



2018

Inovatīvi tehnoloģiskie risinājumi niedru biomasas izmantošanai un to efektivitātes novērtējums

PĒTĪJUMA ATSKAITE

Rīgas Tehniskā universitāte
VIDES AIZSARDZĪBAS UN SILTUMA SISTĒMU INSTITŪTS

Pētījums "Inovātīvi tehnoloģiskie risinājumi niedru biomasas izmantošanai un to efektivitātes novērtējums" ir nodibinājuma "Latvijas Dabas fonds" (LDF) pasūtīts līgumdarbs LDF Eiropas Komisijas finansētā LIFE+ programmas projekta Nr. LIFE12 NAT/LV/000118 "Lielā dumpja biotopu atjaunošana divos piekrastes ezeros Latvijā" aktivitātes A.2 ietvaros.



SATURS

Summary	3
Ievads	5
1. Esošās situācijas novērtējums par niedru biomasas izmantošanu Latvijā	7
1.1. Niedres, to īpašības un nozīme dabā	8
1.2. Niedru resursa pieejamība	10
2. Potenciālo tehnoloģisko risinājumu izpēte no niedrēm iegūstamo produktu ražošanai nozaru griezumā.....	13
2.1. Enerģētika.....	13
2.2. Būvniecība.....	16
2.3. Citi produkti.....	22
3. No niedrēm iegūtu produktu tehnoloģisko risinājumu pārneses iespējas Latvijā. vides snieguma un tirgus analīze.....	26
3.1. Daudzkritēriju analīzes izmantošana Latvijai VISpiemērotākā produkta no niedrēm ražošanas noteikšanai	27
3.2. Daudzkritēriju analīzes rezultāti	35
3.3. No niedrēm iegūtu produktu tehnoloģisko risinājumu vides snieguma analīze	38
3.4. No niedrēm iegūtu produktu tehnoloģisko risinājumu tirgus analīze	48
3.5. Engures un Papes ezeru Niedru izmantošanas produktu ražošanai potenciālais novērtējums	53
4. Rekomendācijas niedru apsaimniekošanai un niedru biomasas izmantošanai tautsaimniecībā, ievērojot dabas aizsardzības prioritātes	61
Secinājumi	68
Izmantotā literatūra	70

SUMMARY

The research "Innovative technological solutions for the use of reed biomass and the assessment of their effectiveness" is contract work requested by the foundation "Latvian Fund for Nature" (LDF) within the European Commission LIFE+ programme project no. LIFE12 NAT / LV / 000118 "Restoration of bittern habitats in two coastal lakes in Latvia" under Activity A.2. The research was developed by the scientific staff of the Institute of Energy Systems and Environment (IESE) of the Riga Technical University through the application of theoretical, empirical and data processing methods.

The **aim** of this study is to carry out a feasibility study on the use of reed in the national economy, observing the priorities of nature conservation in Latvia.

To achieve the aim of the research, four main **tasks** were defined:

1. assessment of the current situation regarding the use of reed biomass in Latvia;
2. research of potential technological solutions for the production of reed products (including high value added products) by sector, based on scientific literature;
3. transferability of technological solutions of reed products in Latvia, analysis of environmental performance and the market;
4. recommendations for the use of reed biomass in the national economy for lake managers, local governments and entrepreneurs, taking into account priorities of nature conservation and the opinion of industry experts.

Based on the abovementioned tasks, the **issue** of the research is raised as follows: *What kind of products from reed have the potential to be produced in Latvia in order to comply with priorities of nature conservation?*

Within the study "Innovative technological solutions for the use of reed biomass and the assessment of their effectiveness", using the multi-criteria analysis TOPSIS method:

- **10 products have been evaluated** (reed roofing, thermal insulation panel of reed, sound insulation panel, composite material of reed (fossil binder), reed composite (with clay), bioethanol, biogas, solid fuel, paper and paperboard, activated carbon, extract), which are used in energy, construction sector and other industries, in order to determine which product, taking into account priorities of nature conservation, has the potential to be produced in Latvia.
- **11 indicators are selected**, which are grouped in engineering indicators (the state of manufacture of the product, the amount of resource use (%) in the final product, the complexity of the technological process, the possibility to replace so far used biomass with reed biomass to produce the concerned product), in the climate and environmental indicators (the amount of CO₂ emissions from the production process, the consumption of resources (energy, water, chemicals) in the production process of the product, the impact of the raw material extraction and production process on the environment (air, water, soil, living organisms), the impact of the product on human health and economic indicators (market outlet for the product, necessary investments for launching the product, value added of the product).

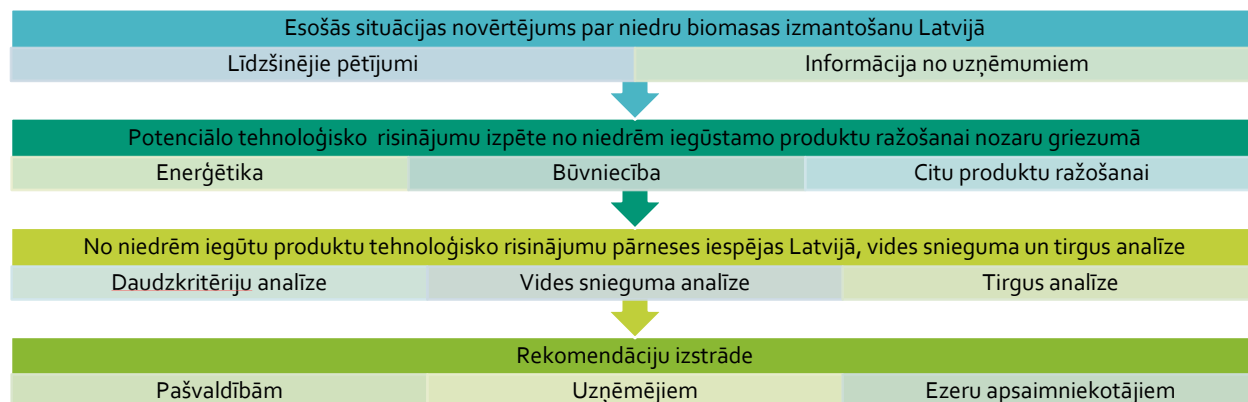
An in-depth analysis of the environmental performance and market has been performed for three reed based products: thermal insulation panel, composite material and extract. The results of the market analysis show that the thermal insulation panel is in the best position. Although the attractiveness of the market is not the highest, it has the potential for successful entry into the market. The study of environmental performance shows that the greatest impact on the environment is caused by the production of extract, but it should be noted that the added value of extraction per unit of output is considerably higher than the value of the thermal insulation material or composite material.

In the framework of this study, a case study was conducted for the lakes of Engure and Pape in Latvia for the evaluation of the potential for the production of reed products. During the research it was determined that the resources of Engure and Pape are sufficient to start cascading production of three different products - extract, thermal insulation panels and composite materials. In case of insufficiency of resources or during the warm season, when it is not possible to obtain appropriate reed biomass, a large proportion of the technology can be adapted to use other types of biomass for the production of similar products, thus the factory has the ability to ensure continuous operation, expand product range and outlet market.

IEVADS

Niedres līdz šim Latvijā ir uztvertas galvenokārt kā ekspansīvs augs, kura tālāka izplatība jāierobežo, lai saglabātu bioloģisko daudzveidību, nevis kā vērtīgs, līdz šim nepilnīgi izmantots un novērtēts bioresurss, kuru varētu izmantot dažādu produktu, tai skaitā produktu ar augstu pievienoto vērtību, ražošanai. Jautājumā par niedru ilgtspējīgu apsaimniekošanu un izmantošanu parādās tā divējādā daba – no vienas puses, dabas aizsardzības prasības, kas paredz niedru platību ierobežošanu, no otras, – uzņēmējdarbības intereses, kurās būtiskākais ir ekonomiskais pamatojums un resursa pieejamība ilgtermiņā. Tāpēc niedru apsaimniekošanas jautājums ir jāskata kā kompleksa sistēma, kurā viena darbība atstāj ietekmi uz otru, lai noskaidrotu kompromisa risinājumu ilgtspējīgai niedru izmantošanai tautsaimniecībā, ievērojot dabas aizsardzības prioritātes Latvijā.

Pētījums "Inovātīvi tehnoloģiskie risinājumi niedru biomasas izmantošanai un to efektivitātes novērtējums" ir nodibinājuma "Latvijas Dabas fonds" (LDF) pasūtīts līgumdarbs LDF Eiropas Komisijas finansētā LIFE+ programmas projekta Nr. LIFE12 NAT/LV/000118 "Lielā dumpja biotopu atjaunošana divos piekrastes ezeros Latvijā" aktivitātes A.2 ietvaros.



1.1. attēls. Pētījuma izstrādes metodikas algoritms.

Pētījuma **mērķis** ir veikt priekšizpēti par niedru izmantošanu tautsaimniecībā, ievērojot dabas aizsardzības prioritātes Latvijā.

Pētījuma mērķa sasniegšanai tika definēti četri galvenie **uzdevumi**:

5. esošās situācijas novērtējums par niedru biomasas izmantošanu Latvijā;
6. potenciālo tehnoloģisko risinājumu izpēte no niedrēm iegūstamo produktu (ieskaitot augstas pievienotās vērtības produktus) ražošanai nozaru griezumā, balstoties uz zinātnisko literatūru;
7. no niedrēm iegūtu produktu tehnoloģisko risinājumu pārneses iespējas Latvijā, vides snieguma un tirgus analīze;
8. rekomendāciju izstrāde ezeru apsaimniekotājiem, pašvaldībām un uzņēmējiem niedru biomasas izmantošanai tautsaimniecībā, ievērojot dabas aizsardzības prioritātes un nozares ekspertu viedokli.

Tāpēc par šī darba **pētāmo jautājumu** tiek izvirzīts: *Kādu produktu ražošanai Latvijā ir perspektīvi izmantot niedres, lai tiktu ievērotas dabas aizsardzības prioritātes?*

Pētījumā "Inovātīvi tehnoloģiskie risinājumi niedru biomasas izmantošanai un to efektivitātes novērtējums", izmantojot daudzkritēriju analīzes *TOPSIS* metodi, kurā iekļauti 11 indikatori, izvērtēti 10 produkti, kas izmantojami enerģētikas, būvniecības un citās nozarēs, lai noteiktu, kura produkta ražošana, ievērojot dabas aizsardzības prioritātes, Latvijā ir perspektīva. Novērtējumā ņemts vērā pasūtītāja (Latvijas Dabas fonda) ekspertu viedoklis par izvirzīto indikatoru būtiskumu. Šo pētījumu izstrādāja Rīgas Tehniskās universitātes Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūta (VASSI) zinātniskie darbinieki, izmantojot teorētiskās, empīriskās un datu apstrādes metodes.

1. ESOŠĀS SITUĀCIJAS NOVĒRTĒJUMS PAR NIEDRU BIOMASAS IZMANTOŠANU LATVIJĀ

Parasto niedru *Phragmites australis* (turpmāk tekstā – niedres) audzes Latvijā ir sastopamas teju katras ūdens krātuves piekrastēs, upju krastos, purvos un mitrājos, arī vietām pie jūras. Niedru un citu augu biomasas ķīmiskie sastāvi ir līdzīgi, un niedru siltumspēja ir salīdzināma ar dažādu biomasas resursu siltumspēju, kas pamato nepieciešamību izvērtēt niedru izmantošanas potenciālu enerģijas ražošanai. Iepriekš veikto pētījumu [1, 2, 3] tehniski ekonomiskajos pamatojumos ir secināts, ka niedres enerģijas ražošanai varētu iegūt no vairāk nekā 2000 Latvijā esošajiem ezeriem. Niedru stiebriem piemīt arī virkne citu īpašību, kas ļauj tās izmantot būvniecībā un citās tautsaimniecības nozarēs (lopkopībā, farmācijā, lietišķajā mākslā).

Šobrīd Latvijā veiksmīgi darbojas atsevišķi nelieli uzņēmumi, kas iegūst niedres kā jumta seguma materiālu un klāj māju jumtu segumus Latvijā un ārvalstīs, kā arī eksportē niedru jumta materiālu. No niedrēm veidoti jumtu segumi uzskatāmi arī par Latvijas kultūrvēsturisko mantojumu. Vēsturiski niedru stiebi kā jumta seguma materiāls tika izmantoti kā viegli pieejams lokāls resurss, un šādi jumta segumi ir raksturīgi ēkām, kuras būvētas ūdenskrātuļu tuvumā. Mūsdienās uz māju jumtiem atkal sāk klāt niedres, jo niedru stumbrs ir ciets, izturīgs pret mitrumu un saules iedarbību, gaisa kanāli stiebra iekšienē piešķir niedrei labas skaņu un siltumu izolējošas īpašības. Šī dabīgā materiāla īpašības ir konkurētspējīgas ar tirgū plaši pieejamajiem jumta segumu materiāliem, kas satur sintētiskus materiālus, atstājot negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi.

