succow Stiftung, Greifswaldi Mire Centre (august 2022). Tõlge 2.0 versiooni väljavõtetest: Birr, F., Abel, S., Kaiser, M., Närmann, F., Oppermann, R., Pfister, S., Tanneberger, F., Zeitz, J. & Luthardt, V. (2021): Säästev põllumajandus ja metsandus turbaaladel - kliimat ja bioloogilist mitmekesisust säästvate tavade teabelehed (148lk). Eberswalde Rakenduskõrgkool ja Greifswald Soode Keskus. Eberswalde, Greifswald

Täielik saksakeelne väljaanne on kättesaadav veebis aadressil:

www.moorwissen.de; Steckbriefsammlung.pdf (uni-greifswald.de)

ja eraldi veebipõhistel teabelehtedel aadressil:

www.dss-torbos.de; DSS-TORBOS - Bewirtschaftungsoptionen

Originaalväljaande autorid: Friedrich Birr, Prof. Dr. Vera Luthardt - Eberswalde Rakenduskõrgkool (friedrich.birr@hnee.de).

Susanne Abel, Moritz Kaiser, Felix Närmann, Dr. Franziska Tanneberger - Greifswaldi Ülikooli partner Greifswaldi Soode keskuses (info@greifswaldmoor.de).

Dr. Rainer Oppermann, Dr. Sonja Pfister - Mannheimi põllumajandusökoloogia ja bioloogilise mitmekesisuse instituut (mail@ifab-mannheim.de)

Prof. Dr. Jutta Zeitz - Berliini Humboldti Ülikool (jutta.zeitz@agrar.hu-berlin.de)

Tsitaat, kui seda kasutatakse koolitusmaterjalide koostamisel:

(Birr et al. 2022):

Birr, F., Abel, S., Kaiser, M., Närmann, F., Oppermann, R., Pfister, S., Tanneberger, F., Zeitz, J. & Luthardt, V. 2021: Säästev põllumajandus ja metsandus turbaaladel - kliimat ja bioloogilist mitmekesisust säästvate tavade teabelehed. [Zukunftsfähige Land- und Forstwirtschaft auf Niedermooren - Steckbriefe für klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftungsverfahren; saksa keeles], Säästva arengu ülikool Eberswalde ja Greifswaldi Soode keskus (toim.). Eberswalde, Greifswald, 148 lk.

Teabelehtede teadusuuringute taust on avaldatud järgmistes väljaannetes:

Tanneberger et al. 2022 Saving soil carbon, greenhouse gas emissions, biodiversity and the economy: paludiculture as sustainable land use option in German sooflands. Regional Environmental change (2022) 22:69. 15 p.

DOI: https://doi.org/10.1007/s10113-022-01900-8

Sisukord

Eelsõna 4

1 Sissejuhatus 5

2 Märgade turbaalade majandamise tehnoloogia 7

3 Majandamisviisid 11

3.1. Turvast säästvad majandamisviisid (märgalaviljelus) 16

3.1.1 Harilik pilliroog (*Phragmites australis*), looduslik või kultuurtaimestik 16

3.1.2 Hundinui (*Typha spec.*), looduslik või kultuurtaimestik 30

3.1.3 Kõrged tarnaniidud *(Carex* spec.) 45

3.1.5 Sanglepikud (*Alnus glutinosa*) ja nende uuendamine kännuvõsudest 61

3.2 Turvast vähe lagundavad majandamisviisid 69

3.2.2 Vesipühvlite karjatamine 79

3.2.3 Veiste karjatamine. 90

3.2.4 Märjad niidud 105

3.2.5 Lammaste karjatamine 117

3.2.6 Paju (*Salix spec.*), lühikese raieringiga metsa kasvatamine .. 130

Eelsõna

Saksamaal kogub märgalaviljelus üha hoogu. Tegeletakse turbaväljade veerežiimi muutmisega märjemaks, katsetatakse erinevaid turbaalade majandamise praktikaid ning töötatakse välja märgaladel kasvanud taimedest tehtud tooteid ning nende turundust. Käesolev õppematerjal on tõlgitud saksa keelest. Õppematerjalis on tehtud mõned täiendused ka Eesti kontekstis, kuid kuna ka siin on märgalaviljelus alles lapsekingades, siis peame tuginema paljuski veel teiste riikide kogemusele. Loodame, et Saksamaal kogutud teave annab innustust ja suuniseid märgalaviljeluseks Eestis. Häid suunised märgalaviljelusega alustamiseks annavad Tartu Ülikooli maastike elurikkuse töörühma poolt koostatud juhised kodulehel Heapõld.ee. Esimese soovitusena on siin antud turvasmuldadel asuvate põldude muutmine püsirohumaadeks.

Teadaolevalt puuduvad Eestis põllumajanduslikus kasutuses olevad alad, kus toimitakse märgalaviljeluse põhimõtteid järgides. Siiski on selleks suur potentsiaal - turvasmuldadel paiknevad põllu- ja rohumaad võtavad enda alla ligikaudu 70 000 ha. Et nende alade muldasid hoida, on oluline harimisviiside muutmine ja vastavate tegevuste toetamine. Selleks annavad alates 2023. a võimaluse ka Eestis antavad põllumajandustoetused - põllumajandusliku tegevuse kriteeriumite all on ära nimetatud esmakordselt ka märgalaviljelus. Teisalt on puudu praktikast ja kogemusest - loodame, et tõlgitud materjal aitab seda lünka teatud määral täita.

Käesolevas õppematerjalis väljatoodud märgalaviljeluse toodete puhul on võimalik kasutada sertifitseerimissüsteeme ja keskkonnamärgiseid nagu näiteks “Blue Angel” (Saksamaa), “Euroopa Liidu ökomärgis”, “Euroopa Liidu mahetoidumärgis”. Soodest pärineva biomassi energeetilise kasutamise puhul võib kohaldada näiteks ISCC sertifitseerimise süsteemi. Puidu jaoks on olemas arvukalt märgiseid ja sertifikaate, näit"Forest Stewardship Council" (FSC) ja "Naturland". Toodete turustamisele võivad mahemärgised või piirkondlikud kaubamärgid avaldada positiivset mõju ning need muudavad toote keskkonnasõbralikkuse kergemini märgatavaks. Sertifitseerimismärgised on kinnitatud kolmandate isikute poolt läbi sertifikaatide. Sertifitseerimisega seotud kulud kompenseeritakse suurema turuosaga, turuniši loomisega, kõrgema maksevalmidusega või juurdepääsuga teatavatele turgudele. Ka on võimalik kasutada päritolu põhiseid märgiseid turustamise eesmärgil.

1 Sissejuhatus

Kliimakaitse ja bioloogilise mitmekesisuse säilitamine on meie ühiskonna ja seega ka põllumajanduse üks peamised väljakutsed. Need küsimused muutuvad tulevikus veelgi olulisemaks. Turvasmuldadel on selles kontekstis väga eriline roll: puutumatud turbaalad on paljude haruldaste liikide elupaigaks ja looduslikuks süsiniku sidujaks. Aastaringne kõrge veetase takistab biomassi lagunemist ja seob süsinikku püsivalt turba kujul. Kuivendamine muudab selle protsessi vastupidiseks: kogunenud turvas laguneb koos õhuhapnikuga. Tekkiv süsinikdioksiid (CO_2) aitab kasvuhoonegaasina (KHG) oluliselt kaasa kliimakriisile - turbaala on muutunud sidujast hoopis allikaks.

Siiani on kuivendamine olnud eeltingimus turbaalade põllumajanduslikuks kasutamiseks. See aga muudab neid alasid tohutult, peatades turba moodustumise ja tuues kaasa turbaalade bioloogilise mitmekesisuse peaaegu täieliku kadumise. Saksamaal on näiteks soode mitmekesisus koos nende eriliste elupaikade ja liikidega kahanenud vaid mõne looduskaitsealani.

Saksamaal hõlmavad turbamullad ja muud orgaanilised mullad umbes 1,8 miljonit hektarit (ha). Enamik neist aladest on kuivendatud ja neid kasutatakse praegu peamiselt põllumajanduses ja metsanduses. Kasutusel olevad kuivendatud turbamaad põhjustavad aastas 47 miljonit tonni CO_{2ekv} kasvuhoonegaaside heitkoguseid. See on umbes 5% Saksamaa kasvuhoonegaaside heitkogustest. Selleks et täita 2015. aasta Pariisi kliimakokkulepet, tuleb inimkonna CO_2-heitmeid vähendada 2050. aastaks netonullini. Turbaalade puhul tähendab see kuivendamise vähendamist ja võimalikult kõrge veetaseme taastamist.

Tavaliselt ei saa põllumajanduslikuks tootmiseks kasutatud turbaalasid pärast veerežiimi taastamist enam põllumajanduslikuks otstarbeks kasutada. Siiski on kliimakaitse ja bioloogilise mitmekesisuse suurendamine märgadel turbaaladel võimalik ka põllu- ja metsamajanduse jätkamisega. See eeldab kõrget veetaset aastaringselt. Saagi koristamine niiskete või taastatud veerežiimiga turbaaladelt, mis on kooskõlas turba säilitamisega, nimetatakse **märgalaviljeluseks**. Kuna sellisel puhul kasutatakse ainult maapealset biomassi, võib sobivatel tingimustel taastuda turba moodustumine taimede juurte poolt.

Praeguseks on Saksamaal ligikaudu 70 000 ha taastatud veerežiimiga turbaalasid. Need on peamiselt alad, mida on lihtne sellega hõivata, nt ääremaad. Enamike Saksamaa turbaalade puhul, mis esindavad näiteks head tootlikkust, seisab ees paradigmamuutus: veest kui senini kahjulikust tegurist on saamas tootmise alustala. Aastakümneid ja sajandeid oli maa kasutamiseks vaja vett ohutult ära juhtida, mistõttu kavandati ja paigaldati turbaaladele ulatuslikke kuivendussüsteeme. Tänapäeval tuleb kuivendamine muldade parandamise eesmärgil ümber mõelda. Kõrge veetaseme hoidmine on aluseks maakasutusele, mis hoiab ära mulla degradeerumise ja turba

kadumise. Märgalaviljelus pakub lahenduse turbaalade, kliimakaitse ja ka maaomanike ja maakasutajate majanduslike nõudmiste rahuldamiseks tulevikus. Peamine tingimus on siiski valida igale alale sobiv majandamisviis, kohandades seda (tulevaste) kohalike tingimustega (vee kättesaadavus, mulla seisund, troofiline tase, algne taimestik, piirkonna heterogeensus) ning samuti kohandada vastavalt ka tehnoloogia ja tarneahelad. Ühtlasi tuleb algusest peale arvestada looduskaitsestandardite miinimumnõudeid.

Märgalaviljelus, veetase ja kasvuhoonegaasid

Märgalaviljelus on määratletud kui turvast säästev põllumajandus- ja metsandustegevus taastatud niiskusrežiimiga orgaanilistel turvasmuldadel (Wichtmann jt. 2016, LM M-V 2017). Märgalaviljeluse eesmärk on turba säilimine läbi aastaringse kõrge veetaseme. Sellest tulenevalt peab ala majandamine olema kohandatud just sellele põhimõttele. On vahe, kas märgalaviljelus on nö isetekkeline, sõltuvalt veetasemest ja kasutusest (nt soostunud niidud), või hoopis kultiveeritud, mille puhul kultuurid külvatakse või istutatakse (nt hundinui, pilliroog või lepp).

Käesolevas ülevaates kirjeldatakse veetasemeid vastavalt Joosten et al. (2013) väljatoodud niiskustasemetena. Mulla niiskus näitab aasta keskmist niiskus- või veetaset. Kuna erinevad taimeliigid kinnistuvad uuele alale erinevate niiskustingimuste korral, saab veetasemeklasse eeldada piirkonniti taimede liigilise koosseisu kaardistamise kaudu (Koska 2001).

Kui turbaalasid kuivendatakse põllumajanduslikul või metsa kasvatamise eesmärgil, puutub varasemalt kuhjunud turvas kokku hapnikuga ja laguneb seetõttu mikroobselt. Toitained, süsinikdioksiid (CO_2) ning dilämmastikoksiid (N_2O) eralduvad kasvuhoonegaasidena märkimisväärses koguses. Lisaks eraldub veega täidetud kuivenduskraavidest metaan (CH_4). Märgade turbaalade puhul eraldub CH_4 peamiselt anaeroobsete lagunemisprotsesside kaudu. See efekt tekib samuti ka pärast veerežiimi taastamist. Kasvuhoonegaasidel, nagu CO_2 ja CH_4, on erinev mõju kliimale ja atmosfäärile. Selleks, et muuta nende erinev mõju võrreldavaks, võib kogu globaalse soojenemise potentsiaali 100 aasta jooksul väljendada CO_2-ekvivalendina (CO_{2ekv}). CH_4 puhul kasutatakse koefitsienti 28 (Myhre et al. 2013). N_2O-d ei ole arvesse võetud ebatäpsete andmete ja vähese tähtsuse tõttu veerežiimi taastamisel.

2 Märgade turbaalade majandamise tehnoloogia

Märgade turbaalade majandamise rakendamisel on õige põllumajandustehnoloogia keskse tähtsusega. Erinevalt tavalisest kuivendatud turbaala põllumajanduslikust kasutamisest tuleb kõrge veerežiimiga alade puhul tehnoloogia kohandada võimalikult suurel määral märgade alade tingimustele (vt joonis allpool). Esmatähtis on minimeerida koormust maapinnale ja vähendada suurt mõju avaldavate ülesõitude arvu. (Wichmann et al. 2016).

Joonis: Rajatraktor (ümberehitatud PistenBully 200) ja laiade rehvidega ruloonpress (foto: S. Petri).

Märgade turbaalade majandamise tehnika

Märgade turbaalade majandamisel kasutatava tehnika valikul tuleks silmas pidada järgnevaid tegureid (Wichmann et al. 2016):

- ala omadused (pindala, taimestik, kasvukoha kandevõime)
- veetasemed ning niiskustingimused (nt üleujutused)
- saagikoristuse aeg
- biomassi omadused/kasutus (nt värske või kuivkasutus; pikad varred, hakitud materjal, heinarullid, heinavihud)
- biomassi transport (nt poolkinnine konteiner, laadimisauto, eraldi transpordivahend)
- ala asukoht (nt ligipääsuteed)

Saagi koristamine (niitmine, materjali kokkukogumine ja biomassi eemaldamine) võib toimuda ühes või mitmes eraldi etapis. Juhul, kui veetase on maapinnaga tasa või sellest kõrgemal, tuleb koristamine läbi viia ühe korraga.

Ülevaade olemasoleva tehnoloogia sobivusest märgade turbaalade majandamiseks on esitatud allolevas tabelis.

Tabel: Märgade turbaalade majandamiseks võimalikud tehnikad (Wichmann et al. 2016).

Tehnika tüüp	Rakendusvaldkonnad ja eelised	Piirangud ja puudused
Väikesemahuline tehnoloogia: Üheteljeline masin või väiketraktor, mis on varustatud lõikeriistaga	- Kasutatakse niiskete niitude hooldamiseks (enamasti väikesed või raskesti ligipääsetavad alad). - Tavaliselt ainult niitmine; vahest ka biomassi eemaldamine.	- Ala madal tootlikkus, lisaks piirkonnast tulenevad kõrged kulud - Suures mahus biomassi tootmine ei ole võimalik
Kohandatud tehnika rohumaale: Roomiksüsteemiga või topeltrehvidega traktor ning kerge tandemteljega ruloonpress.	- Kasutatakse üleminekualadel (mõõdukalt märjad), külmades tingimustes või kuivadel aastatel. - Suure tootlikkusega ala - Biomassi saab niitmise ajal koristada	- Kasutusvõimalused on piiratud veetaseme ja ilmastikutingimustega. - Biomassi eemaldamine on problemaatiline: üksikud heinarullid tuleb suure kaalu tõttu teisaldada põllu servale
Spetsiaalne tehnoloogia ratastel: peamiselt Seiga balloonrehvidega rookombain (kahe- või kolmeteljeline) .	- Kasutatakse pilliroo koristamisel - Sobib hästi korduvate maapinnast ülesõitude puhul - Masina väike kaal ja balloonrehvid tagavad madala surve maapinnale - Niitmine ja saagi koristamine ühes etapis	- Seiga rookombaine ei toodeta enam, kasutada saab ainult vanu masinaid või nende koopiaid - Suur tööjõumahukus: koristuseks on vaja mitut inimest - Mootori piiratud jõudlus - Võimalik pinnase kahjustamine libisemise tõttu
Spetsiaalne roomikutega tehnoloogia: Kohandatud suusakeskuste rajamasinad või	- Maastikukaitse ning biomassi kogumine (nt pilliroo kogumine) - sobib kasutamiseks ka	- Ei saa sõita maanteedel, seega tuleb neid eraldi transportida platvormhaagisel - Pöörete ajal võivad

Tehnika tüüp	Rakendusvaldkonnad ja eelised	Piirangud ja puudused
eritellimusena valmistatud masinad.	üleujutatud tingimustes - laiade roomikute kasutamine tagab madala surve maapinnale isegi raskete masinate puhul - turul on saadaval palju erinevaid tüüpe ja lisaseadmeid	nihkejõud kahjustada pinnast

Seadmed saagikoristusmasinate jaoks (tehnoloogiate kombinatsioonid)

Sõltuvalt eespool nimetatud teguritest tuleks koristusmasinate varustus koos niitmisseadmete ja biomassi koristamisjuhistega valida vastavalt (by Wichmann et al. 2016):

- Lattniiduk (võimalik vaalutada, niitmine on võimalik ka vee all, väiksem putukate ja kahepaiksete suremus võrreldes pöörleva niidukiga)
- Pöörlev niiduk (võimalik vaalutada, ei saa kasutada kõrge veetaseme korral)
- Saagikoristusmasin, multšer (võimalik biomassi otsepuhumine mahutisse või haagisesse)
- Kombineeritud lõikur koos lõikelatiga (dekoileriga või ilma, sisselasketoruga või ilma)
- Pilliroog kui katuse- või isolatsioonimaterjal: lõikelatiga niiduk (pöörlevate puhastusharjadega või pöörlevate puhastusharjadeta; vajadusel transport konveierilindi abil laadimisalale, roovihtude ülesvõtmine käsitsi jne).

Biomassi koristamine ja ladustamine

Saagikoristusel korjatakse biomass kokku kas jooksvalt hakkematerjalina või hiljem vaaludest laadimisvaguniga. Biomassi tihendamiseks kasutatakse järelveetavaid ruloonpresse. Suurte ristküliku kujuliste pallide tegemise jaoks mõeldud seadmed ei sobi niiskete turbaalade jaoks. Juhul, kui biomass tuleb transportida ala servale eraldi transpordivahendiga, tuleb piirata laadimismahtu turbapinnase madala kandevõime tõttu. Pallide ümberlaadimiseks sobivad eesmise laadijaga traktorid, rulli haaratsid või kraana. Pallide ladustamine võib toimuda kuhjades või katusega laoruumides. Biomassi väljaviimise ajal on oluline pinnasekoormuse ühtlane jaotamine, mida saab tagada pinnasel toimuvate ülesõitude hajutamisega. Pinnase kahjustamise ohtu vähendab ka täiendavate juurdepääsuteede rajamine, põllu servas asuvate sillutatud

ladustamis- ja ümberlaadimiskohtade loomine ning teede kindlustamine tammide rajamise või teede tugevdamise näol (Wichmann et al. 2016).

Märgade turbaalade majandamise tehnoloogia edasiarendamine

Kuigi paljud tehnilised lahendused niiskete ja taasmärjutatud turbaalade majandamiseks on juba olemas, tuleb siiski mehhaanilist poolt pidevalt uuesti hinnata ning edasi arendada. Uue tehnoloogia arendamisel tuleks erilist tähelepanu pöörata järgmistele aspektidele (Schröder et al. 2015 järgi):

- masina kaalu vähendamine
- suurendades masina ja maapinna kokkupuute ala väheneb surve kokkupuutepinnale
- masina kaalu, koristusseadmete ja pinna kandevõime tasakaalustamine
- täiendavate tehniliste lahenduste väljatöötamine, et vältida nihkejõudu
- koristus- ja transpordisõidukite lahus hoidmine
- roomiksõidukite puhul: rööbastee laiuse ja pikkuse suhe peaks olema 1:4 kuni 1:5
- masinat kasutav personal peab arvesse võtma masina ja koristusala spetsiifilisi omadusi.

Optimaalsel juhul niidetakse alad nii, et välditakse sagedasi sõiduradade ristumisi ning saagikoristusmasinaid kasutatakse peamiselt niitmiseks, mitte transpordiks. Samuti tuleks vältida sagedast keeramist. (LUP 2012, Schröder et al. 2015).

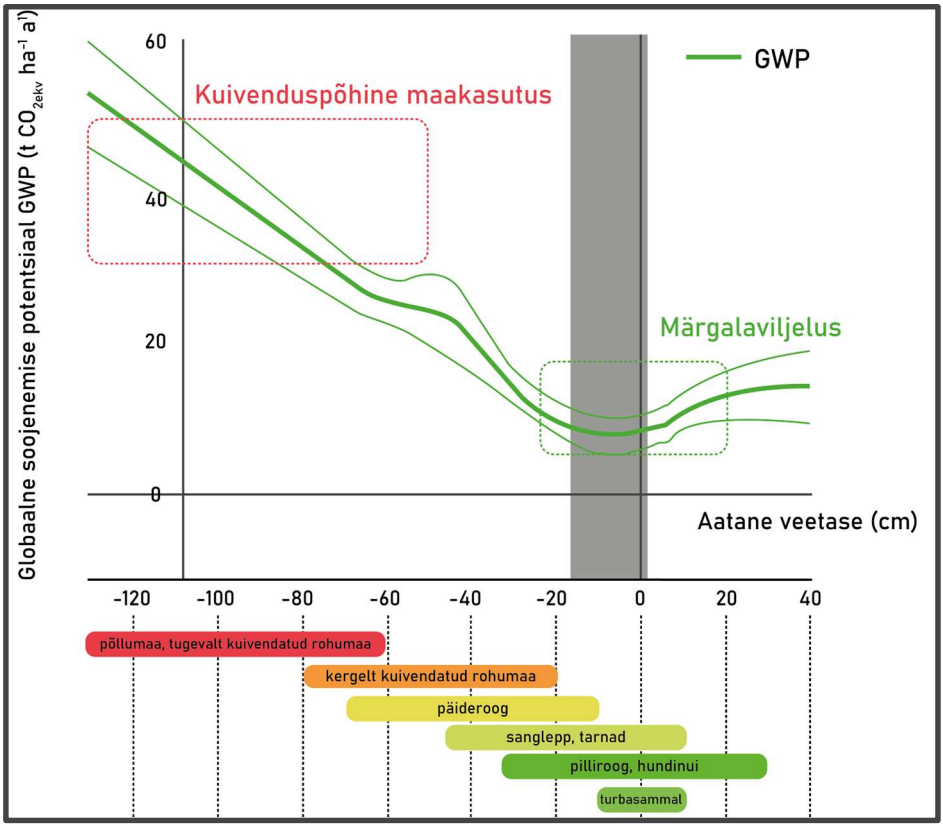
3 Majandamisviisid

Järgnev tabel annab ülevaate käesolevas õppematerjalis väljatoodud niiskete, märgade ja taastatud veerežiimiga madalsoode majandamisviiside kohta. Järgnevalt vaadatakse ennekõike veetaset erinevate majandamisviiside puhul, mille põhjal arvutatakse eeldatavad pikaajalised kasvuhoonegaaside heitkogused hektari ja aasta kohta (GEST-meetod vastavalt Couwenberg, John, et al. *"Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy." Hydrobiologia 674 (2011): 67-89, https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-011-0729-x*). Tumeroheline näitab turba säilimiseks vajalikku veetaset. Heleroheline sümboliseerib veetaset, mis on vähesel määral turvast kahjustav. GEST-mudel võtab arvesse süsinikdioksiidi (CO_2) ja metaani (CH_4) heitkoguseid (ümberarvestatuna CO_2 globaalseks soojenemispotentsiaaliks CO_2-ekvivalendina). Lämmastikoksiidi (N_2O) ei ole arvesse võetud. Iga majandamisvõimaluse kohta on näidatud vastava ökosüsteemi heitekoefitsiendid. Pärast veerežiimi taastamist võib lühiajaliselt oodata suuremat CH_4-heidet. Veetasemeid on kirjeldatud vastavalt Joosten et al. (2013).

Veetasemeklass	3+	4+	5+	6+
Määratlus	niiske	väga niiske	märg	märg (üleujutatud)
Talvine veetase [cm; keskmine]	-15 kuni -35	-5 kuni -15	+10 kuni -15	+150 kuni +10
Suvine veetase [cm; keskmine]	-20 kuni -45	-10 kuni -20	0 kuni -10	+140 kuni 0
Turba säilitamine	ei	võib olla erinev	jah	jah
Harilik pilliroog (*Phragmited australis*) spontaanne või istutatud			**~7 t CO_{2ekv}**	**~0 t CO_{2ekv}**
Hundinui (*Typha*) spontaanne või istutatud			**~7 t CO_{2ekv}**	**~6 t CO_{2ekv}**
Tarnade (*Carex*) niiduala		**~10 t CO_{2ekv}**	**~3 t CO_{2ekv}**	
Must lepp (*Alnus glutinosa*) kõrge või madal mets	**?**	**?**		
Päideroo (*Phalaris arundinacea*) niiduala		**~7 t CO_{2ekv}**		
Vesipühvlitega karjamaa		**~8-12 t CO_{2ekv}**		
Põllumajanduslik piiritlemine punahirve või hobusega		**~8-12 t CO_{2ekv}**		
Karjatamine lihaveistega	**~8-12 t CO_{2ekv}**	**~8-12 t CO_{2ekv}**		
Karjatamine lammastega	**~8-12 t CO_{2ekv}**			
Märjad niidud	**~8-12 t CO_{2ekv}**			
Lühikese raieringiga Paju (*Salix*) kasvatamine (SRC ingl.)	**?**			

Tabel: Ülevaade käsitletud majandamismeetoditest (SRC = lühikese raieringiga metsakasvatus; spontaanne = isetekkeline looduslik kasv) koos võimalike veetasemete ja sellest tulenevate kasvuhoonegaaside heitkogustega CO_2-ekvivalendina (CO_{2ekv}) hektari ja aasta kohta.

Joonis: Järgneval joonisel on kujutatud idealiseeritud seost kasvuhoonegaaside heitkoguste ja turbaalade keskmise veetaseme vahel. Joonise all on näidatud vastavate veetasemete juures võimalikud majandamismeetodid. Välja toodud turbasammalde kasvatamise meetod on sobilik kõrge veerežiimiga kõrgsoode puhul ja ei ole madalsoode puhul asjakohane. (Emissionsdaten nach Couwenberg et al. 2011 ja Wichtmann et al. 2016)



Peatükkides 1, 2 ja 3 kasutatud allikad

Abel, S., Barthelmes, A., Gaudig, G., Joosten, H., Nordt, A. & Peters, J. (2019) Klimaschutz auf Moorböden - Lösungsansätze und Best-Practice-Beispiele. 84 S. Greifswald: Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe 03/2019 (Selbstverlag, ISSN 2627-910X).

Couwenberg, J., Thiele, A., Tanneberger, F., Augustin, J., Bärisch, S., Dubovik, D., Liashchynskaya, N., Michaelis, D., Minke, M., Skuratovich, A. & Joosten, H. (2011) Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. Hydrobiologia 674(1): 67–89.

Couwenberg, J., Reichelt, K.-F. & Jurasinski, G. (in Vorb.) Vegetation as a proxy for greenhouse gas emissions from peatlands: an update of the GEST list.

Hundt, R. (1957) Pflanzensoziologische Methoden zur Beurteilung der Grünlandwasserstufen und des Ertragswertes. Die deutsche Landwirtschaft 8(7): 333–338.

Hundt, R. (1964) Vegetationskundliche Verfahren zur Bestimmung der Wasserstufen im Grünland. Z. Landeskultur 5: 161–187.

Joosten, H., Brust, K., Couwenberg, J., Gerner, A., Holsten, B., Permien, T., Schäfer, A., Tanneberger, F., Trepel, M. & Wahren, A. (2013) MoorFutures®. Integration von weiteren Ökosystemdienstleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikate. Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen. BfN-Skripten, Band 350. 130 S. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.

Koska, I. (2001) Ökohydrologische Kennzeichnung. In: Landschaftsökologische Moorkunde (hrsg. von M. Succow & H. Joosten), S. 92–111. Stuttgart: Schweizerbart.

LUP - Luftbild Umwelt Planung GmbH (2012) Aktivierung der Klimaschutzfunktion von Niedermoorflächen in der Landeshauptstadt Potsdam. Handlungsleitfaden "Paludikultur". https://www.potsdam.de/sites/default/files/documents/ Leitfaden-Paludikultur_2012.12_21%5B1%5D.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., Fuglestvedt, J. & Huang, J. (2013) Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis (hrsg. von T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen & J. Boschung), S. 659–740. Cambridge: Cambridge University Press.

Närmann, F., Birr, F., Kaiser, M., Luthardt, V., Nerger, M., Zeitz, J. & Tanneberger, F. (2021) Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden. BfN-Skripten. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.

Petersen, A. (1952) Die neue Rostocker Grünlandschätzung. 20 S. Berlin: Akademie-Verlag.

Roßkopf, N., Fell, H. & Zeitz, J. (2015) Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks. Catena 133: 157-170.

Schröder, C., Schulze, P., Luthardt, V. & Zeitz, J. (Hrsg.) (2015) Steckbriefe für Niedermoorbewirtschaftung bei unterschiedlichen Wasserverhältnissen. 88 S. Humboldt-Universität zu Berlin und Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde.

Tegetmeyer, C., Barthelmes, K.-D., Busse, S. & Barthelmes, A. (2020) Aggregierte Karte der organischen Böden Deutschlands. 10 S. Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe 01/2020 (Selbstverlag, ISSN 2627-910X).

Trepel M., Pfadenhauer J., Zeitz J. & Jeschke L. (2017) Germany. In: Mires and peatlands of Europe: Status, distribution and conservation (hrsg. von H. Joosten, F. Tanneberger & A. Moen), S. 413–424. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers.

Umweltbundesamt (UBA) (2018) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2018: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2016. Dessau: Umweltbundesamt (UBA).

Wichmann, S., Dettmann, S. & Dahms, T. (2016) Landtechnik für nasse Moore. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 63–70. Stuttgart: Schweizerbart.

Wichtmann, W. & Joosten, H., (2007) Paludiculture: peat formation and renewable resources from rewetted peatlands. IMGC Newsletter 2007/3: 24–28.

Wichtmann, W., Schröder, C. & Joosten, H. (Hrsg.) (2016) Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. 272 S. Stuttgart: Schweizerbart.

3.1. Turvast säästvad majandamisviisid (märgalaviljelus)

3.1.1 Harilik pilliroog (*Phragmites australis*), looduslik või kultuurtaimestik

Pilliroog annab niisketel kasvukohtadel kõrge ja stabiilse saagikuse isegi pikaajalise üleujutuse korral. Pilliroog talub üleujutusi ja soolast keskkonda. Taim kasvab kuni nelja meetri kõrguseks ning pärast vegetatsiooniperioodi jäävad taime varred püsti, mistõttu sobib see talvel koristuseks. Vegetatiivse paljunemise tulemusel moodustuvad suured, konkurentsivõimelised kasvukohad. Surnud risoomid ja juured võivad aidata kaasa turba uuenemisele[1]. Traditsiooniliselt kasutatakse pilliroogu ehitusmaterjalina (nt katusematerjalina). Pilliroog sobib hästi ka energia tootmiseks[5].

Rohkem hariliku pilliroo kasvatamise kohta Eestis saab lugeda Katrin Heinsoo ja Indrek Meltsi poolt kirjutatud ülevaatest "Märgalaviljeluseks sobivad kultuurid Eestis": http://media.voog.com/0000/0037/1265/files/Heinsoo_Melts2019_Lisa3.pdf

Infokast: Pilliroog (*Phragmites australis*), looduslik või kultiveeritud

Veetase:	(1) suvel -10 cm kuni maapinnani, talvel -5 kuni +15 cm üle maapinna (veetaseme klass 5+) või (2) suvel maapinnast kuni +20 (40) cm üle maapinna, talvel +10 kuni +20 (40) cm üle maapinna (veetaseme klass 6+)
Rajamine:	Istutamine, risoompistikud, võrsed või looduslik areng pärast veetaseme tõusu.
Saagikus:	3,6 - 23,8 t KM ha^{-1} a^{-1}
Saagikoristus:	kord aastas, esimene saagikoristus peale 1-2 (-3) aastat
Kasutamine:	ökoloogilised ehitusmaterjalid, bioenergia, tooraine ligniini ja tselluloosi tootmiseks
Prognoositud pikaajalised heitkogused tegevuskohas (GEST-meetod):	7 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1} (veetaseme klass 5+) 0 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1} (veetaseme klass 6+)

Pilt: Roo niitmine roomikutel tehnikaga (12/2018, Pilt: F. Birr).

I Isetekkelised varud või planeeritud kasvatus?

Millised on sobivad asukohad?

Halvenenud seisukorras, taastatud veerežiimiga ja toitainetega hästi varustatud madalsood on pilliroo kasvuks optimaalselt sobivad kasvukohad. Lisaks heale toitainetega varustatusele on vajalik püsiv veetase maapinnani või sellest kõrgemal[2,3,4]. Suuremat saagikust võib oodata siis, kui veerežiimi taastamise järel on veetase kuni 40 cm kõrgusel maapinnast. Pilliroog talub kergelt soolast vett[5].

Kas looduslikult kasvanud pilliroog on kasutuskõlblik?

Looduslikult kasvanud, pikaealine pilliroog ei sobi intensiivseks kasutamiseks. Pilliroog võib hakata põllumajandusmaal spontaanselt kasvama pärast niiskusrežiimi taastamist ning seda saab eriotstarbeliselt kasvatada ja kasutada. Loodusliku taimestiku arengu korral võib esimese saagikoristuseni kuluda kaks kuni kümme aastat pärast veetaseme taastamist[2,6]. See sõltub ala suurusest, kasvukoha omadustest ning pilliroo esinemise pindalast ning kogusest. Kui pilliroo varred on juurdunud, võib neid kasutada püsikultuurina või püsirohumaana (eriti looduslikult kasvanud õhema varrega taimede puhul) [5].

Millistel tingimustel on pilliroo kasvatamine kasumlik?

Üheks võimaluseks on pilliroo kasvatamine, mille puhul on eesmärgiks biomassi kiire ja ohutu tootmine, vastates omakorda materjalide kasutamise kvaliteedinõuetele ning kattes seega ka investeerimiskulud. Pärast istutamist kulub kaks kuni kolm aastat enne, kui on võimalik saaki koristada[6,7]. Katusekatte nõuete täitmiseks on tavaliselt vaja pikemat aega. Üldiselt on pilliroog kasvatusala suhtes vähenõudlik - väikesed asukoha erinevused toitainete ja veetaseme osas on vastuvõetavad[5]. Oluline on, et mõlemad tegurid - vesi ja toitained - oleksid suurel määral kättesaadavad või taastatavad.

Optimaalsete kasvutingimuste jaoks on piiravaks toitaineks tavaliselt lämmastik. pH väärtus alla 4 mõjub taimede kasvule ebasoodsalt. Pilliroog on tundlik ka anaeroobsete laguproduktide (sulfiidid, ammoonium, orgaanilised happed)[22] suhtes.

Milliseid tegureid tuleks pilliroo kasvatamisel arvesse võtta?

Enne istutamist tuleks ala niita, niidetud materjal eemaldada ning seejärel muld kobestada. Pärast istutamist soovitame maapind lühiajaliselt uuesti kergelt üle ujutada, et tagada taimede hea kasvamine ja suruda maha tekkivad konkureerivad liigid[7]. Esimese kahe aasta jooksul ei tohiks roo kasvatusalal veetaset liiga kõrgeks tõsta, ainult kuni 5 cm ulatuses üle maapinna, sest kõrget veetaset taluvad ainult suuremad, omavahel seotud ja täielikult väljaarenenud risoomsüsteemiga rooalad[5,6,8].

Võimalik on ka seemnete külvamine. Siiski on pilliroo edukaks kinnistumiseks piiratud optimaalsed tingimused: seemned idanevad ainult niiskel pinnasel ja üleujutusi tuleb vältida. Taimed on tundlikud kuivamise suhtes ja vajavad pidevat veevarustust, et aeglase kasvu tõttu teiste taimedega konkureerida. Teisalt talub risoomidest kasvav pilliroog ka ajutist põuda[22].

Millist istutusmaterjali võib kasutada?

Pilliroo istutamiseks võib kasutada seemnetest kasvatatud seemikuid, pooke- ja risoomipistikuid. Kõige edukam meetod on kasvatada seemnetest istikuid kasvuhoones[6,7,10]. Seemned tuleks võtta talvel kasvatusala lähedal asuvast ja asukoha poolest võrreldavast populatsioonist peale paari esimest päeva miinuskraade. Kuivas kohas säilitatuna võivad need idaneda ühest kuni neljani aastani. Soovitame kasutada suure produktiivsusega taimede seemneid ainult siis, kui kasvatusala toitainetega varustatus on vastavalt kõrge[5]. Hiliskevadel on võimalik külvata pilliroo seemneid ka otse taimestikuvabasse pinnasesse, kui veetase on maapinna lähedane[1], üleujutusi tuleb vältida[22]. Üldiselt on puhta pilliroo kasvanduse rajamine otsekülviga piiratud, sest seemikud kasvavad aeglaselt, on tundlikud üleujutuste või kuivamise suhtes ning on vähe konkurentsivõimelised teiste rohttaimede suhtes[23].

Leidub geneetiliselt määratud erinevusi kasvukohanõuete suhtes[26], mida tuleb pillirookasvatuse rajamisel arvesse võtta: erinevate kasvukoha tingimuste korral võib varre struktuur erineda[27]. Geneetiline varieeruvus põhjustab erinevusi varte pikkuses, varte tiheduses, kuivaines ja lämmastikusisalduses[25].

Milline on õige aeg istutamiseks?

Kui noortel taimedel on välja arenenud umbes kümme vähemalt 20 cm kõrgust vart, on need valmis põllule istutamiseks[6,7,9]. Istutusperiood algab pärast viimaseid öökülmi juunis ja lõpeb augustis. Sõltuvalt soovitud istutusperioodist võib istutustihedus olla 0,25-4 taime ruutmeetri kohta[7,9,22,23]. Kui veetase on madal, võib istutamist teostada tavaliste istutuskastidega[5].

II Saagikoristus

Milline on oodatav saagikus?

Sõltuvalt kasvukohast ja genotüübist võib oodatav saagikus olla suvel (augustis/septembris) 6,5-23,8 t KM ha^{-1} a^{-1} ja talvel 3,6-15 t KM ha^{-1} a^{-1} [11]. See vastab energiatootlusele (talvise saagi puhul) 16-66,5 MWh ha^{-1} a^{-1}, mis võib säästa 1600-6650 l kütteõli ekvivalenti ha^{-1} a^{-1} [1]. Pilliroo tootlikkus sõltub eelkõige vee kättesaadavusest[24]. Iga-aastane niitmine talvel - eriti toitainevaestel aladel - võib põhjustada saagikuse vähenemist. Tulenevalt taasniisutatud turbaalade piisavast toitainete kättesaadavusest võib vähemalt esimestel aastatel oodata stabiilset saagikust. Iga-aastane suvine niitmine vähendab taimede elujõulisust ja võib need täielikult välja tõrjuda[36].

Milline aeg on saagikoristuseks parim ja miks?

Saagikoristusaeg oleneb biomassi plaanitavast kasutusviisist või tuleb biomassi kasutusviis valida vastavalt saagikoristusajale.

Siiani on katusematerjaliks kasutatavat roogu koristatud peamiselt looduslikelt roostikualadelt igal aastal talve lõpus, jaanuarist kuni veebruari lõpuni, erandlike ilmaolude korral kuni märtsi keskpaigani. Selleks ajaks on pilliroog kuivanud ja enamik lehti on juba maha langenud. Et vältida pinnase ja taimede kahjustamist, tuleks koristus teha siis, kui maapind on külmunud. Pilliroo puhul võib iga-aastane talvine niitmine põhjustada saagikuse vähenemist, eriti toitainevaestel kasvukohtadel. Taastatud kõrge niiskusrežiimiga madalsooalal on aga piisavalt toitaineid, nii et oleks võimalik ka iga-aastane talvine niitmine. Pilliroo kasvatusalade loomiseks, mida seni on praktiseeritud vaid katseprojektina, oleks saagikoristus vajalik ka väljaspool tavapärast talvist saagikoristusperioodi.

Kui saagikoristuse eesmärk on energiakasutus (pelletid, briketid), siis tuleks saaki koristada talvel ning seda tuleks teha võimalikult hilja. Veesisaldus väheneb aasta jooksul pidevalt, nii et talvisel koristusel saavutatakse parem ladustatavus ning suurem kütte- ja soojusväärtus[12,13,14]. Niitmine iga kahe aasta tagant suurendab vanade varte osakaalu tõttu nende sobivust põletamiseks, kuna need sisaldavad vähem põletuskriitilisi elemente (nt kloori, lämmastikku, väävlit) kui jooksval aastal kasvanud taimed.

Samas, biomassi kasutamiseks biogaasijaamas on mõistlik saagikoristust teha just võimalikult varakult suvel, et saavutada suur gaasi saak. See aga nõrgestab pilliroo konkurentsivõimet ja suurendab samal ajal toitainete eemaldamist. Suvine koristamine peaks toimuma vaid iga 3-5 aasta tagant, et pilliroo kasvukohad ei saaks liigselt kahjutada[15]. Aeg-ajalt suvel niitmine võib parandada roo kvaliteeti (nt katmikalade biomeetria parandamine), kuid mitme aasta jooksul väheneb sedaviisi pilliroo tootlikkus ja teised taimeliigid (nt kõrrelised) võtavad kasvukoha üle.

Millega tuleks niitmisel arvestada?