No niedrēm var darināt sētas un dekoratīvos žogus, paklājus, rotājumus, dizaina elementus un citus izstrādājumus. Būvniecībā niedres var izmantot ne tikai kā jumta seguma materiālu, bet arī siltumizolācijā un ēku konstrukcijā. Niedres var izmantot fitoremedācijā – piesārņoto teritoriju attīrīšanā, izmantojot augus.

Niedru izmantošanu tautsaimniecībā apgrūtina problēmas, kas saistītas ar niedru novākšanu, transportēšanu un žāvēšanu. Siltajā sezonā lielāko daļu niedru zaļās masas veido saistītais ūdens. Tā kā niedres aug ūdenī, to novākšanai ir nepieciešama specializēta tehnika. Sausām niedrēm ir salīdzinoši neliels blīvums (~200 kg/m³), tāpēc niedru transportēšana lielākos attālumos var neatmaksāties. Aukstajā sezonā niedrēs samazinās mitruma saturs, taču pēdējos gados, kad Latvijai ir raksturīgas siltas un mitras ziemas mitruma daudzums niedrēs var būt augstāks (>20 %). Vēl var neveidoties pietiekami biezs ledus slānis, lai būtu ekonomiski pamatoti novākt niedres. Šie faktori ierobežo niedru izmantošanu nozarēs, kur nepieciešamas sausas niedres.

Tomēr niedres nav tikai potenciālais resurss enerģijas vai produktu ražošanai. Niedru augšanas un vairošanās ātrums ir indikators, kas var liecināt par pārmaiņām apkārtējā vidē kopumā. Tāpēc, lai atrastu visefektīvāko niedru apsaimniekošanas modeli, ir jāizprot niedru īpašības un to nozīme dabā. Īpaši strauja niedru izplatība norāda uz nopietnām vides problēmām. Lai niedru apsaimniekošanas pasākumi būtu veiksmīgi, jānovērš cēloņi, kas veicina niedru augšanu.

1.1. NIEDRES, TO ĪPAŠĪBAS UN NOZĪME DABĀ

Niedres ir daudzgadīgs graudzāļu dzimtas augs, kas veido blīvas un plašas audzes. Niedrēm izšķir stiebru un sakneņus (rizomus). To stumbrs (stiebrs) ir apaļš, ar dobu vidu, stumbam ir mezgli un posmi. Lapas ir garas, šauras, maksts aptver stumbru, un tām ir paralēls dzīslējums. Ziedi ir sakopoti skarā. Auglis ir grauds (sauss viensēklas auglis) [4]. Niedres vairojas galvenokārt ar sakneņiem, kuri ūdenstilpēs atrodas ezera gultnes organisko nogulumu slānī. Sakneņu horizontālais garums var pārsniegt pat 10 metrus. Straumes var veicināt niedru izplatību, aiznesot niedru sakneņu fragmentus, kuri var iedzīvoties jaunās vietās [5]. Garie sakneņi intensīvi aug, līdz 3 cm dienā, un zarojas [6]. Krietni mazākos apjomos niedres vairojas arī ar sēklām [7].

Niedres virszemes un virsūdens stiebra daļa var izaugt 2–6metru augstumā (atkarībā no augšanas vides) [8], noēnojot citus augus un pakāpeniski samazinot lokālo augu daudzveidību. Niedru stiebi ir taisni, to diametrs var sasniegt 2 cm. Jāņem vērā, ka niedru stiebru kvalitāti ietekmē to augšanas vieta un apstākļi – sālsūdenī (piejūrā) augušām niedrēm ir lielāka mehāniskā izturība augstākas silīcija koncentrācijas dēļ.

Niedres ir spējīgas dzīvot dažādās vidēs, klimata zonās (kosmopolītiska izplatība), un tās ļoti labi adaptējas apkārtējās vides izmaiņām un var augt dažādās ekosistēmās un augu sabiedrībās, un dažādās to izplatības areāla daļās var būt sastopamas, mitrājos, piekrastes purvos, ezeros un upēs, pilsētās, citviet pasaulē arī kalnos, tuksnešos [9]. Sukcesijas procesa rezultātā ar niedrēm aizaug iekšējie ūdeņi, un niedru sadalīšanās rezultātā pakāpeniski niedru audzes nomaina krūmi un koki [10]. Pēdējo 150 gadu laikā niedru izplatība pasaulē ir paplašinājusies gan dabiskas, gan antropogēnās ietekmes rezultātā un vairums niedrāju veido blīvas monodominantas audzes [6]. Ezeros un upēs niedres kalpo kā dzīvotne un slēptuve zivīm un bezmugurkaulniekiem, niedres producē skābekli, kā arī ir barība augēdājiem.

Niedru horizontālo izplatību nodrošina sakneņi, no kuriem regulāros intervālos aug stiebi. Jaunais stiebrs ataug no sakneņa daļas. Aukstajā sezonā niedru stiebi atmirst. Niedres parasti neattīstās dziļās ūdenstilpnēs, kur nav izteiktas litorāles. Salīdzinot vienādos apstākļos augušas niedres, lielāka produktivitāte ir tām, kas augušas sekļā ūdenī (0,15 m) nekā, piemēram, dziļākā ūdenī (0,75 m) [11]. Ūdenstilpēs, kur ir sastopamas niedru audzes, to kopējais garums, pieaugot ūdenstilpes dziļumam, palielinās, jo dzīvības procesu nodrošināšanai jāuzņem pietiekami oglekļa dioksīds (CO₂), gaisma un saknes jāapgādā ar skābekli [12].

Antropogēnās ietekmes rezultātā radītās izmaiņas sedimentu un ūdens ķīmiskajā sastāvā (galvenokārt to sekmē lauksaimniecības zemju mēslošana un sekojoša barības vielu nonākšana gruntsūdeņos), var radīt labvēlīgu vidi niedru ieviešanai ekosistēmā, kur tās nav iepriekš bijušas [13]. Izmaiņas niedru daudzumā dabiskajā izplatības areālā var uzskatīt arī par ūdenstilpes veselības indikatoru. To pieaugums vai samazinājums ūdenstilpē var būt saistīts ar negatīvu ietekmi uz ūdenstilpi kopumā. Piemēram, niedru skaita samazināšanos var saistīt ar piesārņojumu ar herbicīdiem, taču straujš niedru biomasas pieaugums īsā laikā norāda uz bagātīgu biogēnu (barības vielu) daudzumu ūdenī. Uz niedru augšanu negatīvu ietekmi atstāj arī ūdenslīmeņa svārstības – ūdenslīmeņa paaugstināšanās to augšanas fāzē var palēnināt vai pat apturēt augšanu [14].

Niedru morfoloģija (uzbūve) un pielāgošanās spējas ļauj tām sekmīgāk konkurēt ar citiem mitrāju augiem par augšanai nepieciešamiem gaismas apstākļiem un barības vielām.

Niedru spēju izkonkurēt un ieņemt citu augu vietu nosaka šādas priekšrocības [15]:

- tās ar sakneņiem var sasniegt barības vielas tur, kur tās nav pieejamas citiem ūdensaugiem;
- niedru ģenētiski identiskie stieбри var būt savstarpēji savienoti ar sakneņiem, tādējādi veidojot vienotu augu, un nav zināms, cik liels un vecs niedru klons var izveidoties. Stieбри, kas atrodas augšanai nelabvēlīgos apstākļos, var saņemt barības vielas no sakneņiem;
- niedrēm ir vieglāk izdzīvot pie ūdenslīmeņa paaugstināšanās nekā citiem ūdensaugiem;
- paaugstināti slāpekļa daudzumi ūdens vidē it īpaši veicina niedru pozitīvu izplatību;
- CO₂ līmeņa paaugstināšanās atmosfērā veicina tādu augu, kuriem ir C₃ fotosintēzes ceļš, augšanu.

Eiropā ir konstatēta paaugstināta noturīgo organisko piesārņotāju [16] un smago metālu [17] klātbūtne sedimentos (ūdenstilpju nosēdumos: dūņās, trūdošajā biomasā). Cilvēku darbība ir paātrinājusi dabisko eitrofikāciju, kas uzskatāms par vienu no ūdenstilpes attīstības procesa posmiem, kad tā no oligotrofa, attīstoties dzīvības procesiem un pieplūstot biogēniem elementiem no sateces baseina, pārvēršas eitrofā, bet noslēgumā aizaug. Ja eitrofikācija noris dabiskos apstākļos, bez cilvēka iejaukšanās, tad ezeri eitroficējas ļoti lēni – ģeoloģiskās laika vienībās [18]. Ūdenstilpju eitrofikācija un ūdens ekosistēmu degradācija ir prioritāra vides problēma, kuras izpausmes ir vērojamas gan iekšējos ūdeņos, gan jūrā. Latvijā vairāk nekā 70 % ezeru atrodas dažādās eitrofikācijas stadijās. No Latvijas upju kopējās gada noteces tikai 44 % veidojas Latvijas teritorijā, bet 56 % tek no Lietuvas, Igaunijas, Baltkrievijas un Krievijas kopā ar šo valstu tautsaimniecības radīto piesārņojumu [19].

Eitrofikācija sekmē niedru augšanu. 33 Eiropas valstīs veiktajos pētījumos 1 170 000 mērījumu vietās 35 % no augsnes un gruntsūdeņu piesārņojuma veido smagie metāli [20]. Niedres uzņem ne tikai barības vielas no ūdenstilpes, bet arī piesārņojošus elementus. Niedres uzņem ūdenī izšķīdušo slāpekli (N) un fosforu (P) un arī jau minētos smagos metālus, tāpēc niedres var izmantot, lai attīrītu piesārņotu ūdens vidi no šiem elementiem, kuri pastiprināti ūdenstilpēs nonāk cilvēka iedarbības rezultātā. Niedres vislabāk uzņem barības vielas līdz 3 gadu vecumam, kad tās strauji aug [21].

Fitoremedācija ir piesārņojuma uzņemšana ar augu biomasas pieaugumu. Tā ir dabiska un rentabla tehnoloģija, kas pirmo reizi tika izstrādāta pagājušā gadsimta deviņdesmitajos gados. Pētījumos ir pierādīts, ka niedres ir efektīvas ilgtermiņa fitoremedācijai vietās, kur ir smago metālu piesārņojums [22].

Niedres netieši ietekmē slāpekļa ciklu, jo uz to saknēm mēdz augt noteiktas denitrificējošās baktērijas. Tās veicina suspendēto cieta vielu sedimentāciju, samazinot straumes ātrumu [23], kavē eroziju, stabilizējot augsnes [24]. Lai gan niedres izkonkurē citus augus, tās arī var veicināt biotopa daudzveidību, palielinot gan zivju, gan bezmugurkaulnieku daudzveidību [25].

Patlaban niedru izmantošanai tautsaimniecībā Latvijas apstākļos ir šādi pozitīvi aspekti:

- nav jākultivē (nav jāstāda un jāmēslo);
- aug ūdenstilpēs (vietas, kuras nav piemērotas citu kultūraugu ražošanai un nekonkurē ar pārtikas ražošanas nozari);
- niedru izmantošana tautsaimniecībā samazina CO₂ emisijas atmosfērā;
- attīra ūdenstilpju sedimentus no slāpekļa, fosfora un smago metālu satura, ja tiek novāktas pēc plaušanas.

Ja niedrēs netiek konstatēta paaugstināta nevēlamo ķīmisko elementu (smago metālu) klātbūtne, tad niedru vispārīgais ķīmiskais sastāvs ir atbilstošs, lai tās varētu izmantot kā energoresursu (tieša sadedzināšana, biometāna ražošana, gazifikācija, pirolīze) vai arī izmantot kā izejvielu produktu ražošanai. Vidēji no viena hektāra niedru var iegūt 40–60 t zaļmasas vai 4–18 t sausnas atkarībā no augšanas apstākļiem un ģeogrāfiskās lokācijas. Niedru svaigā zaļmasa satur ap 33 % celulozes (kokšķiedru), 11 % proteīnu, 2 % tauku, 45 % ogļhidrātu, >10 % minerālvielu, 1 % kalcijs un 0,3 % fosfora. Sausu niedru ķīmiskais sastāvs ir 46,5 % ogleklis (C), 6,2 % ūdeņradis (H), 40,7 % skābeklis (O), 0,1 % slāpeklis (N), 0,2 % sērs (S) un 0,4 % hlors (Cl) vasarā un 47,5 % ogleklis (C), 5,6 % ūdeņradis (H), 43,3 % skābeklis (O), 0,3 % slāpeklis (N), 0,04 % sērs (S) un 0,1 % hlors (Cl) ziemā [26, 27]. Salīdzinājumam sausas koksnes masa vidēji satur ap 50 % oglekļa, 4,2 % skābekļa, 6 % ūdeņraža, 1 % slāpekļa un 1 % veido citi elementi (kalcijs, kālijs, nātrijs, magnēzijs, dzelzs un mangāns).

1.2. NIEDRU RESURSA PIEEJAMĪBA

Niedres ir sastopamas visa pasaulē, izņemot Antarktīdu, bet to galvenā izplatības vieta ir Eiropa, Tuvie Austrumi un Amerika. 1995. gadā veikti aprēķini par niedru audžu platību paradīja, ka globālā platība veido ~10 miljonus hektāru [28]. 20. gadsimtā Eiropas mitrāju platība ievērojami samazinājās. Attiecīgi saruka arī platības, no kurām iegūt niedru ražu. Aptuveni divas trešdaļas no Eiropas mitrājiem tika zaudētas laika posmā no 20. gadsimta sākuma līdz 1995. gadam. Galvenie iemesli mitrzemju zaudēšanai bija lauksaimniecības zemju drenāžas intensificēšanās, upju gultņu izmaiņšana un taisnošana, ūdens pārmērīga lietošana un piesārņojums [29]. Turpretī klimata pārmaiņu rezultātā Eiropas rietumos pieaug ūdens platības, kas rada iespēju šajās platībās ieaugt niedrei, un tā dēļ arī palielinājies pieejamais niedru apjoms un šis resurss kļūs pieejamāks dažādu produktu ražošanai [30].

Edgara Čubara 2014. gadā publicētajā promocijas darbā "Niedru produktivitāti un biomasas īpašības ietekmējošo faktoru izpēte un to izmantošanas enerģijas ieguvei pamatojums" [27] ir novērtēta niedru resursu pieejamība Latvijā. Darbā tika analizētas niedru platības 129 dabiskajās un mākslīgajās ūdenstilpēs Latvijā. Atbilstoši pētījumā noteiktajiem kritērijiem – ūdenstilpes spoguļa laukums virs 100 ha un ezera kopējā aizauguma pakāpe ar niedrēm virs 3 % – par nozīmīgām niedru ieguvei Latvijā atzīstamas 116 dabiskās un mākslīgās ūdenstilpes. Konstatētā niedru platība veido ap 13 400 ha.

Niedru novākšanas laiks jāizvēlas saskaņā ar paredzamo niedru lietojumu. Tā kā vasarā niedrēm ir augsts mitruma saturs, šajā laikā bez papildu apstrādes tās ir piemērotas fermentācijai (piemēram, biogāzes ražošanai) un arī kā barība lopiem. Ziemas sezonā, kad stiebi ir atmiruši un sausi, tie ir piemēroti produktu ražošanai vai sadedzināšanai. Niedres, kas paredzētas būvniecībai, tai skaitā niedru jumtiem, Latvijas apstākļos novāc janvārī vai februārī, kad augsne ir sasalusi un ir izveidojusies ledus kārtā un niedres ir sausas un lapas nokritušas. Niedres ir iespējams iegūt tik ilgi, cik to ļauj pamatne, niedru pieejamais daudzums un laika apstākļi. Piemēram, niedres nevar ievākt ziemās, kad ir ļoti daudz sniega, ledus slāņa daudzums ūdenstilpēs ir nepietiekams, ir spēcīgs vējš vai sniegs [31]. Tomēr niedru sezonālo plāšanu publiskajos ūdeņos nosaka regulējošie akti – atkarībā no teritorijas plānot drīkst pēc putnu ligzdošanas. Plāšanai īpaši aizsargājamās dabas teritorijās ir nepieciešama Dabas aizsardzības pārvaldes atļauja. Plāšana un novākšana ziemā ievērojami mazina organiskā materiāla nonākšanu ūdenī, krasta zonā un mazina vienlaidu niedrāju tālāku izplešanos, taču nemazina niedru ataugumu gadu no gada. Lai samazinātu niedrāju platību, to plāšana ir jāveic agrā vasarā [31]. Niedru plāšanai ir pieejama dažāda tehnika.

Pieejamo niedru resursu izmantošanai vislielākās problēmas rada tieši niedru ražas ieguves sezonālitate, jo niedres aug vietās, kur ir apgrūtināta piekļuve gan sauszemes, gan arī ūdens transportam (sauszemes teritorijas parasti ir purvainas (atrodas upju, ūdenstilpju piekrastēs), tāpēc transportēšanas tehnikai ir risks iegrīmt). Paaugstinoties ikgadējām gaisa temperatūrām, Latvijā pēdējo gadu laikā ziemas pļaušanas ir stipri apgrūtinātas vai pat neiespējamās, jo ūdenstilpes nav aizsalušas vai ledus ir pārāk plāns.

SIA "Piekrastei.lv", kas nodarbojas ar ūdenstilpju apsaimniekošanu, pārstāvji skaidro, Latvijā vasarās niedru pļaušanu var iedalīt kā pļaušanu ūdenī un pļaušanu uz sauszemes. Niedru pļaušana ir pieprasīta, gan lai uzlabotu piekļūšanu ūdenstilpēm un peldvietām un estētiski uzlabotu to stāvokli, gan lai samazinātu niedru audžu platības un tā rezultātā palielinātu sugu bioloģisko daudzveidību. Sauszemes teritorijas pļauj vienu reizi gadā vairākus gadus pēc kārtas, lai samazinātos niedru blīvums un izplatība. Ūdenī pļaušanu vēlamā veikt 2–3 reizes sezonā, pļaujot zem ūdens līmeņa (ņemot vērā iespējamās līmeņa svārstības) un novācot nopļauto, lai mazinātu barības vielu no nopļautam niedrēm atkārtotu nonākšanu ūdenī. Tad niedru daudzums var būtiski samazinās.

Oskars Kuršs kopā ar domubiedriem 2017. gadā piedalījās jaunradīto un īstenoto jauniešu biznesa projektu konkursā "Radām novadam" ar ideju "Zelta niedre" par Ušuru ezera niedru izmantošanu enerģijas un produktu ražošanai. Oskars Kuršs akcentē galvenās problēmas: "Jāatrisina niedru pļaušanas, novākšanas un pirmapstrādes (šķirošana, uzglabāšana) problēmas. Gan vasarā, kad niedru stiebrī aug, gan ziemā, kad niedres ir pārkoksnējušās, niedru pļaušana ir tehnoloģiski sarežģīta. Novāktajām niedrēm ir augstas transporta izmaksas. Specializētās pļaušanas un šķirošanas iekārtas, kā arī atkarība no laika apstākļiem sagādās izaicinājumus jebkuram uzņēmējam. Tāpēc ir nepieciešamas pavisam lokāliem apstākļiem pielāgojamas tehnoloģijas. Rokas instrumentu izmantošana manuālā niedru novākšanā ir laikietilpīga un pagaidām ekonomiski neizdevīga."

Lai netiktu negatīvi ietekmētas niedru audzes un tajās mītošie dzīvie organismi, nav ieteicams ik gadu iegūt vairāk par 50 % no kopējiem niedru apjomiem. Tātad praktiski izmantojamās niedru audžu platības Latvijā veido ap 6460 ha gadā un iegūstamais biomasas daudzums veido ap 32000 t niedru sausnas gadā. Reālais niedru biomasas energopotenciāls Latvijā ir ap 150 GWh siltumenerģijas gadā. Katrā ūdenstilpē aizaugšanas intensitāte ir dažāda. Pētāmajos ezeros tās pieaugums variēja no 0 % līdz 1,32 %, tātad niedres ir ilgtspējīgs resurss, un niedru platībām ir tendence palielināties.

Niedru izmantošanas iespējas tautsaimniecībā, kā arī niedru resursu pieejamības aspekti Latvijā ir atrodami šādos Latvijā veiktos pētījumos un publikācijās:

- COFREEN (publicēts 2013. gadā) – starptautisks projekts (Somija, Igaunija, Latvija), kura ietvaros ir publicēta tīmeklī pieejama rokasgrāmata "Guidebook of Reed Business" un videomateriāli, kuri apraksta niedru īpašības, to izmantošanas iespējas: celtniecībā kā ēkas jumta materiālu, siltumizolācijas materiālu un būvniecības materiālu; enerģijas ražošanā kā kurināmo un biogāzes ieguvei; dekoratīvajos un rokdarbu materiālu [32];
- Dr. Edgara Čubara 2014. gadā publicētajā promocijas darbā "Niedru produktivitāti un biomasas īpašības ietekmējošo faktoru izpēte un to izmantošanas enerģijas ieguvei pamatojums" [27] ir novērtēta niedru resursu pieejamība Latvijā un veikts enerģijas ražošanas no niedrēm tehniski ekonomiskais aprēķins;

- Edgars Repsa, Eriks Kronbergs, Mareks Smits "Compacting Mechanisms of Common Reed Particles" (2011) publikācija niedru brikešu izgatavošanu, niedru daļiņu izmēru ietekmi uz briketes blīvumu un briketes presēšanā patērēto enerģiju [33];
- Andris Kronbergs, Eriks Kronbergs, Ritvars Rozinskis "Size Reduction of Common Reeds for Biofuel Production" (2012) publikācija par sasmalcinātu niedru blīvuma palielināšanu un vienmērīga blīvuma iegūšanu [34];
- Eriks Kronbergs, Mareks Smits "Cutting Properties of Common Reed Biomass" (2009) publikācija par niedru smalcināšanu [35];
- Vilis Dubrovskis "Biogas Production Potential from Reeds" (2012) publikācija par biogāzes ražošanas no niedrēm potenciālu [26].

2. POTENCIĀLO TEHNOĻĪSKO RISINĀJUMU IZPĒTE NO NIEDRĒM IEGŪSTAMO PRODUKTU RAŽOŠANAI NOZARU GRIEZUMĀ

Lai noskaidrotu kādus produktus iespējams ražot no niedru biomasas, veikta apjomīga zinātniskās literatūras analīze, no kuras var secināt, ka arī citur pasaulē niedres nav plaši izmantots bioresurss. Visvairāk tas joprojām tiek izmantots sen zināmiem mērķiem – jumtu segumu veidošanai un amatniecībai. Tomēr pastāv arī citi risinājumi. Šīs nodaļas turpinājumā apkopota informācija, par perspektīvākajiem niedru biomasas produktiem, kurus potenciāli varētu ražot Latvijā. Sīkāk netiek aplūkoti amatnieku izstrādājumi no niedrēm (piemēram, niedru paklāji, puzuri, dekori utt.), jo tā ir neatņemama mūsu kultūras sastāvdaļa, bet vismaz šobrīd nav ekonomiska pamatojuma apgalvot, ka šādu produktu ražošana būtu perspektīva lielākos mērogos.

Atlasītie produkti iedalīti trīs grupās nozaru griezumā: enerģētika, būvniecība un citi produkti. Iekļauti gan inovatīvi produkti, gan sen zināmi, kā arī produkti ar augstu pievienoto vērtību un tādi, kas atrodas laboratorijas izpētes stadijā.

2.1. ENERĢĒTIKA

2.1.1. Etanols

Etanols ir visplašāk pazīstamais organiskais savienojums spirta grupā. To izmanto pārtikā kā šķīdinātāju, antiseptiķi un degvielu. Ir vairāki iespējamie atjaunojamie dabas resursi, no kuriem var iegūt etanolu, tai skaitā arī no niedru biomasas. Etanolu iespējams iegūt no jebkura ogļhidrātu avota [36], taču to var iegūt arī no koksnes, kur sākumā ir jāiegūst celuloze un tikai tad, celulozi hidrolizējot ar skābi, var iegūt glikozi, no kā iegūst etanolu [37]. No atjaunojamiem enerģijas resursiem iegūtais etanols tiek izmantots arī kā alternatīva degviela autotransporta nozarē un kurināmais enerģētikas sektorā [38], [39].

Etanols, kas iegūts no niedrēm, vēl joprojām ir izpētes stadijā, un ir tikai viens piemērs Somijā, kur no niedrēm ražo etanolu rūpnieciskos apmēros [38]. Etanola ražošanu no niedrēm varētu komercializēt plašākā līmenī, ja tiks ieviesta nepieciešamā bioenerģijas politika – vai nu subsidējot to, vai palielinot cenu enerģijai, kas tiek iegūta no neatjaunojamajiem resursiem. Tāpat komercializāciju var veicināt atbalsta mehānismi, kas saistīti ar izmantoto bioresursu (šajā gadījumā – niedru) tālākas izmantošanas nodrošināšanas nepieciešamību. Šāds finanšu instruments nodrošinātu to, ka augošās niedres ir jānovāc un tālāk atbilstoši jāutilizē, piemēram, jāizmanto produkta ražošanai vai jāsadedzina [38]. Arī efektīvāki tehnoloģiskie risinājumi un metožu attīstība var stimulēt etanola ražošanu no niedrēm [36]. Piemēram, Somijā no niedrēm (celulozes) iegūtā etanola ieguve balstās uz valsts subsidijām [40].