Pilliroo koristamisel tuleks tagada, et masinaga lõikekõrgus oleks vähemalt 30 cm, sest pärast lõikamist üleujutatud varred mädanevad ja ei võrsu uuesti. Lõikekõrgus peaks põhinema kohalikul iga-aastasel veetaseme kõikumisel ja võtma arvesse võimalikke üleujutusi. Kui roogu kasutatakse katusematerjalina, ei tohiks lõikekõrgus olla kõrgem kui 50-80 cm, sest vastasel juhul võib roog kergesti puruneda[,16]. Teavet pilliroo koristusmeetodite kohta leiab peatükis 2.

III Töötlemine ja turustamine

Millised on materjali kasutusvõimalused ja võimalikud tooted?

Traditsiooniliselt kasutatakse pilliroo varsi katuse- ja isolatsioonimaterjalina. Kuna nõudlus ökoloogiliste ehitusmaterjalide järele kasvab pidevalt, imporditakse näiteks Saksamaal kasutatavast katusematerjaliks mõeldud pilliroost umbes 80%[30]. Hilisemad arengud on pilliroost soojustuskrohvi ning tulekaitsepaneelide tootmine[31,32]. Lisaks sellele on roog ideaalne tooraine ligniini ja tselluloosi tootmiseks[5,30]. Ärimudelid näitavad, et kõige kasulikum on pilloroo biomassi kasutamine materjalina [33].

Katusekattematerjalide puhul on nõutav veesisaldus kuni 18%. See on tavaliselt saavutatav talvise saagikoristuse ajal. Nõuetele vastavad vaid pikad, sirged ja painduvad varred. Sõltuvalt varte pikkusest (1,5-2,3 m) peaks nende läbimõõt olema 3-12 mm[30].

Pilliroost tuletõkkepaneeli puhul on kasutatud kogu talve jooksul korjatud taime osi, mis sisaldab mineraalset liimi. Tehnoloogiat saab kasutada ka muude komposiitkehade

tootmiseks. Üks sellist tehnoloogiat kasutav asutus on Saksamaal asuv Strohplattenwerk Müritz[24].

Ettevõte Egginger pakub pillirookrohvi lubi- või savikrohvi aluskihiks (ilma isoleeriva efektita). Pillirookrohv, kui soojustuskiht (soojustuskiht krohvi alla või ka viimistluskihina) on välja töötatud Greifswaldi ülikooli VIP-projektis, kuid seda ei ole veel turule toodud. Pilliroog sobib samuti ka täitematerjaliks mineraalsetesse ehitussegudesse (savi, muld) ning näiteks pilliroost ehitusplaatide koostisse[23].

Ettevõte Hiss Reet (Bad Oldesloe, Saksamaa) pakub turul laias valikus pillirootooteid. Lisaks rookatusematerjalile pakutakse ka muid ehitusmaterjale (soojusisolatsioon, savikrohv, heliisolatsioon), tooteid aiakujunduseks, sirme. Uue tootena presenteeritakse pilliroost joogikõrsi.

Millised on biomassi vajalikud omadused edasiseks kasutamiseks?

Enamikul juhtudel ei ole toormaterjalil veel vajalikke omadusi, et sellest kohe tooteid teha. Seega on esmalt vaja biomass kõigepealt töötlemiseks ette valmistada. Biomass homogeniseeritakse erinevate partiidena, mis on seejärel valmis laialdaseks kasutamiseks. Biomassi ettevalmistamine võib toimuda lihtsate meetoditega, nagu purustamine, rebimine, tükeldamine, jahvatamine ja silumine või siis eelmainitud etappide kombineerimisega[20].

Millised on võimalused energia tootmiseks, millised toormaterjalid on saadaval?

Hilisel talvel korjatud varsi sisaldavat biomassi saab kasutada briketi ja pelletite tootmise toorainena. Tooraine kokkupressimine vähendab mahtu, parandab transporditavust ja lihtsustab tooraine kasutamist kütusena[24]. Kui saagikoristus toimub varasuvel, saab toorainet kasutada biogaasijaamas. Väikestes kogustes hästi hakitud biomassi saab kasutada märgkääritamiseks (värske biomass või silo). Uuringud näitavad, et olemasolevad märgkääritamisjaamad, mis juba kasutavad substraadina heintaimi, on võimelised töötlema varrematerjali ilma kadudeta. Lisaks on võimalik varsi sisaldavat biomassi kasutada taimse puusõe tootmiseks pürolüüsi teel[19]. Reeglina eelistatakse biogaasijaamas siiski otsepõletamist. Lisaks mõjutavad energia tootmist suuresti ka ettevõtetepõhised raamtingimused (masinate ja seadmete kasutamine, toetused jne) [24].

Millised on pilliroo omadused kütusena?

Pilliroo küttevääртus on vaid veidi madalam kui puidu küttevääртus. Kvaliteedi poolest sobivad pilliroo varred kütuseks palju paremini kui näiteks teraviljapõhk. Nagu paljude

taimevarsi sisaldava kütuste puhul, on tuhasus suhteliselt kõrge, üle nelja protsendi. Tänu tuha kõrgele pehmenemistemperatuurile puudub šlaki tekkimise oht[24]. Järgnevas tabelis on esitatud pilliroo põlemisomadused võrreldes kuusepuu ja rukkipõhuga.

Tabel: Põlemisega seotud omaduste võrdlus

	Tuhasisaldus [% A sisaldus]	Kütteväärtus [MJ/kg]	Lenduvad komponendid [% vee- ja tuhavaba] (näiteks lämmastik, süsinik, hapnik, väävel)
Kuusk (koorega)[13]	0,6	20,2	82,9
Pilliroog[13]	4,3	18,5	69
Rukki õled[13]	4,8	18,5	76,4

Kuivõrd peaksid põletusseadmed olema kohandatud biomassile?

Suuremates tehastes on vaja automaatset tuhaväljastustehnoloogiat. Pilliroo puhul tuleks kasutada rohtse küttematerjali jaoks kohandatud tehnoloogiat, nt. keevkihtpõletust[18].

IV Rahastus

Rahastus pilliroo kasvatamiseks ning kasutamiseks.

Praegu ei ole pilliroog Euroopa Liidu poolt veel põllumajanduskultuuride hulka klassifitseeritud, mistõttu ei ole selle kasvatamiseks kasutatav maa püsirohumaana või püsikultuurina rahastamiskõlblik (otsetoetused, põllumajanduse keskkonnaprogrammid). Käesoleval hetkel arutatakse kliimakaitse efekti taustal märgade põllukultuuride arvestamist põllumajanduses. Võime eeldada, et rahastamisvõimalused tekivad tulevikus.

Milline on pilliroo kasvatamise hetkeseis?

Looduslikku pilliroogu on sajandeid lõigatud ja kasutatud erinevatel eesmärkidel. Pilliroo alla kuuluv üldpind aga väheneb. Põllumajanduskultuurina pilliroogu veel ei

kasvatata, seda peamiselt praeguse ebasoodsa rahastamist reguleeriva raamistiku tõttu. Saksamaal läbi viidud pilootkatsetes on pilliroo kasvatamine siiski mitmel korral õnnestunud[4,7,18]. Praegused pilliroo kasvatamise projektid toimuvad Baieris (https://forschung.hswt.de/forschungsprojekt/958-mooruse) ja Mecklenburg-Vorpommernis (https://www.moorwissen.de/prima).

V Mõju turbaalale

Kuidas mõjutab pilliroo kasvatusprotsess turbaalal kasvuhoonegaaside heitkoguseid?

Märgade turbaalade majandamine veetasemeklassidega 5+ ja 6+ (kui veetase on alates maapinnast kuni üleujutuseni) tagab püsivalt veega küllastunud turba. Selline olukord ei kindlusta mitte ainult turba säilimist, vaid võimaldab katurba teket, sest pilliroog on turvast moodustav taim[28]. Üleujutuse puhul on eeldatav CO_{2ekv} ~7 t 1 ha kohta aastas, koosnedes peamiselt metaanist (CH_4), mis on tugev, kuid lühiajaline kasvuhoonegaas. Kõrge veetaseme puhul tasakaalustub CH_4 heitkoguse mõju kliimale CO_2 eemaldamisega atmosfäärist, mis toimub tänu roo suurenenud tootlikkusele. Seetõttu ei ole pikas perspektiivis oodata ka suviti üleujutatud aladelt täiendavaid heitekoguseid (~0 t CO_{2ekv} ha^{-1} aastas). Võrdluseks on näiteks kuivendatud turbaaladele rajatud põllumaad, mis eraldavad rohkem kui 30 t CO_{2ekv} ha^{-1} aastas. Selleks, et vältida CH_4-heitmete olulist suurenemist roostike rajamisel, tuleks vältida järsku taasniisutamist ja samaaegset suurt toitainete kättesaadavust, nt kergesti laguneva orgaanilise materjali kaudu[29].

Praeguste andmete kohaselt on püsiva maapinnast kõrgema veetasemega pillirooalad kliima- ja turbaalade majandamise meetoditest kõige kliimasõbralikumad, kuna nad ei tekita heidet.

Kuidas mõjutab pilliroo kasvatamine bioloogilist mitmekesisust?

Niitmine ja biomassi koristamine piirab rooaladel kulukihi tekkimist ja suurendab valguse kättesaadavust maapinna lähedal. Sellest saavad kasu eelkõige väikesed ja aeglaselt kasvavad taimeliigid, nii et võrreldes kasutamata roostikuga võivad kujuneda heterogeensemad ja liigirikkamad roostikualad. See mõju on suvise niitmise korral märgatavam kui talvise niitmise korral. Reeglina on selline areng seotud ka loomastiku liigilise mitmekesisuse suurenemisega. Peamiselt on tegemist avamaaliikidega, mis armastavad valgust ja soojust ning mis saavad niitmisest kasu. Samas on niitmisel ka pärssiv mõju loomastikule läbi otsese füüsilise kahjustuse (vigastuste/surma). Lisaks sellele piirab maapinnalähedase biomassi eemaldamine eelkõige varju armastavate ja maapinnale kukkunud taimeosasid lagundavate liikide arengut. Nende pärssivate

mõjude leevendamiseks on soovitatav kasutada bioloogilist mitmekesisust soodustavat tehnoloogiat (nt pöörlevate niidukite asemel lattniidukid, kõrgelt niitmine), kehtestada iga-aastane saagikoristustsükkel kasvualadel, kujundada kraavid bioloogilist mitmekesisust soodustavalt (nt kraavide ühepoolne hooldus) ja järgida kohandatud kasutusperioodi.

VI Kulud ja tulud

Pilliroogu saab kasutada energia tootmiseks (põletamine) või katusekatte materjalina. Pilliroog sobib biogaasijaamades kääritamiseks vaid piiratud määral, kuna paljud taimed ei ole tehniliselt ümbertöötlemiseks sobivad. On suur risk, et biogaasijaama tulud ei kata pilliroo materjali koristuskulusid[33]. Suurimad tulud saadakse siis, kui pilliroogu kasutatakse ehitusmaterjalina.

Kui palju maksab pillirookasvatuse rajamine?

Siinkohal on võimalik anda ülevaade pillirookasvatuse rajamise kohta Saksamaa näitel. "Handlungsleitfaden Paludikultur" [LUP 2012][34] kohaselt maksab ühe hektari pillirookasvatuse rajamine umbes 2760 eurot. See sisaldab istutusmaterjali kulusid (5000 taime/ha, 0,44 eurot taime kohta) ja tööjõukulusid[34]. Saaki on võimalik koristada alates neljandast aastast pärast istutamist. 30-aastase ajaperioodi ja 26 saagikoristusaasta puhul on aastane kulu 224 eurot hektari kohta[34]. Tabelites on Wichmanni (2017)[33] poolt esitatud Monte Carlo simulatsioonide kulud ja tulud, milles ei ole arvesse võetud istutuskulusid.

Millised on pillirooga katuse katmise oodatavad kulud ja tulud (Saksamaa näitel)?

Katuseroo saamiseks koristatakse 300-1000 (keskmisel juhul 500) kimpu pilliroogu hektari kohta. Saja kimbu koristamine, transport ja töötlemine võtab 2,4-4,7 (keskmiselt 3,1) töötundi[33]. Ühe kimbu kohta saadakse tulu 1,9-2,5 eurot (keskmiselt 2 eurot)[33]. Katusematerjali tarbeks pilliroo koristamiseks on vaja spetsiaalseid masinaid (balloonrehvidega Seiga või roomiktehnika). Dahms et al 2017 on arvutanud sarnasete kulude keskmise: 554 €/ha Seiga balloonrehvidega ja 527 €/ha roomikutehnoloogiaga[1].

Tabel: Katusepilliroo tootmise kulud ja tulud ühe hektari kohta aastas Saksamaa näitel

Katuseroog (materjal)[29]	Ebasoodne olukord	Keskmine olukord	Soodne olukord
Kulud	-769 €	-504 €	-838 €
Tulud	607 €	1.076 €	2.380 €
Kasum	**-162 €**	**572 €**	**1.542 €**

Milliseid kulusid ja tulusid on oodata pilliroopallide põletamisel?

Ühelt hektarilt koristatakse pilliroopalle 5–12 t KM (keskmiselt 8 t KM)[33]. Pallid pressitakse "tavalise" ruloonpressiga ümarpallideks ja laaditakse teleskooplaaduriga pallitangide abil[18]. Kulud sõltuvad peamiselt töötundidest ja saagi hulgast hektari kohta. Pallide koristamine ja transportimine võtab aega 2 kuni 8 (keskmiselt 4) töötundi[33]. Ühe tonni pallide (KM) kohta oodatakse tulu ca. 40 – 100 €[33]. "Handlungsleitfaden Paludikultur"[34] annab aga prognoosiks suuremaid kulusid: niitmine (vahemikus 20 €/t kuni 100 €/ha), pallimine (24 €/t), transport/ladustamine (3,2 €/t)[34]. Sellistel puhkudel oleksid kulud vastavalt ca 510 € (5 t/ha), 526 € (8 t/ha) ja 728 € (12 t/ha) (ilma istutamiskuludeta).

Tabel: Pillirooenergia kasutusega seotud kulud ja tulud hektari ning aasta kohta

Pilliroopallid (põletamine)[29]	Ebasoodne olukord	Keskmine olukord	Soodne olukord
Kulud	-495 €	-412 €	-538 €
Tulud	208 €	465 €	1.215 €
Kasum	**-287 €**	**53 €**	**677 €**

VII Allikad ja täiendav kirjandus

[1]Dahms, T., Oehmke. C., Kowatsch, A., Abel, S., Wichmann, S., Wichtmann, W. & Schröder, C. (2017): Paludi-Pellets-Broschüre: Halmgutartige Festbrennstoffe aus nassen Mooren. 63 S. Greifswald: Universität Greifswald.

[2]Koppisch, D., Roth, S. & Hartmann, M. (2001): Vom Saatgrasland zum wieder torfspeichernden Niedermoor - die Experimentalanlage in Am Fleetholz/Friedländer Große Wiese. In: Landschaftsökologische Moorkunde (hrsg. von M. Succow & H. Joosten), S. 497-504. Stuttgart: Schweizerbart.

[3]Ostendorp, W. (1994): Bonitierung von Schilfröhrichten. Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Niederösterreichischen Landesmuseum 8: 65–84.

[4]Tschoeltsch, S. (2008): Reet: Vom Anbau bis zum Dach. Das Reetprojekt aus der Eider-Treene-Sorge Niederung. 59 S. Horstedt: Verein zur Förderung der Kulturlandschaft e.V.

[5]Greifswald Moor Centrum (2016): Schilf (Phragmites australis) - Landwirtschaft auf nassen Mooren. https://www.moorwissen.de/doc/paludikultur/imdetail/steckbriefe_pflanzenarten/Flyer%20Schilf.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[6]Hawke, C. & José, P. (Hrsg.) (1996): Reedbed management for commercial and wildlife interests. 212 S. London: Royal Society for the Protection of Birds.

[7]Timmermann, T. (1999): Anbau von Schilf (Phragmites australis) als ein Weg zur Sanierung von Niedermooren — eine Fallstudie zu Etablierungsmethoden, Vegetationsentwicklung und Konsequenzen für die Praxis. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung, Bd. 38: 111-143.

[8]Haslam, S.M. (2010): A book of reed. (Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel). 254 S. Cardigan: Forrest.

[9]Kersten, U., Lindner, H., Melzer, R., Rehberg, U., Staack, R. & Werner, W. (1999): Ergebnisse des Projektes "Regeneration und alternative Nutzung von Niedermoorflächen im Landkreis Ostvorpommern". 57 S. Anklam: Stiftung Odermündung, Regionalverband für dauerhafte Entwicklung e.V.

[10]Lemm, R. (2005): Anbau von Schilf als nachwachsender Rohstoff für die Verwendung auf Reithdächern. Oldenburg: Fakultät V Mathematik- und Naturwissenschaften.

[11]LM M-V (Hrsg.) (2017): Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes. 98 S. Schwerin: Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern.

[12]Obernberger, I. & Thek, G. (2010): The pellet handbook. The production and thermal utilisation of biomass pellets. 549 S. London, Washington: Earthscan.

[13]Oehmke, C. & Wichtmann, W. (2016): Kritische Inhaltsstoffe von Festbrennstoffen aus Paludikultur In: Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, W., C. Schröder & H. Joosten), S. 50-51. Stuttgart: Schweizerbart.

[14]Wulf, A., Wichtmann, W., Barz, M. & Ahlhaus, M. (2008): Energy Biomass from rewetted peatlands for combined heat and power generation. In: Energy Biomass from rewetted peatlands for combined heat and power generation (hrsg. von A. Wulf, W. Wichtmann, M. Barz & M. Ahlhaus), S. 187-194. Stralsund: FH-Stralsund.

[15]Asaeda, T., Rajapakse, L., Manatunge, J. & Sahara, N. (2006): The Effect of Summer Harvesting of Phragmites australis on Growth Characteristics and Rhizome Resource Storage. Hydrobiologia 553 (1): 327–335.

[16]De Buhr, H. (2007): Auswirkung unterschiedlicher Nutzungsbedingungen auf Schilfbestände am Großen Meer bei Emden und Möglichkeiten der qualitativen Optimierung des Mahdgutes. 168 S. Diplomarbeit an der Universität Oldenburg. Oldenburg: Fakultät V Mathematik und Naturwissenschaften.

[17]Wichmann, S., Dettmann, S. & Dahms, T. (2016): Landtechnik für nasse Moore. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 63-70. Stuttgart: Schweizerbart.

[18]Wichmann, S. & Wichtmann, W. (Hrsg.) (2009): Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt Energiebiomasse aus Niedermooren (ENIM). 190 S. Greifswald: Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald und DUENE e. V.

[19]Wagner, H. & Kaltschmitt, M. (2016): Box 3.11: Konversionsprinzipien. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 46. Stuttgart: Schweizerbart.

[20]Wiedow, D. & Burgstaler, J. (2016): Stoffliche Nutzung von Biomasse aus Paludikultur. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 43-45. Stuttgart: Schweizerbart.

[21]Czybulka, D. & Kölsch, L. (2016): Rechtliche Rahmenbedingungen der Paludikultur. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 143-149. Stuttgart: Schweizerbart.

[22]Geurts, J. & Fritz, C. (Hrsg.) (2018): Paludiculture pilots and experiments with focus on cattail and reed in the Netherlands. Technical report Cinderella Project. 71 S. Nijmegen: Radboud University.

[23]Brix, H. (2003): Plants used in constructed wetlands and their functions. In: Proceedings of the 1st international seminar on the use of aquatic macrophytes for wastewater treatment in constructed wetlands, Lisboa, Portugal (May 2013): 1-30.

[24]Universität Greifswald (2013): Endbericht VIP – Vorpommern Initiative Paludikultur. https://www.moorwissen.de/doc/paludikultur/projekte/vip/endbericht/Endbericht%20%20BMBF%20Verbundprojekt%20VIP%20-%20Vorpommern%20Initiative%20Paludikultur.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[25]Koppitz, H. & Buddrus, K. (2004): Wachstum, Produktivität, Stickstoffhaushalt und genetische Diversität einer Schilfpflanzung auf degradiertem Niedermoor. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung 43(2): 5-26.

[26]Kühl, H., Woitke, P. & Kohl, J.-G. (1997): Strategies of nitrogen cycling of Phragmites australis at two sites different in nutrient availability. Int. Revue ges. Hydrobiol. 82: 57-66.

[27]Wichtmann, W. & Succow, M. (2001): Nachwachsende Rohstoffe. In: Ökosystemmanagement für Niedermoore (hrsg. von R. Kratz & J. Pfadenhauer), S. 177-184. Stuttgart: Ulmer.

[28]Oehmke, C. & Abel, S. (2016): Ausgewählte Paludikulturen. In: Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 22-38. Stuttgart: Schweizerbart.

[29]Hahn-Schöfl, M., Zak, D., Minke, M., Gelbrecht, J., Augustin, J. & Freibauer, A. (2011): Organic sediment formed during inundation of a degraded fen grassland emits large fluxes of CH_4 and CO_2. Biogeosciences 8: 1539-1550.

[30]Wichmann, S. & Köbbing, J.F. (2015): Common reed for thatching – A first review of the European market. Industrial crops and products 77: 1063-1073.

[31]König, U., Burgstaler, J. & Wiedow, D. (2016): Box 3.9: Ein ökologischer Dämmputz mit Schilf. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 44. Stuttgart: Schweizerbart.

[32]Wollert, A. (2016): Box 3.4: Brandschutzplatte aus Schilf. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 33. Stuttgart: Schweizerbart.

[33]Wichmann, S. (2017): Commercial viability of paludiculture: A comparison of harvesting reeds for biogas production, direct combustion, and thatching. Ecological Engineering 103 (2017): 497-505.

[34]LUP - Luftbild Umwelt Planung GmbH (2012): Aktivierung der Klimaschutzfunktion von Niedermoorflächen in der Landeshauptstadt Potsdam. Handlungsleitfaden "Paludikultur". 42 S. https://www.potsdam.de/sites/default/files/documents/Leitfaden-Paludikultur_2012.12_21%5B1%5D.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[35]Wichmann, S. (2016): Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Paludikulturen - Perspektiven für die Nutzung Brandenburgischer Moore. Präsentation am 14.10.2016. https://brandenburg.lpv.de/fileadmin/user_upload/Wichmann_Brandenburg_14-10-2016_online.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[36]Haslam, S. M. (1969): The development and emergence of buds in Phragmites communis Trin. Annals of Botany 33: 289-301.

3.1.2 Hundinui (*Typha spec.*), looduslik või kultuurtaimestik

Hundinui sobib kultuurtaimena kasvatamiseks hästi, sest hundinui on taastatud veerežiimi ja toitainetega hästi varustatud aladel väga kõrge saagikusega. Saagikus on hea isegi pikaajalise üleujutuse korral ning esimese kümne aasta jooksul on saagikus eeldatavasti stabiilne. Suur tootlikkus ning kasvav nõudlus, eriti ökoloogiliste ehitusmaterjalide järele, pakub mitmekülgset potentsiaali piirkondliku väärtuse loomiseks.

Täpsemalt hundinuia kasvatamise kohta Eestis saab lugeda Katrin Heinsoo ja Indrek Meltsi poolt kirjutatud ülevaatest "Märgalaviljeluseks sobivad kultuurid Eestis": http://media.voog.com/0000/0037/1265/files/Heinsoo_Melts2019_Lisa3.pdf

Infokast: (*Typha* spec.), looduslik või kultiveeritud

Veetase:	(1) suvel -10 kuni 0 cm, talvel -5 kuni 15 cm (veetasemeklass 5+) VÕI (2) 0 kuni 20 (40) cm üle maapinna suvel, 10 kuni 20 (40) cm üle maapinna talvel (veetasemeklass 6+).
Rajamine:	Külvamine, istutamine või isekülv pärast veetaseme tõstmist
Saagikus:	4,3-22,1 t KM ha^{-1} a^{-1}
Saagikoristus:	üks kord aastas suvel või talvel (sõltuvalt kasutusviisist); esimene saak 1-2 aasta pärast.
Ala suurus:	Üksikud alad kuni 10 ha
Tingimused:	Hea toitainete ja vee kättesaadavus, tasane reljeef
Kasutus:	ökoloogilised ehitusmaterjalid, bioenergia, sööt
Prognoositavad pikaajalised heitkogused (GEST-lähenemine):	7 t CO_{2ekv} ha^{-1} aastas (veetasemeklass 5+) 6 t CO_{2ekv} ha^{-1} aastas (veetasemeklass 6+)

Joonis: Hundinuia niitmine roomiktehnikaga (12/2018, foto: lensescape.org)

I Looduslikult väljakujunenud varud või põllukultuurid

Millised on sobivad alad?

Kultiveerimiseks sobivad optimaalselt degradeerunud, taastatud veerežiimiga madalsood, kus on suur toitainete varu ja pidev äravool. Siiski on vajalik püsiv veetase maapinnani või üle selle[1,2,3,5,9,14]. Hundinuiad on soolade ja hapete suhtes tolerantsed ning kasvavad hästi ka soolases vees[2]. Tänu nende resistentsusele enamike herbitsiidide suhtes, oleksid hundinuiad märgadel aladel (väga) niisketes tingumustes (veetasemeklassid 3+, 4+) tõhusad ka puhvertsoonina veekogude ümber, olles seeläbi intensiivsete põllumajandusmaastike toitainete puhvriks[2]. Selliselt kasvanuna ei sobi biomass siiski paljudeks kasutusviisideks, eriti ehitusmaterjaliks, sest taimekaitsevahendid ladestuvad taimedesse. Tänu väga heale toitainete ringlusele võib läbi hundinuia kasvuala juhtida toitainetega saastunud vee. Seega on mõtekas kasvatada hundinuia selliste veekogude läheduses, millesse suubub vett põllumajandusmaadelt[2,3]. Niiviisi oleks võimalik lisaks biomassi kaudu lisandväärtuse

loomisele, kasutada hundinuia vett filtreerivat funktsiooni ka veepoliitika raamdirektiivi nõuete täitmiseks.

Kas looduslikud hundinuia kasvualad on kasutuskõlblikud?

Hundinui võib põllumaal peale veetaseme tõstmist kasvama hakata nii looduslikult kui ka spetsiaalselt istutades. Kasutada on võimalik mõlemal viisil kasvanud hundinuia. Kasvuala loodusliku arengu korral võib esimese saagikoristuseni kuluda kaks kuni 10 aastat[1], sõltudes pindala suurusest, asukoha omadustest, kasvukohtade suurusest ning arvust. Taime seemned kanduvad tulevasele kasvualale vee või tuulega. Hundinuia levikut soodustab ka kraavide hooletusse jätmine, mis võib asustamist omakorda veelgi kiirendada. Selleks, et seemnete levikut veeteede kaudu täielikult ära kasutada, tuleks hüdroloogilist majandamist vastavalt kohandada: kraavide üleujutamine ja kraavide omavaheline ühendamine valgalal on parimad viisid ujuvate seemnete jõudmiseks sihtpiirkonda.

Millistel juhtudel on hundinuia kasvatamine kasumlik?

Kultiveerimine on hea valik juhul, kui biomassi tuleb toota kiiresti ja ohutult. Pärast istutamist kulub kaks kuni kolm aastat, enne kui saagikus saab olema suur. Pikaajalised kogemused hundinuia kasvatamisel puuduvad, kuid tõenäoliselt saab hundinuia kasvuala kasutada püsikultuurina vähemalt kümme aastat[1]. See kehtib juhul, kui on tagatud pidev toitainetega varustamine toitaineterikka vee kaudu. Juhul, kui alade degradeerumise ja sellega kaasneva tootlikkuse vähenemise korral levib massiliselt pilliroog, siis võib eeldada, et edaspidi saab ala kasutada pilliroo kasvualana[3].

Milliseid tegureid tuleks arvesse võtta hundinuia kasvatamisel?

Enne hundinuia istutamist tuleks alad niita, niidetud materjal eemaldada ja seejärel pinnas kobestada. Lühiajaline üleujutus (maksimaalselt 5 cm) võimaldab ideaalseid idanemistingimusi ja konkureeriva taimestiku tõrjumist[3,14]. Lisaks on turvas niiskuse tõttu suures osas kaitstud oksüdeerumise eest. Kasvuala tuleks jagada väiksemateks aladeks (< 10 ha), mille veetaset saab reguleerida sõltumatult, eesmärgiga hoida paremini ühtlast veetaset. Ühtlase veetaseme saavutamiseks peaksid kõrguserinevused, sealhulgas mikroreljeef alal olema võimalikult väikesed (≤ 20 cm)[3]. Kõrguserinevuste korrigeerimiseks võib olla vajalik pinnase eemaldamine, kuid selle ulatus peaks olema võimalikult väike. Eemaldatud materjali saab kasutada alade servadele piirdematerjalina. Piiride kõrgus sõltub plaanitud veetasemest ning piirkonna muudest funktsioonidest (nt üleujutuskaitse). Kui piire peab olema ületatav,

võib see olla laiem ja stabiilsem (nt liivast või kruusast). Mehaanilise koormuse minimeerimiseks on oluline, et saagikoristuseks oleks mitu juurdepääsupunkti.

Millist istutusmaterjali võiks kasutada?

Hundinui on mitmeaastaste taimede perekond, mis sobib püsikultuuriks. Hundinuia võib istutada seemnetest või risoomipistikutest kasvatatud istikute abil. Samuti võib teha otsekülvi. Istutamine võimaldab väga kiiret kasvuala rajamist, kuid on samas kulukam[1].

Kõik kohalikud liigid (eriti *Typha latifolia, T. angustifolia* ning nende hübriid *Typha angustifolia × T. latifolia*) on väga produktiivsed ja sobivad hästi märgalaviljeluseks. Laialehine hundinui (*T. latifolia*) on looduslikult paremini kohanenud kuivade perioodide üleelamiseks kui ahtalehine hundinui (*T. angustifolia).* Seevastu talub ahtaleheline hundinui kevadel/suvel kõrget veetaset kuni 60 cm kõrguseni maapinnast. *Typha angustifolia × T. latifolia* on kahe eelnimetatud hariliku hundinuia liigi steriilne hübriid, mis on nendega sarnane kasvukohanõuete ja tootlikkuse poolest[14]. Ta tolereerib siiski laiemat kasvukohavalikut ja talub samal ajal nii põuda kui ka kõrget veetaset[27].

Istutamiseks sobivad 25-50 cm pikkused ja hästi arenenud juurestikuga ettekasvatatud noored taimed. Enne istutamist võib lehed kärpida 20-40 cm pikkuseks, et vältida liigset aurustumist - eriti soojal ja kuival ajal[14]. Soovitatav istutustihedus on kuni kaks taime ruutmeetri kohta[4]. Istutamiseks sobivad ka risoomipistikud. Need võetakse looduslikest kasvukohtadest ja neid saab istutada juba märtsikuus[14]. Istutamise eeltingimus on, et veetase on paar sentimeetrit allpool maapinda. Vahetult pärast istutamist tuleks veetase tõsta 20 cm üle maapinna. See soodustab noorte taimede arengut ja takistab samal ajal konkureerivate rohttaimede tekkimist[14].

Otsekülvi puhul on ideaalsed idanemistingimused siis, kui veetase on maapinnani või mõni cm üle selle. Külvamiseks küpseid seemneid on looduslikelt aladelt optimaalne korjata talvel (detsember-jaanuar). Korjeala võiks olla veetaseme ja toitainete kättesaadavuse poolest sarnane haritava maa-alaga[1,5]. Üks õisik sisaldab üle 100 000 seemne, millest üle 80 % on idanemisvõimelised[5].

Millal on õige aeg istutamiseks?

Parim aeg istutamiseks või külvamiseks on (aprillist) maist juulini[4,14]. Kiire vegetatiivse kasvu puhul tuleks istutada maksimaalselt kaks taime ruutmeetri kohta. Optimaalsetes tingimustes mitmekordistub võrsete arv 30 võrra[5]. Väikesed tühimikud põllul võiks jätta taimedest vabaks, et edendada bioloogilist mitmekesisust (vt allpool)[8]. Suuremate põldude istutamiseks võib kasutada tavapäraseid metsa- või

kapsaistutusmasinaid. Tehnoloogiat mitte märgaladele vastavalt kohandades on see rakendatav ainult võimalikult kuivades tingimustes, eeldusel, et ala saab pärast seda uuesti niisutada. Vastasel juhul tuleb taimed istutada käsitsi.

Mida tuleks arvestada kasvuperioodi ajal?

Vee- ja toitainete juhtimine

Veetase peaks olema lihtsasti reguleeritav, sest seda tuleb tootmistsükli jooksul vähemalt kolm korda uuesti üle vaadata. Istutamise ajal peaks veetase olema veidi maapinnast allpool, pärast istutamist 20 cm üle maapinna. Pisut kõrgem veetase (kuni umbes 40 cm üle maapinna) ei ole problemaatiline, nagu ka ajutiselt madal veetase[14]. See aga eeldab head veevarustust varasuvel. Saagikoristuse ajaks tuleb veetase alandada uuesti maapinnani. Pärast võimalikku suvist niitmist tuleks vältida liigset vett, sest vastasel juhul pärsib see taimede edasist kasvu[5].

Parimad kasvutulemused saavutatakse üldiselt kerge üleujutusega (0-40 cm) ja kõrge toitainete kättesaadavusega. Taastatud veerežiimiga degradeerunud madalsoodes on toitained tavaliselt vähemalt esimestel aastatel piisavalt kättesaadavad, enamasti tänu eelnevale intensiivsele põllumajanduslikuna kasutamisele. Ala võib niisutada ka toitainetega reostunud veega[1]. Taime kasvupiiranguks on peamiselt lämmastik, aga ka kaalium ja fosfor[14]. Et välistada teiste rohttaimede pealekasvamist, tuleks vältida veetaset, mis jääb alla maapinna (< 10 cm) ning ka kuivamist. Lühemad kuivaperioodid võib hundinui suuremate kahjudeta üle elada, kuid taime hilisemad kasutusviisid on seetõttu piiratud. Samuti piiravad taimede produktiivsust pH väärtused, mis jäävad alla 4[14].

Hooldamine

Kõrge veetaseme korral ei ilmne kaasnevat taimestikku peaaegu üldse; sellegipoolest tuleks äärealasid vähemalt kord aastas niita, eriti pilliroo (*Phragmites australis*) allasurumiseks. Kõiki niisutus- ja kuivendusrajatisi (nt pumbad, vabad sisse- ja väljalaskeavud jne) tuleb regulaarselt hooldada[1]. Taimtoiduliste putukate mõju saagikusele tundub olevat enamasti väike. Juhul, kui noortel hundinuia kasvualadel on taimestiku tihedus ja kõrgus väikesed, võivad veelinnud taimestiku kasvu mõjutada. Vastumeetmena võib veetaset mõneks nädalaks langetada 0-10 cm alla maapinna, sest veelinnud sõltuvad toitumisel kõrgest veest. See meede soodustaks aga ka kaasnevat taimestikku, mis võib takistada hundinuia kasvu[14]. Kasvualasid on võimalik katta ka võrkudega, mis pakuvad head kaitset nt vareste ja valgepõsk-laglede tekitatud kahjustuste eest.

II Saagikoristus

Milline on parim aeg saagi koristamiseks?

Saagikoristuse aeg sõltub kas biomassi plaanitavast kasutusviisist või tuleb kasutusviis valida vastavalt koristusajale. Saagikus ei sõltu ainult koristusajast, vaid ka veetasemest ja toitainete kättesaadavusest.

Kui materjali kasutatakse ehitus- ja isolatsioonimaterjalina, siis peaks saagi koristamine leidma aset talvel (novembrist jaanuarini). Talvise koristamise puhul kaasneb kerge toitainete kadu, kuigi enamik toitainetest on juba varutud risoomidesse[14]. Biogaasijaamas kasutamise puhul oleks mõistlik saagikoristus teha võimalikult varakult suvel, et saavutada suur gaasisaak. Sama kehtib ka juhul, kui biomassi kasutatakse söödaks. Võimalusel saab teha ka teise niite suve lõpu poole.

Kui eesmärgiks on toota energiat pelletite või briketi kujul, siis talvel läbi viidav koristus tuleks teha võimalikult hilja, näiteks veebruari lõpus. Külmunud maapinnal koristuse tegemine kaitseb mullapinda ja risoomi[5]. Lõikekõrgus vahemikus 10-20 cm säilitab noored taimeosad, mis võivad järgmisel kevadel uuesti võrsuda[7]. Veetase taimes väheneb järk-järgult kuni talveni, läbi mille saavutatakse parem ladustatavus, suurem soojus- ja ka küteväärtus[4,10,11]. Niitmine iga kahe aasta tagant suurendab täiendavalt vanade võrsete osakaalu tõttu nende sobivust põletamiseks. Sellisel juhul sisaldavad need vähem põletuskriitilisi elemente, kui jooksva aasta võrsed. Lämmastik, väävel ja kloor on need koostisosad, mis osalevad olulisel määral põletusseadme korrosiooniprotsessides ja sisalduvad keskkonnale kahjulikes heitmetes (nt NO_x, SO_2, HCl, dioksiinid, furaanid)[6]. Seetõttu tuleks püüelda biomassi madala lämmastiku (< 0,6 % massist), väävli (< 0,2 % massist) ja kloori (< 0,1 % massist) sisalduse poole[25].

Kõrge veetaseme tõttu nõuab saagikoristus spetsiaalset tehnoloogiat (vt 2. peatükk). Sõltuvalt kasutusviisidest koristatakse taimede tõlvikud või kogu taim kimpudena ning selleks võib kohandada pilliroo niitmise tehnikat[9,12].

Milline peaks olema saagikoristuse tsükkel?

Hundinuia võib koristada pideva toitainete juurdevoolu (eelistatavalt toitaineterikkast vastuvõtuveekogust) puhul iga aasta, ilma et saagikoristus väheneks[5]. Siiski on vaja pikaajalist kogemust.

Mida tuleks niitmise ajal arvestada?

Hundinuia lõikekõrgus on 10-20 cm, võimaldades taimedel uuesti võrsuda[7]. Suure saagikuse püsimiseks ja püsikultuuri säilitamiseks on üldjuhul vaja, et lõikekõrgus jääks

üle veepinna. Vastasel juhul tungib vesi risoomidesse ja juurtesse ning algatab anaeroobsed ainevahetusprotsessid, mis viivad taime hukkumiseni[14].

III Töötlemine ja turustamine

Millised on materjali kasutusvõimalused ja võimalikud tooted?

Hundinuia kasutamisel biomassina võib saavutada kõrgema lisandväärtuse võrreldes energeetilise kasutusega. Tänu oma erilistele omadustele saab hundinuia biomassi kasutada universaalse ökoloogilise ehitusmaterjalina[12]. Seda saab kasutada isolatsioonimaterjalina, nt sissepuhutud isolatsioonina või isolatsiooniplaatidena. Lisaks sellele on katsetatud selle kasutamist kariloomade söödana lüpsiperioodil[14]. Hundinuiade risoomi võrsed võib kasutada ka inimtoiduks. Madala ladustamistiheduse tõttu tuleks hundinuia töötlemine läbi viia kohapeal, mis hoiaks ka transpordikulud võimalikult madalad. Biomassi kasutusel või ladustamisel on vajalik materjali õhukuivatus. Selleks võib kasutada tavapäraseid heinakuivatuse seadmeid.

Ökoloogilised ehitusmaterjalid

Isolatsiooniplaatide valmistamiseks pressitakse pikisuunas lõigatud hundinuia lehed ja varred kokku ja ühendatakse mineraalse magnesiitliimiga. Saadud materjali soojusjuhtivuskoefitsient on 0,035 W m^{-1} K^{-1}, mis on madalam kui puidu puhul (tegur 4), mistõttu on need head isolatsioonimaterjalid. Neid on lihtne käsitseda (sarnaselt OSB-plaatidele) ning lisaks isoleeriva toime saavutamisele on neil ka head kandevõime ja tuleohutusomadused. Hallitust esineb harva[13]. Mitmed ettevõtted Saksamaal juba toodavad ja müüvad neid väikeses mahus (Naporo või Typhatechnik).

Isolatsioonimaterjali tootmiseks saab defibrilleerimise meetodit kasutades ära kasutada kogu taime. Materjal sobib soojusisolatsiooniks (talvel), soojuskaitseks (suvel), heliisolatsiooniks ning seda saab hästi paigaldada katuse- ja seina konstruktsioonidesse. Näiteks saaks ühe hektari ulatuses ühe aasta jooksul toodetud hundinuia biomassiga soojustada kuue ühepereelamu katusepinnad. Tootmistehnoloogia on olemas ja seda on katsetatud (nt Hanffaser Uckermark eG) [24].

Saksamaa ettevõte Egginger toodab biokiududest savikrohvi, milles kasutatakse hundinuia kiudmaterjali koos savi, saviliiva ja kvartsliivaga.

Sööt

Varasuvel koristatud hundinuia võib lisada piimakarja söödaks. Lämmastiku- ja seega valgusisaldus on suurim just enne õitsemist juunis[14]. Hilissuvel koristatud hundinui on toorkiudaineterikkam ja seda saab lüpsilehmadele lüpsivaheperioodil proportsionaalselt söödaks kasutada.

Suvel koristatud tõlvikud on toiduks *Mesostigmata*'le (mahepõllumajanduses kahjuritõrjeks kasulikud lestalised) ja Hiinas ravimteede valmistamise baasmaterjaliks[14].

Toiduained

Inimesele on hundinuia võrsed söödavad sarnaselt bambusevõrsetele[15]. Kuivatatud juurtest on võimalik valmistada jahu, mis võiks olla teraviljajahu lisandiks küpsetamisel ning ka toidu paksendajaks[23]. Pärast välimiste lehtede eemaldamist võib noori taimi kasutada toorelt või keedetult nagu sparglit[15].

Reoveepuhastus

Reoveepuhastuses võib hundinuia kasutada saasteainete akumuleerijatena. See eemaldab tõhusalt saasteaineid kunstlikel või rajatud märgaladel ning saastunud pinnasest. Saksamaal Anklam Mecklenburg-Vorpommerni lähedal asuvas näidisalal leiti uuringu käigus taimedest pestitsiide, nagu glüfosaat ja pikloraam. Sellisel juhul ei saa taimi enam kasutada isolatsioonimaterjalina või toiduna, vaid neid võib põletada energia tootmiseks.

Aiandus ja lillekasvatus

Praegu on arutluse all turba, kui tuntud aiandussubstraadi kasutamise asendamine hundinuiast valmistatud substraadiga[1]. Nimelt tekib isolatsioonimaterjalide tootmisel hinnanguliselt 15 % taime-jäätmed, mida võiks näiteks segada turbasambla kasvatamisel saadud turbasamblast biomassiga. Dekoratiivsetel eesmärkidel võib kuivatatud õisikuid (tõlvikuid) kasutada floristikas.