Ja etanolu ražo, izmantojot niedrēs esošo celulozi, tad vispirms celulozi pārstrādā cukurā, pēc tam raudzē un destilē [36]. Šādā tehnoloģiskajā procesā ir nepieciešama niedru pirmapstrāde. To var veikt, piemēram, apstrādājot stumbrus ar paaugstināta spiediena tvaiku, hidrodinamisko kavitāciju (šķidrums nepārtrauktības pārrāvums liela lokālā ātruma dēļ), hidrolīzi ar skābi [30], [41]. Hidrodinamiskās kavitācijas pētījumos konstatēts, ka optimāla pirmapstrāde ir ar 3,0 % NaOH ūdens šķīdumu, 11,8 % biomasas (niedru) un apstrādes laiku 42 min. Šādos apstākļos tika iegūta maksimālā glikozes

produktivitāte – 326,5 g/kg biomasas. Pēc vienlaicīgas saharifikācijas un fermentēšanas var iegūt etanolu ar koncentrāciju ~26 g/l, kas atbilst 90 % no teorētiskā iznākuma [42]. Vienlaicīgas saharifikācijas un fermentēšanas procesā var iegūt lielāku etanola daudzumu. Tehnoloģiski tas izskatās šādi: iekārta sastāv no rezervuāra un nerūsējošā tērauda cilindriskā kavitācijas reaktora, kas ir savienots ar centrālās sūkni, kura jauda ir 1,5 kW. Augšējā un nākamā līmeņa spiedienu saglabā attiecīgi 0,6 MPa un 0,06 MPa, kā rezultātā sārma šķīdums tiek nepārtraukti pārvietots pa kavitācijas zonu [42].



2.1. attēls. Etanola ražošanas shēma.

Kā jau tika minēts iepriekš, etanola ieguve no niedrēm vēl ir izpētes stadijā, tamdēļ ir jāatrod risinājumi, kas samazinātu resursa ieguves, transporta un priekšapstrādes izmaksas. Iegūstamais etanola daudzums no vienas tonnas niedru sausnas ir enerģētiski ekvivalents 153 l etanola (3228 MJ enerģijas). Pētījumos par niedru etanola kopējām ražošanas izmaksām konstatēts, ka resursa ieguve veidoja 2387 eiro/ha, bet iegūtās enerģijas vērtība, balstoties uz 2010. gada enerģijas cenām, bija 1151 eiro/ha [36].

Etanola ražošanas no niedrēm ietekme uz klimata pārmaiņām un vidi ir neviennozīmīga. No vienas puses, ir nepieciešama enerģija niedru biomasas priekšapstrādei, kas paaugstina ietekmi uz vidi. Tomēr niedru biomasa ir CO₂ neitrāls resurss. No otras puses, ražošanā tiek izmantots plaši izplatīts augs, kas ūdenstilpes var attīrīt no biogēnajiem elementiem un samazināt eutrofikāciju. Turklāt niedru audzes retināšana var palielināt bioloģisko daudzveidību. Vides problēmu saasināšanās, kas saistītas ar ūdenstilpes buferespēju, varētu aktualizēties tad, ja niedru apsaimniekošana (pļaušana) ļoti intensificētos [36, 30]. Ir nepieciešami papildu aprites cikla novērtējumi (no angļu valodas – *life cycle assessment*), lai precizētu no niedrēm iegūta etanola ietekmi uz vidi Latvijas apstākļos.

2.1.2. Biogāze

Biogāze ir biokurināmais, ko iegūst, izmantojot anaerobo fermentāciju, kuras laikā dažāda veida biomasa (substrāts) bezskābekļa vidē mikroorganismu iedarbības rezultātā tiek pārvērsta galvenokārt CH₄ (metānā) un CO₂. Kā substrātu var izmantot, piemēram, vircu, notekūdeņu dūņas, liellopu un putnu mēslus, zivju pārstrādes atlikumus (zema C/N attiecība), salmus un kultūraugu atlikumus (augsta C/N attiecība) [43]. Iegūto biogāzi attīrot no piemaisījumiem, var iegūt metānu, kuru var izmantot, lai aizstātu fosilos kurināmos – siltuma, enerģijas vai degvielas vajadzībām.

Biogāzes ieguvei parasti neizmanto tikai vienu substrātu, tādēļ niedres ir viens no daudziem substrātiem, kuru var izmantot [44]. Niedru sastāvs ir ļoti līdzīgs salmiem, kas ir populārs substrāts. Taču limitējošie niedru izmantošanas apstākļi ir nedaudz augstāks celulozes saturs un daudz augstāka silīcija koncentrācija nekā salmiem [45]. Pētījumos par niedru komercializācijas dzīvotspēju ir teikts, ka esošajos apstākļos biogāzes ieguve no niedrēm kā pamatsubstrāta ir riskanta priekšapstrādes tehnoloģiju un lielo investīciju dēļ [46].

Biogāzes ražošanai vasarā pļautās niedres tiek sasmalcinātas un veikta to priekšapstrāde ar izvēlēto metodi (termiskā, mehāniskā, bioloģiskā priekšapstrādes metode). Tad šis substrāts tiek ievietots biogāzes reaktorā, kur mikroorganismi to anaerobās fermentācijas procesā pārvērš biogāzē. Biogāzes ražošanas atlikumi ir digestāts, ko var izmantot par mēslojumu vai atbilstoši utilizēt [40]. Izmantojot anaerobo fermentāciju, laboratorijas līmeņa pētījumos konstatēts, ka no 1 kg sasmalcinātu niedru var iegūt 0,4–0,5 m³ biogāzi ar 55–60 % metāna sastāvu. Ir nepieciešami papildu pētījumi par priekšapstrādes metožu izmantošanu un ražošanas mērogu palielināšanu [34].



2.2. attēls. Biogāzes ražošanas shēma [47].

Kopumā biogāze ir atjaunojamais energoresurss, kas spēj veiksmīgi aizstāt gan fosilos energoresursus, gan degvielu.

2.1.3. Tiešā sadedzināšana

Tiešā sadedzināšana ir materiāla sadedzināšana kurtuvē vai katlā, un to var izmantot gan individuālās ēkās, gan koģenerācijas stacijās [46]. Tiešajai sadedzināšanai paredzētās niedres tiek ievāktas aukstā laikā ziemā, kad tajās ir zemākais mitruma saturs. Ziemā ievāktajām niedrēm ir zemāks pelnu sastāvs, kas nozīmē mazāk pelnu nogulšņu un samazinātu katla korodēšanu [48]. Niedres, tāpat kā jebkuru biomasu, var dedzināt, taču līdzšinējie pētījumi, kas apskata niedru izmantošanas rentabilitāti nonāk pie secinājuma, ka ieņēmumi no sadedzināšanas (siltuma ieguves) nesedz ražošanas izmaksas. Niedru (biomasas) iegūstamais enerģijas apjoms ir galvenais faktors, kas nosaka siltuma ieguves rentabilitāti [48].

Tiešā sadedzināšana ir plaši izmantota pasaulē, tomēr pārsvarā tiešajai sadedzināšanai izmanto koksnes biomasu, kas arī uz šo brīdi ir viens no ekonomiski izdevīgākajiem materiāliem. Igaunijā koksnes skaidas tiek sadedzinātas kopā ar niedrēm – enerģijas cena ir 12–20 eiro/MWh. No niedrēm un koksnes var taisīt granulas, kuras izmanto tiešajā sadedzināšanā [49]. Pētījumos Serbijā par potenciālo enerģijas iegūšanu no niedru biomasas tika konstatēts, ka Serbijas reģionā Vojvodinā ir iegūstams 2,0 kg/m² sausnas gadā, t. i., gada produkcija ir 20 t/ha sausnas masas [30]. Iegūtais sadegšanas siltums ir 18,92 MJ/kg niedru [30].

Pēc novākšanas niedres sagriež un saspiež ķīpā (sapresētas apaļā formā). Tad tās tiek uzglabātas pļavas vai lauka malā, pirms tiek transportētas tālāk. Pēc transportēšanas posma var veikt pirmapstrādi, kas nozīmē, ka var iegūt niedres ar mitruma sastāvu līdz 10 %, ja tās vienkārši tiek žāvētas ar gaisa palīdzību [50]. Ķīpas tiek sadedzinātas sadedzināšanas iekārtās, kas paredzētas siltuma (un lielas jaudas diapazonā arī elektroenerģijas) ražošanai [46]. Tiešās sadedzināšanas procesa shēma ir redzama 2.3. attēlā. Niedru sadedzināšanas rezultātā jau rodas iepriekš minētie pelni. Pelnus atkarībā no to sastāva ir iespējams izmantot cementa vai mēslojuma ražošanā. Atkarībā no tā, kurā gada periodā ir ievāktas niedres, mainās pelnu sastāvs un daudzums. Vismazākais pelnu daudzums ir ziemā novāktajām niedrēm [46].



2.3. attēls. Tiešās sadedzināšanas shēma.

Par tiešo sadedzināšanu var uzskatīt arī niedru granulu dedzināšanu. Tomēr relatīvi augstās silīcija koncentrācijas dēļ granulēšanas iekārtā ir jāizmanto speciāls metāls (cietāks par silīciju), lai veiksmīgi varētu ražot granulas un silīcijs, kas atrodas niedrēs, nebojātu granulu ražošanas iekārtu un tai būtu ilgāks kalpošanas laiks. Tāpat arī vajadzētu biežāku spiedogu granulēšanas procesā, lai apstrādātu niedres, tādā veidā palielinot kompresiju, lai saspiestu vairāk lignīna un iegūtu kvalitatīvāku produktu. Spiedoga biežums, presēšanas laiks, presēšanas temperatūra un spiediens palīdzēs uzlabot niedru granulu kvalitāti, un nav jāpievieno papildu saistvielas [51]. Granulu kvalitāti var uzlabot, sajaucot niedres ar koksnes skaidām. Granulām niedres tiek samaltas, tad tiek izveidotas granulas, kuru lielums ir no 5 mm līdz 30 mm, iekļaujot vai neiekļaujot saistvielas. Somu pētījumā par niedru izmantošanu konstatēts, ka vislabāk ražot granulas, pievienojot kūdras [48]. Tādā veidā tiek uzlabota granulu mehāniskā izturība, vienlaikus uzlabojot sadegšanas īpašības. Vadošais Somijas granulu uzņēmums "Vapo" apsver ideju paplašināt izmantoto resursu apjomu, izmantojot savā ražošanā niedres. "Vapo" ir testējis niedru granulas, kurās papildus ir pievienotas koksnes skaidas. Toties cits uzņēmums "Voyri" ir secinājis, ka tradicionālo granulu ražošanā var pievienot līdz pat 50 % niedru, ja ražošanā izmanto modernas tehnoloģijas [52].

Niedru izmantošana enerģētikā, aizstājot fosilo kurināmo, samazina atmosfērā emitētos CO₂ emisiju apjomus, tomēr ir jāpievērš uzmanība salmu dedzināšanas rezultātā emitētajām cietajām daļiņām (PM₁₀ un PM_{2.5}), kā arī pelnu apsaimniekošanai.

2.2. BŪVNIECĪBA

2.2.1. Niedru jumta segums

Parasto niedri *Phragmites australis* jau vēsturiski izmanto niedru jumtu darināšanā. Niedru izmantošana jumtu segumos ir visplašākā niedru izmantošanas nozare Eiropā. Niedrēm kā jumtu darināšanas materiālam ir vairāku tūkstošu gadu ilga vēsture.

Pārskata pētījumā par Eiropas niedru tirgu ir minēts, ka tradicionāli niedres kā jumtu veidošanas materiāls tiek izmantotas Beļģijā, Dānijā, Francijā, Vācijā, Nīderlandē, Polijā un Apvienotajā Karalistē. Kā citas valstis tiek minētas Austrija, Igaunija, Ungārija, Īrija, Latvija, Lietuva, Luksemburga, Rumānija un Zviedrija. Produkta mērķauditorija galvenokārt ir privātpersonas, kuras būvē jaunas mājas vai maina jumta segumu [53].

Valstis, kas importē niedres jumtu darināšanai, ir Nīderlande, Vācija, Apvienotā Karaliste, Dānija, Beļģija, Somija, Īrija un Luksemburga. Augstā pieprasījuma un zemā piedāvājuma dēļ kopš 1990. gada importa īpatsvars ir palielinājies niedru patērējošās valstīs. Mazo piedāvājumu ir noteikušas Rietumeiropas valstu dabas aizsardzības prasības, kas ierobežo ražas ievākšanu, un nepietiekama niedru kvalitāte, ko izraisa ūdens daudzuma samazināšanās un piesārņojuma palielināšanās, kā arī lielās niedru novākšanas izmaksas. Citas Eiropas valstis, kas izmanto niedres jumtu segumu veidošanai, ir Čehija, Francija

(reģionāli) un Zviedrija [53]. Valstis, kas eksportē niedres, ir Ungārija, Ķīna, Turcija, Rumānija, Polija, Austrija, Igaunija, Latvija un Lietuva [53]. Eiropa ir vislielākais niedru tirgus pasaulē. Kopējais patēriņš ir vismaz 7 miljoni kūlīšu, kas ir vienāds ar 29 400 tonnu niedru (pieņemot, ka vidējais kūlīša svars ir 4,2 kg) [53].