Millised töötlemisetapid on materjali tootmisahelate jaoks vajalikud?

Enamasti ei ole koristatud saagil algselt vajalikke omadusi, et seda saaks otse toodeteks töödelda. Seetõttu tuleb biomassi enne lõplikku töötlemist ette valmistada. Selle etapi käigus rafineeritakse biomass homogeenseteks partiideks, mis sobivad edasiseks kasutamiseks. Ettevalmistus võib toimuda lihtsate meetoditega, nagu purustamine, rebimine, tükeldamine, jahvatamine ja silumine või kombineerides üksikuid etappe[13].

Millised on energiakasutuse võimalused ja millised tooted on saadaval?

Talve lõpus koristatud hundinuia biomassi saab kasutada briketi ja pelletite tootmiseks toorainena. Suvel koristatud materjali võib lisada (proportsionaalselt) kääritussubstraadile biogaasi tootmisel. Segud vastavalt 20% või 40% vähendavad gaasi tootmist umbes 10% või 20% võrreldes maisisiloga[28]. Väikeses koguses hästi peenestatud biomassi saab kasutada märgkääritamisseadmetes. Ainuüksi hundinuia

kasutamiseks sobib ainult tahke kääritamine (kuivkääritamisprotsess). Pürolüüsi teel saab biosüsi tootmiseks kasutada ka hundinuia biomassi[17,18].

Milliseid on hundinuia kütteomadused?

Alljärgnevas tabelis on esitatud hundinuia põlemisomadused võrreldes pilliroo, kuusepuu ja rukkiõlgedega. Hundinuia kütteväärtus on vaid veidi madalam kui puidu kütteväärtus. Nagu paljudel rohtsetel kütustel, on tuhasus suhteliselt kõrge. Kanadas on võimalik tuhast tagasi saada 88% fosforist, et seda väetisena taaskasutada[22]. Üldiselt tuleks tänu hundinuia headele omadustele keskenduda ennekõike hundinuia materjalikasutusele ja hundinuia kasutamine energia tootmiseks peaks olema teisejärguline.

Tabel: Põlemisega seotud omaduste võrdlus

	Tuhasisaldus [% kuivmass]	Kütteväärtus [MJ/kg]	Lenduvad komponendid [% vee- ja tuhavaba] (näiteks lämmastik, väävel, süsinik, hapnik)
Kuusk koorega[20]	0,6	20,2	82,9
Hundinui[7,16]	3,7-6,7	18,2	-
Pilliroog[20]	4,3	18,5	69
Rukkiõled[20]	4,8	18,5	76,4

Kuivõrd peaksid põletusseadmed olema kohandatud biomassile?

Suuremate rajatiste puhul on vaja automaatset tuhaväljastustehnoloogiat, kuna rohutüüpi kütuste tuhasisaldus on keskmisest suurem[19]. Lisaks tuleb arvesse võtta tuha koostist: põletuskriitilised koostisosad on näiteks biomassi lämmastiku-, väävli-, kaaliumi- ja kloorisisaldus[20]. Igal juhul tuleks rohutüüpi materjalile kohandatud tehnoloogiat rakendada ka hundinuia põletamise puhul, nt keevkihtpõletamine või kokkupressitud biomassi puhul vastavate kollete kasutus.[19]

IV Taotlused, load, rahastamine

Millised on rahastamisvõimalused?

Hundinui ei ole praegu Euroopa Liidu poolt veel põllumajanduskultuuride hulka klassifitseeritud, mistõttu ei ole selle kasvatamiseks kasutatav maa püsirohumaana või püsikultuurina rahastamiskõlblik (otsetoetused, põllumajanduse keskkonnaprogrammid).

Milline on hundinuia kasvatamise hetkeseis?

Saksamaal ei rakendata põllumajandusettevõtete tasandil hundinuia kasvatamist[1]. Aastatel 1998-2001 toimus Donaumoosis 6,2 hektaril proovikultuuride kasvatamine DBU projekti[8] raames. Siiani on hundinuia biomassi kasutatud ökoloogilise ehitusmaterjalina Doonau deltast (Rumeenia) ja Senegalist pärit looduslikest kasvukohtadest. Saksamaal kogutakse teaduslikeks katsetusteks hundinuia spontaanselt kujunenud looduslikest kasvukohtadest, mis on tekkinud peale põllumajanduslikult kasutatava maa veerežiimi taastamist[1]. Teadusprojekti CINDERELLA (https://www.moor-wissen.de/de/paludikultur/projekte/cinderella/cinderella.php) raames katsetati 2017. aastal Madalmaades erinevate hundinuia liikide sihipärast kasvatamist kokku umbes kolmel hektaril asuval viiel maa-alal (Zegveld, Zuiderveen, Bûtefjild, Deurnese Peel). Lisaks on Mecklenburg-Vorpommerni liidumaal rajatud arvukalt väikseid katsealasid, et proovida kasvatamist püsikultuurina. Söötmiskatsed lüpsilehmadega näitasid, et hundinui on proportsionaalselt sobilik lehmade söötmiseks lüpsivaheperioodil. Manitobas (Kanadas) kasutatakse katseprojekti käigus Winnipegi järve valgalal looduslikku hundinuia toitainete filtreerimiseks ja biomajanduseks (biosöe, etanooli ja kiudude tootmine ning toitainete taaskasutamine)[22]. Šveitsis katsetati 2007. aastal rohttaimede kasutamist ehitusmaterjalina ning aastatel 2009-2011 katsetati projekti raames rohttaimede kasvatamist. Praegused hundinuia kasvatamise projektid viiakse läbi Baierimaal aastatel 2016-2022 (https://forschung.hswt.de/forschungsprojekt/958-mooruse) ja Mecklenburg-Vorpommernis aastatel 2019-2022 (https://www.moorwissen.de/prima).

V Mõju turbaalale

Kuidas mõjutab hundinuia kasvatusprotsess turbaalal kasvuhoonegaaside heitkoguseid?

Märgade madalsoode majandamine veetasemeklasside 5+ ja 6+ puhul (kui veetase on maapinnast kuni üleujutuseni) tagab püsivalt veega küllastunud turba, mis tagab turba säilimise. Siiski ei ole veel tõestatud, et hundinui moodustab turvast Kesk-Euroopas[4]. Maapinnani ulatuva veetaseme puhul eeldatakse, et hundinuia kasvuala emissioon on ~7 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1}, millest olulise osa moodustab metaan (CH_4), mis on tugev, kuid lühiajaline kasvuhoonegaas. Isegi kõrgema veetaseme korral jäävad need näitajad peaaegu samaks, samas kui CO_2 heitkogused muutuvad veidi negatiivseks, st CO_2 eemaldatakse atmosfäärist. Suvel üleujutatud alade puhul võib oodata heidet ~6t CO_{2ekv} hektari kohta aastas. Võrdluseks: kuivendatud põllumaad turbaaladel eraldavad rohkem kui 30 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1}. Et vältida CH_4-heitmete tekkimist, tuleks vältida järsku veetaseme tõstmist ja samaaegset suurt toitainete kättesaadavust, nt kergesti laguneva orgaanilise materjali kaudu[26].

Kuidas mõjutab hundinuia kasvatamine bioloogilist mitmekesisust?

Hundinuia kasvatamise ja korjamise mõju kohta turbaalade bioloogilisele mitmekesisusele on läbi viidud vaid mõned uuringud. Siiski võib oletada, et niitmine koos biomassi eemaldamisega piirab kulu-kihi teket ja suurendab valguse kättesaadavust maapinna lähedal. Eriti väikesed ja aeglaselt kasvavad taimeliigid saavad sellest kasu, nii et kasutamata jäänud hundinuia kasvualadega võrreldes võivad kujuneda heterogeensemad ja liigirikkamad hundinuia kasvualad. See mõju on suvise niitmise korral tõenäoliselt tugevam kui talvise niitmise korral. Reeglina on see areng seotud ka loomastiku liigilise mitmekesisuse suurenemisega. Niitmisest võidavad peamiselt avamaaliigid ning valgust ja soojust armastavad liigid. Niitmine avaldab aga ka pärssivat mõju loomastikule otsese füüsilise kahjustuse (vigastuse/ surma) kaudu. Lisaks sellele piirab maapinnalähedase biomassi eemaldamine eelkõige varju armastavate ja maapinnale kukkunud taimeosasid lagundavate liikide arengut. Aluskihi eemaldamine pärsib pesitsevaid linnuliike, nagu roolind või tsiitsitaja, nende pesade kahjustamise kaudu. Negatiivse mõju leevendamiseks on soovitatav kasutada bioloogilist mitmekesisust soodustavat tehnoloogiat (nt pöörlevate niidukite asemel lattniidukid, kõrgelt niitmine), kehtestada iga-aastane saagikoristustsükkel, rakendada bioloogilist mitmekesisust soodustavat kraavide kujundust (nt kraavide ühepoolne hooldus) ja järgida tundlike liikide jaoks kohandatud majandamisskeeme.

VI Kulud ja tulud

Kulud ja tulud (hektari ja aasta kohta) on võetud Saksamaa näitel Schätzl et al. (2006)[9]. Eeldatakse, et istutamise kulud saavad kaetud 10 aasta jooksul. 10 aasta jooksul saab läbi viia keskmiselt 8,6 saagikoristust. Ebasoodsal juhul kasvatati hundinuia 4,7 ha-l, soodsal juhul 20 ha-l. Nende väärtuste põhjal on tuletatud keskmised investeerimiskulud. Ebasoodsal juhul arvutati minimaalseks saagikuseks 7,8t KM/ha[40], soodsal juhul maksimaalseks saagikuseks 20t KM/ha[40] ja keskmisel juhul saagikuseks 13,1t KM/ha[40] (avaldatud väärtuste keskmine). Kuna hundinuiast tehtud tooted ei ole veel levinud või kasutuses, siis ei ole ka hinnad veel teada. Schätzl et al. (2006) on arvutanud, et keskmise hinna korral peab (isolatsioonimaterjalina turustatava) hundinuia tulu olema vähemalt 270 eurot/t KM, et katta kulud[9]. Täiendavad üksikasjad rahastamise kohta on esitatud BfNi juhistes[29].

Tabel: Kulud ja tulud hundinuia kasvatamise puhul hektari ja aasta kohta

		Ebasoodne olukord	Keskmine olukord	Soodne olukord
Kulud	Seadmete amortisatsioon	-1.120 €	-680 €	-80 €
	Istutuskulud	-570 €	-570 €	-570 €
	Saagikoristus	-1.600 €	-1.450 €	-1.200 €
	Hooldamine	-1.040 €	-930 €	-810 €
	Kokku	**-4.330 €**	**-3.630 €**	**-2.760 €**
Tulu	Tulu	2.106 €	3.537 €	5.400 €
Kasum		**-2.224 €**	**-93 €**	**2.740 €**

VII Allikad ja täiendav kirjandus

[1]Greifswald Moor Centrum (2016): Rohrkolben (Typha ssp.) - Landwirtschaft auf nassen Mooren. https://www.moorwissen.de/doc/paludikultur/imdetail/steckbriefe_pflanzenarten/Flyer%20Rohrkolben.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[2]Theuerkorn, W. (2014): Neuer Baustoff aus Rohrkolben. In: Neuer Baustoff für umweltfreundliche und bautechnische Sanierung in der Denkmalpflege (hrsg. von Deutsche Bundesstiftung Umwelt), S. 20-27. Osnabrück: DBU.

[3]LM M-V (Hrsg.) (2017): Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes. 98 S. Schwerin: Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern.

[4]Oehmke, C. & Abel, S. (2016): Ausgewählte Paludikulturen. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 22-38. Stuttgart: Schweizerbart.

[5]Heinz, S. (2012): Population Biology of Typha latifolia L. and Typha angustifolia L. Establishment, Growth and Reproduction in a Constructed Wetland. 103 S. Aachen: Shaker Verlag.

[6]Dahms, T., Oehmke. C., Kowatsch, A., Abel, S., Wich-mann, S., Wichtmann, W. & Schröder, C. (2017): Paludi-Pellets-Broschüre: Halmgutartige Festbrennstoffe aus nassen Mooren. 63 S. Greifswald: Universität Greifswald.

[7]Dubbe, D.R., Garver, E.G. & Pratt, D.C. (1988): Production of Cattail (Typha spp.) Biomass in Minnesota, USA. Biomass 17: 79-104.

[8]Pfadenhauer, J. & Wild, U. (2001): Rohrkolbenanbau in Niedermooren. Integration von Rohstoffgewinnung, Wasserreinigung und Moorschutz zu einem nachhaltigen Nutzungskonzept. Abschlussbericht zum DBU-Projekt Nr. 10628. 111 S. Freising-Weihenstephan: TU München.

[9]Schätzl, R., Schmitt, F., Wild, U. & Hoffmann, U. (2006): Gewässerschutz und Landnutzung durch Rohrkolbenbestände. Wasserwirtschaft 96: 24-27.

[10]Obernberger, I. & Thek, G. (2010): The pellet handbook. The production and thermal utilisation of biomass pellets. 549 S. London, Washington: Earthscan.

[11]Wulf, A., Wichtmann, W., Barz, M. & Ahlhaus, M. (2008): Energy Biomass from rewetted peatlands for combined heat and power generation. In: Energy Biomass from rewetted peatlands for combined heat and power generation (hrsg. von A. Wulf, W. Wichtmann, M. Barz und M. Ahlhaus), S. 187-194. Stralsund: FH-Stralsund.

[12]Wiedow, D. & Burgstaler, J. (2016): Stoffliche Nutzung von Biomasse aus Paludikultur. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 43-45. Stuttgart: Schweizerbart.

[13]Fritsch, A. & Theuerkorn, W. (2017): Typha-Natur – Bau-Technik. In: Denkmal und Energie 2017 (hrsg. von B. Weller und S. Horn), S. 100-113. Wiesbaden: Springer Vieweg.

[14]Geurts, J. & Fritz C. (Hrsg.) (2018): Paludiculture pilots and experiments with focus on cattail and reed in the Netherlands. Technical report Cinderella Project. 71 S. Nijmegen: Radboud University.

[15]Morton, J.F. (1975): Cattail (Typha ssp.) - Weed problem or potential crop? Economic botany 29: 7-29.

[16]Cicek, N., Lambert, S., Venema, H.D., Snelgrove, K.R., Bibeau, E.L. & Grosshans, R. (2006): Nutrient removal and bio-energy production from Netley-Libau Marsh at Lake Winnipeg through annual biomass harvesting. Biomass and Bioenergy 30: 529-536.

[17]Wagner, H. & Kaltschmitt, M. (2016): Box 3.11: Konversionsprinzipien. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 46. Stuttgart: Schweizerbart.

[18]Burgstaler, J. & Wiedow, D. (2016): Box 3.14: Produktion von Biokohle. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joos-ten), S. 52. Stuttgart: Schweizerbart.

[19]Ahlhaus, M. & Jantzen, C. (2016): Verfeuerungstechniken. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 51-55. Stuttgart: Schweizerbart.

[20]Oehmke, C. & Wichtmann, W. (2016): Kritische Inhaltsstoffe von Festbrennstoffen aus Paludikultur. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 50-51. Stuttgart: Schweizerbart.

[21]Dahms, T. & Schäfer, A. (2016): Zertifizierung von Biomasse aus Paludikultur. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 119-131. Stuttgart: Schweizerbart.

[22]Grosshans, R. (2016): Kanada – Nutzung von Rohrkolben (Typha ssp.) zur Nährstoffreduktion und Bio-Ökonomie am Winnipegsee. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 226-228. Stuttgart: Schweizerbart.

[23]Claassen, P.W. (1919): A Possible New Source of Food Supply. The Scientific Monthly: 179-185.

[24]Universität Greifswald (2013): Endbericht VIP – Vorpommern Initiative Paludikultur. https://www.moorwissen.de/doc/paludikultur/projekte/vip/endbericht/Endbericht%20%20BMBF%20Verbundprojekt%20VIP%20-%20Vorpommern%20Initiative%20Paludikultur.pdf. Zuletzt abgerufen: 01/2020.

[25]Obernberger, I., Brunner, T. & Bärnthaler, G. (2006): Chemical properties of solid biofuels – significance and impact. Biomass and Bioenergy 30: 973-982.

[26]Hahn-Schöfl, M., Zak, D., Minke, M., Gelbrecht, J., Augustin, J. & Freibauer, A. (2011): Organic sediment formed during inundation of a degraded fen grassland emits large fluxes of CH_4 and CO_2. Biogeosciences 8: 1539-1550.

[27]CABI (2019): Typha x glauca (hybrid cattail) [Originaltext von S. Hall]. In: CAB International (hrsg. vom Invasive Species Compendium). Wallingford. www.cabi.org/isc. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[28]Hartung, C. & Eckenscheidt, T. (2018): Verwertung von Niedermoor-Paludikultur-Pflanzen als Biogas-Substrat und Torfersatzstoff. Vortrag auf der Informationsveranstaltung Moornutzungsalternativen im Schäwbischen Donaumoos am 13.07.2018. https://greifswaldmoor.de/files/images/MoorDialog/180713_Eickenscheidt_%20Biogas%20und%20Torfersatzstoff%20aus%20Paludikulturen.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[29]Närmann, F., Birr, F., Kaiser, M., Luthardt, V., Nerger, M., Zeitz, J. & Tanneberger, F. (2021): Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden. BfN-Skripten. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.

[40]Schulz, K., Timmermann, T., Steffenhagen, P., Zerbe, S. & Succow, M. (2011): The effect of flooding on carbon and nutrient standing stocks of helophyte biomass in rewetted fens. Hydrobiologia 674:25-40.

3.1.3 Kõrged tarnaniidud *(Carex* spec.)

Kõrgete tarnadega niitudel domineerivad produktiivsed tarna-liigid, mida täiendavad erinevad niiskust taluvad taimeliigid. Tihe taimestik muudab ala läbitavaks ka kõrge veetaseme korral[25]. Tarnad on vastupidavad üleujutustele ja muutuvale niiskustasemele[18]. Neid võib kasvatada niitudel, kus neid lõigatakse üks või kaks korda aastas ja kasutatakse söödana. Biomassi energeetiline kasutamine on samuti võimalik.

Veetase:	(1) suvel 10 kuni 20 cm alla maapinna, talvel 5 kuni 15 cm alla maapinna (veetasemeklass 4+) või (2) suvel -10 kuni 0 cm, talvel -5 kuni 15 cm (veetasemeklass 5+)
Rajamine:	Looduslik asustamine pärast veetaseme tõusu või sihipärane rajamine istutamise või külvamise teel.
Saagikus:	2-12 t KM ha^{-1} a^{-1} (1-2 saagikoristst)
Kasutus:	Energeetiline biomass (kütus, substraat biogaasijaamade tarbeks), sööt, allapanu
Prognoositud pikaajalised heitkogused tegevuskohas (GEST-meetod):	~10 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1} (veetasemeklass 4+) ~3 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1} (veetasemeklass 5+)

Infokast: Kõrged tarnaniidud (*Carex* spec.)

Joonis:Heina kokkupressimine energiakasutuseks niisketeks tingimusteks kohandatud rohumaa-tehnoloogiaga Speerwaldis (09/2019, foto: F. Birr).

I Asukoha sobivus ja taastamine

Millised asukohad on sobivad?

Kõrgekasvulisteks tarnaniitudeks sobivad nii kultiveeritud turbaalad, rohumaad ja varem põllumaadena kasutuses olnud turbaalad tingimusel, et veetase hoitakse piisavalt kõrgel. Eesmärk on tagada stabiilne veetase veidi allpool maapinda kogu suve jooksul. Talvel võib olla alal ka kerge üleujutus. Kõrge toitainesisaldusega alad, näiteks varem intensiivselt majandatud rohumaad, sobivad tingimuste poolest produktiivseteks niisketeks tarnaniitudeks. Varem kuivendatud ning degradeerunud turbaalade märjutamise korral võivad tarnad levida kiiresti, olles kohanenud elupaikadega, kus juurtevööndis on hapnikupuudus ning samal ajal ka kõrge toitainetega varustatus[14].

Enam kui 100 liigiga on lõikheinaliste (*Cyperaceae*) perekond üks kõige liigirikkamaid rühmi ja see võib aidata kaasa turba moodustumise taastumisele . Neid iseloomustab enamasti kolmnurkne varre ristlõige ja vastavalt kolmekohaliselt asetsevad lehed[15]. Suuremad tarna liigid nagu sootarn (*Carex acutiformis*), kallastarn (*Carex riparia*) või sale tarn (*Carex acuta*) on niisketes tingimustes kasvades suure tootlikkusega ning eeldatavalt suure saagikusega.

Milliseid samme on vaja teha tarnaniitude taasrajamiseks?

Isegi pärast 15-20 aastat kestnud intensiivset kasutamist rohumaadena või põllumaadena võivad endise sootaimestiku seemned mullas säilida. Loomade poolt mulla üleskaevamise, mulla kobestamise või ulatusliku majandamise kaudu jõuavad seemned valguse kätte ning idanevad. Paljude liigniiskete niiduliikide seemned võivad üleujutuse ajal veega alale laiali triivida. Taasasustamist soodustab see, kui vahetus läheduses (nt kraaviservades) kasvab veel tarnasid, mille seemned võivad vee või tuulega alale kanduda. Kraavide hooldamata jätmine soodustab taimede levikut, mis võib koloniseerimist veelgi kiirendada. Selleks, et täielikult ära kasutada vee positiivset mõju levikule, tuleks veemajandust vastavalt kohandada: kraavidest vee väljajuhtimine ümbritsevatele aladele ja omavahel ühendatud kraavid valgalal on parim viis, kuidas seemned vee kaudu sihtalale jõuavad[17]. Suur üleujutus esimeses kasvufaasis mõjub siiski negatiivselt taimede kinnistumisele[15]. Spontaanseks tarnade koloniseerimiseks tuleks arvestada umbes kolme aastaga.

Samuti on võimalik tarnade kasvualasid kunstlikult rajada, mis tähendab märkimisväärset rahalist investeeringut. See on siiski soovitatav juhul, kui veega kaetud ala on algsetest tarna kasvukohtadest isoleeritud või kui tulevast kasvuala on vaja väga kiiresti kasutada. Tarnade kasvuala võib ka sihipäraselt rajada, istutades ettekasvatatud istikuid (seemnest või risoomide teel)[17]. Muld tuleb ette valmistada nii, et kaasnevate liikide konkurents oleks võimalikult väike. Kuna tarnade vegetatiivne

levikukiirus on väiksem kui näiteks pilliroo puhul, peaks istutustihedus olema vähemalt 0,25 taime ruutmeetri kohta[15]. Reeglina ei ole tarnade külvamine või istutamine nende suure levimisvõime tõttu vajalik[18].

Mida on vaja arvestada veemajanduse ja toitainetega varustamise puhul?

Suurimad saagid saavutatakse madalate suvisete üleujutuste korral. Suur üleujutus seevastu vähendab tootlikkust. Talvel taluvad tarnad 0-30 cm üleujutusi[16].

Esimestel aastatel toimub toitainetega varustamine märjutatud ala turbast. Lisaks sellele võib toitainetega reostunud veekogude vee suunata üle ala. Ilma toitaineid juurde lisamata on pikemas perspektiivis võimalik toitainete kättesaadavuse vähenemine ja sellega kaasnev saagikuse langus[16].

II Saagikoristus

Millised on eeldatavad saagikogused?

Sõltuvalt kasvavatest tarnaliikidest on võimalik saagikus kuni 12 t KM ha^{-1} a^{-1}. Saagikus alla 2 t KM ha^{-1} a^{-1} ei ole tavaline isegi toitainete kättesaadavuse vähenemise ja sellega kaasneva saagikuse languse korral. Sellisel juhul võib vaja olla rohkem maad, et säilitada tootjale vajalik biomassi saadavus[16].

Milline võiks olla saagikoristustsükkel?

Enamike tarnaliikide saagikoristus võib toimuda üks või kaks korda suve ja hilissügise vahel[15]. Seda võib teha kohandatud tavatehnoloogiaga (nt kaksikrehvid või laiad rehvid suruõhu kontrolliga), kui veetase on suvel langenud. Sõltuvalt veetaseme sügavusest maapinnast võib teostada heina kuivatamist põllul. Maapinnast kõrgema veetaseme korral kasutatakse ühekordseid koristusmeetodeid, mille puhul on vaja spetsiaalset tehnoloogiat[18].

Kui heina kasutatakse soojuse tootmise eesmärgil, on soovitatav saagikoristusaeg hilissügisel, kuna see parandab biomassi põlemisomadusi. Biogaasijaamades kasutamiseks on aga parem teha saagikoristus varasuvel[18].

Väga märgade kuni niiskete niitude puhul tuleb kasutada mulla- ja niiskustingimustele kohandatud tehnoloogiat. Masinaid saab kohandada vastavalt mulla oludele erinevate rehvisüsteemidega, näiteks topelt-/kaksikrehvid või suruõhu kontrolliga laiad rehvid. Kõrge veetaseme puhul on vaja kasutada spetsiaalset tehnoloogiat. Üldist teavet koristustehnoloogia, biomassi ladustamise ja infrastruktuuri kohta vt peatükist 2.

III Töötlemine ja turustamine

Millised on materjali kasutusvõimalused ja võimalikud tooted?

Tänu oma heale imamisvõimele on liigniisketelt niitudelt saadud materjali kasutamine allapanuks taas populaarseks saamas[13]. Nii kasutatakse ka tarnaniite allapanu tootmiseks[24]. Pärast allapanuna kasutamist on võimalik materjali edasine kasutamine biogaasijaamas või orgaanilise väetisena. Viimane on eelistatud suletud toitainete tsükli seisukohast[3,8,18].

Märgadel niitudel kasvav sale tarn (*Carex acuta*) võib olla hea hobuste söödaks, sest sisaldab palju räni. Märgadel niitudel väheneb kasvukoha söödaväärtus üldiselt kiiresti. See jääb laktatsiooniperioodil vahemikku 5,4 MJ kg kuivsööda kohta (enne õitsemist) ja 4,3 MJ kg kuivsööda kohta (õitsemise lõpus). Kui maa-ala on tallamisele vastupidav, võib varajast karjatamist teostada piiratud aja jooksul üsna suure loomkoormusega. Hilisemat järelkarjatamist soovitatakse madala söödaväärtuse tõttu ainult lühiajaliselt. Niiskete niitude kasutamine loomade karjamaana on mõtekas ainult varajase karjatamise korral[31].

Märgadelt niitudelt saadud biomassi võib kasutada ka otse, lisades seda orgaanilise väetisena põllumaale. Lisaks saab tarnasid kasutada mulšimaterjalina puuviljakasvatuses, haljastuses, teede pervedel jne[8].

Väljaspool põllumajandussektorit saab tarnasid kasutada tselluloosi tootmiseks, mis on paberi ja kartongi tootmise tooraine või mida saab kasutada kiudvaluvormide valmistamiseks[8].

Traditsiooniline savi ja rohttaimede varrematerjali seguga ehitusmeetod teeb praegu ökoloogilises ehituses taassündi. Õlgedele sarnanevat materjali saab kasutada soojustusplaatide, õlglaastplaatide või õlgkiudplaatide[8] valmistamiseks. Niidetud heinast soojustusmaterjali pakutakse ka sissepuhutava või lahtise soojustusmaterjalina.

Biosöe või HTC-söe tootmiseks kasutatakse hüdrotermilist karboniseerimisprotsessi (HTC). Niiske ja märg biomass sobib selleks niiskete töötlemistingimuste tõttu. Vee lisamisel, rõhul (10-40 baari) ja kõrge temperatuuri (180-250 °C) juures saab niiske ja märja niidu biomassi muuta mitme tunni jooksul biosöeks. Seda saab kasutada soojuseks, mullaparandusainena, turba asendajana istutusmuldades või filtrisüsteemides[13].

Millised on biomassi vajalikud omadused edasiseks kasutamiseks?

Enamasti ei ole toormaterjalil veel vajalikke omadusi, et sellest saaks kohe tooteid teha. Seetõttu tuleb biomass enne lõplikku töötlemist ette valmistada. Selle etapi käigus rafineeritakse biomass homogeenseteks partiideks, mis on seejärel valmis

edasiseks kasutamiseks. Biomassi ettevalmistamine võib toimuda lihtsate meetodite abil - purustamine, rebimine, tükeldamine, jahvatamine ja silumine, või siis eelmainitud etappide kombineerimisega[12].

Millised on võimalused energia tootmiseks, millised toormaterjalid on saadaval?

Kui rohttaimede biomassi koristatakse talve lõpus, saab seda kasutada toorainena pelletite tootmiseks. Sobivaimad on kõrrelised, kus domineerivad tarnad või päideroog. Hoolimata suuremast kogutolmuheitest, tuhasisaldusest ja tuha sulamistemperatuurist, on niiskel niiduheinal head põlemisomadused[13]. Tarnade küttevääртus on vahemikus 17,6-17,9 MJ kg kuivaine kohta, tuhasisaldus on 5% kuivaine kohta[15].

Kui saagikoristus toimub varasuvel, saab biomassi kasutada biogaasirajatistes. Metaani toodang on 126-313 m^3 tonni orgaanilise kuivmaterjali kohta[18]. Biomassi eellagundamist soodustab selle eelnev kasutamine allapanuna. Majanduslik risk on otsepõletamise puhul oluliselt väiksem kui biogaasistamisel, kuna rohtse biomassi põletamisel on energiakogus suurem kui kääritamisel[19].

Väljakutsed seisnevad peamiselt kohandatud või spetsiaalse saagikoristustehnoloogia kõrgetes investeerimiskuludes ja kindlustatud müügis (nt soojusjaamadele)[18]. Rohtse biomassiga töötavate põletusseadmete kütusekulud on madalamad kui õli- või gaasiküttesüsteemidel, kuid on nendega konkurentsivõimelised ainult siis, kui rajatises saavutatakse suur arv täiskoormustunde[20]. Rohtset biomassi saab granuleerida, mis laiendab kasutus- ja müügivõimalusi, kuid suurendab ka tarnekulusid[15]. Pelleteid kasutatakse ka allapanuks või edasises materjalitöötluse protsessis.

Kuidas peaksid põletusseadmed olema kohandatud tarnade biomassile?

Suurematesse põletusseadmetes on vaja automaatset tuhaväljastustehnoloogiat. Igal juhul tuleks kasutada rohtse küttematerjali jaoks kohandatud tehnoloogiat, nt keevkihtpõletust ja sigar-tüüpi põletust. Alad, kust biomassi korjatakse, võivad suuresti üksteisest erineda veesisalduse, tootlikkuse ja taimede poolest ning seetõttu tuleks kindlasti analüüsida kriitilisi koostisosi (eriti kloori, kaaliumi ja väävlit)[11,13].

IV Rahastus

Milline on tarnade kasvatamise hetkeseis?

Liigniisketel niitudel tarnade kasvatamist on praktiseeritud sajandeid ja seda võib siiani kohata nii Eestis kui Saksamaal. Üheks näiteks sellise biomassi kasutusest on 2014. aastast Saksamaal Malchinis asuv katlamaja Agrotherm GmbH. Siin põletatakse

märjutatud soost saadud biomassi, et varustada soojusega umbes 500 elamut ja mõningaid avalikke hooneid. Biomassi kasutamisel allapanuna koos edasise kasutamisega biogaasirajatises tegeleb näiteks Mesecke GbR Prenzlau Brandenburgis, Saksamaal[18]. Saksamaal Brandenburgis Spreewaldis (Göritzer Agrar GmbH) kasutatakse alates 2016. aastast energeetikas heinapalle, mis on saadud hilise niitmise tulemusel. Baierimaal toimub aastatel 2016-2022 tarna kultiveerimise projekt (https://forschung.hswt.de/forschungsprojekt/958-mooruse).

V Mõju turbaalale

Kuidas mõjutab tarnade kasvatusprotsess turbaalal kasvuhoonegaaside heitkoguseid?

Tarnad on head turba tekitajad[23]. Tarnaniidud eraldavad veetasemeklassiga 5+ aladel keskmiselt ~3 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1} ja veetasemeklassiga 4+ aladel keskmiselt ~10 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1}. Seega on kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamiseks kasulik kõrgem veetase. Mõlema veetaseme puhul on heitkoguste põhjuseks peamiselt CH_4, mis on tugev, kuid lühiajaline kasvuhoonegaas. Võrdluseks: kuivendatud põllumaad turbaaladel tekitavad üle 30 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1}.

Kuidas mõjutab tarnade kasvatamine bioloogilist mitmekesisust?

Niitmine ning biomassi koristamine piirab kulukihi teket niitudel ning suurendab valguse kättesaadavust maapinna lähedal. Sellest saavad kasu eelkõige väikesed ja aeglaselt kasvavad taimeliigid, nii et võrreldes mitte-majandatavate tarnaaladega võivad välja kujuneda heterogeensemad ja liigirikkamad niidud. Reeglina on selline areng seotud ka loomastiku liigilise mitmekesisuse suurenemisega. Eelkõige saavad sellest kasu nii avamaaliigid kui ka valgus- ja soojuslembesed liigid. Põldlõoke, sookiur, hänilane ja kiivitaja eelistavad madala taimestikuga alasid. Madal, roostiku laadne taimestik koos avatud mudaste pinnaselaikudega on eriti ihaldusväärsed pesitsuspaigad tikutajatele. Samas on niitmisel pärssiv mõju loomastikule läbi otsese füüsilise kahjustuse (vigastuse/ surma). Lisaks sellele piirab maapinnalähedase biomassi eemaldamine eelkõige varju armastavate ja maapinnale kukkunud taimeosasid lagundavate liikide arengut. Ilma tiheda aluskihita ei leia teatud linnuliigid, nagu näiteks rootsiitsitaja või luitsnokk-part pesitsusvõimalusi. Nende pärssivate mõjude leevendamiseks on soovitatav kasutada bioloogilist mitmekesisust soodustavat tehnoloogiat (nt pöörlevate niidukite asemel lattniidukid, kõrgelt niitmine), luua iga-aastane saagikoristustsükkel, bioloogilist mitmekesisust soodustav kujundus kraavidel (nt kraavide ühepoolne hooldus) ja kohandatud kasutusperioodide järgimine.

VI Allikad ja täiendav kirjandus

[1]Wichtmann, W., Schröder C. & Joosten, H. (Hrsg.) (2016): Paludikultur — Bewirtschaftung nasser Moore für regionale Wertschöpfung, Klimaschutz und Biodiversität. 272 S. Stuttgart: Schweizerbart.

[2]Petersen, A. (1953): Die Gräser: als Kulturpflanzen und Unkräuter auf Wiese, Weide und Acker. Berlin: Akademie-Verlag.

[3]Hutter, C.-P. (Hrsg.) (1993): Wiesen, Weiden und anderes Grünland: Biotope erkennen, bestimmen, schützen. 152 S. Stuttgart, Wien: Weitbrecht Verlag in K. Thienemanns Verlag.

[4]Nitsche, S. & Nitsche, L. (1994): Extensive Grünlandnutzung. 247 S. Radebeul: Neumann.

[5]Kratz, R. & Pfadenhauer, J. (Hrsg.) (2001): Ökosystemmanagement für Niedermoore. Strategien und Verfahren zur Renaturierung. 317 S. Stuttgart: Ulmer.

[6]Voigtländer, G. & Jacob, H. (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau. 450 S. Stuttgart: Ulmer.

[7]Klapp, E. & Opitz von Boberfeld, W. (2006): Taschenbuch der Gräser. Erkennung und Bestimmung, Standort und Vergesellschaftung, Bewertung und Verwendung. 264 S. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.

[8]Briemle, G., Eickhoff, D. & Wolf, R. (1991): Mindestpflege und Mindestnutzung unterschiedlicher Grünlandtypen aus landschaftsökologischer und landeskultureller Sicht: Praktische Anleitung zur Erkennung, Nutzung und Pflege von Grünlandgesellschaften. 160 S. Karlsruhe: Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 60.

[9]Wichmann, S., Dettmann, S. & Dahms, T. (2016): Landtechnik für nasse Moore. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 63-70. Stuttgart: Schweizerbart.

[10]Schröder, C., Dettmann, S. & Wichmann, S. (2016): Logistik der Biomasseproduktion auf nassen Mooren. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 70-76. Stuttgart: Schweizerbart.

[11]Wichmann, S. & Wichtmann, W. (Hrsg.) (2009): Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt Energiebiomasse aus Niedermooren (ENIM). 190 S. Greifswald: Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald und DUENE e. V.

[12]Wiedow, D. & Burgstaler, J. (2016): Stoffliche Nutzung von Biomasse aus Paludikultur. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 43-45. Stuttgart: Schweizerbart.

[13]DVL - Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V. (Hrsg.) (2014): Vom Landschaftspflegematerial zum Biogas – ein Beratungsordner. DVL-Schriftenreihe „Landschaft als Lebensraum“, Nr. 22. 94 S. Ansbach: DVL e.V.

[14]Dierßen, K. & Dierßen, B. (2001): Moore. Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht. 230 S. Stuttgart: Ulmer.

[15]Dahms, T., Oehmke. C., Kowatsch, A., Abel, S., Wichmann, S., Wichtmann, W. & Schröder, C. (2017): Paludi-Pellets-Broschüre: Halmgutartige Festbrennstoffe aus nassen Mooren. 63 S. Greifswald: Universität Greifswald.

[16]Greifswald Moor Centrum (2016): Nasswiesen (Carex ssp.) - Landwirtschaft auf nassen Mooren. https://www.moorwissen.de/doc/paludikultur/imdetail/steckbriefe_pflanzenarten/Flyer%20Nasswiese.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[17]Roth, S., Seeger, T., Poschlod, P., Pfadenhauer, J. & Succow, M. (2001): Etablierung von Röhrichten und Seggen. In: Ökosystemmanagement für Niedermoore. Strategien und Verfahren zur Renaturierung (hrsg. von R. Kratz & J. Pfadenhauer), S. 125-134. Stuttgart: Ulmer.

[18]LM M-V (Hrsg.) (2017): Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes. 98 S. Schwerin: Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern.

[19]Wichmann, S. (2016): Bereitstellung von Biomasse zur stofflichen und energetischen Verwertung. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 111-116. Stuttgart: Schweizerbart.

[20]Wichmann, S. (2016): Bereitstellungskosten für Energiebiomasse: Schilf, Stroh und Miscanthus im Vergleich. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), Box S. 112-113. Stuttgart: Schweizerbart.

[21]Wichmann, S. (2018): Economic incentives for climate smart agriculture on peatlands in the EU. 38 S. Greifswald: Universität Greifswald.

[22]Deutsche Vernetzungsstelle Ländliche Räume (DVS) (Hrsg.) (2017): ELER in Deutschland – Übersicht über die Nationale Rahmenregelung und die Programme der Länder. https://www.netzwerk-laendlicher-raum.de/fileadmin/sites/ELER/Dateien/01_Hintergrund/ELER/013_Ma%C3%9Fnahmensteckbrief AUM_2015_fertig008klein.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[23]Oehmke, C. & Abel, S. (2016): Ausgewählte Paludikulturen. In: Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore: Klimaschutz, Biodiversität, regionale Wertschöpfung (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 22-38. Stuttgart: Schweizerbart.

[24]Rauschert, S. (1961): Wiesen- und Weidepflanzen. 405 S. Radebeul: Neumann Verlag.

[25]Prochnow, A. & Kraschinski, S. (2001): Angepasstes Befahren von Niedermoorgrünland. DLG-Merkblatt 323. 16 S. Frankfurt a.M.: Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft.

3.1.4 Sanglepik (*Alnus glutinosa*)

Toitainete rikka ja liikuva pinnaseveega alad sobivad ideaalselt sangleppade kasvatamiseks. See kehtib ka niiskete ja sügavate turbaalade kohta. Ala muutmine rohumaast või põllumaast metsaks on vajalik ja see tuleb hoolikalt läbi mõelda. Madalate ja niiskete alade puhul võib osaliselt kaaluda ka kännuvõsude kasutust.

Veetase:	10-20 cm alla maapinna suveperioodil, 5-15 cm alla maapinna talveperioodil (veetasemeklass 4+)
Rajamine:	Istutamine
Saagikus:	4-6 harvendusraiet, raieküpsed pärast 60-80 aastat, tootlikkus 600-800 m^3 ha^{-1}.
Saak:	Väärispuit
Kasutus:	Vajalikud on edasised uuringud

Infokast: Sanglepp (*Alnus glutinosa*) kui kõrghaljastus

Pilt: Sanglepik väga niiskel alal. Barnim, Brandenburg, Saksamaa (Foto: T. Lüdicke).

I Sanglepa kasvatamiseks sobiv asukoht

Millised on sobivad asukohad?

Sanglepp vajab palju valgust, nad kasvavad noorena väga kiiresti ja elavad kuni 120 aastat. Sanglepp on puistutes sageli domineerivaks liigiks ning levib laialdaselt madalatel aladel paiknevatel turvasmuldadel. Sanglepp on suure toitainete vajadusega ning hea kohaneja püsivalt niisketes, märgades ja isegi püsivalt madala üleujutusega oludes, tänu millele on sanglepp optimaalselt kasvatatav puuliik degradeerunud, taastatud veerežiimiga turbaalade jaoks. Juurte hapnikuga varustamine kõrge

veetaseme juures on tagatud tüve alumises osas asuvate avaustega. Lisaks elavad sanglepa juurtel sümbioosis õhust lämmastikku siduvad bakterid, misläbi rahuldab puu oma kõrge toitainete vajaduse ka siis, kui lagunenud turbas jääb toitainetest vajaka. Spetsiaalne kude toitainete ja hapniku transportimiseks varustab isegi kõige sügavamad juured hapnikuga, kaitstes samal ajal puud anaeroobsetes tingimustes mürgiste ainete eest. Liigniisketes tingimustes võib sanglepp aidata kaasa ka turba moodustumisele. Toitaineterikastel, niiskete kuni mõõdukalt niiskete, liikuva pinnaseveega kasvukohtadel saavutab sanglepp parimad kasvutulemused. Väga niisketel kasvukohtadel (veetasemeklass 4+) on kasv eeldatavasti rahuldav. Sanglepa tüve põhi on tundlik pikaajalisele tugevale üleujutusele ja äärmuslikule veetaseme dünaamikale. Seetõttu ei ole sellised kasvukohad (veetasemeklass 4+/5+) enam sobivad leppade kasvatamiseks[1,5,7].