Niedru cena gadu no gada mainās, un tā ir atkarīga no daudziem dažādiem faktoriem, piemēram, laikapstākļiem, darbaspēka izmaksām, transportēšanas attāluma, kvalitātes un izcelsmes. Cenu nosaka arī tas, uz kuru valsti niedru kūlīši tiek eksportēti, piemēram, visaugstākās gala patēriņa cenas ir Nīderlandē un Vācijā. Parastā standarta cena par kūlīti ir 2–3 eiro [53]. Klājuma izmaksas (materiāls un darbaspēks) ir aptuveni 38 eiro/m² Igaunijā [54], 54–93 eiro/m² Apvienotajā Karalistē [55], 70–90 eiro/m² Nīderlandē [56], 80–90 eiro/m² Somijā, 2007 [57], 75–103 eiro/m² Vācijā [58], 186 eiro/m² Īrijā [59] un Latvijā aptuveni 45 eiro/m² [60, 61, 62].

Augstas kvalitātes jumta materiāla iegūšanai izmanto taisnas, plānas, elastīgas un stingras viengadīgo augu daļas, kas tiek nogrieztas tieši virs pamatnes, jo šī auga daļa ir visizturīgākā, nodrošinot ilgāku jumta dzīves ilgumu [55].

Pieļaujama mitruma saturs ne vairāk kā 18 % tiek nodrošināts, ievācot niedres ziemā, kad tās ir dabiski izžuvušas vēja, sala un saules iedarbības rezultātā. Vecie un īsie kāti, kā arī citi atlikumi (citu augu vasas daļas) ir jāatdala. Kopējās atlikumu apjoms var veidot 50 % no biomasas. Sliktas kvalitātes niedru izmantošana ir viens no iemesliem priekšlaicīgai jumta funkciju zaudēšanai [63].

Niedru kūlīša izmērs dažādās valstīs ir atšķirīgs. Parastais diametrs ir 60 cm (tā saucamais "eiro saišķis"), kamēr, piemēram, Nīderlandē sastopams 55 cm izmērs. Atkarībā no stumbra diametra niedres var iedalīt smalkās (<6 mm) vidējās (3–9 mm) un rupjās (6–12 mm) niedrēs [64]. Savukārt pēc garuma tās var iedalīt īsās, vidējās un garās. Atkarībā no saišķa garuma tie var būt piemēroti dažādām niedru jumtu daļām vai veidiem. Atkarībā no produktivitātes kūlīšu izmēra un kvalitātes no hektāra ir iespējams ievākt no 250 līdz 1000 kūlīšiem [65, 66]. 30 cm biežam jumtam ir nepieciešami apmēram 11 saišķi uz vienu kvadrātmetru [55, 67], tādējādi jumtus, kuru laukums ir mazāks par 100 m², var ieklāt, izmantojot ražu no viena hektāra [67]. Atkarībā no saišķa izmēra un mitruma satura viena tonna niedru ir no 160 līdz 220 kūlīšu (2,5–6,2 kg vienā kūlītī) [68]. Niedru kūlīšu transportēšanai izmanto galvenokārt autotransportu.

Augstas kvalitātes niedru kūlītis ir gaiši dzeltens, taisns un ciets (nav trausls), vidējais garums ir ~ 200 cm un vidējais niedru diametrs ir 5–6 mm. Balstoties uz šiem parametriem, niedru materiālu var iedalīt četrās kategorijās, sākot no visaugstākās kvalitātes niedrēm līdz niedrēm, kas nav piemērotas siešanai kūlīšos.

2.1. tabula. Niedru kūlīšu kvalitātes klases (izmantošanai jumtu segumos) [69], 70]

Klase	Vidējais garums (cm)	Stiebru pamatnes diametrs (mm)	Sastāvs
1. klase (augsta)	<200	5–6	Bez veciem niedru kātiem, citu augu stumbriem.
2. klase (laba)	200–220	5–6	Satur nelielu piejaukumu sliktas kvalitātes materiāla.
3. klase (apmierinoša)	200–220	3–9	Satur būtisku daudzumu sliktas kvalitātes materiāla.
4. klase (slikta)	–	3–12	Sliktas kvalitātes materiāls – dažāda garuma un diametra, ar citu augu piemaisījumiem.

Pirmās klases niedru materiālam jābūt strukturāli viendabīgam, ne augstākam kā 2 m, ar pamatnes stiebru diametru 5–6 mm, rupjam un taisnam, bez veciem niedru kātiem, citu augu stumbriem utt. Otrā klases (labā) niedru materiāls var būt arī nedaudz vairāk kā 2 m garš un satur sliktas kvalitātes materiālu, bet ne pārmērīgu daudzumu. Pārāk augstu vai pārāk biezu, vai ļoti sliktas kvalitātes nevar izmantot kūlīšu siešanai, un tā ir ceturta kategorija (sliktā). Materiālu, kas ir starp otro un ceturto klasi, klasificē kā apmierinošu, un tas pieder trešajai klasei. Labas kvalitātes niedres, kas pārsniedz divus ar pusi metrus, izmanto niedru paklājos [69]. Niedru jumtu ieklāšana ir sarežģīts process, kas prasa daudz zināšanu. Mūsdienās lielāko daļu būvniecībā izmantojamo niedru ievāc ar mašīnām (kombainiem), jo salīdzinājumā ar rokām ievāktajām niedrēm efektivitāte ir simtiem reižu augstāka. Kombainu efektivitāte variē, un to izmērs nosaka strādājošo cilvēku skaitu. Kā jau minēts, viena niedru kūlīša diametrs ir ap 60 cm, atkarībā no prasībām, tas ir 100–220 cm garš. Tie tiek sasieti kopā divās vietās – viena 10 cm un otra 50 cm no kūlīša apakšas. Niedres, kas neatbilst augstāk minētajiem kvalitātes standartiem, tiek atstātas, jo tas ietaupa laiku un naudu [31]. Ja niedres tiek ievāktas ar kombainu, tad savāktie kūlīši tiek transportēti uz noliktavu, atsieti vaļā, šķīroti un tīrīti – attīrītas lapas, īsās niedres un citi piemaisījumi. Niedres var šķīrot un siet kvalitatīvos kūlīšos uz vietas. Lai ērti uzglabātu un transportētu niedru kūlīšus, tos saliek lielos ruļļos un sastiprina kopā ar tērauda lentu. Niedru kūlīšus iepako pa 25 vai 50 vienā rullī, kura diametrs var sasniegt 230–250 cm. Uzglabāšanas laikā sešus ruļļus var glabāt vienu uz otra. Sagatavotos niedru kūlīšus gadiem var uzglabāt sausā un labi vēdinātā noliktavā. Niedru kā jumta seguma materiāla kvalitāti ietekmē: niedres augšanas vieta, laikapstākļi niedru augšanas un novākšanas brīdī, novākšanas tehnoloģija, šķirošanas kvalitāte, žāvēšana un uzglabāšana un arī uzstādīšanas kvalitātes [70].



2.4. attēls. Niedru jumtu seguma ražošanas shēma.

Niedru jumta ietekme uz cilvēku uzskatāma par neitrālu, jo produktā izmantotie materiāli ir inerti. Tradicionāla niedru jumta kā produkta sastāvā ir metāls un niedres. Produktu sastāvā nav ķīmisku savienojumu, kuru nonākšana vidē varētu radīt piesārņojumu un kaitēt dzīvajiem organismiem. Niedru jumtā pēc tā lietošanas beigām ir iespējams pārstrādāt tur esošo metālu. Šis produkts uzskatāms par ekoloģisku, un produkta ražošana samazina ietekmi uz klimata pārmaiņām, jo niedres augot procesā darbojas kā CO₂ uzkrājējmateriāls [70].

2.2.2. Niedru siltumizolācijas panelis

Siltumizolācijas paneļu veidošanai izmantojamās niedres, tāpat kā niedru jumtiem paredzētās, ievāc ziemas sezonā. Tās sasienu paneļos, izmantojot tērauda vai neilona auklu (2.5. attēls). Lai gan tirgū ir pieejami atsevišķi niedru paneļu ražotāji, niedru siltumizolācijas materiālu uzskata par netradicionālu (izplatīts vienīgi reģionos, kur materiāls ir plaši pieejams (Austrumeiropā)). Siltumizolācijas paneļus dažāda biezuma konfigurācijās izmanto jumtu siltumizolācijai, kā sienu iekšējo vai ārējo izolāciju, kas tiek vai netiek pārklāta ar apmetumu. Niedru paneļa siltumvadītspēja ir robežās no 0,045 līdz 0,056 W/mK (akmens vatei 0,036 W/mK), blīvums robežās no 130 līdz 190 kg/m³, [71]. Niedru siltumizolācijas paneļu mērķa tirgus ir ekoloģisko māju būvniecības sektors.



2.5. attēls. Niedru siltumizolācijas un skaņas izolācijas paneļa paraugs [72].

Niedrēm piemīt labas paneļu veidošanas īpašības, jo tām ir augsta tilpuma attiecība pret svaru un augsts gaisa saturs, kas padara to ne tikai par sliktu siltuma vadītāju, bet arī par sliktu mitruma vadītāju un skaņas izolatoru [49]. Tādējādi niedru paneļi uztur labu iekštelpu klimatu gan ziemā, gan vasarā. Paneļus piestiprina pie sienas, un tos var pārklāt ar cementu vai mālu [49].

Paneļu veidošanai var izmantot niedres, kuru kvalitāte ir zemāka (2.–4.klase) nekā jumta segumam. Biezie, garie, sausie stublāji ir jāattīra, tad tie tiek saspiesti un sapīti kopā ar auklu dažādos biežumos tā, ka paneļus var sagriezt līdz nepieciešamajam garumam. Standarta izolācijas paneļi tiek satīti kopā ar 2 mm auklu, un tie ir 2–5 cm biezi, un to izmēri var būt dažādi, piemēram, 1,25 x 1 m, 1,25 x 2 m. Paneļu cena ir ap 0,5 eiro Ķīnā (2007. gadā) un 6,5–10 eiro Austrijā (2013. gadā) [73, 74]. Lai izgatavotu vienu paneļa kvadrātmetru, ir nepieciešami 0,5–0,8 kg auklas atkarībā no pievienoto auklu rindu skaita. 3 cm biežam panelim ir nepieciešams aptuveni 13 kg niedru, bet 5 cm biežam panelim – 20 kg niedru (2.6.attēls) [75].



2.6. attēls. Niedru siltumizolācijas paneļu ražošanas shēma.

Tradicionālo siltumizolācijas niedru paneļu, kuri sastāv no niedrēm un auklas, ietekme uz cilvēku uzskatāma par neitrālu, jo produktā izmantotie materiāli ir inerti. Produkta sastāvā nav ķīmisku savienojumu, kuru nonākšana vidē varētu radīt piesārņojumu un kaitēt dzīvajiem organismiem. Niedru paneļi ir uzskatāmi par ekoloģiskiem, un produkta ražošana samazina ietekmi uz klimata pārmaiņām, jo niedres augot sevī kā biomasā saista CO₂.

2.2.3. Niedru skaņas izolācijas panelis

Niedru skaņas izolācijas panelis pēc sava izskata principā var neatšķirties no siltumizolācijas paneļiem, taču var pastāvēt citas konfigurācijas paneļa biezumā un niedru izkārtojumā tajā. Niedres sasiē paneļos, izmantojot dzelzs vai neilona auklu, tās var salīmēt kopā. Paneļi sastāv no plakaniem saišķiem ar dažādu niedru stumbra diametru. Tie savienoti ar cinkota tērauda auklu 1,5 līdz 2 mm diametrā. Paneļus var kombinēt kopā ar apmetumiem, kaļķiem vai māliem [76].

Niedru skaņas izolācijas paneļi netiek ražoti lielā apmērā, paneļus izmanto ekoloģisko māju būvniecībā kā arī dažādos videi draudzīgos risinājumos, piemēram, ceļa malās kā skaņas barjeras. Niedres ir labs akustiskais izolators, kam raksturīga augsta mehāniska izturība, un tas ir estētiski pievilcīgs, lai izmantotu sienu un griestu konstrukcijās iekštelpās [76].

Testi, kas veikti skaņas absorbcijas koeficientu noteikšanai, liecina, ka dažādus niedru plākšņu konfigurācijas nodrošina labus akustiskos absorbciju vidējā un augstā frekvencē [77]. Niedru paneļu izmantošana apdarei sienās un griestos iekštelpās var būt pietiekama, lai samazinātu skaņas spiediena līmeni reverberācijas laukā un kontrolētu reverberācijas laiku telpā. Niedru paneļu, kuru biezums ir 10 cm un vairāk, skaņas izolācijas īpašības palielinājās, pieaugot biezumam, un 5 cm biezi paneļi uzrādīja līdzīgas īpašības kā poraini materiāli.