Millele tuleb sangleppade istutamisel tähelepanu pöörata?

Kui tegemist on kasutamata maaga või rohumaaga, kus peab vältima herbitsiidide kasutamist, tuleb istutamise ettevalmistamisel ala kas multšida või niita. Kui niidetud materjali ei kasutata muuks otstarbeks, võiks selle jätta alale, et vähemalt esialgu takistada konkureeriva taimestiku kasvamist. Kõrgendatud kasvukohtade (piirded, künkad) rajamine ei ole soovitatav nii majanduslikel kui ka ökoloogilistel põhjustel[1]. Siiski väga niisketes kohtades võib kaaluda puude istutamist kõrgematele kohtadele[5].

Millist istutusmaterjali saab kasutada?

Sanglepal on palju erinevate saagikuse ja kvaliteedinäitajatega alamliike. Seetõttu peaks istutusmaterjali valik sõltuma kasvukoha tingimustest. Eriti sobilik on istutamiseks kohaliku päritoluga istikud. Teavet kõige sobivamate alamliikide kohta antakse Saksamaal vastutavatelt metsandusorganisatsioonidelt[1].

Istutamiseks sobivad kaheaastased sanglepa istikud. Sõltuvalt valitud istutusviisist ja konkureerivatest liikidest sobivad istutamiseks 80-120 cm ja 120-150 cm suurused istikud[1]. Soovitatav on istikute arv 3000-3500 ha^{-1}, kusjuures ridade vahekaugus on 2,4-2,8 m ja istutuskaugus ühes reas on 1,2 m. Puistu rajamine maksab Saksamaal umbes 2200-3000 eurot ha^{-1} [1,5].

Millal on õige aeg istutamiseks?

Istutada võib nii sügisel kui ka kevadel. Sobiv aeg tuleks valida vastavalt piirkonna niiskustingimustele (nt mitte kevadise üleujutuse korral)[1].

Kas metsa regulaarne hooldamine on vajalik?

Puidutootmise eesmärk on toota võimalikult palju väärtuslikku tüvepuud, mille rinnasläbimõõt on väärtusliku puidu puhul vähemalt 45 cm. Kogu kasvuvõimekus kuni 60 aasta vanustel puudel on hinnanguliselt 600-800 m³ hektari kohta.

Kuni raieni on reeglina vaja neli kuni kuus hooldusraiet, mille käigus võetakse välja peamiselt väheväärtuslik kasutatav puit. Tulenevalt leppade elujõulisusest on hooldamine esimesel aastal vajalik ainult erandjuhtudel, kui konkureerivad liigid, nagu pilliroog või kõrrelised (*Calamagrostis* ssp.), on liiga tugevad ja pärsivad leppade kasvu või humalad tungivad noortele taimedele. Esimesel kümnel eluaastal tuleks vaid ühel korral teha hooldusraie ning selle käigus eemaldada ainult äärmiselt kehvasti arenenud isendid. Võiks püüelda tiheda puistu kujunemise poole, et puude vastastikune külgsurve soodustaks puutüvede loomulikku puhastumist okstest. Kõige tähtsam hooldustegevus on noore puistu (puude vanus: 10-25 aastat) hooldamine, mille käigus valitakse välja kuni 120 eliitpuud hektari kohta (eriti jõulised ja hea kvaliteediga puud). Kui need puud on saavutanud 6-8 m pikkuse oksavaba võra, edendatakse neid korduva jõulise raietööga (2-3 sekkumist)[1,5]. Kui need puud on saavutanud 6-8 m pikkuse oksavaba võra, toetatakse nende edasist kasvu korduvate raietöödega (2-3 sekkumist).

Milliseid ennetavaid kahjuritõrjemeetmeid soovitatakse?

Metsloomad (metskitsed, põdrad, hirved) võivad puid kahjustada, nt närides või ennast vastu puud nühkides. Üldiselt soovitatakse suurema ulukipopulatsiooniga piirkondades rajada ulatuslikumad sanglepa metsad, et ulukite poolne surve oleks jaotatud[2]. Suuremate kahjustuste vältimiseks võib olla abiks ka küttimine.

II Raie kavandamine

Milline on parim aeg raieks ja miks?

60-80 aasta vanusena peaks sanglepa mets saavutama raieküpsuse. Kui raie viiakse läbi kohandatud tavapäraste seadmetega, tuleb hinnata alal talvist liikumisvõimet. Minevikus oli raie võimalik ainult pikkade külmaperioodide ajal, kui pinnas on sügavalt külmunud või alternatiivselt ka pärast pikemaid kuivaperioode varasügisel, et hoida pinnase kahjustused võimalikult väikesed[1]. Vana ja surnud puitu tuleb alal säilitada piisavas mahus[11].

Milline raietehnoloogia on vajalik?

Kui alal on võimalik piisavalt liikuda, võib kasutada kombineeritud töömeetodit hobustega ja kerge roomikutega traktoriga. Hobuste poolt metsast välja viidud puitu saab seejärel roomikul asuva kraana abil üles tõsta ja edasi viia. Selle meetodi tööviljakust ja kulusid kirjeldatakse eriväljaandes[2]. Kui kohapeal ei ole piisavalt ruumi manööverdamiseks, võib kasutada mägistel aladel rakendatavat tross-kraana tehnoloogiat. Selle tehnoloogia abil saab pinnase kahjustamist vähendada miinimumini. Samas tuleb arvestada trosskraana tehnoloogia suhteliselt kõrgete kasutuskuludega[3]. Metsaraie kulud jäävad vahemikku Saksamaa hinnangul 20-40 €/m3[5].

Millist raiemeetodit soovitatakse?

Selleks, et kohandada metsa majandamist sanglepiku loomuliku arengutsükliga, tuleks valida kas väheste üksikute puude raie või väikesemahuline raieviis, näiteks peenike raielõik või väikeste laikude kaupa raieviis või mõlema kombinatsioon. Suuremahuline raie tooks kaasa märkimisväärsed muutused maa-ala mullastiku tingimustes. Seetõttu on see ka mõnes Saksamaa liidumaal keelatud. Väikeste laikude kaupa teostatav raieviis on soovitatav, sest väikesed avatud alad võimaldavad ka varjuliste kohtade tekkimist. Metsakooslustes mosaiikidena rajatud raiealad on 0,3-0,5 ha suurused[3]. Raie poolt puutumata aladelt võib eemaldada ka üksikuid väärtuslikke puid, mis on raieküpsed. Need alad jäävad liikide pelgupaigaks kuni suktsessioonpuude tekkimiseni. Alles tuleks jätta ka vanu ja surnud puid elurikkuse hoidmise eesmärgil.

III Töötlemine ja turustamine

Millised on materjali kasutusvõimalused ja võimalikud tooted?

Tänu oma suurepärastele omadustele (kerge, vastupidav, kergesti töödeldav) on sanglepa puidul lai kasutusala. Puit on pehme, ühtlane, peene struktuuriga ning ka vee all väga vastupidav. Parima kvaliteediga tugevad tüved sobivad spoonipuiduks, peale värvimist ka troopiliste puuliikide imitatsiooniks, eriti mahagonipuu ja eebenpuu puhul aga ka kirsi ja pähklipuu puhul[1]. Hea kuni normaalse kvaliteediga puitu kasutatakse peamiselt saematerjalina täismööbli ja sisustuse valmistamiseks. Harvenduspuidust saadud nõrgemat puitu töödeldakse puidutööstuses puitlaastplaatide, puitkiudplaatide ja OSB-plaatide tootmiseks või kasutatakse energia tootmiseks (vt allpool) [5].

Millised on kvaliteedistandardid?

Turustamise edukus sõltub suuresti puidu, eriti alumiste tüveosade kvaliteedist. Südamemädanik, mis esineb puul sageli vanemas eas, viib kaugelearenenud nakatumise korral tüvepuu massilise devalveerumiseni. Südamemädaniku vastu saab võidelda harvendusstrateegiaga, mis on suunatud puu kiirele kasvule[1].

IV Mõju turbaalale

Kuidas mõjutab sangleppade kasvatamine kasvuhoonegaaside heitkoguseid?

Väga niisketel soodel sanglepikute majandamise puhul, mille veetase on 20-5 cm allpool maapinda (veetasemeklass 4+), võib eeldada turba säilimist[12]. Soodsal juhul võib turvast isegi väikeses koguses juurde tekkida, kusjuures turvast moodustub 133-2010 kg orgaanilist ainet hektari kohta aastas[1]. Praegu puuduvad usaldusväärsed andmed lepa kasvatamisest tulenevate kasvuhoonegaaside heitkoguste kohta[8]. Siiski on teada üldised tendentsid: mida kuivem ala, seda suuremad on heitkogused[1]. Veetasemeklassi 4+ tingimustes on võimalik suhteliselt väike kasvuhoonegaaside heide[1,4,9]. Kuna sanglepp võib kasvada ka madalama veetaseme juures, mille puhul on eeldatavalt oodata oluliselt suuremaid heitkoguseid, on ka kliimakaitse seisukohast oluline, et veetase oleks võimalikult kõrge, et tagada turba säilimine ja vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid[1,10]. Seega peaks veetase kliimakaitse eesmärgil olema praeguste teadmiste kohaselt vähemalt taimkatte piiril.

Kuidas mõjutab sanglepiku majandamine bioloogilist mitmekesisust?

Poolniisked ja niisked lepikud on väärtuslikud elupaigad ohustatud taime- ja loomaliikidele. Eelkõige võivad need pakkuda elupaika liikidele, kes on häirimise suhtes tundlikud (nagu näiteks must-toonekurg, väike-konnakotkas või sookurg). Erinevate puuliikide esinemine, suurem alusrinde tihedus ja surnud puidu suurem osakaal võivad lisaks rikastada elupaika struktuuriliselt ja sel moel avaldada positiivset mõju bioloogilisele mitmekesisusele[1].

Saksamaal kuuluvad liigniisketel turbaaladel olevad sanglepikud seadusega sätestatud biotoopide kaitse alla. Keelatud on meetmed, mis toovad kaasa hävitamise, kahjustamise või muu halvenemise.

VI Allikad ja täiendav kirjandus

Täiendav kirjandus

Landesumweltamt Brandenburg (Hrsg.) (2004): Leitfaden zur Renaturierung von Feuchtgebieten in Brandenburg. Studien und Tagungsberichte 50, S. 192.

Wichtmann, W., Schröder C. & H. Joosten (Hrsg.) (2016): Paludikultur — Bewirtschaftung nasser Moore. 272 S. Stuttgart: Schweizerbart.

Allikad

[1]Schäfer, A. & Joosten, H. (Hrsg.) (2005): Erlenaufforstung auf wieder vernässten Niedermooren — ALNUS-Leitfaden. 68 S. Greifswald: DUENE e. V.

[2]AFZ-Der Wald (2013): KWF-Thementage vom 1./2. Oktober 2013: Umweltgerechte Bewirtschaftung nasser Waldstandorte. 61 S. München: Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH.

[3]Röhe, P. & Schröder, J. (2010): Grundlagen und Empfehlungen für eine nachhaltige Bewirtschaftung der Roterle in Mecklenburg-Vorpommern. 49 S. Schwerin: Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz.

[4]Spangenberg, A. (2011): Einschätzung der Treibhausgasrelevanz bewaldeter Moorstandorte in Mecklenburg-Vorpommern hinsichtlich des Minderungspotentials nach Wiedervernässung, Endbericht. 29 S. Greifswald: DUENE e. V.

[5]LM M-V (Hrsg.) (2017): Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes. 98 S. Schwerin: Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern.

[6]Neuß, R. & Schröder, J. (2013): Mythos und Moor. AFZ-Der Wald 18/2013: 14-16.

[7]Linke, C., Wirner, M., Koska, I., Spangenberg, A., Barthelmes, A. & Prager, A. (2013): Bewirtschaftung von nassen Waldstandorten aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes. AFZ-Der Wald 18/2013: 17-19.

[8]Jauhiainen, J., Alm, J., Bjarnadottir, B., Callesen, I., Christiansen, J. R., Clarke, N., Dalsgaard, L., He, H., Jordan, S., Kazanavičiūtė, V., Klemedtsson, L., Lauren, A., Lazdins, A., Lehtonen, A., Lohila, A., Lupikis, A., Mander, Ü., Minkkinen, K., Kasimir, Å., Olsson, M., Ojanen, P., Óskarsson, H., Sigurdsson, B. D., Søgaard, G., Soosaar, K., Vesterdal, L. & Laiho, R. (2019): Reviews and syntheses: Greenhouse gas exchange data from drained organic forest soils – a review of current approaches and recommendations for future research. Biogeosciences Discussions.

[9]Huth, V., Hoffmann, M., Bereswill, S., Popova, Y., Zak, D. & Augustin, J. (2018): The climate warming effect of a fen peat meadow with fluctuating water table is reduced by young alder trees. Mires and Peat 21(04): 1-18.

[10]Schlaipfer, M., Rechl, A. & Drösler, M. (2018): Carbon balance of short-rotation forestry on a drained and rewetted fen. 20th EGU General Assembly, EGU2018, Proceedings from the conference held 4-13 April, 2018 in Vienna, Austria. http://adsabs.harvard.edu/abs/2018EGUGA..2016148S. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[11]GMC - Greifswald Moor Centrum (2016): Schwarz-Erle (Alnus glutinosa) - Forstwirtschaft auf nassen Mooren. https://www.moorwissen.de/doc/paludikultur/imdetail/steckbriefe_pflanzenarten/Flyer%20Erle.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[12]Barthelmes, A. (2010): Vegetation dynamics and carbon sequestration of Holocene alder (Alnus glutinosa) carrs of NE Germany. https://epub.ub.uni-greifswald.de/files/615/Diss_Barthelmes_Alexandra.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

3.1.5 Sanglepikud (*Alnus glutinosa*) ja nende uuendamine kännuvõsudest

Madalad, degradeerunud, taasniisutatud turbaalad, eriti taasniisutatud alade äärealad, sobivad leppade kasvatamiseks ja kasvandiku uuendamiseks kännuvõsudest. Varem põllu- või rohumaadena kasutatud alade puhul on vajalik nende muutmine metsaks. Kännuvõsudest uuendamine on produktiivselt parem kui teistel puuliikidel (nt tamm) ja võib olla kasutusvormiks ka aladel, mis on aastaringselt veerikkad ja ei sobi suurema metsa produktsiooni saamiseks[11].

Veetase:	suvel 10-20 cm alla maapinna, talvel 5-15 cm alla maapinna (veetasemeklass 4+), nn märjad metsad
Rajamine:	Istikute istutamine
Saagikus:	raiering 20-40 aastat 1-3 harvendusraiega, mille kogukasvu maht on 200-500 m^3 ha^{-1}
Kasutus:	Energiapuit, tarbepuit
Kasvuhoonegaaside heitekogused:	Vajalikud on edasised uuringud

Infokast: Sanglepiku uuendus (*Alnus glutinosa*) kännuvõsudest

Pilt: Sanglepik Spreewaldis, Brandenburgis (Pilt: P. Schulze)

I Asukoha sobivus ja rajamine

Millised on sobivad asukohad?

Sanglepad vajavad palju valgust ja kasvavad noorena väga kiiresti, samuti on nad head võrsujad. Puu maksimaalne vanus on umbes 120 aastat. Sanglepp on puistutes sageli domineerivaks liigiks ning levib laialdaselt madalatel turvasmuldadel. Sanglepp on suure toitainete vajadusega ning hea kohaneja püsivalt niisketes, märgades ja isegi püsivalt madala üleujutusega oludes (0-80 cm allpool maapinda), tänu millele on sanglepp optimaalselt kasvatatav puuliik degradeerunud, (taas)märjutatud turbaalade jaoks. Juurte hapnikuga varustamine kõrge veetaseme juures on tagatud tüve allosas paiknevate avaustega. Lisaks elavad sanglepa juurtel sümbioosis õhust lämmastikku siduvad bakterid, misläbi rahuldab puu oma kõrge toitainete vajaduse ka siis, kui lagunenud turbas jääb toitainetest vajaka. Spetsiaalne kude toitainete ja hapniku transportimiseks varustab isegi kõige sügavamad juured hapnikuga, kaitstes samal ajal puud anaeroobsetes tingimustes mürgiste ainete eest. Liigniisketes tingimustes võib sanglepp aidata kaasa turba moodustumisele. Toitaineterikastel, niiskete kuni mõõdukalt niiskete, liikuva pinnaseveega kasvukohtadel saavutab sanglepp parimad kasvutulemused. Väga niisketel kasvukohtadel (veetasemeklass 4+) on kasv eeldatavasti rahuldav. Sanglepa tüve alumine osa on tundlik pikaajalisele tugevale üleujutusele ja äärmuslikule veetaseme dünaamikale. Seetõttu ei ole sellised kasvukohad (veetasemeklass 4+/5+) enam sobivad leppade majanduslikuks kasvatamiseks[1,11,12].

Millele tuleb sangleppade istutamisel tähelepanu pöörata?

Kui tegemist on kasutamata maa või rohumaaga, kus peab vältima herbitsiidide kasutamist, tuleb istutamise ettevalmistamisel ala kas multšida või niita. Kui niidetud materjali ei kasutata muuks otstarbeks, võiks selle jätta alale, et vähemalt esialgu takistada konkureeriva taimestiku kasvamist. Lisaks võib ala ette valmistada kultivaatoriga, mis vähendab oluliselt kaasneva taimestiku konkurentsi esimestel nädalatel. Veelgi tõhusamaks on osutunud komposteeruva kile kasutamine, mille puhul on vaja istutusridade vahele freesida kraavike, et kile saaks mõlemalt poolt mullaga koormatud. Selle puuduseks on aga suurem töömaht ja suuremad kulud[16]. Kõrgendatud kasvukohtade (peenrad, künkad) rajamine ei ole soovitatav nii majanduslikel kui ka ökoloogilistel põhjustel ning ei ole niisketel kasvualadel vajalik (20-45 cm alla maapinna)[1]. Siiski väga niisketes kohtades võib kaaluda puude istutamist kõrgematele kohtadele[5].

Kuigi kõrgemate peenarde mõju gaasivahetusele ei ole veel uuritud, võib oletada, et see ei avalda olulist negatiivset mõju kasvuhoonegaaside tasakaalule, kui veetase nendelei ole madalam kui 20 cm[11].

Millist istutusmaterjali saab kasutada?

Sanglepal on palju erinevate saagikuse ja kvaliteedinäitajatega alamliike. Seetõttu peaks istutusmaterjali valik sõltuma kasvukoha tingimustest. Eriti sobilik on istutamiseks kohaliku päritoluga istikud. Teavet kõige sobivamate alamliikide kohta saab vastutavatelt metsandusasutustelt.

Istutamiseks sobivad kaheaastased sanglepa istikud. Sõltuvalt valitud istutusviisist ja konkureerivatest liikidest sobivad istutamiseks 50-80 cm ja 80-120 cm kõrgused istikud[1]. Taimede arv pindala kohta sõltub eelkõige tootmise eesmärgist ja sellele vastavalt kavandatud raieringist[2]. Soovitatav on istikute arv 2500-4000 ha^{-1}. Istikute arvu arvutamisel on oluline võtta arvesse optimaalset ridade vahekaugust nii optimaalse kasvu kui ka koristustehnoloogia jaoks. Puistu võib uueneda ka kännuvõsudest. Esialgu on vaja 500 elujõulist taime (kändu) hektari kohta. Pärast kolme kuni nelja raiet väheneb kännuvõsudest uuenemise võime, mistõttu tuleb kasvandus uuendada uute taimedega[11].

Millised on sobivad istutusmeetodid?

Sanglepad istutatakse mulda juurdunud taimedena labida või istutusaukude abil. Kui alal saab sõita, võib istutamist teha ka mitmerealise istutusmasinaga. Sellisel juhul ei tohiks taimed olla liiga suured, et juured ei saaks istutusmasinas asjatult muljuda. Põhimõtteliselt tuleb kõikide istutusmeetodite puhul jälgida, et taimed istuksid kindlalt mullas ja et ei tekiks õõnsusi[1,2].

Millal on õige aeg istutamiseks?

Sangleppade puhul võib taimi istutada nii sügisel kui ka kevadel. Sobiv aeg tuleks valida vastavalt piirkonna niiskustingimustele (nt mitte kevadise üleujutuse korral)[1].

Kas metsa regulaarne hooldamine on vajalik?

Kännuvõsude uuenemisel põhineva sanglepa kasvatuse eesmärk on toota võimalikult palju puitu energiakasutuseks. Selleks tuleb iga kännu juurde jätta 2-3 üle võrset[11]. Kui on olemas konkureeriv taimestik, tuleb selle kasvu reguleerida. Seda tuleb teha hoolikalt, eriti asutamisaastal, sest ümbritseva taimestikuga varjutamine võib pärssida lepa kasvu või põhjustada isegi leppade hukkumist. Seda näiteks juhul, kui konkureerivate liikide (pilliroo või kõrreliste) kasv on väga tugev või kui humalad tungivad noortele taimedele[1]. Kui pinnas on tugev ning läbitav raskete masinate jaoks, võib sobiva reavahe olemasolul kasutada hoolduseks maapinna pealseid masinaid, näiteks multšereid. Maapinna tugevamat mõjutamist mehhaanikaga (näiteks

kultivaatorid) ei ole soovitatav kasutada, kui soovitakse säilitada niiduala ja mulla süsinikuvarusid. Kui pinnas on liiga pehme või kui suurte masinate kasutamine ei ole mõeldav, võib konkureeriva taimestiku haldamiseks kasutada muid väikeseid niitmismasinaid koos või ilma mulšimisseadmetega või võsalõikuritega.

Kiirelt kasvavate puuliikide kasvatamisel ei ole väetamine üldiselt vajalik. Kui raie toimub talvel, peale lehtede maha langemist, viiakse osa toitainetest ringlusse tagasi. (Taas)märjutatud turbaaladel on mulla toitainetega varustatus tänu orgaanilise aine mineraliseerumisprotsessile eriti hea. Toitainete vajadust rahuldavad ka bakterid, mis seovad õhulämmastikku ja elavad sümbioosis puude juurtega.

Milliseid ennetavaid kahjuritõrjemeetmeid soovitatakse?

Metsloomad (metskitsed, põdrad, hirved) võivad puid kahjustada, nt närides või ennast vastu puud nühkides. Üldiselt soovitatakse suurema ulukipopulatsiooniga piirkondades rajada ulatuslikumad sanglepa metsad, et ulukite poolne surve oleks jaotatud[2]. Suuremate kahjustuste vältimiseks võib olla abiks ka küttimine.

II Saagikoristus

Milline on raie tegemiseks parim aeg?

Reeglina toimub sanglepikus metsaraie ainult perioodil novembrist veebruarini, et vältida taimede kahjustamist ja seeläbi nende elujõu kadumist[2]. Uus raie ei ole soovitatav pärast kahe kuni viie aasta möödumist eelmisest raiest, sest koore osakaal on väga suur ja seega on materjalil energiakasutuseks ebasoodsad omadused. Taimestiku taastumine toimub võrsete kasvu kaudu. Pärast kolme-nelja raiet saagikus väheneb, mistõttu on vajalik pidev taasistutamine[11].

Millised on soovitatud raiemeetodid?

Selleks, et kohandada metsa majandamist sanglepiku loomuliku arengutsükliga, tuleks valida kas väheste üksikute puude raie või väikesemahuline raieviis, näiteks kitsas raieala või väikeste häilude kaupa raieviis või mõlema kombinatsioon. Suuremahuline raie tooks kaasa märkimisväärsed muutused maa-ala mullastiku tingimustes. Seetõttu on see ka mõnes Saksamaa osas keelatud. Väikeste häilude kaupa teostatav raieviis on soovitatav, sest väikesed avatud alad võimaldavad ka varjuliste kohtade tekkimist. Metsa raiealad on 0,3-0,5 ha suurused[3]. Raie poolt puutumata aladelt võib eemaldada ka üksikuid väärtuslikke puid, mis on raieküpsed. Raiest vähem mõjutatud alad jäävad liikide pelgupaigaks kuni raiutud aladel kasvavad uued puud. Alles tuleks jätta ka vanu ja surnud puid elurikkuse hoidmise eesmärgil.

Milline saagikoristus tehnoloogia on vajalik?

Kui alal on võimalik piisavalt liikuda, võib kasutada kombineeritud töömeetodit hobustega ja roomikutega kerge traktoriga. Hobuste või kerge traktori poolt metsast välja viidud puitu saab seejärel roomikul asuva kraana abil üles tõsta ja edasi transportida. Selle meetodi tööviljakust ja kulusid kirjeldatakse eriväljaandes[2].

III Töötlemine ja turustamine

Millised on materjali kasutusvõimalused ja võimalikud tooted?

Sanglepa juurevõsudest kasvanud materjali võimalikud kasutusalad ulatuvad puitlaastplaadi ja puitkiudplaadi tootmisest kuni paberi- ja tselluloositööstuses kasutatavate segapuidust materjalideni. Muude võimalike kasutusviiside hulka kuulub ka töötlemine farmaatsiatoodeteks ja loomasööda- ning toiduainetööstuses[2,3].

Millised energiakasutuse võimalused ja tooted on saadaval?

Juurevõsudest kasvanud sanglepikutest raiutud leppa saab kasutada energia tootmiseks küttepuude või hakkpuidu kujul. Kuna puidu kasvuperiood on suhteliselt pikk (30-40 aastat), saab seda kasutada ka muu materjali valmistamiseks (vt eespool)[11]. Enne kuivatamist tuleks tüved järgata ja sorteerida 20-100 cm suurusteks müügikõlbulikeks tükkideks, et niiskuse aurustumiseks tekiks suurem pind. Tamme- ja pöögipuiduga võrreldes on lepapuit mõnevõrra väiksema küteväärtusega, kuid põleb hästi ja on väga kergesti lõhutav[2,3]. Pelletite tootmisel surutakse tooraine rullide abil läbi survetorude ja pelleti graanulid lõigatakse lõiketera abil soovitud pikkusesse. Tänu ühtlasele kvaliteedile sobivad pelletid eriti hästi automaatsete põletusseadmete jaoks[2]. Puiduhakke saab turustada suuruse ja veesisalduse järgi sorteerituna. Hakkepuitu kasutavate katelde võimsus ulatub 15 kW-st kuni mitme MWni[2].

Kui kasulik on Coppice lepa kasvatamine majanduslikult?

Raskesti ligipääsetavate alade puhul on võimalik saavutada tööstuslikeks protsessideks toormaterjali pakkumises ja küttepuude tootmises suuremad kasumimarginaalid kui kvaliteetpuidu tootmises. Lühikese raieringi tõttu saavutatakse suurem keskmine puidu kogus. Teisest küljest on loetakse lepa raiet ja kogumist suuremahulise kasvatamise korral halva ligipääsuga aladelt kaablikraanade tehnoloogia abil majanduslikel põhjustel paremaks. Madalama kuni keskmise saagikusega aladel võib keskmine eeldatav kasv ulatuda kolme kuni kuue tihumeetrini hektari kohta aastas[5,6].

Eriti erametsaomanike jaoks, kellel on elamises ahjuküte, võib leppade kasvatamine olla suure tootlikkuse tõttu majanduslikult mõistlik. Suure algse biomassi kasvu tõttu on selle kiiresti kasvava puuliigi energiabilanss soodne[3].

IV Mõju turbaalale

Kuidas mõjutab sangleppade kasvatamine kasvuhoonegaaside heitkoguseid?

Väga niisketel soodel sanglepikute majandamise puhul, mille veetase on 20-5 cm allpool maapinda (veetasemeklass 4+), võib eeldada turba säilimist[17]. Soodsal juhul võib turvast isegi väikeses koguses juurde tekkida, kusjuures turvast moodustub 133-2010 kg orgaanilist ainet hektari ja aasta kohta[1]. Praegu puuduvad usaldusväärsed andmed lepa kasvatamisest tulenevate kasvuhoonegaaside heitkoguste kohta[8]. Siiski on teada üldised tendentsid: mida kuivem ala, seda suuremad on heitkogused[1]. Veetasemeklassi 4+ tingimustes on võimalik suhteliselt väike kasvuhoonegaaside heide[1,9,14]. Kuna sanglepp võib kasvada ka madalama veetaseme juures, mille puhul võib eeldada oluliselt suuremaid heitkoguseid, on ka kliimakaitse seisukohast oluline, et veetase oleks võimalikult kõrge, et tagada turba säilimine ja vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid[1,15]. Seega peaks kliimakaitse eesmärgil olema praeguste teadmiste kohaselt veetase maapinna lähedane.

Kuidas mõjutab sanglepiku majandamine bioloogilist mitmekesisust?

Väikesemahuliste kännuvõsudest uuenevate metsade kasutus on ka ajalooline majandamisviis ning rikastatab maastike ökoloogilist mitmekesisust. Kuna rasketehnikat kasutatakse palju harvemini, on sellised metsad mullasõbralikumad võrreldes üheaastaste energiakultuuride kasvatamisega. Looduskaitselisest seisukohast on eelistatud eri aastatel ribade kaupa puude raiumine, sest see loob mitmekesisemad elupaigad. Bioloogilist mitmekesisust saab edendada ka maa-ala kuju kaudu: piklikud alad pakuvad rohkem liigirikkaid äärealasid[,9,10]. Looduskaitse seisukohast tuleks välistada suuremahuline metsade rajamine rohumaadel.

VI Allikad ja täiendav kirjandus

Täiendav kirjandus

Landesumweltamt Brandenburg (Hrsg.) (2004): Leitfaden zur Renaturierung von Feuchtgebieten in Brandenburg. Studien und Tagungsberichte 50. 192 S. Potsdam: Landesumweltamt Brandenburg.

Reeg, T., Bemmann, A., Konold, W., Murach, D. & Spiecker, H. (Hrsg.) (2009): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. 355 S. Weinheim: Wiley-VCH.

Wichtmann, W., Schröder C. & H. Joosten (Hrsg.) (2016): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. 272 S. Stuttgart: Schweizerbart.

Allikad

[1]Schäfer, A. & Joosten, H. (Hrsg.) (2005): Erlenaufforstung auf wiedervernässten Niedermooren - ALNUS-Leitfaden. 68 S. Greifswald: DUENE e.V.

[2]ETI, MUGV Brandenburg, MIL Brandenburg (Hrsg.) (2013): Energieholz aus Kurzumtriebsplantagen. Leitfaden für Produzenten und Nutzer im Land Brandenburg. 68 S. Potsdam: Brandenburgische Universitätsdruckerei und Verlagsgesellschaft Potsdam mbH.

[3]Röhe, P. & Schröder, J. (2010): Grundlagen und Empfehlungen für eine nachhaltige Bewirtschaftung der Roterle in Mecklenburg-Vorpommern. 49 S. Schwerin: MLUV M-V.

[4]AFZ-Der Wald (2013): KWF-Thementage vom 1./2. Oktober 2013: Umweltgerechte Bewirtschaftung nasser Waldstandorte. 61 S. München: Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH.

[5]v. Finckenstein, B. & Gerst, J. (2013): Forstökonomische Überlegungen zur Bewirtschaftung nasser Waldstandorte. AFZ-Der Wald 18/2013: 20-22.

[6]Lockow, K.-W. (1994): Ertragstafel für die Roterle (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) in Mecklenburg-Vorpommern. 67 S. Eberswalde: Forstliche Forschungsanstalt, Abteilung Waldwachstum.

[7]Bundeswaldgesetz in der Fassung vom 17. Januar 2017.

[8]NwaldZyklBek (Bekanntmachung Nr. 05/10/31 der Liste der für Niederwald mit Kurzumtrieb bei der Betriebsprämie geeigneten Arten und deren maximale Erntezyklen): Elektronischer Bundesanzeiger. Auftraggeber: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Erlassdatum: 12. Mai 2010, Fundstelle: eBAnz AT52 2010 B1, in Kraft ab 13. Mai 2010.

[9]Spangenberg, A. (2011): Einschätzung der Treibhausgasrelevanz bewaldeter Moorstandorte in Mecklenburg-Vorpommern hinsichtlich des Minderungspotentials nach Wiedervernässung, Endbericht. 29 S. Greifswald: DUENE e. V.

[10]Jennemann, L., Peters, W., Rosenthal, S. & Schöne, F. (2012) Naturschutzfachliche Anforderungen für Kurzumtriebsplantagen. 32 S. Berlin: NABU-Bundesverband, Bosch & Partner GmbH (Hrsg.).

[11]LM M-V (Hrsg.) (2017): Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes. 98 S. Schwerin: Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern.

[12]Linke, C., Wirner, M., Koska, I., Spangenberg, A., Barthelmes, A. & Prager, A. (2013): Bewirtschaftung von nassen Waldstandorten aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes. AFZ-Der Wald 18/2013: 17-19.

[13]Jauhiainen, J., Alm, J., Bjarnadottir, B., Callesen, I., Christiansen, J. R., Clarke, N., Dalsgaard, L., He, H., Jordan, S., Kazanavičiūtė, V., Klemedtsson, L., Lauren, A., Lazdins, A., Lehtonen, A., Lohila, A., Lupikis, A., Mander, Ü., Minkkinen, K., Kasimir, Å., Olsson, M., Ojanen, P., Óskarsson, H., Sigurdsson, B. D., Søgaard, G., Soosaar, K., Vesterdal, L. & Laiho, R. (2019): Reviews and syntheses: Greenhouse gas exchange data from drained organic forest soils – a review of current approaches and recommendations for future research. Biogeosciences Discussions.

[14]Huth, V., Hoffmann, M., Bereswill, S., Popova, Y., Zak, D. & Augustin, J. (2018): The climate warming effect of a fen peat meadow with fluctuating water table is reduced by young alder trees. Mires and Peat 21(04): 1-18.

[15]Schlaipfer, M., Rechl, A. & Drösler, M. (2018): Carbon balance of short-rotation forestry on a drained and rewetted fen. 20th EGU General Assembly, EGU2018, Proceedings from the conference held 4-13 17April, 2018 in Vienna, Austria. http://adsabs.harvard.edu/abs/2018EGUGA..2016148S. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[16]Neuner, J. & Burger, F. (2015): KUP auf Grünland – wie geht das? LWF aktuell 105/2015: 8-10.

[17]Barthelmes, A. (2010): Vegetation dynamics and carbon sequestration of Holocene alder (Alnus glutinosa) carrs of NE Germany. https://epub.ub.uni-greifswald.de/files/615/Diss_Barthelmes_Alexandra.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

3.2 Turvast vähe lagundavad majandamisviisid

3.2.1 Päideroog (*Phalaris arundinacea*)

Päideroog eelistab toitainete- ja hapnikurikast vett ning moodustab üleujutustega aladel kõrge saagikusega domineerivaid kasvukohti. Ta on nõutud eelkõige loomasöödana ja omab ka energeetilist potentsiaali.

Veetase:	suvel 10-20 cm allpool maapinda, talvel 5-15 cm allpool maapinda (veetasemeklass 4+); talvel on võimalik kõrgem veetase.
Rajamine:	Looduslikult pärast veetaseme tõusu või valikuliselt külvamise teel.
Saagikus:	3–10 t KM ha^{-1} a^{-1} (looduslik kasvuala)
	1,6–13 t KM ha^{-1} a^{-1} (istutatud kasvuala)
Kasutamine:	Sööt, allapanu, energeetiline biomass (kütus, substraat biogaasirajatiste jaoks)
Prognoositud pikaajalised heitkogused kasvualal (GEST-meetod):	~7 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1}

Infokast: Päideroo kasvuala (*Phalaris arundinacea*)

Pilt: Päideroo kasvuala Rhinluchis (Brandenburg) (06/2019, Foto: F. Birr).

I Loomulikult rajatud puistud või sihipärane kasvatamine.

Millised on sobivad kasvukohad?

Optimaalseteks kasvukohtadeks on degradeerunud, taasmärjutatud, toitainerikkamad ja hapnikuga varustatud turbaalad. Päideroog on tundlik pikaajaliselt vältava kõrge veetaseme suhtes ja pikaajaliste kuivaperioodide suhtes (kui keskmine veetase on madalam kui umbes 60 cm allpool maapinda). Ta eelistab vaheldumisi niiskeid ja märgasid hapnikurikkaid kasvukohti, mille talvine üleujutusperiood kestab maksimaalselt kaks kuni kolm kuud. Peale talvist üleujutusperioodi langeb vesi kevadel 10-40 cm allapoole maapinda ning põhjavee tase on ka suvel kõikuv või toovad üleujutused aeg-ajalt uut hapnikku ja toitaineid. Sellistel kasvukohtadel on päideroog väga konkurentsivõimeline[1,2,3].

Kas looduslikult väljakujunenud päideroo kasvukohad sobivad majandamiseks?

Majandada võib nii looduslikult väljakujunenud kui ka külvi teel rajatud kasvualasid. Siiski puuduvad kogemused päideroo sihipärase kasvatamise kohta reguleeritud, kõrge veetaseme (5-20 cm allpool maapinda) puhul[16]. Põhja-Euroopas on juba mitu aastakümmet kogemusi rohumaade majandamisega mahajäetud ja niisketel turbakaevandusaladel, kuigi tavaliselt on tingimused liiga kuivad ja seega turba lagunemine jätkub[2].

Pärast märjutamist võivad suktsessiooni käigus kujuneda päideroo kasvukohad, mis on aga sageli stabiilsed vaid mõned aastad. Siinkohal on otsustavaks teguriks diaspoorid või populatsioonid, mis arenevad ala vahetus läheduses[19]. Üleujutused ja vahelduv niiskusrežiim on hapnikku vajavate rohttaimede jaoks üliolulised. Kasvukoha sobivate tingimuste puhul on päideroog maa-aluste risoomide abil massiliselt kasvav äärmiselt pika eluea ja jõudlusega kõrreline[5]. Väljanägemiselt sarnaneb ta pillirooga, kuid on tunduvalt väiksem, 0,5-2 m kõrgune. Harunenud juurest arenevad väga tugevad varred. Varred on vastupidavad tänu mullapinnal kasvavate külgvõsude (stoolonite)süsteemile, mis suurendab mulla kandevõimet[2,18,32].

Millistel juhtudel on päideroo kasvatamine kasumlik?

Külvamine on sobiv siis, kui biomassi tuleb toota kiiresti ja riskivabalt. Pärast külvi kulub umbes kolm aastat, et kasvuala annaks hea saagi. Taimede järelkasv on väga hea, nii et aastas on võimalik teha vähemalt kaks niidet[,4]. See kehtib madala 3+ veetasemeklassi (15-45 cm allpool maapinda) puhul. Kõrgema veetaseme puhul ei ole kasvatamist veel praktiseeritud.

Millal on õige aeg külvamiseks?

Taasniisutatud alade või üldiselt kõrge veetasemega alade korral tuleb veetaset kasvuala rajamiseks lühiajaliselt langetada. Pärast külvamist võiks veetaset uuesti tõsta[16]. Nagu söödakultuuride kasvatamise puhulgi, tuleks pinnase ja külvipinna ettevalmistamine ning külvamine teha kevadest kuni hilissuveni. Külvata tuleks 1-2 cm sügavusele ja reavahega 12,5 cm[6]. Külvitiheduseks võib soovitada 15-25 kg ha^{-1} [7]. Seemned on kättesaadavad põllumajandusettevõtetelt, kuid neid tuleks edasi arendada, et need vastaksid märgade alade nõuetele. Pikaajalist liigset kastmist külvi ajal tuleb vältida[16].

Milline on veemajandus ja toitainetega varustamine haritavatel aladel?

Üleujutuse vältimiseks on vajalik sihipärane veemajandus. See on tavaliselt seotud mis tahes poldrite hooldamisega, tammide säilitamisega ja pumbajaamade toimimisega. Olenevalt aastast võib olla vaja lisavett suvise kastmise jaoks, et vältida veetaseme langust. Suurim tootlikkus saavutatakse regulaarse lühiajalise üleujutuse või hapnikurikka põhjavee juurdevooluga. Pikaajaline üleujutamine toob kaasa päideroo väljatõrjumise pilliroo (*Phragmites australis*) või tarnade (*Carex spec.*) poolt[2,3].

Milliseid hooldusmeetmeid on vaja kasutada?

Kõrge veetaseme juures on karjatamine sobiv vaid piiratud ulatuses, sest päideroog on tallamise suhtes tundlik. Päideroo kasvatatamise korral jõe lähedasel alal on rohumaa hooldamine väga oluline. Selleks, et vett säilitada, ei tohiks kevadel veetaset alandada. Mida tihedam on rohustu, seda suurem on liikumisvõime maapinnal. Maapinnale lähedase veetaseme korral on vaja spetsiaalset põllutöötehnikat, et minimeerida mõju rohumaale ja pinnasele.

Kuna maapinna ülerullimine võib kahjustada püsti olevaid päideroo võrseid, siis tuleks seda vältida eriti kevadel, kui päideroog hakkab võrsuma. Rullimist tuleks vältida ka pärast niitmist. Suktsessiooni teel tekkinud puistuid tuleks hooldada ulatuslikult ühe kuni kahe niitmisega ja minimaalse rohumaa hooldusega.

II Saagikoristus

Milline saagikoristusaeg on parim ja miks?

Saagikoristuse aeg sõltub biomassi kavandatud kasutusalast. Ajaliste piirangute korral, nt kaitsealadel, tuleks koristusaeg valida vastavalt kaitseala eesmärgile. Vastavalt sellele tuleks kohandada ka kasutusviisi.

Kui saaki koristada enne õisikute tekkimist, on päideroog hea ja kõrge saagikusega söödataim. Sellest saab väärtuslikku heina hobustele[3,4,20]. Kui esimene niitmine tehakse õigeaegselt, on võimalik saavutada kõrge energiasisaldus ning silo võib kasutada veiste ja hobuste söötmiseks.

Biogaasiseadmes kasutamiseks on suure gaasi koguse saavutamiseks mõistlik koristusaeg juunis/juulis[2]. Suvise niitmise korral söödana või substraadina biogaasirajatise jaoks on võimalik teha kaks kuni kolm niidet[5]. See võib aga viia alade ülekurnamiseni, mis piirab tootlikkust. Toitainetega täiendav varustamine toimub peamiselt üleujutusveega[22].

Kui saagikoristus toimub talvel eesmärgiga kasutada seda energeetikas tahke kütusena ja toota pelleteid, tuleks seda teha võimalikult hilja, novembris või detsembris. Ebasoodsate ilmastikutingimuste korral on siiski oht, et taimed on maha vajunud ja seega on neid raske koristada või osa saagist läheb kaduma. Samuti võib tekkida probleeme säilitamisega (kuivatamine) ja talvel võib olla vaja spetsiaalset tehnoloogiat kõrgema veetaseme tõttu[22]. Juulist oktoobrini annab biomassi produktsioon veel kolmandiku. Hilisem saagikoristus parandab ka sobivust põletamiseks, kuna veesisaldus ja põletuskriitilised ained (eriti lämmastik, väävel, kloor) vähenevad pidevalt kuni talveni. Kui niidetud materjal jääb pikemaks ajaks maapinnale, uhutakse põletuskriitilised ained vihmaga välja, mis suurendab veelgi materjali sobivust põletamiseks[22]. Teine eelis sügis-talvise koristuse puhul on see, et koristusetapid – kaarutamine, kaalutamine- jäävad ära ning seetõttu ei pea üle ala sõitma nii sageli kui suvise koristuse puhul[1,2].

Mida tuleks niitmisel arvestada?

Niitmisel tuleb jälgida, et niidukõrgus oleks vähemalt 10 cm. Liiga sage, st regulaarselt rohkem kui kaks niitmist ja liiga varajane niitmine võib kahjustada kooslusi. Kolme niitmise puhul tuleks viimane niitmine teha 20. septembriks, et mitte kahjustada taimede vastupidavust[4,5,8]. Teavet saagikoristuse ja ladustamise kohta võib leida 2. peatükist.

Milline on võimalik saagikus?

Kirde-Saksamaal on päideroo saagikus suvel 5-10 t KM hektari kohta aastas ja talvel 3-5 t KM hektari kohta aastas[1]. Eestis on turbaaladel kasvatatud päideroo saagikus juulis umbes 4,5 t KM ha^{-1} a^{-1}, oktoobris umbes 7 t KM ha^{-1} a^{-1} ja aprillis umbes 5,5 t KM ha^{-1} a^{-1} [20]. Tuleb märkida, et esimest lõikust ei tohiks teha enne 1. juulit, sest noored taimed on liiga varajase lõikamise suhtes tundlikud[5]. Talve jooksul - novembrist/detsembrist kuni veebruarini - väheneb taime maapinnalähedane kuivainesisaldus pidevalt[1].

Havelluchis (Brandenburg) läbi viidud katse näitas, et vahelduvate madalsoode puhul on kahekordse niite kombinatsioon koos kaaliumiga väetamisega kõige tõhusam viis päideroo alade kasutamiseks loomasöödana. Sellisel juhul saavutati saagikuseks 12,7 t ha^{-1} a^{-1}. Ilma kaaliumväetiseta langes söödaväärtus üsna kiiresti (< 5 MJ NEL/kg KM). Sama kehtis ka ühekordse kasutuse puhul ilma väetamiseta, kusjuures kasvukohta saab siiski proportsionaalselt kasutada ammlehmade söötmiseks. Kolme niite tegemine koos fosfori-kaaliumi väetamisega tõi kaasa päideroo väljatõrjumise.

Põhja-Ameerikas kasvatatud kultuuridest on teatatud saagikusest 1,6-12,2 t KM ha^{-1} a^{-1}. Euroopa kohta on erinevatel aladel teatatud saagikusest 7-13 t KM ha^{-1} a^{-1}[19].

III Töötlemine ja turustamine

Päideroog sobib silo ja heina tootmiseks ning pakub ka mitmesuguseid materiaalseid ja energeetilisi kasutusvõimalusi.

Kas päideroog sobib loomasöödaks?

Päideroog on olnud kuni 19. sajandi keskpaigani hobuste heinana väga oluline[2]. Ida-Saksamaal kasvatati 1980ndatel aastatel mõõdukalt kuivendatud madalsoodel päideroo sorte seemneks[5]. Ka tänapäeval võib taasniisutatud turbaaladelt saadud päideroogu kasutada hobuste söödaks, kuna see on piisavalt struktuuririkas ja selle fruktaanisisaldus on madal < 5 %, mis vähendab hobuste söödast põhjustatud laminiidi ohtu[17]. Suvel esimese niitega saadud päideroog on kõrge energiasisaldusega, sobides siloks kui ka söödaks kariloomadele. Silona on võimalik saavutada energiasisaldus vahemikus 4,5-7,1 MJ NEL kg KM kohta[23]. Kasvukohad, kus kasvab vaid päideroog, ei sobi karjatamiseks veistele, veepühvlitele, lammastele ega hobustele, kuna taimed on kõrgekasvulised ja tundlikud tallamise suhtes. See on võimalik ainult niisketel niitudel ja niisketes niidukooslustes, mis koosnevad lisaks päideroole ka teistest rohttaimedest[27].

Millised on päideroo puhul energiakasutuse võimalused ja millised tooted on saadaval?

Biomassi saab kasutada toorainena pelletite, brikettide või lahtise tahke kütte tootmiseks, kui saagikoristus viiakse läbi talve lõpus. Tänu spetsiaalsele katlatehnoloogiale saab suvel koristatud taimestikku kasutada nüüd ka energeetikas[2]. Kui saagikoristus toimub suvel ning seejärel biomass sileerida, siis on seda võimalik kasutada biogaasirajatises kaassubstraadina. Suvel koristatud värsket, hakitud biomassi saab kasutada väikestes kogustes (kuni 20 %) märgkääritamisjaamades. Biogaasi tootlikkus sõltub taimedest ja biomassi eeltöötlusest ning on võrreldav

biojäätmetega[22]. Ainult päideroogu kasutades on võimalik ka tahke kääritamine (kuivkääritamisprotsess)[11,12]. Praegused uuringud näitavad, et olemasolevad tehased, mis juba kasutavad substraadina heina, võiksid ilma kadudeta minna üle päideroole. Muude protsesside, näiteks NewFoss, ZELFO Technology ja biorafineerimisprotsesside kõrvalsaadusi saab kasutada metaani tootlikkuse suurendamiseks. Biosöe tootmisel tekkivaid kõrvalsaadusi võiks samuti tarnida märgkääritamisjaamadele.

Millised on päideroo omadused kütusena?

Päideroo küttevääртus on 16,7 MJ/kg[21] või 16,9 MJ/kg[13] ja kuulub taimede vartest saadava biomassi küttevääртuste alumisse vahemikku[1]. Võrdluseks on pilliroo küttevääртus 17,5 MJ/kg[14] ja 17,7 MJ/kg[15], mis jääb ülemisse vahemikku. Taimeliigist määravam tegur on biomassi veesisaldus. Nii küttevääртus kui ka ladustatavus paranevad biomassi niiskuse vähenemisega, nii et eesmärgiks peaks olema niiskusesisaldus ≤ 15 %[1]. Tuhasisaldus 2-6 % on kõrreliste puhul oluliselt suurem kui puidu biomassi puhul, lisaks on sellel ka madalam tuha sulamistemperatuur (1100-1200 °C). Neid omadusi tuleb arvesse võtta biomassi kasutamise rajatiste projekteerimisel[1,22].

Kuidas tuleb põletusseadmedkohandada vastava biomassiga?

Suuremates seadmetes on vaja automaatset tuhaväljastustehnoloogiat. Päideroo puhul tuleks kasutada varte biomassi jaoks kohandatud tehnoloogiat, nt keevkihtpõletamist ja sigar-tüüpi põletamist. Väga erinevatest kasvukohtadest pärit biomassi tuleks veesisalduse, tootlikkuse ja taimede koostise poolest enne kasutamist analüüsida kriitiliste komponentide (eriti kloori ja väävli) suhtes[1].

Milline on päideroo kasvatamise hetkeseis?

Päideroog on end söödana ja loomakasvatuses (hein, silo, allapanu) kasutatava taimena hästi tõestanud. Päideroo kasvatamist turba säilitamise tingimustes ei ole veel rakendatud. Põhja-Euroopas kasvatatakse päideroogu kõrgsoos umbes 20 000 hektaril energiakultuurina[21]. Alates 2014. aastast kasutatakse Malchinis (Mecklemburg-Vorpommer, Kirde-Saksamaal) Agrotherm GmbH biomassielektrijaamades ligikaudu 500 elamu ja mõne avaliku hoone soojusega varustamiseks taasmärjutatud turbaaladelt tehtud heina[22]. Baierimaal toimus aastatel 2016-2022 päideroo kasvatamise projekt (https://www.hswt.de/forschung/forschungsprojekte-alt/vegetationsoekologie/mooruse.html).

IV Mõju turbaalale

Milline on päideroo kasvatamise mõju kasvuhoonegaaside emissioonile?

Päideroog ei moodusta turvast[2] ning samuti ei ole tagatud turba säilimine, kui veetase on alla maapinna. Sellest hoolimata pakub päideroog kliimamuutuste seisukohast väga niisketel aladel huvitavat kasutusvõimalust (veetasemeklass 4+), kuna kasvuhoonegaaside heitkogused on suhteliselt väikesed. Eeldatavalt on kasvualal heide ~7 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1}, mis tuleneb peamiselt CO_2-heitest. Võrdluseks on kuivade turbaalade puhul heitkogused üle 30 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1}. Praeguste teadmiste kohaselt on päideroog parim valik veetasemeklassi 4+ alade jaoks, kuna kasvuhoonegaaside heitkogused on minimaalsed. Siiski võib päideroog kasvada ka kuivematel (veeklass 3+[2]) aladel, tekitades suuremaid heitkoguseid. Seetõttu tuleb kliimakaitse eesmärgil säilitada kõrge veetase.

Kuidas mõjutab päideroo kasvatamine bioloogilist mitmekesisust?

Niitmine koos biomassi eemaldamisega piirab kulukihi teket ja suurendab valguse kättesaadavust maapinna lähedal. Sellest saavad kasu eelkõige väikesed ja aeglaselt kasvavad taimeliigid, seega hooldatud päideroo alad on sageli heterogeensemad ja liigirikkamad kui hooldamata alad. See mõju on suvise niitmise korral tõenäoliselt tugevam kui talvise niitmise korral. Reeglina on see areng seotud ka loomastiku liigilise mitmekesisuse suurenemisega. Niitmisest võidavad peamiselt avamaaliigid ning valgust ja soojust armastavad liigid. Madal, roostikuline taimestik koos avatud mudaste aladega on eelistatud pesitsuspaigad tikutajate jaoks. Päideroogu söövad ka mõned pardid, luiged ja haned. Niitmine avaldab aga pärssivat mõju loomastikule otsese füüsilise kahjustuse (vigastuse/ surma) kaudu. Lisaks sellele piirab maapinnalähedase biomassi eemaldamine eelkõige varju armastavate ja maapinnale kukkunud taimeosasid lagundavate liikide arengut. Negatiivse mõju leevendamiseks on soovitatav kasutada bioloogilist mitmekesisust soodustavat tehnoloogiat (nt pöörlevate niidukite asemel lattniidukid, kõrgelt niitmine), kehtestada iga-aastane saagikoristustsükkel, rakendada bioloogilist mitmekesisust soodustavat kraavide kujundust (nt kraavide ühepoolne hooldus) ja järgida tundlike liikide jaoks kohandatud majandamisskeeme.

VI Allikad ja täiendav kirjandus

[1]Wichmann, S. & Wichtmann, W. (Hrsg.) (2009): Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt Energiebiomasse aus Niedermooren (ENIM). 190 S. Greifswald: Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald und DUENE e. V.

[2]Oehmke, C. & Abel, S. (2016): Ausgewählte Paludikulturen. In: Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore: Klimaschutz, Biodiversität, regionale Wertschöpfung (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten): S. 22-38. Stuttgart: Schweizerbart.

[3]Petersen, A. (1991): Die Gräser als Kulturpflanzen und Unkräuter auf Wiese, Weide und Acker. 7. berichtigte Auflage, hrsg. u. bearb. v. W. Petersen und G. Wacker. 275 S. Berlin: Akademie-Verl.

[4]Klapp, E. & Opitz von Boberfeld, W. (2006): Taschenbuch der Gräser. Erkennung und Bestimmung, Standort und Vergesellschaftung, Bewertung und Verwendung. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.

[5]Kreil, W., Simon, W. & Wojahn, E. (1982): Futterpflanzenanbau: Empfehlungen, Richtwerte, Normative. Bd. 1 Grasland. 152 S. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.

[6]Lewandowski, I., Scurlock, J.M., Lindvall, E. & Christou, M. (2003): The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. Biomass and Bioenergy 25: 335-361.

[7]Kaltschmitt, M., Hartmann, H. & Hofbauer, H. (Hrsg.) (2009): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. Auflage. 1030 S. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.

[8]Geber, U. (2002): Cutting frequency and stubble height of reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.): Influence on quality and quantity of biomass for biogas production. Grass and Forage Science 57: 389-394.

[9]Wichmann, S., Dettmann, S. & Dahms, T. (2016): Landtechnik für nasse Moore. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 63-70. Stuttgart: Schweizerbart.

[10]Schröder, C., Dettmann, S. & Wichmann, S. (2016): Logistik der Biomasseproduktion auf nassen Mooren. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 70-76. Stuttgart: Schweizerbart.

[11]Wichtmann, W. (2016): Box 3.2: Nutzungszeiträume. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 22. Stuttgart: Schweizerbart.

[12]Wiedow, D., Müller, J. & Burgstaler, J. (2016): Vergärung zu Biogas. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 55-56. Stuttgart: Schweizerbart.

[13]Kastberg, S. & Burvall, J. (1998): Perennial rhizomatous grass - Reed canary grass as an upgraded bio-fuel: experiences from combustion tests in Sweden. Sustainable agriculture for food, energy and industry. James & James Ltd.: 932-937.

[14]Eder, G., Halinger, W. & Wörgetter, M. (2004): Gutachten Energetische Schilfnutzung von Schilfpellets. 53 S. Wieselburg: Austrian Bionenergy Centre GmbH.

[15]Barz, M., Ahlhaus, M. & Wichtmann, W. (2006): Energetic Utilisation of common Reed for combined Heat and Power Generation. 2nd Int. Baltic Bioenergy Conference: Use of bioenergy in the Baltic Sea region. Conference proceedings, 02.-04.11.2006, FH Stralsund: 166–173.

[16]LM M-V (Hrsg.) (2017): Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes. 98 S. Schwerin: Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern.

[17]Zielke, L. (2016): Rohrglanzgras vernässter Moorstandorte als Pferdefutter. In: Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore: Klimaschutz, Biodiversität, regionale Wertschöpfung (hrsg. von W. Wichtmann, W., C. Schröder & H. Joosten), S. 34. Stuttgart: Schweizerbart.

[18]Arny, A., Hodgson R. & Nesom, G. (1929): Reed Canary Grass for meadows and pastures. Minnesota Bulletin 263: 1-27.

[19]El Bassam, N. (2010): Handbook of bioenergy crops. A complete reference to species, development and applications. 516 S. London, Washington D.C.: Earthscan.

[20]Heinsoo, K., Hein, K., Melts, I., Holm, B. & Ivask, M. (2011): Reed canary grass yield and fuel quality in Estonian farmers´ fields. Biomass and Bioenergy 35 (2011): 617-625.

[20]Wulf, A. (2009): Brennstoff-Charakterisierung, Verbrennungstests und Ascheanalysen. In: Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt Energiebiomasse aus Niedermooren (ENIM) (hrsg. von S. Wichmann & W. Wichtmann), S. 53-64. Greifswald: Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald. DUENE e. V.

[21]Dahms, T., Oehmke. C., Kowatsch, A., Abel, S., Wichmann, S., Wichtmann, W. & Schröder, C. (2017): Paludi-Pellets-Broschüre: Halmgutartige Festbrennstoffe aus nassen Mooren. 63 S. Greifswald: Universität Greifswald.

[22]Greifswald Moor Centrum (2016): Rohrglanzgras (Phalaris arundinacea) - Landwirtschaft auf nassen Mooren. https://www.moorwissen.de/doc/paludikultur/imdetail/steckbriefe_pflanzenarten/Flyer%20Rohrglanzgras.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[23]Bockholt, R. & Buske, F. (1997): Variationsbreite des Futterwertes von Niedermoorgrünland unter Berücksichtigung der häufigsten autochthonen Pflanzenarten. Das wirtschaftseigene Futter 43: 5-20.

[24]Wichmann, S. (2018): Economic incentives for climate smart agriculture on peatlands in the EU. 38 S. Greifswald: Universität Greifswald.

[25]Deutsche Vernetzungsstelle Ländliche Räume (DVS) (Hrsg.) (2017): ELER in Deutschland – Übersicht über die Nationale Rahmenregelung und die Programme der Länder. https://www.netzwerk-laendlicher-raum.de/fileadmin/sites/ELER/Dateien/01_Hintergrund/ELER/013_Ma%C3%9Fnahmensteckbrief AUM_2015_fertig008klein.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[26]Hochberg, H., Hochberg, E. & Zart, S. (2017): Nachhaltige Bewirtschaftung der Rohrglanzgraswiesen auf Niedermoor. Tagungsband der 61. Jahrestagung der AGGF in Berlin/Paulinenaue (2017): 69-72.

[31]Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V. (Hrsg.) (2019): Kooperativer Klimaschutz durch angepasste Nutzung organischer Böden – Ein Leitfaden, Nr. 26 der DVL-Schriftenreihe „Landschaft als Lebensraum“. 73 S. Ansbach: DVL e.V.

[32]Prochnow, A. & Kraschinski, S. (2001): Angepasstes Befahren von Niedermoorgrünland. DLG-Merkblatt 323. 16 S. Frankfurt a.M.: Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft.

3.2.2 Vesipühvlite karjatamine

Madalad, taastatud niiskusrežiimiga turbaalad ja üleminekualad turbaaladelt mineraalmuldadele sobivad hästi vesipühvlite karjamaaks. Üldjuhul karjatatakse püsirohumaid või niidetavaid rohumaid. Vesipühvleid võib kasvatada nii liha- kui ka piimatootmiseks. Siinkohal vaatleme ammlehmade pidamist ja nende kasu "maastikuhoidjatena", et tagada niisketel ja märgadel aladel maastiku avatus, tootes samal ajal ka muud majanduslikku tulu.

Infokast: Vesipühvlite karjatamine

Veetase:	Suvel 10-20 cm alla maapinna, talvel 5-15 alla maapinna (veetasemeklass 4+); kõrgem veetase on võimalik nii osadel aladel kui ka üldiselt (veetasemeklass 5+).
Karjatamine:	(Heterogeensed) märjad niidud ja isetekkeline pilliroog pärast taasniisutamist
Tootlikkus:	840 g juurdekasvu päevas ja võimalik uue vasika sünd
Karjatamistihedus:	0,8–1,5 loomühikut ha^{-1}
Kasutus:	Liha, piim
Prognoositud pikaajalised heitkogused maa-alal (GEST-meetod):	~8–12 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1} (veetasemeklass 4+)

Pilt.: Vesipühvlid taasmärjutatud turbaalal Uckermarkis (Brandenburg) (05/2019, Foto: F. Birr)

I Asukoha sobivus

Miks sobivad vesipühvlid märgadel turbaaladel karjatamiseks?

Vesipühvlid on kohanenud nii madalamate veekogude kui ka märgade aladega. Tänu oma sõrgade füsioloogiale tuleb ta hästi toime väga märgade aluspõhjade (veetase 5-20 cm allpool maapinda) ja pehme maapinnaga. Ta on vähenõudlikum kui teised veisetõud, süües ka madalama söödakvaliteediga (kõrge toorkiusisaldusega) taimestikku. Seetõttu sobivad neile ka märjad niidud ning niidud, mis on tekkinud pärast taasmärjutamist[15]. Muuhulgas söövad nad pilliroogu (*Phragmites australis*), hundinuia (*Typha spec*.), ohakaid (*Cirsium spec*.), nõgesed (*Urtica dioica*) ja oblikaid (*Rumex spec.)*[12,13]. Samuti süüakse puude, eriti leppade (*Alnus glutinosa*) ja pajude (*Salix spec.*) lehti. Väiksemad puude puhul süüakse ära nende ladvad ning puud tallatakse. See näitab veepühvlite maastikukujunduslikku potentsiaali.

Lisaks sellele söövad vesipühvlid ka rohttaimi, nagu kollane võhumõõk (*Iris pseudacorus*), ja neofüüte, nagu verev lemmalts (*Impatiens glandulifera*)[13] või hiid-karuputk (*Heracleum mantegazzianum*). Vaatamata mürgiste taimede ebaselgele mõjule vesipühvlite tervisele, soovitatakse olla ettevaatlik selliste mürgiste taimede suhtes nagu soo-osi (*Equisetum palustre*), mürktulikas (*Ranunculus sceleratus*), voolme-ristirohi (*Jacobaea vulgaris*), harilik maavits (*Solanum dulcamare*) ja harilik mürkputk (*Cicuta virosa*).

Millised omadused on vesipühvlil loomakasvatuse jaoks?

Vesipühvlid on vastupidavad veised, kes on väga kohanemisvõimelised erinevate kliima- ja keskkonnatingimustega. Nad on ka healoomulised ja rahuliku iseloomuga. Maastikuhoolduseks karjatatavad veised elavad kaua ning ühe vesipühvli karjatamise periood võib olla 15-20 aastat.

Poegimiste korraldamine näib olevat keeruline. Kuna poegimisintervall on suhteliselt pikk (15-25 kuud) ja poegimisperioodi on raske kindlaks teha, on hädavajalik, et karjas oleks tõupull[1]. Inbriidingu vältimiseks ei tohiks see pull jääda karja kauemaks kui kaheks aastaks[6]. Kunstlik seemendamine on võimalik ainult lüpsilehmade puhul. Vesipühvid ei ristu koduveistega, nii et sobivatel aladel on võimalik ka ühine karjatamine.

Lehmad poegivad kergesti ja vasikad kasvavad kenasti. Seega saab neid karjatada ka asulast kaugemal, sest mure lehmade ja vasikate tervise pärast on minimaalne. Lehmade tiinusperiood on umbes 11 kuud. Keskmiselt iga kolme aasta tagant võib iga lehm sünnitada kaks vasikat. Lehmad ei paaritu enne kolmeaastaseks saamist. Vasikaid toidetakse tavaliselt ema piimaga ja nad võõrutatakse umbes 9-12 kuu vanuselt.

Täiskasvanud lehmad saavutavad kaalu 600-800 kg. Täiskasvanud pullide kaal on veidi suurem- keskmiselt umbes 800-1000 kg.

II Vesipühvlite pidamine ja majandamine

Milline peaks olema karjatamise ala?

Vesipühvlite eeliseks on nende eriline kohanemisvõime väga heterogeensete aladega nii pinnasetüübi ja niiskuse kui ka taimestiku struktuuri poolest. Siiski võib neid pidada ka kuivadel karjamaadel nagu tavalisi veiseid, kuid sellisel juhul vajavad nad mudaseid püherdamiskohti. Madalad ja liivased veesilmad on sobivamad kui sügavad, kuna need on vähem tundlikud tallamise tagajärjel pinnase lagunemisele ja mudastumisele[1]. Lisaks saavad sisse vajunud vesipühvlid kergemini pehmest turbapinnast välja ronida, kui selle maksimaalne paksus on umbes 70 cm. Turbapinnalt mineraalpinnale üleminekualad on vesipühvlite pidamiseks väga olulised[1]. Üleujutuse korral on karjatamine võimalik ainult piiratud ulatuses, ulatusliku üleujutuse korral aga vastunäidustatud. Märgade alade karjatamisel on alati soovitav kasutada kuiva taganemisala. See võimaldab loomadel reageerida muutuvale niiskustasemele. Lisaks sellele tuleks neile sobivas kohas tagada varjualune. Karjaaiaks tuleks kasutada vähemalt kahekordset elektriaeda.

Millega tuleb arvestada, kui vesipühvleid karjatatakse välitingimustes aastaringselt?

Kuigi vesipühvlid on eriti vastupidavad, on siiski kaitse talvel külma eest ja suvel kuumuse eest hädavajalik. Neile tuleks tagada piisavalt suurel ja kuival karjamaal asuv varjualune, mis kaitseb neid külma eest. Ala võib ka kunstlikult tõsta, nt liivaga, selle suurus sõltub peetavate loomade arvust. Lisaks tuleks talvel tagada joogikoht ning kaaluda lisasöötmist. Eestis on vesipühvlite karjatamine aastaringselt välitingimustes võimatu, kuna käredad külmad võivad liiga teha vesipühvlite suurtele kõrvadele. Vesipühvlid kaitsevad end äärmusliku kuumuse eest vees ja mudaaukudes. Soovitatav on täiendav varjualnue, nt suuremad puud. Mineraalide ämbrid või lakukivid tagavad loomadele elutähtsad mikroelemendid[7].

Madalama kvaliteediga taimede puhul peab ala iga looma kohta olema keskmisest suurem. Sõltuvalt kasvukoha soodsusest ja majandamise eesmärgist on soovitatav loomkoormus vahemikus 0,8-1,5 loomaühikut ha^{-1}. Võimalik on ka madalam loomkoormus, kuid see ei kasuta täielikult ära vesipuhvlite potentsiaali maastiku säilitamisel ja kujundamisel.

Ammlehmakasvatuses jagatakse kari tavaliselt kolmeks rühmaks: ammlehmade rühm koos vasikatega ja paarituspulliga, mullikate rühm, kes ei tohiks paarituda, et vältida inbriidingut ning noorte pullide rühm, keda farmis lehmade viljastamiseks ei kasutata.

Lisasöödaks on hea anda heina. Mõnede põllumajandustootjate sõnul on talvekuudel vaja 4-6 (ANGUSTEL OLI NT 15-20) ümarpalli looma kohta.

Varasemate kogemuste kohaselt ei ole kaitse huntide vastu vajalik, sest loomad suudavad end ise kaitsta.

Milliseid tervishoiu aspekte tuleb arvesse võtta?

Vesipühvleid peetakse üldiselt väga vastupidavaks ja haigustele mitte väga vastuvõtlikuks. See on tingitud ka enamasti ulatuslikust välitingimustes pidamisest, mis minimeerib tervise- ja käitumisprobleeme, mis võivad tekkida intensiivse siseruumides pidamise ajal. Sellegipoolest võivad vesipühvlid kannatada samade haiguste käes nagu sisetingimustes peetavad veised, sealhulgas suu- ja sõrataudi, veiste tuberkuloosi, veiste nakkava rinotrahheiidi, veiste viirusdiarröa ning parasiitide, nagu kopsu-usside, ümarusside ja maksakaanide käes[5]. Üks eelis koduveiste ees on siiski vesipühvlite immuunsus kõige levinumate haiguste, eriti babesioosi suhtes[24].

Parasiitusside raviks kasutatavate ravimite puhul tuleb arvestada, et tavapärased ravimid, näiteks avermektiinid ja nende laguproduktid, on toksilised ja väljuvad suures osas väljaheitega. Kahju tekitatakse peamiselt sõnnikust toituvatele putukatele, kuid ka veekogudele juhul kui ravitud loomad pääsevad neile ligi[26,27]. Resistentsuse vältimiseks peaks ravi olema selektiivne ja mitte rakendatama kogu karja suhtes[19]. Avermektiinidega ravitud loomad tuleks ajutiselt (2 nädalat)[26] paigutada eraldi siseruumidesse. Rahvameditsiinis kasutatakse ussinakkuste vastu värsket porgandit või selle mahla. Kuigi see on ökoloogiliselt kahjutu, on siiski vaja täiendavalt uurida porgandite anthelmintilist toimet[27].

Üldiselt on karjatamise käigus võimalik maksakaanidesse nakatumist kontrollida. Võib piirata vaba juurdepääsu veekogudele, kus elab väike-sootigu või mudatigu (maksakaanide vaheperemees). Märg hein, mida niidetakse varasuvel ja vajaduse korral söödetakse talvel, tuleks säilitada kuus kuud või sileerida 30 päeva, et tagada kõigi maksakaanide nakkavate staadiumide surmamine. Parasiitide rohkust vähendab varasuvine niitmine, kuna talvituvad vastsed eemaldatakse sedamoodi alalt. Intensiivne lühikese perioodina karjatamine koos pikkade puhkeperioodidega vähendab samuti kontakti parasiitide nakkuslike staadiumite ja nende peremeeste vahel[19].

Veiste herpesviirus 1-e, brutselloosi ja veiste leukoosi ennetamiseks on vesipühvlite puhul vajalik iga-aastane vereproovide võtmine. Kõige lihtsam on seda teha kõrva või saba pealt.

Vesipühvlite sarved on väga kõvad ja seetõttu haigustele ja parasiitidele vähe vastuvõtlikud. Sellegipoolest tuleks neid regulaarselt kontrollida ja vajaduse korral ravida[6].

Millisest pindalast alates on vesipühvlikasvatus majanduslikult tasuv?

Vesipühvlikasvatuse tasuvus sõltub paljudest teguritest ja ei sõltu eelkõige pindala suurusest. Lisaks toetustele majandatava ala eest on määravaks müügivõimalused, mis praegu piirduvad otseturustamise või aretusloomade (eriti emasloomade) turustamisega. Aastaringne vabapidamine talvel on võrreldes siseruumides pidamisega umbes 25-30 % odavam. Eelmainitud võimaluste korral võib karja suuruseks olla 30 looma, sellisel juhul on ka tõupulli kasutamine optimaalne. Eeldades, et loomkoormus on 0,8-1,5 loomaühikut hektari kohta, tähendab see umbes 30 ha karjamaad (pluss talvine asukoht ja talvised söödamaad)[1].

Millised on karjamaade niitmise eelised?

Karjamaa niitmise puhul toimub lisaks ala karjatamisele ka aeg-ajalt ala niitmine. Suurem koormus toob kaasa suurema osakaaluga alustaimestiku tekkimise[20]. Turbaaladele sobiva kasutamise puhul on soovitatav ainult ekstensiivne karjamaa niitmine[25]. Ekstensiivne põllumajandus on põllumajandussüsteem, kus maaühiku kohta kasutatakse vähem tööjõudu, kapitali, väetisi, pestitsiide jne ning toodang maaühiku kohta on väiksem kui intensiivpõllunduse puhul. Selline maakasutusviis on majanduslikult väga tõhus, sest tööjõuvajadus on väike ja kasutada saab suuri pindalasid. Samuti on majandamissüsteemil positiivne mõju loomade individuaalsele tootlikkusele ja tervisele. Pidev karjatamine loomkoormusega < 1,5 loomühikut hektari kohta ja talvine karjatamispaus võib aidata kaasa taimestiku tihenemisele[,23].

III Soetamine ja aretamine

Kust peaks loomi ostma?

Kuna Eestis vesipühvleid ei karjatata, siis tuleks loomi osta välismaalt (Saksamaalt, Rumeeniast, Bulgaariast, Ungarist, Ukrainast jne). Igal juhul tuleks kontrollida loomade tervislikku seisundit.

Mida tuleb aretamisel arvesse võtta?

Erinevalt lihaveiste aretusnõuetest tuleb vesipühvlite puhul arvestada pikema poegimisperioodiga (ühes Darßi põllumajandusettevõttes Saksamaal oli see 420 päeva), mis erineb lihaveiste aretusnõuetest ammlehmade pidamisel. Vesipühvlite vähese leviku tõttu on aretusmaterjal (pullid) piiratud, mistõttu tuleks sobivate loomade hankimist ette arvestada.

Milline on soovitatav karja suurus?

20-30 looma vastab loodusliku veisekarja loomulikule suurusele ja seda võib kasutada rusikareeglina ka vesipühvlikarja puhul[2]. Lisaks sellele võib 30 pealise karja puhul eeldada pulli häid paaritumistulemusi[2].

IV Loomade tapmine, liha töötlemine, turustamine

Kui suur on kasum?

Loomade eluskaalu kasum sõltub tugevalt sööda kvaliteedist. Chursdorfis (Saksimaa, Saksamaa) saavutati karja keskmine tootlikkus 1000 g päevas heal ja kuival alal. Darßi talu mõisas (Saksamaal) saavutati karja puhul tootlikkus keskmiselt 840 g päevas; asukohta iseloomustab keskmine söödakvaliteet. Tapaküpsus saavutatakse suhteliselt hilja, 20-30 kuu vanusena[2]. Tapatoodanguks võib eeldada 55 % eluskaalust. Kvaliteetset liha iseloomustavad head maitseomadused ning madal kolesterooli- ja rasvasisaldus. Üldiselt on vesipühvli rümba kvaliteet hea[6]. Lisaks sellele annavad lehmad toitainete poolest väärtuslikku piima, mille rasvasisaldus on üle 8 % ja mineraalainete sisaldus kõrge. Piima saab kasutada joogiks, mozzarella tootmiseks ja kosmeetikatoodete valmistamiseks[6]. Piimatootmine on aga niiskel maal praktilistel põhjustel (aja- ja tööjõuvajadus, udarahügieen, udarate pikkus) raskesti ettekujutatav ning see on pigem võimalik eraldi karjaosade puhul muudel aladel[16].

Millised probleemid võivad tekkida loomade tapmise ajal?

Mõned vesipühvli kasvatajad peavad suureks probleemiks sobimatuid või liiga kaugel asuvaid tapamaju. Tapamajadel puuduvad vesipühvli paksu kolju jaoks sobivad seadmed ja kogemused rümba tükeldamisel. Pikk transport põhjustab loomadele ka stressi ja kurnatust, mis ei mõjuta mitte ainult loomade heaolu, vaid ka mõjutab liha laagerdumist, nõnda et kannatab selle kvaliteet[8,9].

Vesipühvli iseloom ja kehaehitus nõuavad erinevaid tapmistingimusi. Optimaalne variant oleks loomade laskmine karjamaal. Loomad uimastatakse karjamaal või aedikus tuttavas ümbruses löögiga pähe ning seejärel veristatakse. Looma tapmine

karjamaal nõuab head planeerimist. Sellest tuleb pädevale asutusele ette teatada, samuti on vaja looma uimastajat ning head ja kogenud veristajat[10]. Loom tuleb 60 minuti jooksul transportida ELi sertifitseeritud tapamajja. Stressi puudumine kajastub erinevate parameetrite (liha õrnus, liha värvus, veesidumisvõime) paremates väärtustes liha kvaliteedi osas. Tapmiseelne stressireaktsioon on karjatamaal tapmise puhul oluliselt väiksem kui tavapärase tapmismismeetodi puhul[9].

Teiseks alternatiiviks võiksid olla vesipühvlikasvatajate poolt ühiselt loodud tapamaja või mobiilse tapamaja loomine[11].

Millised on turunduskanalid?

Otseturustamine (talupood, veebipood) koos hea klienditeeninduse ja otsese teabevahetusega vesipühvlite pidamistingimuste, looduskaitseteenuste ja vajaduse korral ka karjatamise kohta on kõige perspektiivikam viis vesipühvli liha turustamiseks. Selleks, et müüa vähem-väärtuslikke lihatükke, on soovitatav töödelda neid pühvlisalaamiks, vorstiks ja pihvideks. Lisaks sellele võivad head ostjad olla ka jaekaubandus või toitlustussektor, kuid nendes sektorites võib esineda kõikumisi.

Kõrvalsaadusena võib turustada eelistatavalt ökoloogiliselt (kroomivabalt) pargitud nahkasid.

V Mõju turbaalale

Milline on vesipühvlite karjatamise mõju kasvuhoonegaaside heitkogustele?

Väga märgade madalsoode majandamise korral (veetasemeklass 4+) võib eeldada ~8 t CO_{2ekv} hektari kohta aastas. Kui ala ei ole täielikult taasmärjutatud ja turbaalal esinevad niisked alad vahelduvalt kuivemate aladega, suurenevad ala heitkogused hinnanguliselt ~12 t CO_{2ekv}-ni hektari kohta aastas. Võrdluseks, kuivendatud turbal asuvad põllumaad eraldavad üle 30 t CO_{2ekv} hektari kohta aastas.

Kuidas mõjutab vesipühvite karjatamine bioloogilist mitmekesisust?

Ekstensiivne karjatamine loob alale liigi- ja struktuuririkka taimestiku mosaiigi. Taimeseemnete levik toimub lisaks muule levikule ka karjatatavate loomade väljaheidete ja karva kaudu. Struktuuriliselt rikkalik taimestiku mosaiik loob ka loomastikule mitmekesisemaid elupaiku. Näiteks ämblikud ja putukad saavad kasu mitmekesistest struktuuridest. Vesipühvlid on väga aktiivsed püherdajad, mis loob elupaigad kahepaiksetele. Tallumise teel taimestikust vabaks jäetud alad pakuvad mitmetele linnuliikidele olulist toitumis- ja pesitsuspaika. Siiski võib karjatatavate loomade poolt tallamine loomastikku pärssida (eriti niidulinde). Selleks, et vältida

olemasolevate pesade või linnupoegade tallamist, on soovitatav leida kohandatud karjatamise perioodid.

VII Kulud ja tulud

Kulude hindamisel eeldati, et karjatamine toimub aastaringselt 30 loomaga 30 hektaril (pluss talvitusala ja talvised söödamaad). Materiaalsed kulud hõlmavad talvise ja suvise sööda, kontsentraatide, mineraalsööda, allapanu ja vee kulusid. Muud kulud hõlmavad veterinaararsti, kindlustust, tööjõu- ja kapitalintressi ning tapmiskulusid. Kolme aasta jooksul võib iga lehm sünnitada keskmiselt kaks vasikat. Eeldatakse, et 30 looma puhul on aastas 4 pulli valmis tapmiseks ja 4 mullikat müüakse teisel eluaastal. See tähendab, et 1 ha kohta turustatakse aastas 0,13 pulli ja 0,13 mullikat. Kulud ja tulud (eurodes hektari ja aasta kohta) on võetud allikast Sweers jt (2014)[14]. Kõige soodsamal juhul kasutati maksimaalset tulu, keskmisel juhul keskmist tulu ja kõige ebasoodsamal juhul minimaalset tulu[14]. Üksikasjad rahastamise kohta on esitatud BfNi juhises[28].

Tabel: Vesipühvlite pidamise kulud ja tulud (eurodes hektari ja aasta kohta) märgadel turbaaladel aladel Saksamaa näitel.

		Ebasoodne olukord	Keskmine olukord	Soodne olukord
Kulu	Tööjõukulu	-149 €	-149 €	-149 €
	Masinate kulu	-181 €	-181 €	-181 €
	Materjalikulu	-409 €	-409 €	-409 €
	Muu kulu	-182 €	-182 €	-182 €
	Kokku	**-921 €**	**-921 €**	**-921 €**
Tulu	Tootlus	689 €	949 €	1.079 €
	Kariloomade toetus	100 €	235 €	680 €
Kasum		**-132 €**	**263 €**	**838 €**

VIII Allikad ja täiendav kirjandus

Täiendav kirjandus

Sambraus, H.H. (2006): Exotische Rinder: Wasserbüffel, Bison, Wisent, Zwergzebu, Yak. 120 S. Stuttgart: Ulmer.

Sweers, W., Kanswohl, N. & Müller, J. (2013): Zur landschaftspflegerischen Eignung des Wasserbüffels (Bubalus bubalis). Züchterkunde 85 (6): 462-478.

Allikad

[1]Müller, J. & Sweers, W. (2016): Produktion von Futter in Paludikultur. In: Paludikultur — Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten), S. 39-43. Stuttgart: Schweizerbart.

[2]Mährlein, A. (2005): Sachverständigen-Gutachten: Einsatz von Wasserbüffeln zur Naturschutzpflege. 84 S. Sankt Augustin: HLBS Verlag GmbH.

[4]Enge, D. (2009): Landschaftspflege mit Wasserbüffeln. Naturschutz und Landschaftsplanung 41: 277-285.

[5]Sambraus, H.H. & Spannl-Flor, M. (2005): Artgerechte Haltung von Wasserbüffeln. TVT-Merkblatt Nr. 102. 17 S. Bramsche: Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e.V.

[6]Spindler, B. (2008): Erhebung von Grund- und Planungsdaten für die heimische Haltung von Bisons und Wasserbüffeln. Interner Abschlussbericht im Rahmen des KTBL-Arbeitsprogramms „Kalkulationsunterlagen (KU)“. 18 S. Hannover: Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie an der Tierärztlichen Hochschule.

[7]Bunzel-Drüke, M., Böhm, C., Finck, P., Kämmer, G., Luick, R., Reisinger, E., Riecken, U., Riedl, J., Scharf, M. & Zimball, O. (2008): Praxisleitfaden für Ganzjahresbeweidung in Naturschutz und Landschaftsentwicklung - „Wilde Weiden“. 215 S. Bad Sassendorf-Lohne: Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest e.V.

[8]Müller, P. (2015): Rindfleisch – das ist Qualität! Fleischrinder Journal 4/15: 24-26.

[9]Schiffer, K.J. (2015): On-farm slaughter of cattle via gunshot method. 260 S. Herzogenrath: Shaker.

[10]Mennerich-Bunge, B. (2015): Rechtliche Hürden beim Kugelschuss. Interview von N. Orthen. LandInFormSpezial 5/2015: 42-43.

[11]Fey, A. (2016): Schlachter auf Rädern. Süddeutsche Zeitung vom 10.09.2016. Online verfügbar unter: https://www.sueddeutsche.de/leben/mobiler-metzger-schlachter-auf-raedern-1.3152660. Letzter Zugriff: 01/2020.

[12]Krawczinski, R. (2009): Erfahrungen mit Wasserbüffeln bei Ganzjahresweide. Nationalpark-Jahrbuch Unteres Odertal (6): 86-99.

[13]Salomon, C. (2012): Wasserbüffel weiden im Hafenlohrtal. Spessart 106 (3): 3-9.

[14]Sweers, W., Möhring, T. & Müller, J. (2014): The economics of water buffalo (*Bubalus bubalis*) breeding, rearing and direct marketing. Archiv Tierzucht 57 (2014) 22: 1-11.

[15]LM M-V (Hrsg.) (2017): Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes. 98 S. Schwerin: Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern.

[16]Sweers, W. & Müller, J. (2016): Verwertung in der Tierhaltung. In: Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, W., C. Schröder & H. Joosten), S. 116-119. Stuttgart: Schweizerbart.

[17]Wichmann, S. (2018): Economic incentives for climate smart agriculture on peatlands in the EU. 38 S. Greifswald: Universität Greifswald.