Šādos paneļos izmantojamās niedres var būt sliktākas kvalitātes nekā tās, kas tiek izmantotas jumtu veidošanai. Paneļu dimensijas ir atkarīgas no izmantošanas veida, bet to izmēri ir līdzīgi siltumizolējošo paneļu izmēriem (1,25 x 1 m). Arī panelī izmantojamo niedru daudzums un cena ir līdzīga niedru siltumizolācijas paneļu cenai. Iespējamie niedru paneļu izmantošanas veidi ir starpsienas, fasādes, jumti, skaņas barjeras gan ārpus telpām, gan iekštelpās. Skaņu izolējošais panelis ir izmantojams arī atklāta tipa telpās, lai uzlabotu sarunu privātumu tajās. Viens no iespējamajiem veidiem, kā uzlabot niedru plākšņu izolāciju, ir šī materiāla izmantošanu kopā ar koka izstrādājumiem, piemēram, vidēja blīvuma kokšķiedru plātņi (MDF). Šādas sistēmas pēc tam var izmantot starpsienās, fasādēs un jumtos, nodrošinot piemērotu skaņas izolāciju [76]. Analizējot dažādu niedru konfigurāciju, tika konstatēts, ka visefektīvākā konfigurācija bija niedres gareniskais virziens paralēli skaņas avota virzienam. Šķēsgriezumā izvietotu niedru absorbcijas īpašības ir mazāk piemērotas, piemēram, ārtelpu risinājumiem [77].



2.7. attēls. Niedru paneļu veidošana.

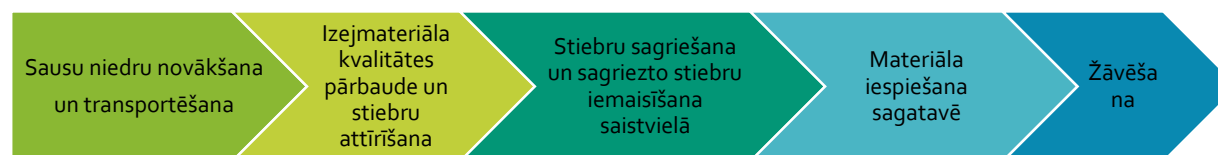
Tradicionālo skaņas izolācijas niedru paneļu, kuri sastāv no niedrēm un auklas ietekme, uz cilvēku uzskatāma par neitrālu, jo produktā izmantotie materiāli ir inerti. Produkta sastāvā nav ķīmisku savienojumu, kuru nonākšana vidē varētu radīt piesārņojumu un kaitēt dzīvajiem organismiem. Niedru paneļi ir uzskatāmi par ekoloģiskiem, un produkta ražošana samazina ietekmi uz klimata pārmaiņām, jo niedres augot sevī kā biomasā saista CO₂.

2.2.4. Niedru kompozītmateriāli

Kompozītmateriāls ir materiāls, kas sastāv no vismaz diviem atšķirīgiem materiāliem. Kompozītmateriāla fizikāli ķīmiskās īpašības atšķiras no tajā izmantoto materiālu īpašībām [78]. Niedru kompozītmateriāla sastāvā ir niedres un kāda viela, kas pilnīgi vai daļēji aizpilda caurumus un/vai veic cementēšanas funkciju. Šo aizpildīšanas vai cementēšanas funkciju var veikt šādi materiāli (uzskaitīti, sākot ar videi visnedraudzīgāko risinājumu līdz videi neitrāliem risinājumiem): vinila, poliestera sveķi, citi polimēri, cements, māls. Niedru kompozītmateriāls var sastāvēt no dažāda izmēra niedru daļiņām, niedru granulām, kas savukārt var ietekmēt to fizikālās (skaņas un siltumizolācijas) īpašības. Pētījumos ir apskatīta arī niedru kā pildvielas izmantošana termoplastiskajos kompozītos. Tā ir jaunas paaudzes pildviela, kas ir videi draudzīgāks risinājums [79].

Niedru kompozītmateriālus (atkarībā no izmantotajiem materiāliem) var izmantot būvniecībā paneļu un bloku veidošanai, tukšumu aizpildīšanai (piemēram, koka karkasa mājās) [79].

Niedru kompozītmateriālu ražošanas procesa ietekme uz vidi ir atkarīga no cementējošās vielas daudzuma kompozītmateriālā, tās izcelsmes veida (fosila vai atjaunojamais energoresurss), cementēšanas apstākļiem (istabas vai paaugstinātā temperatūrā) [78, 79].



2.8. attēls. Niedru kompozītmateriālu ražošanas shēma.

Slikta kvalitātes niedres un dažādi atgriezumti tiek sasmalcināti un pēc tam izmantoti niedru paneļos. No niedrēm var izveidot arī granulētus paneļus. Tos izgatavo, sajaucot kopā niedres (kātus, lapas, atlikumus) ar līmi vai māliem. Standarta granulētu paneļu ir 1,1 x 0,6 m lieli un 3 cm biezi, un tos var izmantot kā izolāciju vai apmetuma pamatni. No tām var būtēt arī starpsienas. Šādus paneļus var iegādāties par 19 eiro/m² (Austrijā) [49]. No niedrēm veidotu paneli var izmantot gan jau minētajai siltumizolācijai, gan skaņas izolācijai. No viegla māla un niedrēm var veidot kompozītmateriālu – niedru un māla blokus, kas ir paredzēti māla mājokļu būvniecībai. Māla ēku trūkums ir īpaši slikta siltuma pretestība, un to var uzlabot,

sajaucot izejmateriāla mālu ar niedrēm. Šāda veida dabiskiem kompozītmateriāliem nav viegli panākt viendabīgumu. Igaunu pētnieki, testējot dažāda sastāva paraugus, ir konstatējuši, ka optimālas īpašības ir blokiem, kur sastāvdaļu attiecība ir 1:3 (māls : niedres), un bloka blīvums ir 486–605 kg/m³, saspiešanas spēks 0,4 N/mm², siltumvadītspēja 0,102 W/mK [80]. Turklāt no niedrēm un māla ir iespējams veidot granulu paneļus, kas kalpo kā izolācija vai ģipša bāze [81].

Kompozītmateriāla, kas iegūts no niedrēm un videi draudzīgāka materiāla māla vai cementa, ietekme uz vidi uzskatāma par neitrālu vai tuvu neitrālai. Produkta sastāvā nav tādu ķīmisku savienojumu, kuru nonākšana vidē varētu radīt piesārņojumu un kaitēt dzīvajiem organismiem. Šādi kompozīti ir uzskatāmi par ekoloģisku un produkta ražošanas samazina ietekmi uz klimata pārmaiņām, jo niedres augot sevī kā biomasā saista CO₂. Savukārt, ja par cementējošo vielu vai otru materiālu tiek izmantots fosilas izcelsmes materiāls, ietekme uz vidi, cilvēka veselību būtiski pieaug un materiāls vairs nav uzskatāms par videi draudzīgu, jo pastāv risks, ka materiāla degradācijas rezultātā vidē nonāks lēni piesārņošās vielas [78].

2.2.5. Niedru izmantošana citu būvniecības nozares produktu ražošanā

Niedres ir iespējams izmantot arī citu būvniecībā izmantojamu produktu ražošanai. Vidējas kvalitātes niedres (2. un 3. kvalitātes klase) ir iespējams izmantot dažāda biezuma un veidu durvju būvniecībai. No niedrēm darinātas durvis var būt gan dizaina elements ar dekoratīvu funkciju, gan durvju funkcijas nodrošināšanai. Durvju funkcijas nodrošināšanai var izmantot niedres, kas paredzētas niedru jumtu ieklāšanai vai bloku veidošanai, kā arī sliktākas kvalitātes niedres. Durvis veido, sasiētot kopā niedres (tāpat kā paneļos), kuras ietver koka karkasā. Durvis var veidot arī, izmantojot saistvielu (līmi) un sliktas kvalitātes niedres. Durvju skaņas un siltumizolācija ir līdzīga niedru paneļiem. Lai samazinātu niedru durvju ugunsdrošības risku, tām var pievienot liesmu slāpētājus.

Vidējas un labas kvalitātes niedres izmantojamas kā apmetuma pamatne. Vairāku simtu gadu laikā niedres (pamatne) kopā ar mālu (apmetums) ir pierādījuši sevi kā efektīvu kombināciju. Pateicoties augstajai silīcija koncentrācijai niedrēs, niedres ļoti maz absorbē mitrumu. Niedru apmetuma pamatne nedaudz uzlabo sienas siltumvadītspēju [82].

Sasmalcinātas sliktas kvalitātes niedres var izmantot koka karkasu māju būvniecībā, kur tās izmanto kā siltumizolācijas materiālu nenesošo starpsienu un citu spraugu brīvās vietas aizpildīšanai.

2.3. CITI PRODUKTI

2.3.1. Papīrs un kartons no niedrēm

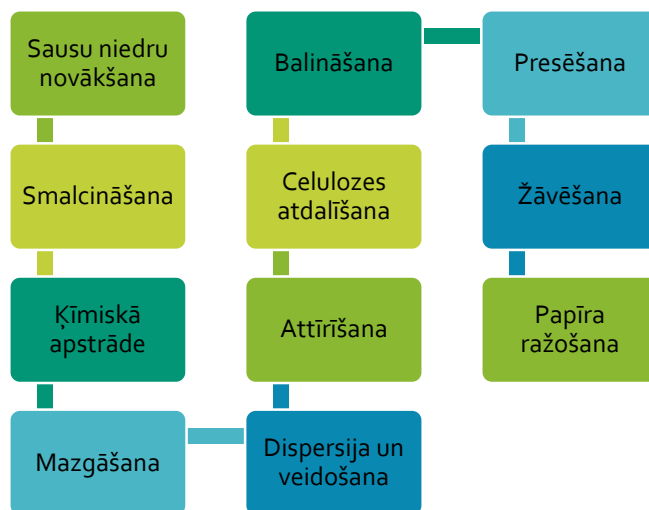
Niedres iespējams izmantot papīra un kartona ražošanā [49, 83, 84, 85]. Pētījumi veikti Ņujorkā, ASV [84], Vācijā un Itālijā [49], Ķīnā [83] un Spānijā [85]. Niedres ir potenciāls avots papīra un kartona ražošanai, jo satur 33–59 % celulozes. Celulozes procentuālais ieguvums no niedrēm ir atkarīgs no vides apstākļiem [86]. Produkta mērķauditorija ir celulozes rūpnīcas, papīra, kartona un to izstrādājumu ražošanas uzņēmumi iespējami tuvu resursa ieguves vietām.

Papīru un kartona izejvielas ir plašas, jo galvenā nepieciešamā sastāvdaļa ir celuloze. Visizplatītākais resurss ir koksne, taču tiek izmantota arī lignoceluloze – kaņepes, salmi u. c.



2.9. attēls. Papīrs no niedrēm [83].

Uz šo produktu ir nostiprināti vairāki patenti [87, 88, 89, 90], kas nozīmē, ka šāda veida produkts nav inovācija. Niedrēm kā papīra ražošanas izejviela ir augsts ražošanas potenciāls, jo var iegūt 4,0–6 t/ha sausā materiāla gadā [85]. Lai saražotu vienu tonnu papīram nepieciešamās celulozes masas, nepieciešami 5,3 m³ skujkoku koksnes vai 4,1 m³ dižskābārža koksnes, vai 3,3–3,5 tonnas niedru, bet, lai saražotu vienu tonnu mākslīgo tekstilšķiedru, nepieciešamas četras tonnas niedru [49].



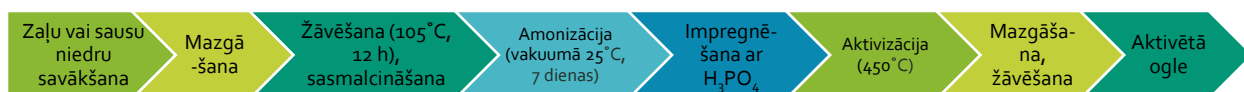
2.10. attēls. Papīra no niedrēm ražošanas shēma [91].

Niedrēs pamatā ir augsta īso šķiedru proporcija, kas ir nepieciešams papīra ražošanai, taču, lai panāktu atbilstošu kvalitāti, ir jāpievieno arī garās šķiedras (piemēram, koksnes). Papīrs ar 30 % niedru celulozes saturu nodrošina vajadzīgo kvalitāti, lai varētu izmantot gandrīz visiem mērķiem. Papīru ar 80 % niedru saturu var izmantot kā ietinamo papīru [49]. Ir veikti pētījumi ar dažādu niedru proporciju piejaukumu koksnei un 100 % niedru saturu [84]. Izejvielas – niedru kāti un lapas – tiek savāktas ziemā, tās ir sausas, parasti ar mitruma saturu ~15 %. Sasmalcinātas un sapresētas niedres nogādā uz noliktavu, lai varētu nodrošināt ražošanu visa gada garumā [49].

Ietekme uz vidi ir atkarīga no izvēlētajā ražošanas procesa. Līdz šim niedru papīra ražošanai ir izmantotas dažādas esošās ražošanas tehnoloģijas, kas ietver ķīmisko balināšanu un citas ķīmisko vielu izmantošanas metodes, līdz ar to vienīgais ietekmes uz vidi samazinājums, salīdzinot ar citiem resursiem, ir tāds, ka niedru audzēšanā netiek izmantoti pesticīdi, augšanai netiek aizņemtas lauksaimniecības vai mežsaimniecības zemes un citas vērtīgas zemes platības.