[18]Deutsche Vernetzungsstelle Ländliche Räume (DVS) (Hrsg.) (2017): ELER in Deutschland – Übersicht über die Nationale Rahmenregelung und die Programme der Länder. https://www.netzwerk-laendlicher-raum.de/fileadmin/sites/ELER/Dateien/01_Hintergrund/ELER/013_Ma%C3%9Fnahmensteckbrief AUM_2015_fertig008klein.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[19]Gillandt, K. & Kemper, N. (2018): Weideparasiten – vermindern und vermeiden. Fleischrinder Journal 3/18: 6-10.

[20]Opitz v. Boberfeld, W. (1994): Grünlandlehre. 336 S. Stuttgart: Ulmer.

[21]Voigtländer, G. & Jacob, H. (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau. 450 S. Stuttgart: Ulmer.

[22]Riehl, G. (2005): Mähstandweide – Grünland „aktuell“. Fachmaterial Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13854/documents/16128. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[23]Nitsche, S. & Nitsche, L. (1994): Extensive Grünlandnutzung. 247 S. Radebeul: Neumann Verlag.

[24]McBride, A., Diack, I., Droy, N., Hamill, B., Jones, P., Schutten, J., Skinner, A. & Street, M. (Hrsg.) (2011): The Fen Management Handbook. 332 S. Perth: Scottish Natural Heritage.

[25]Wichtmann, W., Abel, S., Drösler, M., Freibauer, A., Harms, A., Heinze, S., Jensen, R., Kremkau, K., Landgraf, L., Peters, J., Rudolph, B.-U., Schiefelbein, U., Ullrich, K. & Winterholler, M. (2018): Gute fachliche Praxis der Bewirtschaftung von Moorböden. Zusatzmaterial zu Natur und Landschaft 93 (8): 391.

[26]Bystron, S., March, S. & Brinkmann, J. (2018): Weideparasiten-Management. 42 S. Westerau: Thünen Institut für Ökologischen Landbau.

[27]Brendieck-Worm, C., Melzig, M.F., Stöger, E. & Vollstedt, S. (2018): Erkrankungen des Verdauungstrakts. In: Phytotherapie in der Tiermedizin (hrsg. von C. Brendieck-Worm & M.F. Melzig), S. 86-198. Stuttgart, New York: Thieme.

[28]Närmann, F., Birr, F., Kaiser, M., Luthardt, V., Nerger, M., Zeitz, J. & Tanneberger, F. (2021): Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden. BfN-Skripten. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.

3.2.3 Veiste karjatamine

Käesolevas peatükis on sisse viidud tõlkija poolsed Eestile omased täiendused-veisetõugusid iseloomustavasse tabelisse on tõlkija lisanud Herefordi iseloomustuse. Vastupidavad ja väikese kehakaaluga veised sobivad märgadel turbaaladel asuvate rohumaade ulatuslikuks karjatamiseks. Selliste alade kandevõime on väiksem kui tugevamalt kuivendatud värsketel rohumaadel. Ammlehmade karjatamine ja mullikate nuumamine omavad keskset rolli loomasõbralikus veisepidamises ning samaaegselt ka märgadel turbaaladel asuvate rohumaade majandamises. Karjatamist saab kombineerida ka niitmisega (niidetavad karjamaad).

Infokast: Veiste karjatamine

Veetase:	20-45 cm alla maapinna suvel, 15-35 cm alla maapinna talvel (veetasemeklass 3+), samuti on võimalik ajutine või üldine kõrgem veetase (veetasemeklass 4+).
Rajamine:	Liigniisked niidud, mis on looduslikult tekkinud pärast veetaseme tõusu või rajatud tahtlikult külvamise teel.
Tootlikkus:	Kasv 600-800 g päevas (olenevalt veise tõust)
Karjatamistihedus:	0.8-1.5 loomühikut ha^{-1}
Kasutus:	Liha, võimalusel ka piim
Prognoositud pikaajalised heitkogused maa-alal (GEST-meetod):	~16–19 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1} (veetasemeklass 3+) ~8–12 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1} (veetasemeklass 4+)

Pilt: Suhteliselt kerge niisketele aladele kohastunud veisetõug Fjäll (Brandenburg, Saksamaa) (09/2019, Pilt: F. Birr).

I Ala sobivus

Millised veisetõud sobivad (väga) märgade turbaalade ulatuslikuks karjatamiseks?

Madala karjatamisintensiivsusega vastupidavad veisetõud (ning mõningatel juhtudel ka keskmise karjatamisintensiivsusega veisetõud) sobivad niiskete rohumaade ekstensiivseks karjatamiseks, st veetase on 15-45 cm allpool maapinda. Väikese kaalu tõttu tekitavad madala karjatamisintensiivsusega veised vähem tallamiskahjustusi kui keskmise ja suure karjatamisintensiivsusega tõud ning neid võiks sarnaselt vesipühvlitele pidada ka aladel, kus veetase on veelgi kõrgem. Lisaks sellele on nende nõudmised söödale ja pidamisele väiksemad ning nad sobivad paremini ka aastaringselt välitingimustes pidamiseks. Nende vähenõudlikkus, vastupidavus, suhteliselt väike kaal ja võime liikuda oskuslikult raskel maastikul eristavad neid suure karjatamisintensiivsusega tõugudest. Keskmise karjatamisintensiivsusega tõugudest võib kasutada väiksemaid ja kergemaid, optimaalse sööda kasutusega tõuge. Puude võrseid ei tarbi veised sageli piisavalt, mistõttu on neid sobilik pidada koos teiste loomaliikidega. Tüüpilised sootaimed, nagu pilliroog, hundinui ja päideroog, on veiste jaoks kergesti tarbitavad. Ühtlasi sobib, kui karjatamisalale jäävad kuni 50 cm sügavused madalad veekogud. Alljärgnevas tabelis on esitatud ülevaade veisetõugudest, mis sobivad nii tootmisele suunatud ammlehmade pidamiseks kui ka biotoopide hooldamiseks märgaladel[1,2,3].

Millised ekstensiivsed tootmistüübid sobivad märgadel turbaaladel karjatamiseks?

Ammlehma karjatamises kui ekstensiivses karjatusviisis kasvatatakse üks turustus-kõlbulik vasikas aastas ühe ammlehma kohta. Vasikad hakkavad rohtu sööma kolme kuu jooksul. Kui ammlehmad annavad piisavalt piima, on rohusöömine üheksa kuu vanuselt veel üsna väikese mahuline[4]. Lisaks ammlehma kasvatusele sobib ekstensiivseks rohumaa kasutuseks ka noorte emasloomade nuumamine. Erinevalt pullide nuumamisest on mullikate nuumamine võimalik ka vaesematel rohumaadel[1].

Tabel: Ammlehmade karjatamiseks sobivad kerged veisetõud ja nende omadused märgade alade ekstensiivseks karjatamiseks, kohandatud Nitsche & Nitsche (1994) järgi. *ammlehmad

Veise tõug	Kaal*, Omadused	Tootmis-liin	Nõudmised kliimale ja toidule
Aberdiin Angus	450-550 kg, Kerge vasikas, sõbralik iseloom, sarvedeta	Liha	vastupidav, kohanemisvõimeline, vähenõudlik
Dexter	300–350 kg Pikaelaine, väikese ehitusega, vähese poegivusega	Liha, piim	Vähenõudlik, optimaalne sööda kasutus, vastupidav
Fjäll	380–420 kg, viljakas, pikaealine, sõbralik iseloom, sarvedeta	Liha, piim	Kohanenud karmi kliimaga, vähenõudlik, laia sõraga märgade alade jaoks
Gallovei	400–500 kg, kerge poegimine, laiad sõrad, sarvedeta, rahulik	Liha	vastupidav, vähenõudlik, laiad sõrad märgade alade jaoks
Hecki veis (tagasi aretatud tarvas)	550 kg, haiguskindel, tolerantne, pikad sarved	Liha	vastupidav, vähenõudlik
Hinterwald	400–450 kg, kerge poegimine, pikaealine	Liha, piim	vastupidav, vähenõudlik, vajab vähe hooldust
Murnau-Werdenfels	500–600 kg, pikaealine, viljakas, temperamentne	Piim, liha	kohanemisvõimeline karmi kliimaga, vähenõudlik
Šoti Mägiveis	400–580 kg, kergesti poegiv, pikaealine, heasüdamlik, pikad sarved	Liha	ilmastikukindel, vähenõudlik

Hereford	750-950 kg, sõbralik, poegimine kerge	Liha	kohanemisvõimeline, optimaalne sööda kasutaja

Millisest pindalast alates on ekstensiivne karjamaa kasutamine majanduslikult elujõuline?

Tasuvus sõltub paljudest teguritest ja ei sõltu ainult pindala suurusest. Väikesekasvuliste ekstensiivsete tõugude puhul tuleb uurida müügivõimalusi, mis sageli piirduvad otseturustamisega või aretusloomade turustamisega[4].

Ekstensiivne ammlehmade karjatamine ilma mineraalse lämmastikväetiseta on vähem töö- ja kulumahukas võrreldes lüpsilehmade pidamise ja karja nuumamisega. Aastaringne välitingimustes pidamine annab 25-30 % töömahu ja kogukulude kokkuhoidu, võrreldes talvise siseruumides pidamisega. Keerulisi ehitisi ja lisasöötmist kontsentreeritud söödaga ei ole vaja[1]. Lisaks on tänu heale kohanemisvõimele, heale vastupidavusele ja kergele poegimisele madalamad veterinaar- ja ravikulud.

Nende liha iseloomustavad head maitseomadused ja madal rasvasisaldus, mida võib pidada täiendavaks müügi argumendiks. Siiski tuleb arvesse võtta iga tõu eriomadusi. Nende sobivus ekstensiivseks kasvatamiseks niisketel madalatel rohumaadel sõltub ka nende kaalust ja tõupõhistest käitumisomadustest[1,5,6].

II Soetamine, pidamine ja majandamine

Mida peaksite ostmisel arvestama ning kust loomi osta?

Kui otsus tõu kasuks on langetatud, on soovitatav võtta ühendust sama tõuga tegelevate loomakasvatajatega, et luua kontaktid kasvatajatega. Võimalus on ka ühendust võtta mõne veisekasvatusühinguga (näiteks Eesti lihaveise kasvatajate selts, Eesti lihaveise kasvatajate ühistu). Ostuhinda on raske välja arvutada, sest turud on väga väikesed ja hinnad kõiguvad tugevalt. Kui hind on teiste pakkumistega võrreldes väga madal, peaksite olema ettevaatlik. Mõnikord on tegemist loomadega, kes on aretamise eesmärgil või nende silmatorkava käitumise tõttu karjast välja sorteeritud[7].

Milline on soovituslik karja suurus?

Karja suuruse valikul on esmatähtis loomasõbralik ja turbaalale sobilik pidamine, mis sõltub:

- maa-ala omadustest (pinnase ja taimestiku omadused, piirkonna eripära ja ala suurus)

- loomade vajaduspõhise kontrollimise tagamisest
- talviseks perioodiks ette nähtud söötmise tehnilistest võimalustest (vajalikud söödakogused, ladustamine, transpordikulud)[6].

Juhul kui eelmainitud tingimused on täidetud, võib karja suuruseks olla 20-30 looma, mis vastab ka loodusliku veisekarja loomulikule suurusele. See arv võiks olla rusikareegliks ka koduveiste puhul. Lisaks sellele võib karjas, kus on 30 lehma ja kuni paar pulli, oodata pullide häid paaritumistulemusi. Suunanäitajaks võib pidada loomkoormust 0,8-1,5 loomühikut hektari kohta.

Millega tuleb arvestada, kui loomi peetakse välitingimustes aastaringselt?

Märgadel turbaaladel on aastaringne välitingimustes pidamine soovitatav ainult siis, kui territooriumil on ka liivase või mineraalse pinnasega alasid, kuhu loomad saavad taganeda liiga kõrge veetaseme korral, mäletsemise ajal ja öösel[19]. Lisaks sellele on välistingimustes pidamise eelduseks terved ja heas konditsioonis loomad, kes on järk-järgult harjunud välitingimustes pidamisega ja madalate temperatuuridega[6,8]. Tähelepanu tuleks pöörata karja tasakaalustatud vanuselisele struktuurile, kus on esindatud ka kogenud loomad. Kuigi mõned veisetõud, nagu Galloway ja Highland, liigitatakse vastupidavateks, nõuab aastaringne välitingimustes pidamine alati kaitset külma, märja, tuule ja kuumuse eest. Kaitseks külma eest tuleks tagada loomadele karjamaal kuiv koht, mis pakub kõigile loomadele piisavalt suurt lamamispinda. Kuni 500 kg kaaluvatele veistele peaks olema sarvedeta loomade puhul 4 m² või sarvedega loomade puhul 6 m² ja üle 700 kg kaaluvatele veistele sarvedeta loomade puhul 6 m² või sarvedega loomade puhul 8 m² lamamispinda. Lamamisalad peaksid olema korrapäraselt kaetud kuiva materjaliga ja ei tohiks olla söödaplatsist kaugemal kui 100 m. Lisaks sellele tuleks talvel tagada külmakindel joogiveevarustus ja lisasöötmine. Vabapidamise puhul on kariloomade energiavajadus suurem kui laudas pidamise puhul. Täiendav energiavajadus võib olla 10-20 %. Kui sööta ei anta iga päev, tuleks sööda hoiustamiseks luua ilmastiku eest kaitstud koht, nt varjualus koos teisaldatava söödaaiaga või katusega söödavagun. Loomkoormus, söödavarustus ja söödakohtade arv tuleb samuti kooskõlastada 1:1. Lisaks sellele võivad suuremad metsad, põõsad ja puudesalud pakkuda suvel varju ja tuulekaitset[6,8,9].

Millised on vahelduva karjatamissüsteemi eelised?

Aastaringselt ühel karjamaal olles peavad kariloomad toituma puhtalt antud alal kasvava taimestiku juurdekasvust kogu karjatamisperioodi jooksul. Sageli ei ole see majanduslikult tasuv. Seetõttu on oluline korraldada karjatamissüsteem, mille puhul saaksid veised toituda vahelduseks ka (väga) märjal alal kasvavast taimestikust. Selle eelduseks on aga mineraalsed mullad, mis asuvad vahetult märgade alade kõrval. Kui

karjamaa on vaba söödavalikuga püsirohumaa, siis käivad veised märgadel aladel toitumas vaid kevadel, samal ajal kui mineraalmaadel on karjatamissurve suur[11]. Kevadel on niisketel ja märgadel aladel ka suhteliselt hea kvaliteediga söödakasv, mis aga aasta jooksul kiiresti väheneb. Seetõttu tuleb neid alasid karjatada just kõige suurema juurdekasvuga ajal[12]. Sellisel puhul võib mineraalmuldadel paiknevate rohumaade paremate söödaväärtustega alad alates juunist piiritleda ja niita talveks heina varuks (umbes 40 % mineraalrohumaadest). Vastasel juhul ei lähe veised nendele aladele enne hilissuve ja need ei paku kariloomadele enam piisavat toitu. Eesmärgipärase osalise karjatamise korral on suveperioodil võimalik saavutada eluskaalu suurenemine 800 g looma kohta päevas, kui loomkoormus on alla 1,5 loomaühiku hektari kohta, isegi ilma lisasöötmiseta[11].

Mida tuleks karja pidamisel arvesse võtta?

Juhul kui karjatamine toimub välitingimustes aastaringselt, tuleks vältida talvekuudel poegimist, sest noorte vasikate külmataluvus on palju madalam kui täiskasvanud veistel. Võimaluse korral tuleks poegimine korraldada nii, et see toimuks kevad- ja suvekuudel. Selleks, et saavutada optimaalne poegimise aeg märtsis/aprillis, tuleks pulle karjas hoida vaid 6-8 nädalat (juuni-august)[14]. Talvise vasika korral on vajalik tagada lehmale ja vasikale laut[1,7,9,14].

Millised on hooldamise ja tervishoiu olulised aspektid?

Põhiline nõue on loomade asjatundlik hooldamine. Karja tuleb iga päev külastada ja kontrollida haiguse tunnuseid[19]. Kui loomad jäetakse pikaks ajaks üksi, avastatakse haigused liiga hilja ning igasugune lahendus ja veterinaarabi võib saada probleemiks. Galloveidele ja Šoti mägiveistele omistatud taltsus on saavutatav ainult pideva hooldusega[1,6]. Loomade hooldus ja haiguste ennetamine on kooskõlas loomakaitse seadusega.

Loomade terviseprobleemide tunnuseks on langenud kõrvad, mis ilmnevad sageli koos apaatse käitumisega keskkonna suhtes. Täiendavad märgid võivad olla: karjast eraldatus, silmatorkavalt pikad lamamisperioodid, kükitades seismine, mäletsemistegevuse puudumine jne. Hingamisteede haigusi võib ära tunda selgelt pingutava hingamise, raskematel juhtudel vilistavate või raksuvate häälte ja köha ning ninaerituse järgi. Sellisel juhul tuleks kahtlustada ka kopsupõletikku või kopsuvähki. Kõigi nende tunnuste ilmnemisel on vaja kiiresti tegutseda[14].

Põhimõtteliselt on loomade parasitoloogiline hooldus vajalik sõltuvalt karjast ja asukohast. Ammlehmade vaktsineerimine vähendab haigusi vasikatel (coli septitseemia, coli enterotoksideemia, nakkuslikud hingamisteede haigused). Lisaks

sellele on oluline veiste korrapärane vereanalüüs, iga-aastane veiste herpese (BHV-1 viiruse) välistamine ning brutselloosi ja leukoosi uurimine iga kolme aasta tagant[6,7]. Veterinaararstiga tuleks kontakteeruda, kui ilmneb muutusi veise suus. Mitmed teatamiskohustuslikud loomahaigused avalduvad suu limaskesta muutuste kaudu (nt BHV-1, BVD/MD, BKF ja suu- ja sõrataud)[14].

Kuidas tuleks endoparasiite ravida?

Suurimaks loomade tervishoiu probleemiks niisketel aladel peetakse maksakaane, mis nakatavad veiseid kui lõpp-peremeest ja mida ravitakse raske nakatumise korral korduvalt suurte anthelmintikumide annustega[14]. Resistentsuse vältimiseks peaks ravi olema valikuline ja ravi ei tohiks rakendada kogu karjas[18].

Üldiselt on karjatamise käigus võimalik kontrollida maksakaanidesse nakatumist. Vaba juurdepääsu veekogudele, kus elab väike-sootigu või mudatigu (maksakaanide vaheperemees), võib piirata. Märg hein, mida niidetakse varasuvel ja vajaduse korral söödetakse talvel, tuleks säilitada kuus kuud või sileerida 30 päeva, et tagada kõigi maksakaanide nakkavate staadiumide surmamine. Parasiitide rohkust vähendab varasuvine niitmine, kuna talvituvad vastsed eemaldatakse sedamoodi alalt. Intensiivne lühikese perioodina karjatamine koos pikkade puhkeperioodidega vähendab samuti kontakti parasiitide nakkuslike staadiumite ja nende peremeeste vahel[18].

Parasiitusside raviks kasutatavate ravimite puhul tuleb arvestada, et tavapärased ravimid, näiteks avermektiinid ja nende laguproduktid, on toksilised ja väljuvad suures osas väljaheitega. Eriti kahjulikud on pika toimeajaga ravimid, mis vabastavad toimeainet pidevalt ja pika aja jooksul ning võivad seega kahjustada peamiselt sõnnikust toituvatele putukate arengut ja paljunemist kogu karjatamishooaja jooksul[26]. Kahju tekitatakse nii sõnnikust toituvatele putukatele, kuid ka veekogudele juhul kui ravitud loomad pääsevad neile ligi[26,27].

Kui kariloomade ravi osutub vajalikuks vaatamata kõigile ennetusmeetmetele, saab koprofaagiliste putukate kahjustamise ohtu vähendada järgmiselt[26]:

- vältida mittevajalikku (nt profülaktilist) ravi,
- mitte ravida kõiki loomi ühel alal korraga,
- paigutada ravitud loomad (noorveised) karjatamisalal loomade kõrvale, kes pole ravi saanud
- avermektiinidega ravitud loomad tuleks ajutiselt (2 nädalat)[26] paigutada eraldi siseruumidesse
- kasutada varasuvel ja suvel (putukate peamise paljunemisperioodi ajal) ökoloogiliselt ohutuid toimeaineid (bensimidasoolid, levamisool)

Rahvameditsiinis kasutatakse uss-nakkuste vastu värsket porgandit või selle mahla. Kuigi see on ökoloogiliselt kahjutu, on siiski vaja täiendavalt uurida porgandite anthelmintilist toimet[27].

Kui loomasid karjatatakse pehmetel ja märgadel muldadel, on vajalik korrapärane sõrgade jälgimine ja hooldamine. Märjad alad võivad olla haiguste tekkepõhjuseks sarvedel[1].

Haiguse või epideemia korral (isegi väikestes põllumajandusettevõtetes) peaksid olemas olema loomade kinnipüüdmise vahendid veterinaarraviks. Enamik ammlehmade tüsistusi tekib sünnitamise tõttu. Vasikad on haigustele vastuvõtlikud, eriti esimestel elunädalatel, ja noorloomad on tundlikumad kui täiskasvanud loomad[14].

Orgaanikarikkad turvasmullad kuuluvad seleenivaeste alade hulka. Et tagada loomade piisav ja mitmekülgne mineraalainetega varustamine, tuleks loomadele alati pakkuda mineraalainete rikast toidulisandit või lakusoola[7]. Seleenipuudus põhjustab vasikate nõrkust, veepuudust, gripi taolisi sümptomeid noorloomadel ja täiskasvanud loomade kehva viljakust[14].

Mida tuleb karjamaa hooldamisel arvesse võtta?

Järelniitmine aitab vältida mittesoovitud liikide levikut, nagu luht-kastevars (*Deschampsia cespitosa*), luga (*Juncus* spp.), ohakas (*Cirsium* spp.) või oblikas (*Rumex* spp.), mida soodustab valikuline karjatamine. Järelniitmine pärsib samaaegselt ka puittaimede, nagu paju ja lepp, tekkimist ning mittesoovitud liikide juurdekasvu[11]. Alternatiivselt võib eespool nimetatud liikide tõrjumiseks, mis võib olla märk alakarjatamisest, suurendada loomkoormust või lubada loomadele pikemat söötmisaega karjamaal. Ülekarjatamine seevastu väljendub tallamisele vastupidavate liikide arvu suurenemises, nagu näiteks valge kastehein, suur teeleht või hanijalg ning sellele tuleks reageerida väiksema loomkoormuse või pikemate puhkeperioodidega[21]. Karjamaadel, kus karjatamine ei toimu aastaringselt, on soovitatav külmunud mullakihid pärast talve rullimisega kokku suruda. See takistab peenjuurte rebenemist ja kuivamist ning parandab veevarustust ja soojusjuhtivust[10]. Õhutamise ja sulatamise eesmärgil võib vältida maapinna mahasurumist. Taimestiku säilitamiseks võib uuesti külvata niiskust taluvaid söödataimi (punane aruhein, aasnurmikas)[22]. Kuna halvasti kuivendatud (s.t. veel mineraliseeruvates) madalsoodes on kaalium sageli taimede kasvu piiravaks teguriks, on soovitav karjamaal karjatatavate loomade väljaheidete laialilaotamine või talviste söötmiskohtade pidev vahetamine. Söötmiskohad võib soovi korral katta allapanuga, et siduda loomade väljaheited allapanu sisse. Saadud sõnnikut saab seejärel uuesti karjamaale laiali jagada[13].

Lisaks eespool nimetatud väheväärtuslikele liikidele on oluline jälgida selliste mürgiste taimede levikut nagu soo-osi (E*quisetum palustre*), mürktulikas (*Ranunculus*

sceleratus), voolme-ristirohi (*Jacobaea vulgaris*), harilik maavits (*Solanum dulcamare*) ja harilik mürkputk (*Cicuta virosa*).

Millised on niidetud karjamaade eelised?

Niidetud karjamaa puhul toimub aeg-ajalt karjamaa niitmine. Taimestik sarnaneb rohumaaga, erinedes aga oluliselt niidust. Suurema kasutuskoormuse tõttu suureneb alustaimestiku ja tallamiskindlate taimede osakaal[21]. Niitmise ja karjatamise järjekord sõltub heina juurdekasvust. Niitmine toimub üks või kaks korda vegetatsiooniperioodi jooksul, kusjuures põhirõhk on siiski karjatamisel. Pidades silmas asukohale sobivat turbaala kasutust[28], soovitame karjamaadel ainult ekstensiivset niitmist.

Ulatuslikult niidetud karjamaad pakuvad veistele pidevalt kvaliteetset sööta. Kui karjatamisperioodi jooksul võetakse järjest kasutusse ka varasemad heina hoiustamise kohad, saab loomadele alati pakkuda piisava energiatiheduse ja piisava toorkiusisaldusega valgurikast sööta. Selline kasutusviis pakub suurt majanduslikku efektiivsust tänu madalale tööjõuvajadusele ja võimalusele kasutada suuri pindalasid. Samuti mõjutab see majandamissüsteem positiivselt loomade individuaalset heaolu ja tervist. Pidev karjatamine loomkoormusega < 1,5 loomaühikut/ha ja talvine karjatamispaus võivad aidata luua tihedat taimestikku[1,5,6,23].

III Tapmine, töötlemine, turustamine

Kui suur on kasum?

Selliste vastupidavate tõugude nagu Galloveide ja Šoti mägiveiste elusmassi kasum on suhteliselt madal. Isaste Šoti mägiveiste puhul võib eeldada, et keskmine päevane juurdekasv aastas on 600 g[15]. Keskmise intensiivsusega tõugude puhul võib eeldada, et nende päevane juurdekasv on osalise karjatamise puhul umbes 800 g[11]. Emasloomade kasvumäärad on 5-15% madalamad kui noortel isasloomadel[2].

Millist mõju avaldavad liha kvaliteedile tapmiskuupäev, külmas säilitamine ja laagerdumine?

Kui loomi karjatatakse välitingimustes aastaringselt ning talvel on vähe lisasööta (või lisasööt puudub üldse), ei tohiks loomi hukata veebruarist juunini. Sellel ajal on loomad oma rasvavarud suures osas ära kasutatud või ei ole jõudnud neid veel piisavalt taastada. Selliste loomade liha on kõva isegi siis, kui seda parimal viisil töödeldakse[7].

Püüdmisest, mõnikord pikkadest transpordi marsruutidest ja vahetult enne tapmist põhjustatud stress ja pingutus mitte ainult ei kahjusta loomade heaolu, vaid pidurdab ka liha valmimisprotsessi, mõjutades negatiivselt selle kvaliteeti[15,16]. Looma tapmine

karjamaal nõuab head planeerimist. Sellest tuleb pädevale asutusele ette teatada, samuti on vaja looma uimastajat ning head ja kogenud veristajat[10]. Loom tuleb 60 minuti jooksul transportida ELi sertifitseeritud tapamajja. Stressi puudumine kajastub erinevate parameetrite (liha õrnus, liha värvus, veesidumisvõime) paremates väärtustes liha kvaliteedi osas. Tapmiseelne stressireaktsioon on karjatamaal tapmise puhul oluliselt väiksem kui tavapärase tapmisemise puhul[9]. Lõppkokkuvõttes looma hukkamine karjamaal veel üks positiivne müügiargument ekstensiivsel vabapidamisel toodetud liha puhul.

Enne tapamajast välja viimist peab liha sisetemperatuur olema 7 °C. Tuleb arvestada, et kvaliteetse liha tootmine sõltub ka rümba jahutuskiirusest. Kui liha jahutatakse kohe pärast tapmist liiga kiiresti, võib see külma temperatuuri tõttu muutuda kõvaks. Sellele saab vastu töötada, kui liha jahutatakse esialgu järk-järgult 14-19 °C-ni, millele järgneb intensiivne jahutamine 7 °C-ni[6].

Esimese laagerdumisnädala jooksul on veiseliha aroomi ja õrnuse areng kõige suurem, mistõttu peetakse optimaalseks kahenädalast laagerdumisperioodi. Pikem laagerdumisaeg nõuab eriti kõrgeid hügieeninõudeid ja spetsiaalset pakendamistehnoloogiat[6].

Millised on võimalikud turunduskanalid?

Liha turustamine toimub peamiselt otseturustamise kaudu, mis on eriti oluline turunduskanal ekstensiivsetest tõugudest pärit veiseliha turustamise puhul. Otsekontaktide kaudu saab kliendile selgitada liha kvaliteedi eripära ja loomade pidamistingimusi. Mahepõllumajanduslikult toodetud veiseliha turustamise võimalused on head ka spetsiaalsetes mahepõllumajanduslikes lihakauplustes ja tervisliku toidu kaupluses[6].

V Mõju turbaalale

Milline on veiste karjatamise mõju kasvuhoonegaaside heitkogustele?

Kui loomi peetakse aladel, kus põhjavee tase on 45-15 cm allpool maapinda (veetasemeklass 3+), on turba ülemine osa pidevalt õhutatud. See soodustab hapnikust sõltuvaid lagunemisprotsesse, turbaalade vajumist ja tihenemist ning põhjustab kohapealseid heitkoguseid ~16-19 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1}. Kui kariloomi peetakse põldudel, mille veetase on 20-5 cm allpool maapinda (veetasemeklass 4+), on tegevuskoha heitkogused eeldatavasti ~8-12 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1}. Võrdluseks, kuivendatud turbal asuvad põllumaad eraldavad üle 30 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1}. Veiste karjatamine on üks turbaalade kasutamise võimalusi, mille käigus turba kadu on võimalikult väike, seega

on kliimamuutuste seisukohast mõttekas karjatamine ainult (osadel) aladel, kus veetaset ei ole võimalik täielikult soodele iseloomuliku tasemeni taastada.

Kuidas mõjutab veiste karjatamine bioloogilist mitmekesisust?

Ekstensiivne karjatamine loob alale liigirikka ja struktuuririkka taimestiku mosaiigi. Selles protsessis mängivad olulist rolli erinevate vastupidavate veise tõugude toitumis-eelistused. Pioneerliikide jaoks tekivad sagedasti kasutavatel loomade liikumisradadel uued vabad kasvukohad. Seemnete levik toimub ka karjatatavate loomade väljaheidete ja karva kaudu. Struktuuriliselt rikkalik taimestiku mosaiik loob ka loomastikule mitmekesisemaid elupaikasid. Näiteks ämblikud ja putukad saavad kasu mitmekesistest struktuuridest. Tallumise tõttu taimestikust vabaks jäetud alad pakuvad mitmetele linnuliikidele olulist toitumis- ja pesitsuspaika. Siiski võib karjatatavate loomade poolt tallamine ka pärssida loomastikku (eriti niidulinde). Selleks, et vältida olemasolevate pesade või linnupoegade tallamist, on soovitatav leida kohandatud karjatamise perioodid. Täiendava niitmise korral on soovitatav kasutada bioloogilist mitmekesisust säästvaid tehnikaid (nt kõrgelt niitmine ja pöörlevate niidukite asemel võnkuvniidukid) ning kehtestada üheaastane vahelduv niitmine.

VI Kulud ja tulud

Järgnevalt on kulud tuletatud Kaphengst et al. (2005)[29] põhjal. Nende poolt välja toodud kuluartiklite puhul puhul mängib rolli loomkoormus (sööt, allapanu jne), väärtused tuletati vastavalt 0,8 ja 1 ja 1,2 loomühiku kohta ühel hektaril. Teiseks suurendati tööjõukulude tunnipalka 12 eurolt/h 15 eurole/h[30]. Kolmandaks, Kaphengst et al. (2005)[29] esitatud väärtused koos antud loomkoormusega annavad tulemuseks 14-26 töötundi loomühiku kohta. Arvutused põhinesid 25 töötunnil loomühiku kohta, mille tulemuseks on erinevad kulud kolme erineva loomkoormuse puhul. Neljandaks lisati muutuvkuludele joogiveevajadus. KTBL (Das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. - Põllumajanduse Tehnoloogia ja Ehituse Kuratoorium) andmetel põhinevate keskmise joogiveevajadusega lakteerivate ja kuivanud ammlehmade, poegivate vasikate ja noorveiste puhul on eeldatava grupi koosseisu puhul vajadus ligikaudu 425 m3 aastas[33] . Sõltuvalt karja tihedusest tulenevad erinevad kulud hektari kohta. Fikseeritud kulude puhul valiti ebasoodsa juhtumi puhul maksimaalsed kulud Kaphengst et al. (2005)[29], keskmise kulu puhul keskmised kulud ja madalaimad kulud soodsa juhtumi puhul.

Ebasoodsal juhul peetakse ühel hektaril 0,8 loomühikut, keskmisel juhul on 1 loomühik ning soodsal juhul 1,2 loomühikut hektari kohta. Sõltuvalt sellest hukatakse hektari ja

aasta kohta erinev arv piimalehmi ja emaseid noorloomi. Üksikasjad toetuste kohta - BfN-Skripten[34].

Tabel: Veisekasvatuse kulud ja tulud hektari ja aasta kohta

		Ebasoodne olukord	Keskmine olukord	Soodne olukord
Kulud[29]	Muutuvad kulud	-145 €	-175 €	-202 €
	Tööjõu kulud	-300 €	-374 €	-450 €
	Fikseeritud kulud	-57 €	-47 €	-40 €
	Kokku	**-502 €**	**-596 €**	**-692 €**
Sissetulek	Tootlus[31,32,33]	1.079 €	1.012 €	1.214 €
	Toetused rohumaadele	100 €	235 €	680 €
	Loomakasvatuse toetused	0 €	45 €	181 €
Kasum		**677 €**	**696 €**	**1.383 €**

VII Allikad ja täiendav kirjandus

Täiendav kirjandus

Hardegg, F. & Müller, W. (2007): Robustrinder. Highland Cattle & Galloway. Geschichte – Haltung – Zucht. 93 S. Wien: Österreichischer Agrarverlag.

Hampel, G. (2009): Fleischrinderzucht und Mutterkuhhaltung. 240 S. Stuttgart: Ulmer.

Allikad

[1]Nitsche, S. & Nitsche, L. (1994): Extensive Grünlandnutzung. 247 S. Radebeul: Neumann Verlag.

[2]Golze, M., Balliet, U., Baltzer, J., Görner, C., Pohl, G., Stockinger, C., Triphaus, H. & Zens, J. (1997): Extensive Rinderhaltung: Fleischrinder – Mutterkühe; Rassen, Herdenmanagement, Wirtschaftlichkeit. 159 S. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.

[3]Bauer, K. & Grabner, R. (2012): Mutterkuhhaltung. 192 S. Graz: Leopold Stocker Verlag.

[4]Jeroch, H., Drochner, W. & Simon, O. (2008): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere: Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung. 2., bearb. Aufl. 544 S. Stuttgart: Ulmer.

[5]Hofmann, M., Kinert, C., Fischer, S. & Riehl, G. (2008): Produktivität einer extensiven Mähstandweide mit Rindern. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Band 9: 91-94.

[6]Brade, W. & Flachowsky, G. (Hrsg.) (2007): Rinderzucht und Rindfleischerzeugung - Empfehlungen für die Praxis. Sonderheft 313. 299 S. Braunschweig: Landbauforschung Völkenrode.

[7]Bunzel-Drüke, M., Böhm, C., Finck, P., Kämmer, G., Luick, R., Reisinger, E., Riecken, U., Riedl, J., Scharf, M. & Zimball, O. (2008): Praxisleitfaden für Ganzjahresbeweidung in Naturschutz und Landschaftsentwicklung - „Wilde Weiden“. 215 S. Bad Sassendorf-Lohne: Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest e.V.

[8]Sambraus, H.-H. (2006): Ganzjährige Freilandhaltung von Rindern. Merkblatt Nr. 85. 21 S. Bramsche: Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e. V.

[9]Deutscher Tierschutzbund e. V. (2018): Rinder – Winterweidehaltung. https://www.tierschutzbund.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Hintergrundinformationen/Landwirtschaft/Winterweidehaltung_von_Rindern.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[10]Voigtländer, G. & Jacob, H. (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau. 450 S. Stuttgart: Ulmer.

[11]Müller, J. & Sweers, W. (2016): Produktion von Futter in Paludikultur. In: Paludikultur — Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder und H. Joosten), S. 39-43. Stuttgart: Schweizerbart.

[12]Greifswald Moor Centrum (2016): Wasserbüffel - Landwirtschaft auf nassen Mooren. https://www.moorwissen.de/doc/paludikultur/imdetail/steckbriefe_pflanzenarten/Flyer%20Wasserb%c3%bcffel.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[13]Behrendt, A., Schalitz, G. & Warncke, D. (2000): Raum-zeitliche Nährstoffdynamik auf extensiv genutzten Niedermoorweiden. In: Verhalten von Rindern und Schafen auf großräumigen Niedermoorweiden und Ableitungen für das Weidemanagement (hrsg. vom Deutschen Grünlandverband e.V.), S. 33-45. Berlin: Deutscher Grünlandverband e.V.

[14]Wagner, A. (2016): Weide- und Tiermanagement. Fleischrinder Journal 3/16: 6-7.

[15]Müller, P. (2015): Rindfleisch – das ist Qualität! Fleischrinder Journal 4/15: 24-26.

[16]Schiffer, K.J. (2015): On-farm slaughter of cattle via gunshot method. 260 S. Herzogenrath: Shaker.

[17]Mennerich-Bunge, B. (2015): Rechtliche Hürden beim Kugelschuss. Interview von N. Orthen. LandInFormSpezial 5/2015: 42-43.

[18]Gillandt, K. & Kemper, N. (2018): Weideparasiten – vermindern und vermeiden. Fleischrinder Journal 3/18: 6-10.

[19]Tanneberger, F. & Bellebaum, J. (2018): Grazing. In: The Aquatic Warbler Conservation Handbook (hrsg. von F. Tanneberger und J. Kubacka), S. 158-163. Potsdam: Landesamt für Umwelt (LfU) Brandenburg.

[20]LM M-V (Hrsg.) (2017): Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes. 98 S. Schwerin: Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern.

[21]Opitz v. Boberfeld, W. (1994): Grünlandlehre. 336 S. Stuttgart: Ulmer.

[22]LELF (Hrsg.) (2014): Nutzung und Schutz grundwasserbeeinflusster Böden Brandenburgs. Ratgeber für die Grünlandbewirtschaftung. 76 S. Frankfurt (Oder): LELF Brandenburg.

[23]Riehl, G. (2005): Mähstandweide – Grünland „aktuell“. Fachmaterial Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13854/documents/16128. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[24]Wichmann, S. (2018): Economic incentives for climate smart agriculture on peatlands in the EU. 38 S. Greifswald: Universität Greifswald.

[25]Deutsche Vernetzungsstelle Ländliche Räume (DVS) (Hrsg.) (2017): ELER in Deutschland – Übersicht über die Nationale Rahmenregelung und die Programme der Länder. https://www.netzwerk-laendlicher-raum.de/fileadmin/sites/ELER/Dateien/01_Hintergrund/ELER/013_Ma%C3%9Fnahmensteckbrief AUM_2015_fertig008klein.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[26]Bystron, S., March, S. & Brinkmann, J. (2018): Weideparasiten-Management. 42 S. Westerau: Thünen Institut für Ökologischen Landbau (Hrsg.).

[27]Brendieck-Worm, C., Melzig, M.F., Stöger, E. & Vollstedt, S. (2018): Erkrankungen des Verdauungstrakts. In: Phytotherapie in der Tiermedizin (hrsg. von C. Brendieck-Worm & M.F. Melzig), S. 86-198. Stuttgart, New York: Thieme.

[28]Wichtmann, W., Abel, S., Drösler, M., Freibauer, A., Harms, A., Heinze, S., Jensen, R., Kremkau, K., Landgraf, L., Peters, J., Rudolph, B.-U., Schiefelbein, U., Ullrich, K. & Winterholler, M. (2018): Gute fachliche Praxis der Bewirtschaftung von Moorböden. Zusatzmaterial zu Natur und Landschaft 93 (8): 391.

[29]Kaphengst, T., Prochnow, A. & Hampicke, U. (2005): Ökonomische Analyse der Rinderhaltung in halboffenen Weidelandschaften - Volks- und betriebswirtschaftliche Kostenanalyse aus sechs Gebieten. Naturschutz und Landschaftsplanung, 37: 369-375.

[30]KTBL (2018): Faustzahlen für die Landwirtschaft, 15. Auflage, 1385 S. Darmstadt: KTLB e.V.

[31]Sweers, W., Möhring, T. & Müller, J. (2014): The economics of water buffalo (Bubalus bubalis) breeding, rearing and direct marketing. Archiv Tierzucht 57, 22: 1-11.

[32]Bundeszentrum für Ernährung (BZfE) (2019): Vom Acker bis zum Teller – Rindfleisch: Erzeugung. https://www.bzfe.de/inhalt/rindfleisch-erzeugung-456.html. Letzter Zugriff: 01/2020.

[33]Scholz, M. (2019): Preisliste für Galloway-Fleisch. http://www.galloway-fleisch.de/preise.html. Letzter Zugriff: 05/2019.

[34]Närmann, F., Birr, F., Kaiser, M., Luthardt, V., Nerger, M., Zeitz, J. & Tanneberger, F. (2021): Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden. BfN-Skripten. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.

3.2.4 Märjad niidud

Ekstensiivselt kasutatavatelt märgadelt niitudelt on võimalik teha üks kuni kolm niidet. Ühe niitega niitude puhul saab biomassi kasutada allapanuna, kahe ja kolme niitega niitude biomassi saab kasutada loomadele söödaks, sõltuvalt toitainetega varustatusest. Praegu töötatakse välja mitmeid muid materjali kasutamise võimalusi (paber, pakendid, isolatsioonimaterjalid või biosüsi). Lisaks sellele on võimalik ka materjali kasutamine energeetikas.

Infokast: Märg niit

Veetase:	20-45 cm allpool maapinna taset suvel, 15-35 cm allpool maapinna taset talvel (veetasemeklass 3+); talvel on võimalik ka kõrgem veetase.
Rajamine:	Spontaanne tekkimine pärast veetaseme tõusu; sihipärane seemnete või niidetud niidutaimede viimine alale
Saagikus:	1–8 t KM $ha^{-1}a^{-1}$
Kasutus:	Sööt, allapanu, energia, biosüsi, pakendid
Prognoositud pikaajalised heitkogused maa-alal (GEST-meetod):	~16–19 CO_{2ekv} $ha^{-1}a^{-1}$

Joonis: Liigirikas niiske niit ojamõõla (*Geum rivale*) ja hariliku ussitatraga (*Bistorta officinalis*) Briesetalis (Brandenburg, Saksamaa) (05/2020, Foto: F. Birr).

I Koha sobivus ja taastamine

Millised alad on sobivad?

Märgade niitude ekstensiivseks kasutamiseks sobivad nii majandatavad madalsood kui ka kesad ning varem haritud turbamaad tingimusel, et veetase on 20-45 cm allpool maapinda. Eesmärk on säilitada stabiilne mulla niiskus kogu suve jooksul. Toitainetega hästi varustatud alad, nagu näiteks varasemalt intensiivselt majandatud rohumaad, pakuvad sobivaid tingimusi niitude jaoks, kus kasvab aas- rebasesaba (*Alopecurus pratensis*) või harilik aruhein (*Festuca pratensis*). Kui toitainetega varustatus on hea, kuid põhjavee tase on kõrge, siis tekivad eri tüüpi seaohaka (*Cirsium oleraceum*) ja hariliku varsakabja (*Caltha palustris*) alad. Veelgi märjematel kuni niisketel, toitaineterikastel, kuid hapnikuvaestel madalsoomuldadel moodustavad kõrged tarnaliigid suured tarnaalad. Põhjavee tase on sellisel juhul 20-5 cm allpool maapinda. Erandjuhtumiks on märjad toitaineterikkad orgaanilised mullad, millele on asustatud kõrge looduskaitselise väärtusega vill-mesihein (*Holcus lanatus*) või harilik sinihelmikas (*Molinia caerulea*)[2,3,4].

Milliseid samme on vaja teha märja niidu taimestiku taastamiseks?

Isegi pärast 15-20 aastat kestnud intensiivset kasutamist rohumaana või põllumaana võivad endiste märgade niitude taimede seemned mullas ellu jääda. Loomade poolt pinnase sonkimise käigus jõuavad seemned valguse kätte ja idanevad. Rullimise, äestamise ja niitmise teel saab nendele aladele rajada ka produktiivseid märgasid niidualasid[5].

Varem niitude või karjamaadena kasutatud aladel saab mõne aastaga välja arendada tüüpilised märjad niidud, kasutades selleks kohandatud veemajandust ja hoolduskorraldust (äestamist ja rullimist). Juba taasmärjutatud märgadel muldadel tuleks rullimist aga vältida, kuna esineb mulla tihendamise oht. Niitudele kasvanud põõsad tuleb eelnevalt eemaldada ja esimestel aastatel tuleb ala kaks korda aastas niita (sõltuvalt puittaimede või pilliroo järelkasvust) ning niidetud materjal eemaldada (vt kasutusvõimalused)[3,5].

Kui niiskete niitude või niiskete rohumaade kiiret rajamist kavandatakse varasemalt põllumajanduses kasutatud maale, võiks konkreetselt soodustada taimeliikide taasasustamist.

Paljudel märgade niitude ja rohumaade taimeliikidel on hea ujuvusega seemned, mis võivad üleujutuste ajal aladele kanduda[5]. Kui ala on eraldatud looduslikest niisketest niitudest, võib taasasustamist kiirendada, kattes see sobiva niidetud materjaliga. Eduka külvi eelduseks on algselt ebaühtlane taimestik. Ala tuleks niita ja seejärel karjatada. Niited, mida alale seemnete levitamise eesmärgil laotatakse, peaksid olema

tehtud märgadelt niitudelt või sarnase loodusliku kasvukohaga liigirikastelt aladelt. Optimaalne aeg seemne-niite tegemiseks on juuli algus kuni juuli keskpaik - seemnete valmimise põhifaasis. Niide tuleb laotada ettevalmistatud alale kohe pärast lõikamist. Kihi paksus ei tohiks ületada 5-10 cm. Lisaks võib kaaluda seemnete külvamist ja vajaduse korral istutamist[5].

II Saagikoristus

Milline peaks olema saagikoristuse tsükkel?

Saagikoristuse aeg ja sagedus sõltuvad niidutüübist ning sellega seotud vee- ja toitainetega varustatusest.

Märgasid niitusid, millel kasvab aas-rebasesaba (*Alopecurus pratensis*), võib niita kaks kuni kolm korda aastas. Need on päideroo alade kõrval järgmised kõige suurema saagikusega ekstensiivsed niidutüübid. Saagikus on võimalik 5-8 t KM ha^{-1} a^{-1}. Valgusisaldus on 10-12 % ja energiasisaldus 4,9-5,2 MJ NEL/kg kuivainest (hein) või 5,2-5,7 MJ NEL/kg kuivainest (silo)[2,18]. Ideaalne heina niitmise aeg heina tootmise eesmärgil on õisiku moodustumise algusest kuni õitsemise alguseni - siis kui energiatihedus ja omastatavus on veel sobiv ning toorkiudude sisaldus on veel vastuvõetav. Aas-rebasesaba idaneb väga vara ja õitseb varem kui kõik teised heintaimed. Õigeaegne niitmine on oluline, kuna taime alumised osad kipuvad kiiresti puituma ja varred muutuvad kõrteks[2].

Märjad niidud, kus kasvavad harilik varsakabi (*Caltha palustris*) ja seaohakas (*Cirsium oleraceum*) on niidetavad kaks korda aastas. Esimene niitmine toimub juuni keskpaigast kuni juuni lõpuni[18]. Heina saak on suhteliselt suur, 5-7 t KM ha^{-1} a^{-1} , kuid tavaliselt väheneb see aastate jooksul mõnevõrra, kui väetisi ei kasutata. Saagikust piiravad tegurid on eelkõige kaalium ja fosfor. Ekstensiivselt majandatavad niidud võib nende liigirikkuse tõttu niita kuni kolm nädalat hiljem[3,9]. Hiljem õitsvate liikide suurema osakaalu tõttu ei ole niitmine niivõrd kindlale ajale määratud ning seda võib varieerida, näiteks sõltuvalt ilmastikuoludest[4].

Liigirikkad hariliku sinihelmika niidud (*Molinia caerulea*) niidetakse kord aastas sügisel, kui taimestiku juurdekasv on kuivanud ning hiljem õitsevad liigid on saavutanud õieküpsuse. Parim aeg niitmiseks on tavaliselt septembri lõpust oktoobri lõpuni. Sel viisil välditakse sinihelmika taimede kahjustamist ja tagatakse järgmise aasta järelkasvuks vajalike toitainete talletamine maa-alustes säilitusorganites. Selline toitainete varumine tagab tootlikkuse ka ilma täiendava väetamiseta. Leeliseliste ainete poolest vaesed kasvukohad on vähem tootlikud kui leeliseliste ainete poolest rikkalikud kasvukohad, kus on saagikus umbes 1 t KM ha^{-1} a^{-1}. Endiste märgade niitude puhul on saagikus aga palju suurem ja võib ulatuda kuni 4 t KM ha^{-1} a^{-1} [3,10,18].

Millised on hooldusmeetmed?

Kõigi märgade niitude puhul saab pinnase ebatasasusi tasandada ülerullimise ja äestamise teel[20]. Lisaks võib talvisel ajal maha suruda külmunud pinnase pealmise kihi. See takistab peenjuurte rebenemist ja kuivamist ning parandab vee- ja soojusjuhtivust[21].

Märgasid niite tuleks majandada tehnoloogiaga, mis on kohandatud vastavalt mullastiku tingimustele ja niiskusele. Masinaid saab kohandada mullastiku tingimusi arvesse võttes näiteks kaksikrehvidega või suruõhu kontrolliga laiade rehvid. Teavet koristustehnoloogia, ladustamise ja infrastruktuuri kohta vt 2. peatükist.

Mida tuleks märgade niitude väetamisel arvesse võtta?

Endistel intensiivselt kasutuses olnud rohumaadel on endiselt hea fosfori varu[27]. Suvel, kui veetase on madal (kuni 45 cm allpool maapinda) on turbaala nõrgalt kuivendatud ning selle tõttu toimub turba pidev mineraliseerumine, mille tagajärjel vabaneb lämmastik[28]. Kaaliumi tasakaalu osas on erinevus sügavate ja madalate turbamaade vahel. Madalamates turbamuldades võib kaaliumit saada põhjavee kaudu, kui liivane aluspõhi on veeküllane[27]. Seevastu sügavate turbamaade puhul võib olla aga kaaliumipuudus, mis toob kaasa saagikuse vähenemise ja seega ka teiste toitainete (nt lämmastiku) väiksema eemaldamise[27,29,30]. Selle tulemuseks võivad olla taimestiku kasvukohad ebaühtlased (nt Luht-kastevars (*Deschampsia cespitosa*)), mis intensiivse päikesekiirguse mõjul toimuva tugeva pinnase soojenemise ja kuivamise tõttu soodustavad veelgi mulla lagunemisprotsesse. Seetõttu on soovitatav kasutada vajadusel kaaliumväetist[27,28]. Märgade niitude kaaliumiga väetamine võib tagada ka mõnede niitudel pesitsevate lindude toidubaasi[32]. Kui ala suhtes kehtivad muud eesmärgid (nt liigirikaste niidukoosluste või pesitsuslindude kaitse), tuleks igasugust väetamist vältida[27,31].

III Töötlemine ja turustamine

Millised on märgadelt niitudelt pärit heina kasutusvõimalused loomasöödaks?

Niisked ja toitaineterikkad aas-rebasesaba kasvualad (*Alopecurus pratensis*) pakuvad õigeaegsel kasutamisel kariloomadele hea kvaliteediga sööta. Kõrge kasvu tõttu on aas-rebasesaba niidukooslused tavaliselt vaesed. Madalamad ja seetõttu väiksemakasvuliste taimeliikide poolest ka rikkamad on niidud, kus kasvab harilik aruhein (*Festuca pratensis*), samuti seaohaka (*Cirsium oleraceum*) ja hariliku varsakabja (*Caltha palustris*) niidud, mis pakuvad head heina veistele, hobustele või väikeloomadele. Siiski peaksid põllumajandustootjad olema niisketel aladel

ettevaatlikud, sest seal võib esineda mürgine soo-osi (*Equisetum palustre*), mille mürgisuse saab kõrvaldada 65-70 °C juures toimuva kuuma kääritamise teel[2,3,14].

Kuigi paljud mürgised taimed kaotavad oma mürgisuse säilitusprotsessi käigus (hein, silo), tuleb lisaks soo-osile mainida ära kõige olulisemad mürgised taimed: harilik sügislill (*Colchicum autumnale*) ja kuivematel kasvukohtadel voolme-ristirohi (*Jacobaea vulgaris*) ja hall kogelejarohi (*Berteroa incana*), mis on jätkuvalt mürgised ka heinas ja silos. Kui loomadel on võimalus heina valida (st heina on piisavalt) on mürgistuse tõenäosus üsna väike, sest halva maitsega taimi pigem ei sööda[23].

Mida tuleks sööda säilitamisel arvesse võtta?

Põhimõtteliselt tuleb arvestada, et hilist niidet ei ole võimalik probleemideta sileerida. Kuigi taimestikurikkad rohumaad on kasutamisel paindlikumad, põhjustavad suhkrute vähene kättesaadavus ja oluliselt vähenenud tihendamise võimalus halba sileerimise võimet. Alternatiiviks on ladustamine heinana. Heina tootmisel tuleb arvestada järgmisi tegureid: suurem tööjõukulu, suur kuivaine kadu ja sõltuvus ilmastikutingimustest. Olenevalt niitmise ajast varieerub heina energiasisaldus 5,4 MJ NECL (neto energiasisaldus laktatsiooni tagamiseks) õiepungade puhkemise faasis, 4,7 MJ NECL õitsemise algusest kuni õitsemise keskpaigani ja 4,3 MJ NECL kg kuivaine kohta õitsemise lõpus[9].

Millised on materjali kasutusvõimalused ja millised tooted on saadaval?

Märgadelt niitudelt saadud heina kasutatakse valdavalt söödana. Lisaks sellele on minevikus märgade niitude heina kasutatud ka allapanumaterjalina ning seda on taas hakatud hindama selle hea imavuse tõttu[19]. Tänapäeval kasutatakse õlgmaterjali allapanuna teatavates loomapidamis-süsteemides, kus loomad lamavad kummimattidel[3,9].

Sarnaselt allapanuna kasutatud õlgede puhul, mis on sõnnikuga segunenud, võib värsket niidet lisada orgaanilise väetisena põllumaale. Õlgedega sarnast niidukasvu saab eelkõige kasutada multšimaterjalina puuviljakasvatuses, haljastuses, teepiirdel jne[9].

Väljaspool põllumajandussektorit saab märgade niitude rohttaimi kasutada tselluloosi tootmiseks, mis omakorda on paberi ja kartongi tootmise tooraine[9]. Traditsiooniline savi ja rohttaimede varrematerjali seguga ehitusmeetod teeb praegu ökoloogilises ehituses taassündi. Õlgedele sarnanevat materjali saab kasutada soojustusplaatide, õlglaastplaatide või õlgkiudplaatide[9] valmistamiseks. Niidetud heinast soojustusmaterjali pakutakse ka sissepuhutava või lahtise soojustusmaterjalina.

Biosöe või HTC-söe tootmiseks kasutatakse hüdrotermilist karboniseerimisprotsessi (HTC). Niiske ja märg biomass sobib selleks niiskete töötlemistingimuste tõttu. Vee lisamisel, rõhul (10-40 baari) ja kõrge temperatuuri (180-250 °C) juures saab niiske ja märja niidu biomassi muuta mitme tunni jooksul biosöeks. Seda saab kasutada soojuseks, mullaparandusainena, turba asendajana istutusmuldades või filtrisüsteemides[19].

Millised on biomassi vajalikud omadused edasiseks kasutamiseks?

Enamasti ei ole toormaterjalil veel vajalikke omadusi, et sellest saaks kohe tooteid teha. Seetõttu tuleb biomass enne lõplikku töötlemist ette valmistada. Selle etapi käigus rafineeritakse biomass homogeenseteks partiideks, mis on seejärel valmis edasiseks laialdaseks kasutamiseks. Biomassi ettevalmistamine võib toimuda lihtsate meetodite abil, nagu purustamine, rebimine, tükeldamine, jahvatamine ja silumine, või siis üksikute etappide kombineerimisega[12].

Millised on energiatootmise võimalused ja millised toormaterjalid on saadaval?

Eelistada tuleks niite kasutamist traditsioonilise materjalina, mitte suunata seda energiatootmisesse (kaskaadkasutusse).

Kui rohttaimede biomassi koristatakse talve lõpus, saab seda kasutada toorainena pelletite tootmiseks, mida kasutatakse soojuse saamise eesmärgil. Eriti tulutoovad on produktiivse taimestikuga alad, kus domineerivad tarnad või päideroog. Hoolimata suuremast kogutolmuheitest, tuhasisaldusest ja tuha sulamistemperatuurist on niiduheinal head põlemisomadused[19].

Kui saagikoristus toimub suvel, saab biomassi kasutada muu hulgas ka biogaasirajatistes[15]. Hästi peenestatud biomassi saab kasutada väikestes kogustes märgkääritamisjaamades. Eraldi kasutamiseks sobib ainult tahke kääritamine (kuivkääritamisprotsess)[16]. Niisketelt niitudelt kogutud materjaliga saavutatakse suhteliselt suur biogaasi saak 300-530 l/kg orgaanilise kuivaine kohta, mis on 50-90% rohusilo saagist[19]. Võimalikud takistused niiskete niitude energeetilisel kasutamisel võivad seisneda niitmiseks mõeldud alade väiksuses ning hajusas paiknemises[19].

Kuivõrd peaksid põletusseadmed olema biomassile kohandatud?

Suuremates põletusseadmetes on vaja automaatset tuhaväljastustehnoloogiat. Igal juhul tuleks kasutada rohtse küttematerjali jaoks kohandatud tehnoloogiat, nt keevkihtpõletamine ja pallide põletamiseks kasutatavaid sigar-põletamise seadmeid. Alad, kust biomassi korjatakse, võivad suuresti üksteisest erineda veesisalduse,

tootlikkuse ja taimede poolest ning seetõttu tuleks kindlasti analüüsida kriitilisi koostisosi (eriti kloori, kaaliumi ja väävlit) [13,19].

IV Mõju turbaalale

Kuidas mõjutab protsess kasvuhoonegaaside heitkoguseid turbaalal?

Põhjavee tase 15-45 cm allpool maapinda (veetasemeklass 3+) tagab turba pealmise kihi pideva õhutamise, soodustades hapnikust sõltuvaid lagunemisprotsesse, turbaalade vajumist ja kahanemist. Selle protsessi käigus eraldub umbes 16-19 t CO_{2ekv} hektari kohta aastas. Täpne heitkoguste väärtus sõltub tegelikust veetasemest ja taimestikust. Võrdluseks: kuivendatud põllumaad turbaaladel eraldavad üle 30 t CO_{2ekv} kasvuhoonegaase ha^{-1} aastas. Niisked niidud turbaaladel on enamasti nõrga inimtekkelise kuivenduse tulemus ning sellisel juhul turvas ei säili[26]. Kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamine ja turbaalade järkjärgulise degradeerumise vältimine on võimalik ainult veetaseme tõstmisega. See muudab aga eeldatavat liigilist koosseisu. Kliimakaitse seisukohalt on niisked niidud, nagu ka muud veetaseme 3+ meetodid, mõistlikud ainult (osade) alade puhul, kus veetaset ei ole võimalik täielikult maapinnani taastada.

Kuidas mõjutab märgade niitude majandamine bioloogilist mitmekesisust?

Niitmine ning biomassi koristamine piirab kulukihi teket niitudel ning suurendab valguse kättesaadavust maapinna lähedal. Sellest saavad kasu eelkõige väikesed ja aeglaselt kasvavad taimeliigid, nii et võrreldes mittemajandatavate aladega võivad välja kujuneda heterogeensemad ja liigirikkamad niidud. Reeglina on selline areng seotud ka loomastiku liigilise mitmekesisuse suurenemisega. Eelkõige saavad sellest kasu nii avamaaliigid kui ka valgus- ja soojuslembesed liigid. Põldlõoke (*Alauda arvensis*), sookiur (*Anthus pratensis*), hänilane (*Motacilla flava)* ja kiivitaja (*Vanellus vanellus)* eelistavad madala taimestikuga alasid. Madal, roostiku laadne taimestik koos avatud mudaste pinnaselaikudega on eriti ihaldusväärsed pesitsuspaigad tikutajatele (*Gallinago gallinago*). Samas on niitmisel pärssiv mõju loomastikule läbi otsese füüsilise kahjustuse (vigastuse/ surma). Lisaks sellele piirab maapinnalähedase biomassi eemaldamine eelkõige varju armastavate ja maapinnale kukkunud taimeosasid lagundavate liikide arengut. Nende pärssivate mõjude leevendamiseks on soovitatav kasutada bioloogilist mitmekesisust soodustavat tehnoloogiat (nt pöörlevate niidukite asemel lattniidukid, kõrgelt niitmine), luua iga-aastane saagikoristustsükkel, bioloogilist mitmekesisust soodustav kujundus kraavidel (nt kraavide ühepoolne hooldus) ja kohandatud kasutusperioodide järgimine.

VI Kulud ja tulud

Andmete aluseks on põllumajanduse hinnangulised näitajad (Faustzahlen für die Landwirtschaft)[24] ja haljastuse andmepank (Landschaftspflege KTBL Datensammlung)[25]. Niitude niitmise kulud võivad olla väga erinevad sõltuvalt ala iseloomust (pindala, maapinna ebatasasus jne) ning kasutatavatest masinatest ja tööajast. Kulud arvutati kolme erineva stsenaariumi kohta. Soodsas ja keskmises olukorras eeldatakse, et 1) niitmine toimub rootorniidukiga (ilma masina hooldamiseta) ja 2) ühekordsest kaarutamisest piisab hea allapanu saamiseks, kuna niidetud materjal sisaldab niitmise ajal vähe vett. Kõige ebasoodsamal juhul eeldatakse, et 1) niitmine toimub lattniidukiga ja 2) allapanu saab kasutada ilma eelneva kaarutamiseta. Niidetava ala ja talu vaheline kaugus on kõigil kolmel juhul 2 km. Soodsal juhul on arvutuslik pindala 20 ha ilma takistusteta, suure juurdekasvuga (5 t KM ha^{-1}). Ala on läbitav tavaliste masinatega (veetase 20-45 cm allpool maapinda) ning ka niitmine toimub tavalise masinaga (50-70 kW) koos edasise kaarutamisega (töölaius 4,5-5,5 m). Heina eemaldamine toimub laadimiskäruga. Keskmisel juhul on pindala umbes 2 ha ja juurdekasvu määr on 2,5-3 t KM $ha^{-1.}$ Kasutuses on väiksemaid masinaid võimsusega 30-37 kW ja töölaius on 2,8-3,5 m. Niidetud saak pressitakse kokku ja transporditakse. Halvimal juhul on pindala ebaühtlane, 1 kuni 2 ha suurune, juurdekasv on 5 t KM ha^{-1}. Niitmine toimub käsitsi juhitava kahe teraga mootorniidukiga (6 kW, töölaius 1,6 m). Niidetud saak transporditakse käsitsi põllu serva, laaditakse ja hiljem pressitakse pallideks. Saagikus sõltub juurdekasvu hulgast ja õlgede hinnast.

Tabel 2: Niiskete niitude niitmise tulud ja tulud

		Ebasoodsal juhul	Keskmisel juhul	Soodsal juhul
Kulud[24,25]	Niitmine	-127 €	-23 €	-23 €
	Kaarutamine		-22 €	-19 €
	Vaalutamine		-42 €	-19 €
	Biomassi äravedu põllult käsitsi	-668		
	Transport		-51€	-111 €
	Pressimine rullidesse	-75 €	-60 €	-69 €
	Kokku	**-870 €**	**-198 €**	**-241 €**
Tulud	Saagikus	250 €	330 €	900 €
	Toetused rohumaadele	105 €	319 €	685 €
Kasum		**-515 €**	**451 €**	**1.344 €**

VI Allikad ja täiendav kirjandus

[1]Wichtmann, W., Schröder C. & Joosten, H. (Hrsg.) (2016): Paludikultur — Bewirtschaftung nasser Moore. 272 S. Stuttgart: Schweizerbart.

[2]Petersen, W. & Wacker, G. (Hrsg.) (1991): Die Gräser: als Kulturpflanzen und Unkräuter auf Wiese, Weide und Acker. 7., berichtigte Auflage. 275 S. Berlin: Akademie-Verlag.

[3]Hutter, C.-P. (Hrsg.) (1993): Wiesen, Weiden und anderes Grünland: Biotope erkennen, bestimmen, schützen. 152 S. Stuttgart, Wien: Weitbrecht Verlag in K. Thienemanns Verlag.

[4]Nitsche, S. & Nitsche, L. (1994): Extensive Grünlandnutzung. 247 S. Radebeul: Neumann Verlag GmbH.

[5]Kratz, R. & Pfadenhauer, J. (Hrsg.) (2001): Ökosystemmanagement für Niedermore: Strategien und Verfahren zur Renaturierung. 317 S. Stuttgart: Ulmer.

[6]Voigtländer, G. & Jacob, H. (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau. 450 S. Stuttgart: Ulmer.

[7]Klapp, E. & Opitz von Boberfeld, W. (2006): Taschenbuch der Gräser. Erkennung und Bestimmung, Standort und Vergesellschaftung, Bewertung und Verwendung. 264 S. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.

[8]Haggenmüller, K. & Luthardt, V. (2009): Pflanzenphänologische Veränderungen als Folge von Klimawandel in unterschiedlichen Regionen Brandenburgs. Phänologie-Journal, Mitteilungen für die phänologischen Beobachter des Deutschen Wetterdienstes Nr. 33: 1-3.

[9]Briemle, G., Eickhoff, D. & Wolf, R. (1991): Mindestpflege und Mindestnutzung unterschiedlicher Grünlandtypen aus landschaftsökologischer und landeskultureller Sicht: Praktische Anleitung zur Erkennung, Nutzung und Pflege von Grünlandgesellschaften. 160 S. Karlsruhe: Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 60.

[10]Meisel, K. (1984): Landwirtschaft und „Rote Liste“-Pflanzenarten. Natur und Landschaft, 59 (7/8): 301–307.

[11]Wichmann, S., Dettmann, S. & Dahms, T. (2016): Landtechnik für nasse Moore. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 63-70. Stuttgart: Schweizerbart.

[12]Schröder, C., Dettmann, S. & Wichmann, S. (2016): Logistik der Biomasseproduktion auf nassen Mooren. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 70-76. Stuttgart: Schweizerbart.

[14]Klapp, E. (1954): Wiesen und Weiden. Behandlung, Verbesserung und Nutzung von Grünland. 519 S. Berlin: Parey.

[15]Wichtmann, W. (2016): Box 3.2: Nutzungszeiträume. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 22. Stuttgart: Schweizerbart.

[16]Wiedow, D., Müller, J. & Burgstaler, J. (2016): Vergärung zu Biogas. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 55-56. Stuttgart: Schweizerbart.

[17]Wiedow, D. & Burgstaler, J. (2016): Stoffliche Nutzung von Biomasse aus Paludikultur. In: Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore (hrsg. von W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten), S. 43-45. Stuttgart: Schweizerbart.

[18]Dierschke, H. & Briemle G. (2008): Kulturgrasland. 239 S. Stuttgart: Ulmer.

[19]DVL - Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V. (Hrsg.) (2014): Vom Landschaftspflegematerial zum Biogas – ein Beratungsordner. DVL-Schriftenreihe „Landschaft als Lebensraum“, Nr. 22. 94 S. Ansbach: DVL e.V.

[20]LM M-V (Hrsg.) (2017): Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes. 98 S. Schwerin: Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern.

[21]Wichmann, S. (2018): Economic incentives for climate smart agriculture on peatlands in the EU. 38 S. Greifswald: Universität Greifswald.

[22]Deutsche Vernetzungsstelle Ländliche Räume (DVS) (Hrsg.) (2017): ELER in Deutschland – Übersicht über die Nationale Rahmenregelung und die Programme der Länder. https://www.netzwerk-laendlicher-raum.de/fileadmin/sites/ELER/Dateien/01_Hintergrund/ELER/013_Ma%C3%9Fnahmensteckbrief AUM_2015_fertig008klein.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[23]Briemle, G. (2000): Giftpflanzen des Grünlandes. Wirkung auf Nutztier und Mensch, sowie Bekämpfungsmaßnahmen. Wissenstand: 2000. 24 S. Aulendorf: Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf (LVVG).

[24]KTBL (2018): Faustzahlen für die Landwirtschaft, 15. Auflage. 1385 S. Darmstadt: KTBL e.V.

[25]KTBL (2005): Landschaftspflege KTBL Datensammlung, 5. überarbeitete Auflage. 102 S. Darmstadt: KTBL e.V.

[26]Middleton, B.A., Holsten, B. & van Diggelen, R. (2006) Biodiversity management of fens and fen meadows by grazing, cutting and burning. Applied Vegetation Science 9(2): 307–316.

[27]Roth, S., Koppisch, D., Wichtmann, W. & Zeitz, J. (2001): „Moorschonende Grünlandnutzung“ – Erste Erfahrungen auf nordostdeutschen Mooren. In: Landschaftsökologische Moorkunde (hrsg. von M. Succow & H. Joosten), S. 472–480. Stuttgart: Schweizerbart.

[28]Hertwig, F., Wacker, J. & Schuppenies, R. (2017): Ergebnisse 20-jähriger Untersuchungen zur Phosphor- und Kaliumdüngung von Niedermoorgrünland in Nordostdeutschland als Basis für eine entzugsgerechte Düngungsempfehlung. Tagungsband der 61. Jahrestagung der AGGF in Berlin/Paulinenaue: 19–24.

[29]Titze, A. & Jacobs, M. (2004): Grünlandbewirtschaftung mit differenzierter Intensität - Ausgewählte Ergebnisse eines Parzellenversuchs am Standort Dummerstorf. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, 33: 27–31.

[30]Alabsi, E., Schönfeld-Bockholt, R., Dittmann, L. & Müller, J. (2010): Wirkung der Nutzung von Niedermoor-Grünland auf Vegetation und Ertrag. Telma Band 40: 167–182.

[31]Schwartze, P. (2010): Artenreiche Feuchtwiesen: seltene Pflanzengesellschaften. Vortrag auf dem Jubiläums-Kolloquium „20 Jahre AK Feuchtwiesenschutz Westniedersachsen e.V.“. http://www.ak-feuchtwiesen.de/Vortrag_Dr_Schwartze.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[32]Müller, J., Kayser, M. & Belting, H. (2010) Concepts for nutrient management in nature conservation areas on organic soils. Grassland Science in Europe 15: 1075–1077.

[33]Närmann, F., Birr, F., Kaiser, M., Luthardt, V., Nerger, M., Zeitz, J. & Tanneberger, F. (2021): Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden. BfN-Skripten. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.

[34]Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt (2019): Raufutter - Preise leicht schwächer | Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt (wochenblatt-dlv.de). Zuletzt geprüft: 01/2021.

[35]agrarheute (2021): Aktueller Strohpreis vom 20.01.2021 | Markt agrarheute.com. Zuletzt geprüft: 01/2021.

[36]agrarheute (2019): Heu und Stroh: Preise auf extrem hohen Niveau | agrarheute.com. Zuletzt geprüft: 01/2021.

[37]agrarheute (2018): Strohpreise auf 5-Jahreshoch | agrarheute.com. Zuletzt geprüft: 01/2021.

[38]agrarheute (2016): Strohpreise: Soviel kostet der Großballen | agrarheute.com. Zuletzt geprüft: 01/2021.

[39]topagrar (2011): Rechner ermittelt Strohpreis (topagrar.com). Zuletzt geprüft: 01/2021.

3.2.5 Lammaste karjatamine

Käesolevas peatükis on sisse viidud tõlkija poolsed Eestile omased täiendused - lisatud on ülevaade Eestis kasvatatavatest lambatõugudest (Islandi lammas, Kihnu lammas, Gotlandi lammas). Vastupidavad lambad sobivad põhimõtteliselt märgadel turbaaladel asuvate rohumaade ekstensiivseks majandamiseks. Ekstensiivseks pidamiseks sobilikud lambatõud on enamasti keskmist või väiksemat kasvu. Nad on aretatud hakkama saama ka kesisema sööda peal (mägedes või kõrbetingimustes) ning on enamasti heade emaomaduste ja kergete poegimistega. Selliste tõugude juurde kuuluvad näiteks islandi lammas, gotlandi lammas ja kihnu lammas. Ka Lõuna-Aafrikast pärit dorperi lammas on enda vastupidavust Eesti kliimas tõestanud (olles samaaegselt siiski natuke lihakamat tüüpi), samuti nagu osad meriinolammaste tõud. Ka Inglismaa lambatõugude seas on pikk nimistu *highland sheep* tõuge ehk lambaid, kes peaks hakkama saama ka kargetes mägistes tingimustes. Kokkuvõttes on tegemist tugevate loomadega, kes ei vaja erilist tähelepanu lisasöötmisel, kuid ei oma seetõttu ka realiseerimisel üldiselt mitte just kõige suuremaid lihakehasid. Need lambad on head maastikuhooldajad ning saavad ka madala söödaväärtusega taimestikuga hakkama[25]. Ühe variandina saab märgasid turbaalasid aeg-ajalt ka niita. Lisaks lambakasvatusele on samaaegselt märgadel madalsoodel võimalik ka veiste või Saksamaa puhul hanede pidamine, väga märgadel aladel vesipühvlite pidamine.

Info kast: Lammaste karjatamine

Veetase:	20-45 cm alla maapinna suvel, 15-35 cm alla maapinna talvel (veetasemeklass 3+); talvel on kõrgem veetase on võimalik
Viljelemine:	Niisketele niitudele ja niisketele rohumaadele kohanenud lambatõugude segu
Saagikus:	Kasv varieerub lamba tõust olenevalt
Loomkoormus:	0,8–1,5 looma ha^{-1}
Kasutamine:	Liha
Prognoositud pikaajalised heitkogused maa-alal (GEST-meetod):	~16–19 t CO_{2ekv} ha^{-1} a^{-1}

Pilt: Hardy tõugu lambad Skudde madalsooalal Schwerinist lähistel, Saksamaal. (Mecklenburg-Vorpommer, Saksamaa) (12/2018, Foto: F. Birr)

I Ala sobivus

Millised lambatõud sobivad hästi niiskete turbaalade ekstensiivseks karjatamiseks?

Üldiselt võib lambaid niisketel rohumaadel karjatada, kui veetase on keskmiselt 15-45 cm allpool maapinda. Siiski on tõuge, mis on niiskete tingimustega eriti hästi kohanenud. Nad on vähem vastuvõtlikud mulla niiskusest põhjustatud haigustele kui intensiivsed lambatõud. Nad on säästlikumad ja neil on vähem nõudmisi põllukultuurile. Valikulise söötmise tõttu karjatatakse lambaid tsükliliselt koplite kaupa või suvi läbi samal karjamaal. Lambad söövad hea meelega mitmeid märgaladele või soodele iseloomulikke taimeliike, nagu näiteks metskõrkjat (*Scirpus sylvatica*), aas-rebasesaba (*Alopecurus pratensis*), harilikku sealõuarohtu (*Scrophularia nodosa*), harilikku pilliroogu (*Phragmites australis*), valget kasteheina (*Agrostis stolonifera*), tarnasid (*Carex* spec.), harilikku sinihelmikat (*Molinia caerulea*) ja tupp-villpead (*Eriophorum vaginatum*), samuti kasvavaid puittaimi, nagu kask, haab ja lepp. Alljärgnevas tabelis on ülevaade märgaladel karjatamiseks ja maastikuhoolduseks sobivatest lambatõugudest. Iga lambatõug on pika karjatamise ajaloo tõttu kohanenud piirkondlike kliimatingimustega, mistõttu tuleks võimalusel kasutada piirkondlikult sobivaid lambatõuge. Lisaks tuleb arvestada iga tõu eripära. Nende sobivus ekstensiivseks pidamiseks niisketel madalsoodel sõltub ka nende massist ja tõupärasest käitumisest[1,2,3].

Tabel: Ülevaade vastupidavatest lambatõugudest ja nende omadused niiskete turbaalade ekstensiivseks hoolduseks, kohandatud Nitsche & Nitsche (1994), Sambraus (2001) järgi.

Lamba tõug	Kaal, omadused	Tooted	Nõudmised kliimale ja toidule
Bentheimer Landschaf	70-90 kg, tugevad sõrad, hallituse suhtes vastupidav, liikumisvõimeline, sarvedeta, head emaomadused, karjatamisvõime 130 %; Pool-ekstensiivne tõug	Liha	Vastupidav. vähenõudlik
Cameroon Dwarf	30-50 kg, karvane, vastupidav lamba raudkärbse suhtes, hooajaline innaaeg, tundlik külma suhtes (talvel tall/varjupaik); Ekstensiivne tõug	Liha	Karvane, vähenõudlik
White Polled Heath (Moorschnucke)	40-75 kg, sõrad tugevad, väga liikuv, sarvedeta, hooajaline poegimine, poegimisskoor 110 %; Ekstensiivne tõug	Liha, vill	Sobib hästi soode ja turbaalade taimestiku ja mullastiku tingimustega
Pomeranian Coarsewool	50-75 kg, hea vastupanuvõime ussparasiitidele ja hallitusele, karjatamisvõime 130 %; pool-ekstensiivne tõug	Liha, vill	Hästi kohanenud soode taimestikuga ja ebasoodsate ilmastikutingimuste-ga
Schwarzköpfiges Fleischschaf (Black-headed meat sheep)	70-135 kg, varaküpsed, hooajaline poegimine pika sigimisperioodiga, sarvedeta, poegimissagedus 120-170 %; Intensiivne tõug	Liha, vill	intensiivsem lihatõug
Skudde	40-55 kg, tugevad sõrad, elujõuline, rahulik, hooajaline paaritumine, poegimisskoor 130 %;	Liha, vill	vastupidav, vähenõudlik, halva taime kasvuga aladel hea söödaotsija

Islandi lammas	55-65 kg, vahest sarvedega, pika eluaega, 2-kordne pehme vill	Liha, vill	saab pidada aastaringselt õues, söövad pea kõike rohelist
Gotlandi lammas	Karv pehme ja krussis, arukas, aktiivne ja sõbralik, kerge poegimine, sagedasti mitmikud	Liha, vill	Vastupidavad, kergesti kohanduvad
Kihnu lammas	Väikesekasvuline, vastupidav haigustele ja parasiitidele, stressikindel, hea karja- ja emainstinktiga, vahest sarved	Liha, vill	Vähenõudlik, hästi kohanenud Eesti ilmastiku-, söötmis-, pidamistingimustega

Kui suurest pindalast alates on ekstensiivne lambakasvatus majanduslikult tasuv?

Kasumlikkus sõltub paljudest teguritest ja ei ole esmajärjekorras sõltuvuses pindala suurusest. Majanduslik edu lambakasvatuses sõltub peamiselt järgnevast[4]:

- lambakasvatuse tulude tase (hooajalised hinnakõikumised) ja töödeldud kaubad
- toetused maastikuhoolduse eest
- odava sööda kättesaadavus ja karja tervise säilitamiseks tehtavad jõupingutused
- võimalikult lühikesed ja odavad loomapidamisperioodid hoonetes

Tuleb ära märkida, et märgalade karjatamise motivatsiooniks on pigem maastikuhooldus kui tootmine ja seega sõltub majanduslik tasuvus suuresti majandamisteenuste eest makstavast tasust[5].

II Hankimine, kasvatamine ja haldamine

Mida peaksime ostmisel vaatama ja kellelt ostma?

Parim aeg lammaste ostmiseks on alates suve keskpaigast/sügisest, kus talled on piisavalt vanad ning algab kõige aktiivsem müügiperiood. On oluline teada, millised lambad sobivad teie võimaluste ja oskustega, ning on tähtis uurida võimalikult palju loomade tervislikku tausta[25]. Kui tõu osas on otsus tehtud, on soovitatav võtta ühendust sama tõuga töötava farmiga, et luua otsekontakte kasvatajatega. Lisaks

leidub ostu-müügi kuulutusi Eesti Lamba- ja Kitsekasvatajate liidu koduleheküljel ning erinevates ostu-müügi gruppides.

Milline on soovitatav karja suurus?

Niiskete kasvukohtade ja ekstensiivsete pidamistingimuste puhul on soovitatav loomkoormus 0,8-1,5 loomühikut hektari kohta. Tootlike kasvukohtade puhul (pilliroog, kõrged rohttaimed) on võimalik ka lühiajaline, 1-2 nädalane intensiivne karjatamine - 10 loomühikut ha^{-1}. Neid kasvukohti võib siiski karjatada ainult kohandatud maatõugudega.

Millega tuleks lammaste karjatamisel arvestada?

Lammaste ööbimisplats peaks asuma kuival alal, eemal kaitseväärtusega taimestikust, kuivõrd puhkeajal eraldub rohkem väljaheiteid. Samuti tekib järjest rohkem väljaheiteid karjatamisperioodi alguses, mistõttu peaks loomade puhkekoht asuma karjatamisalast vähemalt 100 m kaugusel. Samuti tuleks varjualune, tuuletõke ja lakukivid hoida taimestiku poolest väärtuslikest aladest eemal[1,2,11].

Karjatamise tsüklisse (juuni keskel ja septembris) võib lisada 1-2 niitekorda. Seda heina saab seejärel kasutada talvesöödana, kusjuures kasutada saab ka suurt osa soode äärealadel kasvavatest tarnadest ja kõrrelistest[2,7].

Talvekuudel vajavad lambad varjualust 90-180 päeva, sõltuvalt piirkonnast ja majutuse tüübist (vt eespool). Lammastel on madalad nõudmised lautade suhtes, kuid see peab olema kuiv ning ei tohi olla tuuletõmmet. Kõige tavalisem pidamisviis on rohke allapanuga ja ilma spetsiaalse soojusisolatsioonita laut[8].

Kuidas tuleks lambakarja huntide ja šaakalite eest kaitsta?

Karja kaitsmiseks huntide ja šaakalite eest tuleks võtta kasutusele eraldi meetmeid. Nõuandeid, kuidas karja kindlustada ja mida teha kahjustuste korral, saab Eestis Keskkonnaametilt.

Millised on hoolduse ja ennetava tervishoiu olulised üksikasjad?

Loomade pädev hooldamine on loomapidamise põhiline eeldus. Loomade jälgimine on hädavajalik, et märgata õigeaegselt loomade silmatorkavat käitumist puhkeoleku ajal ja liikumisel. Lamba tervishoid algab tervest põhikarjast. Väga oluline on hinnata eritisi ja üksikute kehaosade, sealhulgas sõrgade ja limaskestade seisundit. Kui loom tunneb end halvasti, siis tema kõrvad vajuvad longu, sageli on käitumine keskkonna suhtes

apaatne. Lisaks võivad halvenenud tervise korral olla järgmised tunnused: loom eraldub karjast, suu limaskest on kahvatu, uriin või väljaheide on verine, villakadu, kõrgenenud kehatemperatuur, isutus, mäletsemistegevuse puudumine, kõhuhäälte puudumine. Hingamisteede haigused on äratuntavad selgelt pingelise või ebakorrapärase hingamise järgi. Mis tahes nimetatud tunnuste ilmnemisel on vaja kiiresti tegutseda[12].

Välisparasiite saab hoida kontrolli all regulaarse pügamisega. Nende seas on Eestis enim levinud väiv ja raudkärbes. Siseparasiitide kontroll on juba keerulisem ning selle tarbeks tasuks oma loomaarstiga tihedalt koostööd teha. Roojaproovide abil saab määrata, palju lambal parasjagu parasiite on ning kas ja millist ussirohtu talle manustada. Kõige tavalisem siseparasiit märgaladel on maksakaan. Karjamaade korrektne majandamine on aga peamine viis, kuidas parasiidifooni madalal hoida. Kui loomi karjatatakse pehmetel ja niisketel muldadel, on vajalik korrapärane sõrgade jälgimine ja hooldus. Märjad alad võivad olla sarvekesta haiguste allikaks. Lammaste puhul on eriti oluline jalgade mädanemise ennetamine[12].

Turvasmullad kuuluvad seleenivaeste alade hulka. Loomade piisava ja igakülgse mineraalainetega varustatuse tagamiseks tuleks neile alati pakkuda mineraalainetega lakukive või mineraalainete ämbreid. Oluline on ka veevarustus - täiskasvanud lamba veevajadus on 1,5-3 liitrit vett päevas[8].