2.3.2. Filtri ūdens attīrīšanai

Notekūdeņu attīrīšanai var izmantot no niedrēm izgatavotus filtrus (adsorbentus). Adsorbents no niedrēm (gan apstrādātām, gan neapstrādātām) ir pētīts kā pamatkrāsvielu (metilzilais, ko lieto kokvilnas, zīda, vilnas krāsošanai, papīra un īslaicīgām matu krāsām) noņēmējs [92]. Aktivētā ogle no niedrēm ir ar augstu adsorbcijas spēju, un to var izmantot notekūdeņu attīrīšanai no sintētiskajām krāsvielām un smagajiem metāliem [93]. Aktivētā ogle sniedz augstas adsorbcijas īpašības pie zemām izmaksām. Produkts pats par sevi nav inovatīvs, taču tiek izmantots jauns resurss un piedāvāta jauna metode. Tiek piedāvāta arī inovatīva, laboratorijas mēroga amonija aktivizēšanas metode, lai sagatavotu aktivēto ogli ar uzlabotu porainību un funkcionalitāti [94].



2.11. attēls. Amonija-aktivizācijas metodes shēma aktivētās ogles sagatavošanai [95].

Amonija-aktivizācijas metodes (AAM) shēma (sk. 2.11.attēlu) sākas ar biomasas – zaļu vai sausu niedru – savākšanu. Nākamie procesi ietver mazgāšanu, žāvēšanu 12 stundas 105 °C temperatūrā un sasmalcināšanu. 10 g niedru, kuru mitruma saturs ir 10 %, tiek sajaukti vārglāzē ar amonēšanas aģenta šķīdumu. Amonija process notiek 3-13 dienas inkubatorā vakuuma apstākļos, temperatūrai esot 10–50 °C. Tālāk niedru masu apstrādā ar fosforskābi (noturot 10 stundas), 1 h karsē mufelī krāsnī līdz 450 °C. Atdzesē līdz istabas temperatūrai, tad paraugus nomazgā, filtrē vakuuma filtrā, nakti žāvē 105 °C krāsnī un izsijā [94].

Aktīvajai ogle, kas ir iegūta ar AAM metodi, ir augstākas adsorbcijas virsmas vērtības un lielāka kopējā porainība nekā aktivētajai oglei, kas iegūta ar tradicionālajām metodēm. Šī novatoriskā metode nodrošina alternatīvu veidu, lai iegūtu aktivēto ogli ar samazinātu piesātinājuma koeficientu (ķīmikāliju nepieciešamību) un aktivizācijas temperatūru, kas rūpnieciskās ražošanas gadījumā ievērojami samazina izmaksas, taču nesamazina aktivētās ogles kvalitāti [95].

2.3.3. Ekstrakts

Ķīnas un ASV pētnieki 2013. gadā pētīja niedru lapu un sakneņu ekstrakta īpašības. Par pamatu tam kalpoja niedru izmantošana Ķīnas tradicionālajā medicīnā hepatīta ārstēšanai. Pētījuma rezultātā tika pierādīta niedru ekstrakta laba antioksidanta aktivitāte un auga ekstraktam atzīts aknu iekaisuma ārstēšanas potenciāls [96].

Vēlāk Korejā veica līdzīgu pētījumu, aplūkojot ekstrakta iegūšanu (ūdens ekstrakts) no niedru jaunajām lapām, un nonāca pie secinājuma, ka šāds ekstrakts var būt dabīgs balināšanas aģents. Pētījuma rezultātā tika secināts, ka šāds ekstrakts ir nozīmīgs un efektīvs dabisks dermatoloģisks, antipigmentācijas aģents, ko var izmantot ādas kopšanas līdzekļos un melanomas ārstēšanā. Ekstrakta ieguvei var izmantot dažādas metodes. Ekstrakta ieguve sākas ar jauno lapu ievākšanu, jo tajās ir visaugstākā aktīvo vielu koncentrācija, tad seko to mitruma satura samazināšana (žāvēšana). Ekstrakcija norit, vārot lapas destilētā ūdenī 3 stundas. Tālāk notiek ūdens iztvaicēšana un iegūtā ekstrakta žāvēšana, izmantojot aukstumu [97]. Ekstraktam var izmantot zaļas (svaigas) niedru lapas vai saknes, taču tādā gadījumā maksimālais laiks no novākšanas līdz ražošanas sākumam ir 3 stundas. Medicīnas augus ekstraktiem žāvē pirms ekstrakcijas, lai šī laika ierobežojuma nebūtu (žāvēt var, izmantojot atklātā lauka metodi (*air-dried*), taču ne tiešos saules staros). Starpība starp zaļu augu ekstrahēšanu un atmosfērā žāvētu augu ekstrahēšanu nav ievērojama, jo tas kopējo polifenolu daudzumu ekstraktā būtiski nemaina [98].



2.12. attēls. Ekstrakta iegūšanas vienkāršotā shēma [97].

Laboratorijas pētījumos konstatēts, ka iegūstamais ekstrakta apjoms ir līdz pat 11 % no visas izmantotā auga masas [97]. Niedru izmantošana farmācijas nozarē ir ļoti maz pētīta, taču tām ir potenciāls kā pretvīrusu un pretiekaisuma līdzeklim [99]. Ekstraktu ir iespējams izmantot arī kosmētiskās nozarē, jo tas nodrošina mitrinošu efektu [100].

3. NO NIEDRĒM IEGŪTU PRODUKTU TEHNOLOĢISKO RISINĀJUMU PĀRNESES IESPĒJAS LATVIJĀ. VIDES SNIEGUMA UN TIRGUS ANALĪZE

Pētot niedru izplatību, iespējas izmantot niedru biomasu tautsaimniecībā dažādu produktu ražošanai un tās ietekmi uz vidi, ir atsegusies pētāmā jautājuma divējādā daba:

1. ir jāierobežo niedru izplatība, lai nepieļautu ūdenstilpju aizaugšanu un saglabātu bioloģisko daudzveidību, ko vislabāk darīt vasarā, kad niedres ir zaļas;
2. lai niedru biomasu izmantotu kā izejvielu produktu ražošanai, uzņēmējiem galvenokārt interesēs šī produkta ekonomiskais pamatojums, noieta tirgus un izejvielas pieejamība ilgtermiņā.

Pirmais punkts atspoguļo galvenokārt dabas aizsardzības iestāžu, pašvaldību un ezeru apsaimniekotāju intereses, bet otrais – uzņēmēju. Lai panāktu ilgtspējīgu risinājumu, ir jārod kompromiss starp šīm divām pusēm, un tikai tad būs iespējams panākt to, ka niedru platības nekontrolēti nepalielinās un tās nekļūst par ekspansīvu augu, kas samazina bioloģisko daudzveidību, bet no tā var gūt ekonomisko un sociālo labumu.

Tāpēc šī pētījuma centrālais jautājums ir: *Kādu produktu ražošanai Latvijā ir perspektīvi izmantot niedres, lai tiktu ievērotas dabas aizsardzības prioritātes?*

Analizējot literatūru par dažādiem niedru biomasas produktiem (pētījuma 2. nodaļa) un diskutējot ar dabas aizsardzības pārstāvjiem no Latvijas Dabas fonda, tika secināts, ka, lai apvienotu dabas aizsardzības un biznesa intereses, ir vairāki problemātiski jautājumi.

- **Niedru pļaušanas laiks**

Lai samazinātu niedru platības, tās jāpļauj vasarā, kad niedres ir zaļas, bet vairākus produktus nepieciešamas sausas niedres, kuras tiek pļautas ziemā, jo zaļu niedru transportēšana un kaltēšana nav ekonomiski izdevīga. Ja produktu ražošanai niedres tiktu pļautas tikai ziemā, tas neietekmētu to platību tālāku izplatību, tikai samazinātu niedru biomasas sadalīšanās dabā apjomu un no tā izrietošo piesārņojumu un emisijas.

- **Ilgtermiņa stabila un prognozējama niedru biomasas pieejamība**

Lai uzsāktu kāda produkta komerciālu ražošanu, izmantojot niedru biomasu, jebkuram uzņēmējam būs būtiski, lai izmantotais resurss ilgtermiņā būtu pieejams nepieciešamajā apjomā. Šobrīd atskaites izstrādātājiem nav pieejami pētījumi, kas viennozīmīgi pierādītu konkrētus niedru biomasas apjomus, kādi šobrīd un nākotnē būs pieejami Latvijā. Turklāt, uzsākot ražošanu no niedru biomasas, tai jābūt pieejamai nepieciešamajā apjomā ražotnes tuvumā (atkarībā no produkta resursam jābūt pieejamam 20–100 km rādiusā) [100]. Arī nevienveidīgā niedru platību apsaimniekošana nedod garantiju par šī resursa pieejamību. Kā limitējošais faktors jāpiemin arī niedru ieguves sezonālais raksturs.

Tāpēc šī pētījuma izstrādātāji nonāca pie secinājuma, ka niedru biomasas izmantošanai tautsaimniecībā ieteicams izvēlēties produktus, kuru izgatavošanai niedru biomasu pilnībā vai daļēji būtu kā alternatīva

kādas citas biomasas izmantošanai. Ja niedru biomasu varētu lietot produktu ražošanai, kuriem šobrīd tiek izmantota cita biomasas vai aizstāt daļu no tās, tad resursu pieejamības un sezonālās aspekts nebūtu tik būtisks. Tādā gadījumā tas, vai niedres tiek izmantotas produktu ražošanai, būtu atkarīgs tikai no to atbilstības konkrētajam produktam un to iegādes un izmantošanas ekonomiskā pamatojuma, kas, salīdzinot ar citiem biomasas veidiem, atsevišķos gadījumos varētu būt pat izdevīgāks. Arī niedru ieguves sezonālais raksturs vairs nebūtu noteicošais.

- **Niedru biomasas mitruma saturs**

Ja produkta izgatavošanai var izmantot gan zaļas, gan sausas niedres, ir lielākas iespējas iegūt izejvielu no niedru platībām, kas tiek pļautas gan vasarā, gan ziemā. Tikai būs atšķirība starp zaļu un sausu niedru transportēšanas izmaksām. Zaļu niedru kaltēšana, lai ražotu produktus, kuru izgatavošanai nepieciešamas sausas niedres, ir energoietilpīgs process un neatmaksājas.

Turklāt tautsaimniecības attīstībā jāņem vērā arī bioekonomikas principi, kas paredz uz zinātnei balstītu vietējo bioresursu racionālu un efektīvu izmantošanu [101, 102]. Niedru izmantošana produktu ražošanai pilnīgi noteikti atbilst biotehonomikas principiem, jo līdz šim tas ir bijis nepilnīgi izmantots un nenovērtēts resurss, kas galvenokārt ticis uzskatīts par apgrūtinošu un saistītu ar papildu izmaksām, to apsaimniekojot. Lai gan šajā pētījumā tiek aplūkotas iespējas izmantot niedru biomasu dažādu produktu ražošanai, arī enerģētikai, kas bioresursiem nerada visaugstāko pievienoto vērtību, ir skaidrs, ka arī niedru biomasu iespējams izmantot produktu ar augstāku pievienoto vērtību izgatavošanai (piemēram, ekstrakts, ko var izmantot farmācijas nozarē un kosmētikā).

Iepriekš minētie ierobežojošie faktori un vēl daudzi citi ir jāņem vērā, lai noteiktu, kādu produktu ražošanai Latvijā būtu perspektīvi izmantot niedru biomasu, lai tiktu veicināta ne tikai tautsaimniecības attīstība un līdz šim nepilnīgi izmantota bioresursa izmantošana atbilstoši bioekonomikas principiem, bet arī lai tiktu ievērotas dabas aizsardzības prasības. Šīs nodaļas turpinājumā aprakstīta izmantotā analīzes metode un iegūtie rezultāti.

3.1. DAUDZKRITĒRIJU ANALĪZES IZMANTOŠANA LATVIJAI VISPIEMĒROTĀKĀ PRODUKTA NO NIEDRĒM RAŽOŠANAS NOTEIKŠANAI

Lai meklētu atbildi uz pētāmo jautājumu, tika izmantota daudzkritēriju analīzes metode, ar kuras palīdzību iespējams ņemt vērā dažādus savstarpēji nesalīdzināmus faktorus, turklāt ievērojot arī to, cik katrs no tiem ir būtisks šajā gadījumā.