Enamiku haiguste ja probleemide allikaks lambakarjades ja üldse loomapidamises on söötmine ja pidamine. Söötmisel tehakse vigu nii sööda kvaliteedi kui koguse poolest. Pidamisel on kõige suuremad probleemid liiga tihe asustus lautades, puudulik hügieen, varjualuse puudumine, liigne niiskus ja tuuletõmme ning kehv karjamaade majandamine[25]. Loomade hooldamisel ja haiguste ennetamisel võetakse arvesse loomakaitseseadust[26].

Mida tuleks karjamaa majandamisel arvesse võtta?

Karjamaa majandamine peaks toimuma osade kaupa või koplipõhisel karjatamisel, vastavalt motole "lühike karjatamisperiood - pikk puhkeperiood". Vältida tuleks püsivalt ühel alal karjatamist, muu hulgas ka suurema endoparasiitidega nakatumise ohu tõttu.

Et vältida soovimatuid liikide, nagu luht-kastevars (*Deschampsia caespitosa*), luga (*Juncus* spp.), ohakad (*Cirsium* spp.) või valikulise karjatamise tagajärjel levivaid oblikaliike (*Rumex* spp.), tuleks teostada järelniitmist (niitmine, mulšimine) ja eemaldada liigne sööt. See pärsib samaaegselt puittaimede, nagu pajud ja lepp, tekkimist ja soovimatute liikide levikut[13]. Teise võimalusena võib eespool nimetatud liikide tõrjumiseks suurendada loomkoormust või lubada loomadele pikemat söötmisaega karjamaal, kuna eelmainitud liikide ilmnemine võib olla märk

alakarjatusest. Ülekarjatamisele viitab seevastu tallamiskindlate liikide levik, nagu valge kastehein (*Agrostis stolonifera*), suur teeleht (*Plantago major*) või hanijalg (*Potentilla anserina*), millele tuleks reageerida väiksema loomkoormuse või pikemate puhkeperioodidega[14]. Pärast talve tasub mullakihid uuesti maha suruda ülerullimise või varajase karjatamise teel. Samal ajal soodustatakse rohttaimede kasvamist, mis tagab niidul hea tiheduse[15]. Vastupidiselt võib õhutamise ja sulatamise eesmärgil vältida maapinna allasurumist.

Kuna halvasti kuivendatud, s.t. veel mineraliseeruvates madalsoodes on kaalium sageli taimede kasvu piiravaks teguriks, on soovitav kariloomade väljaheidete laiali laotamine või talvituspaikade pidev vahetamine. Söötmiskohad võib soovi korral moodustada aluskatte peale, et siduda väljaheited allapanu sisse. Saadud sõnniku-allapanu segu saab seejärel uuesti alale laiali laotada[16].

Lisaks eespool nimetatud mitte soovitud liikidele tuleb tähelepanu pöörata ka selliste mürgiste taimede levikule nagu soo-osi (*Equisetum palustris*), harilik maavits (*Solanum dulcamara*), udu-ristirohi (*Jacobaea aquatica*) ja kuivematel kasvukohtadel voolme-ristirohi (*Jacobaea vulgaris*), kibe tulikas (*Ranunculus acris*), harilik sügislill (*Colchicum autumnale*) ja harilik mürkputk (*Cicuta virosa*).

Millised on niidetavate karjamaade eelised?

Lisaks karjatamisele toimub aeg-ajalt ala niitmine. Taimestik sarnaneb rohumaaga, erinedes aga oluliselt niidust. Suurema kasutuskoormuse tõttu suureneb alustaimestiku ja tallamiskindlaste taimede osakaal[21]. Niitmise ja karjatamise järjekord sõltub heina juurdekasvust. Niitmine toimub üks või kaks korda vegetatsiooniperioodi jooksul, kusjuures põhirõhk on siiski karjatamisel. Pidades silmas asukohale sobivat turbaala kasutust[28], soovitame karjamaade kasutamisel ainult ekstensiivset niitmist.

Ekstensiivselt niidetud karjamaad pakuvad lammastele pidevalt kvaliteetset sööta. Kui karjatamisperioodi jooksul võetakse järjest kasutusse ka varasemad heina hoiustamise kohad, saab loomadele alati pakkuda piisava energiatiheduse ja piisava toorkiusisaldusega valgurikast sööta; või on võimalik sööda ülejäägid alalt optimaalsel ajal ära koristada. Selline kasutusviis pakub suurt majanduslikku efektiivsust tänu madalale tööjõuvajadusele ja võimalusele kasutada suuri pindalasid. Võimaluse korral on hea kasutada üksteisega külgnevaid alasid. Samuti mõjutab see majandamissüsteem positiivselt loomade individuaalset heaolu ja tervist. Pidev karjatamine loomkoormusega < 2 loomaühikut hektari kohta ja talvine karjatamispaus võivad aidata luua tihedat taimestikku[1,5,6,23].

III Tapmine, töötlemine ja turustamine

Milline on rümba kvaliteet?

Kõrge rümba kvaliteet saavutatakse noorte, alla kuue kuu vanuste tallede puhul, mille kaal nuumamise lõpus on vähemalt 43 kg jäärade puhul ja vähemalt 38 kg emasloomade puhul, tapamäär umbes 48 %. Teised olulised kvaliteedinäitajad on rasva jaotumine ja liha tekstuur[23].

Milline on parim viis lambaliha turustamiseks?

Lambaliha müüakse peamiselt otseturustamise kaudu. Otsekontakti kaudu saab kliendiga suheldes välja tuua nii liha erilised kvaliteediomadused kui ka loomade pidamistingimused. Mõnede tõugude liha iseloomustavad head, ulukiliha sarnased maitseomadused ja madal rasvasisaldus. Ka lambaliha turustamiseks on head võimalused spetsiaalsetes mahepõllumajanduslikes lihakauplustes ja loodustoidupoodides.

Millised on näited ekstensiivsest lambakasvatusest niisketel turbaaladel?

Diepholzer Moorniederungis (Saksamaal) on turbaalade majandamisel lammastega (tõug White Polled Heath) pikaajaline traditsioon. Kohalik maastikuhooldusühing asutati 2018. aastal, et toetada lambakasvatajaid majanduslikult ja samal ajal säilitada soomaastikku. Peamine eesmärk on rajada piirkondlik tapamaja, et oleks võimalik turustada garanteeritud päritoluga lambaliha[10].

IV Mõju turbaalale

Kuidas mõjutab lammaste karjatamine kasvuhoonegaaside heitkoguseid turbaalal?

Põhjavee tase 15-45 cm allpool maapinda (veetasemeklass 3+) tagab turba pealmise kihi pideva õhutamise, soodustades hapnikust sõltuvaid lagunemisprotsesse, turbaalade vajumist ja kahanemist. Selle protsessi käigus eraldub umbes 16-19 t CO_{2ekv} ha^{-1} aastas. Täpne heitkoguste väärtus sõltub tegelikust veetasemest ja taimestikust. Võrdluseks: kuivendatud põllumaad turbaaladel eraldavad üle 30 t CO_{2ekv} kasvuhoonegaase ha^{-1} aastas. Niiskete lambakarjamaade puhul on turba kasutus ja turbaalade degradeerumine vähene. Kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamine ja turbaalade järk-järgulise degradeerumise vältimine on võimalik ainult veetaseme tõstmisega, kuid isegi tugevate lambatõugude seas tulevad ainult mõned (nt White Polled Heath) neist toime oluliselt kõrgema veetasemega. Teised kariloomad, nagu näiteks vesipühvlid on paremini kohanenud maapinna lähedase veetasemega, mis on tõeliselt turba- ja kliimasõbralik. Seega on kliimakaitse seisukohalt lambakasvatus

veetaseme 3+ juures mõistlik vaid (osadel) aladel, kus veetaset maapinnani ei ole võimalik täielikult taastada.

Kuidas mõjutab lammaste karjatamine niisketel turbaaladel bioloogilist mitmekesisust?

Puuduvad üksikasjalikud uuringud lammaste karjatamise mõju kohta turbaalade bioloogilisele mitmekesisusele. Siiski võib oletada, et ekstensiivne lammaste karjatamine toob muutused kõrge taimekasvuga liigivaesetele aladele, luues asemele liigi- ja struktuuririkka taimestiku mosaiigi. Olulist rolli mängivad erinevate karjatatavate loomade toidueelistused. Kuigi lambaid peetakse selektiivseteks toitujateks, söövad nad siiski suurel määral ka roht- ja puittaimi. Pioneerliikide jaoks tekivad sagedasti kasutavatel loomade liikumisradadel uued vabad kasvukohad. Seemnete levik toimub ka karjatatavate loomade väljaheidete ja karva kaudu. Struktuuriliselt rikkalik taimestiku mosaiik loob ka loomastikule mitmekesisemaid elupaiku. Näiteks ämblikud ja putukad saavad kasu mitmekesistest struktuuridest. Tallumise tõttu taimestikust vabaks jäetud alad pakuvad mitmetele linnuliikidele olulist toitumis- ja pesitsuspaika. Siiski võib karjatatavate loomade poolt tallamine ka pärssida loomastikku (eriti niidulinde). Selleks, et vältida olemasolevate pesade või linnupoegade tallamist, on soovitatav leida kohandatud karjatamise perioodid. Täiendava niitmise korral on soovitatav kasutada bioloogilist mitmekesisust säästvaid tehnikaid (nt kõrgelt niitmine ja pöörlevate niidukite asemel võnkuvniidukid) ja kehtestada üheaastane vahelduv niitmine.

VI Tulud ja kulud

Kulud ja tulud (eurodes hektari ja aasta kohta) on võetud ülevaatest “Faustzahlen für die Landwirtschaft” (põllumajandusnäitajad)[21]. Eeldatakse, et peetakse 450 utte. Soodne juhtum eeldab 1,5 loomühikut/ha, keskmine juhtum - 1,15 loomühikut/ha ja ebasoodne juhtum - 0,8 loomühikut/ha. Soodsa, keskmise ja ebasoodsa juhtumi puhul on võetud arvesse erinevad tööaja nõuded (vastavalt 9,6; 7,4 ja 5,9 tundi ute kohta) ja hinnad (maksimaalne, keskmine ja minimaalne)[21]. Saagikuse puhul võeti arvesse tõupõhiseid erinevusi lambapidamisel ja tapakaalus. Kõige soodsamal juhul (intensiivne tõug) lähtuti KTBL[21] näitajatest (ute kohta: 1,4 talle tapmiseelne eluskaal 40 kg). Saksamaal intensiivsete tõugude puhul loomapidamistoetust ei anta. Eestis toetatakse nii intensiivset kui ka ekstensiivset lambapidamist, viimase puhul on see suunitletud eelkõige ohustatud tõugudele. Keskmisel juhul eeldati pool-intensiivsete tõugude tootlikkust (ühe ute kohta 1,3 talle tapmiseelse eluskaaluga 38 kg)[22] ja ebasoodsal juhul ekstensiivsete tõugude tootlikkust (ühe ute kohta 1,2 talle tamiseelse

eluskaaluga 30 kg)[22]. Lisaks on arvesse võetud tulu vanade uttede (aastas asendatakse üks viiendik vanadest uttedest), villa ja tahke sõnniku eest[21].

Tabel: Lambakasvatuse kulud ja tulud hektari ja aasta kohta Saksamaa näitel

		Ebasoodne olukord	Keskmine olukord	Soodne olukord
Kulud	Muutuvad erikulud/ materjali kulud	-667 €	-958 €	-1.250 €
	Fikseeritud erikulud	-161 €	-232 €	-302 €
	Tööjõukulud	-768 €	-851 €	-885 €
	Kokku	**-1.596 €**	**-2.041 €**	**-2.437 €**
Tulud	Saagikus	352 €	935 €	1.998 €
	Toetused rohumaadele	100 €	256 €	680 €
	Toetused elusloomadele	0 €	117 € (max. 300 €)	Puudub intensiivse tõu puhul
Kasum		**-1.144 €**	**-733 €**	**241 €**

VII Allikad ja täiendav kirjandus

Allikad

[1]Zahn, A. (2014): Beweidung von feuchtem, nährstoffreichem Offenland. – In: Online-Handbuch "Beweidung im Naturschutz" (hrsg. von B. Burkart-Aicher et al.), Kap. 6.1.2. Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), Laufen. www.anl.bayern.de/fachinformationen/beweidung/handbuchinhalt.htm. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[2]Nitsche, S. & Nitsche, L. (1994): Extensive Grünlandnutzung. 247 S. Radebeul: Neumann Verlag.

[3]Sambraus, H. H. (2001): Farbatlas Nutztierrassen. 304 S. Stuttgart: Ulmer.

[4]Faulhaber, I. (2008): Wirtschaftlichkeit. In: Praktische Schafhaltung (hrsg. von C. Mendel), S. 205-217. Stuttgart: Ulmer.

[5]LM M-V (Hrsg.) (2017): Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes. 98 S. Schwerin: Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern.

[6]Walter, R. (2008): Betriebsformen. In: Praktische Schafhaltung (hrsg. von C. Mendel), S. 19-24. Stuttgart: Ulmer.

[7]Woike, M. & Zimmermann, P. (1997): Biotope pflegen mit Schafen. 62 S. Bonn: aid e.V.

[8]Chifflard, H. (2008): Stallbau – Stalleinrichtung. In: Praktische Schafhaltung (hrsg. von C. Mendel), S. 75-97. Stuttgart: Ulmer.

[9]Bunzel-Drüke, M., Böhm, C., Finck, P., Kämmer, G., Luick, R., Reisinger, E., Riecken, U., Riedl, J., Scharf, M. & Zimball, O. (2008): Praxisleitfaden für Ganzjahresbeweidung in Naturschutz und Landschaftsentwicklung - „Wilde Weiden“. 215 S. Bad Sassendorf-Lohne: Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest e.V.

[10]DVL - Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V. (Hrsg.) (2019): Kooperativer Klimaschutz durch angepasste Nutzung organischer Böden – Ein Leitfaden, Nr. 26 der DVL-Schriftenreihe „Landschaft als Lebensraum“. 73 S. Ansbach: DVL e.V.

[11]Chifflard, H. (2008): Herden- und Koppelgebrauchshunde – Hütetechnik. In: Praktische Schafhaltung (hrsg. von C. Mendel), S. 115-127. Stuttgart: Ulmer.

[12]Graunke, W. (2008): Grundlagen der Tiergesundheit. In: Praktische Schafhaltung (hrsg. von C. Mendel), S. 173-193. Stuttgart: Ulmer.

[13]Universität Greifswald (2013): Endbericht VIP – Vorpommern Initiative Paludikultur. https://www.moorwissen.de/doc/paludikultur/projekte/vip/endbericht/Endbericht%20%20BMBF%20Verbundprojekt%20VIP%20-%20Vorpommern%20Initiative%20Paludikultur.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[14]Opitz v. Boberfeld, W. (1994): Grünlandlehre. 336 S. Stuttgart: Ulmer.

[15]Thomann, W. (2008): Grünland, Weidewirtschaft. In: Praktische Schafhaltung (hrsg. von C. Mendel), S. 128-152. Stuttgart: Ulmer.

[16]Behrendt, A., Schalitz, G. & Warncke, D. (2000): Raum-zeitliche Nährstoffdynamik auf extensiv genutzten Niedermoorweiden. In: Verhalten von Rindern und Schafen auf großräumigen Niedermoorweiden und Ableitungen für das Weidemanagement (hrsg. vom Deutschen Grünlandverband e.V.), S. 33-45. Berlin: Deutscher Grünlandverband e.V.

[17]Riehl, G. (2005): Mähstandweide – Grünland „aktuell“. Fachmaterial Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13854/documents/16128. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[18]Wichmann, S. (2018): Economic incentives for climate smart agriculture on peatlands in the EU. 38 S. Greifswald: Universität Greifswald.

[19]Deutsche Vernetzungsstelle Ländliche Räume (DVS) (Hrsg.) (2017): ELER in Deutschland – Übersicht über die Nationale Rahmenregelung und die Programme der Länder. https://www.netzwerk-laendlicher-raum.de/fileadmin/sites/ELER/Dateien/01_Hintergrund/ELER/013_Ma%C3%9Fnahmensteckbrief AUM_2015_fertig008klein.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[20]Wichtmann, W., Abel, S., Drösler, M., Freibauer, A., Harms, A., Heinze, S., Jensen, R., Kremkau, K., Landgraf, L., Peters, J., Rudolph, B.-U., Schiefelbein, U., Ullrich, K. & Winterholler, M. (2018): Gute fachliche Praxis der Bewirtschaftung von Moorböden. Zusatzmaterial zu Natur und Landschaft 93 (8): 391.

[21]KTBL (2018): Faustzahlen für die Landwirtschaft, 15. Auflage. 1385 S. Darmstadt: KTBL e.V.

[22]Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (2019): Schätzrahmen für die Ermittlung des gemeinen Wertes von Schafen und Ziegen. https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/tierseuchenkasse/leistungen/schaetzrahmen/schafe.htm. Zuletzt geprüft: 09/2019.

[23]Mendel, C. (Hrsg.) (2008) Praktische Schafhaltung. 264 S. Stuttgart: Ulmer

[24]Närmann, F., Birr, F., Kaiser, M., Luthardt, V., Nerger, M., Zeitz, J. & Tanneberger, F. (2021): Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden. BfN-Skripten. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.

[25] https://lammas.ee/?page_id=58

[26] https://www.riigiteataja.ee/akt/128122017023

3.2.6 Paju (*Salix spec.*), lühikese raieringiga metsa kasvatamine

Taastatud veerežiimiga ning turvasmuldadega märgadel põllumajandusaladel soovitame kasvatada pajukultuure. Ainsana puittaimedest on Euroopa Liidu põllumajanduspoliitikas pajud põllumajanduskultuuride nimekirjas. Selle kultuuri käsitlemine põllumajandusliku (ning seega ka toetusõigusliku) kultuurina on seotud istanduse raieringi pikkusega, mis on erinevates maades varieeruv. Eestis on soovituslikuks ülempiiriks pakutud 7 aastat, kuid majanduslikult õigustab ilmselt lühem (4-5 aastane) raiering (Mola-Yudego, 2010). Lühikese raieringiga paju kasvuala, mida tuleb uuesti istutada pärast 20 aastat, võib kliimakaitse eesmärgil ja vastavalt soode mullakaitse praegustele tingimustele soovitada ainult märgadel või märjutatud, orgaaniliste põllumaade puhul. Hetkel saab selliseid istandusi soovitada ainult katseprojektide raames teadusuuringute eesmärgil. Seejuures tuleks integreerida seire, mis arvestab eelkõige bioloogilise mitmekesisuse ja kliimamõju aspekte. Enamasti on istanduse põhimotivaatoriks hakkepuidu tootmine taastuvenergiaga seotud soojus(elektri)jaamadele, kuid on ka edukaid näiteid pajuistanduste kasutamise kohta eelnevalt reostunud pinnase puhastamiseks (fütoremedatsioon) või lisanduvate saasteainete utiliseerimiseks (taimkattefiltrid, puhvertsoonid)[18]. Täpsemalt paju kasvatamise kohta Eestis saab lugeda Katrin Heinsoo ja Indrek Meltsi poolt kirjutatud ülevaatest “Märgalaviljeluseks sobivad kultuurid Eestis” lingil http://media.voog.com/0000/0037/1265/files/Heinsoo_Melts2019_Lisa3.pdf

Infokast: Paju (*Salix* spec.) kasvatamine lühikese raieringiga

Veetase:	Suvel 20-45 cm alla maapinda, talvel 15-35 cm alla maapinda (veetasemeklass 3+)
Rajamine:	Istutamine
Saagikus:	Kasv sõltub sordist: "Tordis" annab 3-6,3 KM ha^{-1} a^{-1}, võimalik on palju võrseid.
Kasutus:	Energiapuit
Standardne heitkogus:	Vajalikud on täiendavad uuringud

Pilt: Lühikese raieringiga paju kasvandus Münchebergi lähedal (Brandenburg, Saksamaa) (Foto: P. Schulze).

I Asukoha sobivus ja kasvanduse rajamine

Millised alad on sobivad?

Pajusid võib kasvatada lühikese raieringiga istanduse vormis niisketel kuni poolniisketel kasvukohtadel, kus veetase ei ole püsiv (põhjavee taseme vahemik 15-45 cm allpool maapinda). Kuna pajud taluvad ajutiselt ka niiskeid pinnasetingimusi ja isegi üleujutust, on pajude kasvatamine sobiv majandamisvõimalus ühe-aastaste põllukultuuride või rohumaade ja niiskemate alade üleminekute vahel, kus võib samuti ajutiselt esineda üleujutusi. Pajud võivad saavutada hea kasvukiiruse madalatel, degradeerunud soomuldadel[1,2,12].

Milliseid tegureid tuleks pajude kasvatamisel arvesse võtta?

Kui vahetult enne on ala olnud kasutuses põllumaana, piisab ala sügisesest harimisest või kündmisest. Vahetult enne istutamist tuleks pinnas ette valmistada pindmiste harimistööde abil. Kui tegemist on põllukarjamaa või rohumaaga, kus tuleks vältida kündmist või herbitsiidide kasutamist, siis tuleb istutamist ette valmistades ala kas multšida või niita. Kui niidetud materjali ei kasutata muul otstarbel, tuleks see jätta alale, et vähemalt esialgu takistada alal esineva taimestiku uuesti kasvamist. Lisaks sellele võib ala ette valmistada randaaliga, mis vähendab oluliselt kaasneva taimestiku konkurentsi esimestel nädalatel. Veelgi tõhusamaks on osutunud kompostitava kile kasutamine, kusjuures istutusridade vahel tuleb kile ääred pinnasesse kaevata ja

mullaga koormata. Selle puuduseks on aga suur tööjõukulu ja seega suuremad rahalised kulud[15].

Millist istutusmaterjali võib kasutada?

On olemas pajusordid, mis sobivad eriti hästi lühikese raieringiga kasvatuste jaoks. Näiteks sobivad sellised rootsi sordid nagu Tordis [(*Salix viminalis x S. schwerinii*) x *S. viminalis*], Tora (*S. viminalis x S. schwerinii*), Inger (*S. triandra x S. viminalis*) ja Sven [*S. viminalis x* (*S. viminalis x S. schwerinii*)]. Kui on võimalik kasvatada mitut sarnaste kasvuteguritega pajusorti, võivad erinevatel istutusribadel olla erinevad paju sordid[3]. Siiski on võimalik, et sortide kasvutõhusus erineb antud kasvukohas.

Taimede arv pindala kohta sõltub eelkõige tootmise eesmärgist ja ala raieringi perioodist. Eesmärgiks seatud kahe- kuni nelja-aastase istutusperioodi puhul soovitatakse istutada 8 000-15 000 taime/ha. Taimede arvu arvutamisel on oluline silmas pidada ka optimaalset ridade vahekaugust kasvatamisel, arvestades nii plaanitava hooldustehnikaga kui ka koristusviisiga. Istutusvahe reas ei tohiks olla väiksem kui 30 cm[3].

Milline on sobiv istutusmeetod?

Sõltumata istutusviisist on oluline tagada, et taimed oleksid tihedasti pinnases ja et mullas ei oleks õõnsusi[3]. Istutusmeetodi valik sõltub istutusmaterjalist, olemasolevast tehnoloogiast ja piirkonna niiskustasemest. Kui alal saab sõita rasketehnikaga ja mulla harimine on võimalik ilma piiranguteta, on soovitatav istutada mehaaniliselt. See on kõige kuluefektiivsem variant. Sellisel juhul istutatakse pinnasesse 20 cm pikkused pistikud, mis laaditakse pidevalt käsitsi spetsiaalsetesse masinatesse. Kui looduskaitselised kaalutlused on olulisemad kui majanduslikud, st kui tuleb vältida kündmist ja/või raskete masinate kasutamist, siis tuleb pistikud istutada käsitsi. Kui ala ei tohi künda, tuleb istutades tagada, et pistikupuud jõuaksid põhjavee kapillaarpiirini ja et konkureeriv taimestik jääks madalaks, et vähendada maapealset valguskonkurentsi. Istutamine võib toimuda nii masinate abil, kui ka käsitsi istutuspuuridega. Võimalikult väikese läbimõõduga istutuspuuriga puuritakse soovitud sügavusega auk. Seejärel pannakse pistikupuud käsitsi aukudesse ja kaetakse tihedalt mullaga.

Paju lühikeseraieringiga istanduse mehaaniline rajamine maksab Saksamaal umbes 1750 €/ha, kusjuures istutusmaterjal (sh transport) ja istutamine (sh personal ja sõidud) moodustavad suurima osa, vastavalt 1000 € ja 500 €[12].

Milline on istutamiseks õige aeg?

Istutamine peaks toimuma kevadel (märts-mai) tuulevaikse, kuiva ja pilves ilmaga, niipea kui alal on võimalik liikuda ja pinnas on sulanud, et kasvamine ja võrsumine oleks tagatud enne võimalikku kevadist põuda[3,12]. Lisaks kaotavad talvel korjatud istikud elujõudu, kui neid liiga kaua säilitatakse[3]. Kui kuivamise ohtu ei ole, võib istutamine toimuda tavapärasest veidi hiljem kuni varasuveni, seda aga tingimusel, et istutusmaterjali hoitakse pidevalt jahedas -2 °C juures.

Kas taimede regulaarne hooldamine on vajalik?

Istutamise aastal ja sõltuvalt kasvust võib ka teise aasta alguses olla vaja reguleerida kaasnevat taimestikku, et vähendada taimede konkurentsisurvet vee ja valguse pärast. Kui pinnas on sõidetav ja raskemate masinate jaoks sobiv reavahe on olemas, võib hooldamiseks kasutada pindmisi harimisviise, näiteks kultivaatorit või ketasäket. Kui soovite säilitada niidu ja süsiniku varusid mullas, ei ole soovitatav kasutada mulda läbistavaid mehhanisme; selle asemel tuleks iga 3-4 nädala tagant niita või multšida. Kui enne istutamist ei ole kogu ala ettevalmistatud, võib esimesel aastal olla vajalik igakuine niitmine. Kui muld on liiga pehme või kui suurte masinate kasutamine ei ole soovitatav, võib kasutada kõrgelt niitvat niidukit, väikseimaid niidukeid (mulšimisseadmega või ilma) või võsalõikurit. Tuleb arvestada vastavalt suurema aja- ja rahalise kuluga.

Kas regulaarne väetamine on vajalik?

Erinevalt üheaastaste kultuuride kasvatamisest ei ole lühikese raieringiga pajuistanduste puhul täiendavat väetamist vaja. Talvel, pärast lehtede langemist jõuab osa toitaineid tagasi mulda. Juhul, kui ala on kuivendatud, täienevad selliste madalsoomuldadega alade toitainete varud pidevalt orgaanilise aine mineraliseerumise ja põhjavee abil.

Milliseid ennetavaid kahjuritõrje meetmeid soovitatakse?

Suurimat kahju noortele taimedele põhjustavad sõralised (metskitsed, põdrad ja punahirved). Metsloomad söövad peamiselt paju noori võrseid, kuid tekitavad kahjustusi ka end vastu puid sügades. Koore kahjustused muutuvad oluliseks ainult vanemate taimede puhul, mille tüved on välja arenenud. Üldiselt on soovitav istutada suurte ulukipopulatsioonidega piirkondadesse suuremahulisi lühikese raieringiga paju kasvualasidsid, et ulukite surve jaotuks. Nõuetekohane küttimine on parim lahendus suuremate kahjustuste vältimiseks[3].

Veekogude lähedal võivad puid kahjustada koprad (täheldatud alates 3 cm läbimõõduga puude puhul). Sellisel juhul võivad piirdeaiad osutuda istandike kaitsmisel tõhusaks meetmeks[3]. Väga sügava kuivendusega endistel kesa-aladel võib esineda näriliste (mügride, *Arvicola amphibius*) levikut, kuid see põhjustab olulist kahju vaid erandjuhtudel.

Putukkahjurid nagu harilik pajupoi (*Phratora vulgatissima*) ja naksurlaste vastsed (sugukond *Elateridae*) võivad ilmneda ning põhjustada mõnikord tõsiseid majanduslikke kahjusid. Kasulikud putukad, nagu kirvesvamplased (*Chalcidoidea*), röövkärblased ja sirelased on olulised kahjurite vastased ja võivad vähendada või isegi täielikult välistada kahjurite levikut lühikese raieringiga pajude kasvualadel[12].

II Saagikoristus ja ladustamine

Milline on parim aeg saagikoristuseks ja miks?

Üldjuhul tehakse raie vaid puhkeperioodil novembrist märtsini, et vältida taimede kahjustamist ja seega nende elujõu kadumist[3]. Mehaanilise koristuse puhul on olulised raiele eelnevad pikad külmaperioodid, mille jooksul muld piisavalt läbi külmub. Külmunud pinnas saab raietööde käigus vähem kahjustusi. Pajusordi "Tordis" kasvatuskatses taasmärjutatud soostunud rohumaal saadi saagikuseks 3,0-6,3 KM ha^{-1} a^{-1} (1. külvikord, 4 kasvuaastat)[14]. Hollandis (Zegveldis) leiti, et pistikute abil rajatud hõberemmelga (*Salix alba*) kasvukohad (3 taime/m^2) on hea juurdekasvuga. Veetase oli umbes 400 m^2 suurusel alal keskmine ning maapind oli eelnevalt kooritud. Seevastu püsivalt kõrgel veetaseme puhul (10-30 cm maapinnast) või madala veetaseme puhul (umbes 50 cm maapinnast) olid kasvutulemused mõõdukad kuni halvad[13].

Milliseid koristusmeetodeid soovitatakse kasutada?

Lühikese raieringiga istandusi, mille raie intervall on kaks kuni neli aastat, võib koristada ridade kaupa. Sellisel puhul sõidavad hakkur ja traktor koos haagisega paralleelselt kõrvuti. Puud raiutakse ja hakitakse hakkuriga ühe tööoperatsiooni käigus ning seejärel laaditakse need haagisesse hakkepuidu kujul. Selle meetodi abil on praegu kõige madalamad raiekulud[3]. Hakkuri koristusvõimsus on umbes 40 t/ha (20 KM/ha), mis vastab kaheaastase puistu puhul 1 ha/h pindalatoodangule.

Millist koristusmeetodit on kasutada?

Raie jaoks võib kasutada harvestere või traktorile ette või taha kinnitamiseks mõeldud monteeritavaid puidu hakkijaid. Koristusmasinaid saab kohandada vastavalt mullastiku tingimustele erinevate rehvidega, näiteks topelt- või kaksikrehvidega või

laiade rehvidega, millel on suruõhu kontroll. Kinnitatavad puidu hakkijad on odavamad kui harvesterid. Neid saab kasutada kuni umbes 15 cm lõikediameetriga puittaimede puhul. Hakkematerjali saab seejärel puhuda otse koristusmasina külge kinnitatud konteinerisse. Sõltuvalt koristusintervallide pikkusest ja seega puittaimede lõikediameetrist võib kasutada koristuseks erinevat tehnoloogiat.

Milliseid eripärasid tuleb arvestada hakkepuidu ladustamisel?

Ladustamise ajal on oluline minimeerida mikroobide tegevust, mis võib põhjustada märkimisväärset kuivainekadu ja tervist ohustavate hallitusseente levikut hakkepuidu sees. Otsustavaks teguriks on hakkepuidu suurus[3].

Tänu suurematele tühimikele puutükkide vahel ja sellest tuleneva parema ventilatsiooni tõttu ladustamise ajal kuivavad üle 80 mm suurused jämedad hakkepuidu tükid paremini kui peenem hakkepuidu materjal. Selle tulemusena väheneb nii mikroobide aktiivsus kui ka hallitusseente levik. Lisaks suurendab kuivatamine küttevääртust ja seega tehniliselt kasutatavat energiat[3].

Väikesed ja keskmise suurusega hakkepuidu kogused võib ladustada hästi ventileeritud varjualustes. Suuremaid koguseid on soovitav ladustada koonilistes või piklikes ladudes, kindlal pinnasel vabas õhus. Kvaliteeti aitab parandada õhukanalite paigaldamine või tehniline kuivatamine, näiteks biogaasirajatiste jäätmesoojuse kasutamine[3].

III Töötlemine ja turustamine

Millised energiakasutuse võimalused ja tooted on saadaval?

Puidu energeetiline kasutamine võib toimuda puitbriketi ja puidugraanulite kujul, kuid tavaliselt läheb kasutusse siiski puiduhakke kujul. Pelletite tootmisel surutakse tooraine rullide abil läbi survetorude ja pelleti graanulid lõigatakse lõiketera abil soovitud pikkusesse. Tänu ühtlasele kvaliteedile sobivad pelletid eriti hästi automaatsete põletusseadmete jaoks[3]. Puiduhakke saab turustada suuruse ja veesisalduse järgi sorteerituna. Hakkepuidul töötavate katlamajade võimsus ulatub 15 kW-st kuni mitme MWni[2,3].

Millised on kvaliteedinõuded?

Puiduhakke turustamise edukus sõltub materjali homogeensusest, veesisaldusest, tükilisusest, tuhasisaldusest ja lehe-jääkide osakaalust. Lühikese raieringiga kasvatatud paju keskmised andmed on:

- veesisaldus (massiprotsent niiske kütuse massist) 30-60 %

- Tuhasisaldus koos lisanduva juhumaterjaliga (massiprotsent absoluutselt kuiva kütuse massist) < 10 %
- küttevääртus 10-15 MJ/Kg

Milliseid kasutusvõimalusi veel on?

Viimastel aastatel on paju, kui farmaatsia tooraine, taas tähtsust kogunud. Paljud paju liigid sisaldavad salitsülaate, mis on tõhusad valu ja reumaatiliste kaebuste vastu. Sõltuvalt paju liigist sisaldab paju koor 1,5 kuni üle 11 % erineva koostisega salitsülaate. Ekstrakti saamiseks hakitakse kõigepealt 1-3 aastaste pajude oksad ja seejärel aine ekstraheeritakse[12].

Millal on lühikese raieringiga paju kasvatamise kasumlik?

Lühikese raieringiga paju kasvatamise kasumlikkus sõltub paljudest teguritest. Lisaks saagikusele on eriti määrava tähtsusega raie- ja transpordikulud. Mida suurem on vahemaa põllust ladustamis- või töötlemiskohta, seda suuremad on kulud. Teavet kulude arvutamise kohta on võimalik leida erinevatest väljaannetest[19].

V Mõju turbaalale

Kuidas mõjutab lühikese raieringiga pajude kasvatamine turbaala kasvuhoonegaaside heidet?

Põhjavee tase 15-45 cm allpool maapinda (veetasemeklass 3+) tagab turba pealmise kihi pideva õhutamise, soodustades hapnikust sõltuvaid lagunemisprotsesse, turbaalade vajumist ja kahanemist. Hetkel ei ole usaldusväärseid andmeid selle kohta, kui palju kasvuhoonegaase täpselt eraldub sellistest aladest lühikese raieringiga pajude kasvatamise puhul[17]. Siiski võib eeldada, et lühikese raieringiga pajude kasvatamine 3+ veetasemeklassi juures tekitab kasvuhoonegaaside heitkoguseid samas suurusjärgus kui muud 3+ veetasemeklassi meetodid, samas kui madalama veetaseme puhul võib eeldada suuremaid heitkoguseid (vt 6). Praeguste teadmiste kohaselt on lühikese raieringiga paju-istanduste kasutamine kliimakaitse seisukohast mõistlik ainult (osaliste) alade puhul, kus veetaset ei ole võimalik täielikult soole iseloomuliku tasemeni taastada.

Kuidas mõjutab selline majandamine bioloogilist mitmekesisust?

Lühikese raieringiga pajude kasvualad võivad põllumajandusmaastikku struktuuriliselt rikastada. Kuna raskeid masinaid kasutatakse palju harvemini, on selline majandamine mullasõbralikum kui teiste energiakultuuride kasvatamise puhul. Loomade seisukohalt

on noorematel lühikese raieringiga pajude kasvualadel suurem looduskaitseline väärtus kui vanematel. Nad pakuvad elupaika liigirikastele mardikate ja pesitsevate lindude asurkondadele. Looduskaitse seisukohast, sõltumata sellest, kas kasvatatakse ühte või mitut sorti, on soovitav jagada kasvuribade raie erinevatele aastatele. See loob mitmekesisemad elupaigad. Bioloogilist mitmekesisust saab edendada ka maastiku kujundamise kaudu: piklikud alad pakuvad rohkem liigirikkaid ääremaid kui kompaktne istandus. Õistaimede või põõsaste riba (või nende kombinatsioon) pakub täiendavaid võimalusi looduse säilitamise parandamiseks[3,7]. Looduskaitse seisukohast tuleks siiski vältida lühikese raieringiga paju-istanduste suuremahulist rajamist rohumaadele.

VI Allikad ja täiendav kirjandus

[1]Koska, I. (2001) Ökohydrologische Kennzeichnung. In: Landschaftsökologische Moorkunde (hrsg. von M. Succow & H. Joosten), S. 92-111. Stuttgart: Schweizerbart.

[2]Reeg, T., Bemmann, A., Konold, W., Murach, D. & Spiecker, H. (Hrsg.) (2009): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. 355 S. Weinheim: Wiley-VCH.

[3]ETI, MUGV Brandenburg, MIL Brandenburg (Hrsg.) (2013): Energieholz aus Kurzumtriebsplantagen. Leitfaden für Produzenten und Nutzer im Land Brandenburg. 68 S. Potsdam: Brandenburgische Universitätsdruckerei und Verlagsgesellschaft Potsdam mbH.

[4]Bundeswaldgesetz in der Fassung vom 31. Juli 2010.

[5]NwaldZyklBek (Bekanntmachung Nr. 05/10/31 der Liste der für Niederwald mit Kurzumtrieb bei der Betriebsprämie geeigneten Arten und deren maximale Erntezyklen): Elektronischer Bundesanzeiger. Auftraggeber: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Erlassdatum: 12. Mai 2010, Fundstelle: eBAnz AT52 2010 B1, in Kraft ab 13. Mai 2010.

[6]Spangenberg, A. (2011): Einschätzung der Treibhausgasrelevanz bewaldeter Moorstandorte in Mecklenburg-Vorpommern hinsichtlich des Minderungspotentials nach Wiedervernässung, Endbericht. 29 S. Greifswald: DUENE e.V.

[7]Jennemann, L., Peters, W., Rosenthal, S. & Schöne, F. (2012): Naturschutzfachliche Anforderungen für Kurzumtriebsplantagen. 32 S. Berlin: NABU-Bundesverband, Bosch & Partner GmbH (Hrsg.).

[8]Strohm, K., Schweinle, J., Liesebach, M., Osterburg, B. Rödl, A., Baum, S., Nieberg, H., Bolte, A. & Walter, K. (2012): Kurzumtriebsplantagen aus ökologischer und ökonomischer Sicht. 55 S. Braunschweig: Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie.

[9]Schweier, J., Becker, G. & Jaeger, D. (2013): Bewertung alternativer Bereitstellungsverfahren für Hackschnitzel aus Kurzumtriebsplantagen. Vortrag auf dem Internationalen Kongress Agrarholz der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe. Berlin, 19.02.2013.

[10]https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/holz/energie/fva_kurzumtriebsflaechen_ernteplaner/index_DE. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[11]CARMEN e.V. (2004): Planungshandbuch QM Holzheizwerke. 248 S. Straubing.

[12]Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.) (2014): Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb – Anbauempfehlungen. 72 S. Dresden: LfULG.

[13]Geurts, J. & Fritz C. (Hrsg.) (2018): Paludiculture pilots and experiments with focus on cattail and reed in the Netherlands. Technical report Cinderella Project. 71 S. Nijmegen: Radboud University.

[14]Koim, N. & Murach, D. (2015): Kurzumtriebsplantagen auf Grenzertragsstandorten: Erträge, Nährstoffhaushalt, Potenziale und Einschränkungen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 43–44.

[15]Neuner, J. & Burger, F. (2015): KUP auf Grünland – wie geht das? LWF aktuell 105/2015: 8-10.

[16]Peschel, T. (2016): KUP, quo vadis? Erfahrungen eines Dienstleisters bei der Etablierung und Bewirtschaftung von KUP. Vortrag auf der 21. Fachtagung: Nutzung nachwachsender Rohstoffe – Bioökonomie 3.0 am 16./17. März 2016, Dresden. https://www.lignovis.com/fileadmin/user_upload/PDF/LIGNOVIS_-_Erfahrung_bei_Etablierung_und_Bewirtschaftung_von_KUP_-_21_Fachtagung_Nachwachsende_Rohstoffe_Dresden.pdf. Zuletzt geprüft: 01/2020.

[17]Jauhiainen, J., Alm, J., Bjarnadottir, B., Callesen, I., Christiansen, J. R., Clarke, N., Dalsgaard, L., He, H., Jordan, S., Kazanavičiūtė, V., Klemedtsson, L., Lauren, A., Lazdins, A., Lehtonen, A., Lohila, A., Lupikis, A., Mander, Ü., Minkkinen, K., Kasimir, Å., Olsson, M., Ojanen, P., Óskarsson, H., Sigurdsson, B.D., Søgaard, G., Soosaar, K., Vesterdal, L. & Laiho, R. (2019): Reviews and syntheses: Greenhouse gas exchange data from drained organic forest soils – a review of current approaches and recommendations for future research. Biogeosciences Discussions.

[18] http://media.voog.com/0000/0037/1265/files/Heinsoo_Melts2019_Lisa3.pdf

[19] vt näit Teostatavusuuring. Märgalaviljeluse rakendamine Baltimaades. Koostajad: A. Haberl, J. Peters, J.-O. Salm ja W. Wichtmann. 2019

Lingid olulistele teabevahenditele ja osalevatele asutustele:

https://elfond.ee/teoksil/margalad/margalaviljelus-baltimaades

www.dss-torbos.de - taasmärjutatud soode haldamise otsustamise tugisüsteem

www.moorwissen.de - Infoplatvorm turbaalade ja turbaalade kasutamise kohta (paludiculture).

www.hnee.de/luthardt - Turbaalade seire töörühm HNE Eberswalde'is.

www.greifswaldmoor.de - Greifswaldi sookeskuse lehekülg.

www.ifab-mannheim.de - Agroökoloogia ja bioloogilise mitmekesisuse instituudi veebileht.

Käesoleva teabelehe koostamist toetasid:

EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Bundesamt für Naturschutz

NATIONALE KLIMASCHUTZ INITIATIVE