Šajā pētījumā tika lietota daudzkritēriju (MCA) analīzes (*multi-criteria analysis*) TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) metode [103]. Tas ir analīzes veids, kas ņem vērā vairāku faktoru ietekmi. MCA TOPSIS analīze nodrošina situācijas izvērtējumu iespējami tuvu reālajai situācijai. Ar šo metodi iespējams savstarpēji salīdzināt vairākas alternatīvas un noteikt vislabāko no aplūkotajiem variantiem, ņemot vērā dažādus ietekmējošos kritērijus. Šajā pētījumā alternatīvas ir dažādi produkti, kas bez analītiskas pieejas nav savstarpēji salīdzināmi. Daudzkritēriju analīzes TOPSIS metodē alternatīvas novērtē attiecībā pret ideālo iespējamo risinājumu. Alternatīva, kas ir vistuvāk ideālajam variantam, tiek uzskatīta par vislabāko. TOPSIS metode ir balstīta uz četriem aprēķinu soļiem. Pirmais solis ir apkopot informāciju par alternatīvām un izvēlētajiem kritērijiem. Otrajā aprēķinu solī šie dati tiek

normalizēti. Nākamais solis ir datu normalizēšana ar svaru vērtībām un attāluma aprēķins no maksimālajām un minimālajām vērtībām (attālums no ideālā varianta) [104, 105, 106].

Šīs metodes izmantošanai produktu no niedru biomasas savstarpējai salīdzināšanai tika izmantota informācija un dati no zinātniskās literatūras un citiem ticamiem informācijas avotiem (projektu atskaites, saistīto nozaru pārstāvju sniegtā informācija, projektu dati u. c.). Datu trūkuma gadījumā tika ņemts vērā vides inženierzinātnisks vērtējums, kas balstīts uz informāciju par līdzīgiem produktiem. Lai noteiktu katra izvirzītā faktora nozīmīgumu jeb svaru, tika ņemts vērā pētījuma pasūtītāja un dabas aizsardzības ekspertu viedoklis. Izmantojot šādu produktu novērtējuma metodi, tiek samazināta vērtētāju subjektivitāte, jo tā balstīta uz pamatotiem skaitļiem vai ekspertu pieņēmumiem.

Ņemot vērā m kritērijus i , n alternatīvas a tiek attēlotas lēmumu matricā $X=(x_{ai})$ (3.1. tabula), kur $i=1, \dots, m$ un $a=1, \dots, n$.

3.1. tabula. Daudzkritēriju analīzes matrica

Indikatori	Alternatīvas					Standartizēta lēmumu matrica					Svars	Nosvērtā lēmumu matrica					Maks. Min. ($V_{a1} \dots V_{an}$)
	x_{a1}	x_{a2}	x_{a3}	...	x_{an}	r_{1a}	r_{2a}	r_{3a}	...	r_{na}		w	v_{a1}	v_{a2}	v_{a3}	...	
i_1											w_1						
i_2											w_2						
..											..						
i_n											w_n						
											$\sum 1,0$						

Kritēriju normalizēšanai lietota sadalošā normalizācijas metode (*distributive normalization*) (1. formula).

$$r_{ai} = \frac{x_{ai}}{\sqrt{\sum_{a=1}^n x_{ai}^2}}, \quad (1.)$$

kur

a – alternatīva;

i – kritērijs;

r – normalizēta vērtība.

Tālāk normalizētie rezultāti tiek pārrēķināti (nosvērti), ņemot vērā katra kritērija svaru w_i (2. formula).

$$v_{ai} = w_i * r_{ia}, \quad (2.)$$

kur

w – svars;

v – svērtā vērtība.

Svērtie rezultāti tiks ņemti vērā, lai noteiktu ideālo (šajā gadījumā – maksimālo) un neideālo (šajā gadījumā – minimālo) vērtības variantu. Katrs nosvērtais rādītājs tiek salīdzināts ar attiecīgajam kritērijam atbilstošo maksimālo un minimālo vērtību. Katras alternatīvas kritēriju atšķirību no maksimālās vērtības kvadrātu summa tiek izmantota, lai noteiktu alternatīvas kopējo attālumu līdz ideālajam risinājumam (3. formula).

$$d_a^+ = \sqrt{\sum (v_i^+ - v_{ai})^2} \quad (3.)$$

Tāpat, izmantojot atšķirību no minimālās vērtības, tiek noteikts attālums līdz neideālajam risinājumam (4. formula).

$$d_a^- = \sqrt{\sum (v_i^- - v_{ai})^2}, \quad (4.)$$

kur

d_a^+ – attālums līdz ideālajam risinājumam;

d_a^- – attālums līdz neideālajam risinājumam.

Katras alternatīvas relatīvais tuvums ideālajam risinājumam tiek aprēķināts ar 5. formulu.

$$C_a = \frac{d_a^-}{d_a^+ + d_a^-} \quad (5.)$$

kur

C_a – relatīvais tuvums ideālajam risinājumam.

Šis koeficients vienmēr ir starp 0 un 1. Jo rezultāts tuvāks 1, jo alternatīva ir labāka.

Izmantotā metode sevi ir pierādījusi līdzīgā AS "Latvijas valsts meži" pasūtītā pētījumā "Meža biomasa – jauni produkti un tehnoloģijas", ko 2016. gadā veica RTU Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts, kurā tika analizēts komercializācijas potenciāls dažādiem inovatīviem produktiem, ko var izgatavot no mazvērtīgas meža biomasas [100].

Lai ar daudzkritēriju analīzes TOPSIS metodi noteiktu visperspektīvākos niedru produktus, kurus varētu ražot Latvijā, ievērojot dabas aizsardzības prasības, šajā pētījumā tika izvirzīti galvenie pētāmo jautājumu ietekmējošie faktori, kas definēti kā 11 indikatori (3.2. tabula).

3.2. tabula. Daudzkritēriju analīzē ietvertie rādītāji un indikatori

Inženiertehniskā rādītāja indikatori	Ietekmes uz klimatu un vidi rādītāja indikatori	Ekonomiskā rādītāja indikatori
<ul style="list-style-type: none"> • produkta ražošanas gatavības stadija • niedru resursu izmantošanas apmērs (%) galaproduktā • tehnoloģiskā procesa sarežģītība • iespējas ar niedru biomasu aizstāt līdz šim izmantotu citu biomasu attiecīgā produkta ražošanai 	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ emisiju apmērs, kas rodas produkta ražošanas procesā • resursu (enerģija, ūdens, ķimikālijas) patēriņš produkta ražošanas procesā • izejmateriālu ieguves un ražošanas procesa ietekme uz dabisko apkārtējo vidi (gaiss, ūdens, augsne, dzīvie organismi) • produkta ietekme uz cilvēku veselību 	<ul style="list-style-type: none"> • produkta noieta tirgus; nepieciešamās investīcijas produkta ražošanas uzsākšanai • produkta pievienotās vērtības līmenis

Pamatojoties uz zinātnisko literatūru un ekspertu vērtējumiem, katram produktam katrs indikators tika novērtēts skalā no 0 līdz 5. Vērtējums 0 tika piešķirts, ja attiecīgajam rādītājam nav nozīmes, izvērtējot produkta komercializācijas potenciālu. Analīzē tika iekļauti 3.3. tabulā uzskaitītie indikatori.

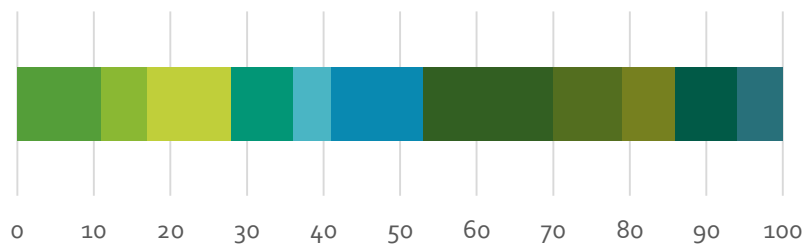
3.3. tabula. Daudzkritēriju analizē ietvertie indikatori un to vērtējums

Nr.	Indikators	Vērtējums
1	Produkta ražošanas gatavības stadija	
	Produkts izgatavots tikai laboratorijas apstākļos.	1
	Lielāka vai mazāka mēroga eksperimenti par šī produkta izgatavošanu ir veikti vairākās pasaules valstīs, bet vēl ir daudz nezināmo un ideja nav patentēta.	2
	Produkta ideja ir patentēta.	3
	Ir zināma visa nepieciešamā informācija, lai uzsāktu šī produkta ražošanu, bet tas vēl nav izdarīts.	4
	Ir īstenots vismaz viens produkta ražošanas pilotprojekts.	5
2	Niedru resursu izmantošanas apmērs (%) galaproduktā	
	Galaproduktu veido <30 % niedru biomasas	1
	Galaproduktu veido 30–49 % niedru biomasas	2
	Galaproduktu veido 50–69 % niedru biomasas	3
	Galaproduktu veido 70–94 % niedru biomasas	4
	Galaproduktu veido 95–100 % niedru biomasas	5
3	Produkta noieta tirgus	
	Lokāls (tikai Latvijā)	1
	Pieprasījums Baltijas valstīs	2
	Pieprasījums Baltijas un Skandināvijas valstīs	3
	Pēc šī produkta ir pieprasījums Eiropas valstīs un Krievijā	4
	Pēc šī produkta ir pieprasījums citās valstīs, tai skaitā Āzijas valstīs un Ziemeļamerikā	5
4	Tehnoloģiskā procesa sarežģītība	
	Produkta ražošanai nepieciešamās tehnoloģijas ir specifiskas, ir jāizgatavo pēc pasūtījuma un jāpielāgo konkrētajam produktam.	1
	Produkta ražošanai nepieciešamās tehnoloģijas ir maz zināmas, nav plaši lietotas, grūti pieejamas.	2
	Produkta ražošanai nepieciešamās tehnoloģijas ir labi zināmas un plaši lietotas, bet tās ir jāizgatavo pēc pasūtījuma.	3
	Produkta ražošanai nepieciešamās tehnoloģijas ir vienkāršas, labi zināmas, plaši lietotas un brīvi pieejamas tirgū.	4
	Produkta ražošanai var pielāgot un izmantot esošās tehnoloģijas no citu produktu ražošanas procesa.	5
5	CO₂ emisiju apmērs, kas rodas produkta ražošanas procesā	
	Produkta ražošanas procesā rodas ļoti liels apjoms CO ₂ emisiju (izmantojamo energoiekārtu kopējā uzstādītā nominālā jauda pārsniedz 20 MW).	1
	Produkta ražošanas procesā rodas liels apjoms CO ₂ emisiju (izmantojamo energoiekārtu kopējā uzstādītā nominālā jauda ir 10–15 MW).	2
	Produkta ražošanas procesā rodas vidēji liels apjoms CO ₂ emisiju (izmantojamo energoiekārtu kopējā uzstādītā nominālā jauda ir 5–10 MW).	3
	Produkta ražošanas procesā rodas neliels apjoms CO ₂ emisiju (izmantojamo energoiekārtu kopējā uzstādītā nominālā jauda ir līdz 5 MW).	4

	Produkta ražošanas process ir CO ₂ neitrāls.	5
6	Resursu (enerģija, ūdens, ķīmikālijas) patēriņš produkta ražošanas procesā	
	Produkta izgatavošanas procesā tiek patērēts ļoti daudz ūdens ($>600\text{m}^3_{\text{ūdens}}/t_{\text{produkta}}$) un ļoti daudz elektroenerģijas ($>1\text{MWh}/t_{\text{produkta}}$), to samazinājums produkta izgatavošanas procesā nav iespējams, un liels daudzums siltumenerģijas ($>1\text{MWh}/t_{\text{produkta}}$), kas galvenokārt tiek iegūta no fosilajiem resursiem.	1
	Produkta izgatavošanas procesā tiek patērēts daudz ūdens ($400\text{--}600\text{m}^3_{\text{ūdens}}/t_{\text{produkta}}$), bet ūdens samazinājums produkta izgatavošanas procesā ir iespējams, ļoti daudz elektroenerģijas ($0,5\text{--}1\text{MWh}/t_{\text{produkta}}$), liels daudzums siltumenerģijas ($0,5\text{--}1\text{MWh}/t_{\text{produkta}}$), bet enerģija pilnībā vai lielā apmērā tiek iegūta no atjaunojamajiem energoresursiem vai ražošanas procesa pārpalikumiem.	2
	Produkta izgatavošanas procesā tiek patērēts vidēji daudz ūdens ($200\text{--}400\text{m}^3_{\text{ūdens}}/t_{\text{produkta}}$), vidēji daudz elektroenerģijas ($0,25\text{--}0,5\text{MWh}/t_{\text{produkta}}$), vidēji liels daudzums siltumenerģijas ($0,25\text{--}0,5\text{MWh}/t_{\text{produkta}}$), vidēji liels ķīmikāliju daudzums.	3
	Produkta izgatavošanas procesā tiek patērēts neliels ūdens daudzums ($<200\text{m}^3_{\text{ūdens}}/t_{\text{produkta}}$), neliels elektroenerģijas daudzums ($<0,25\text{MWh}/t_{\text{produkta}}$), neliels siltumenerģijas daudzums ($<0,25\text{MWh}/t_{\text{produkta}}$), neliels ķīmikāliju daudzums.	4
	Produkta izgatavošanas procesā netiek patērēta elektroenerģija, ūdens un ķīmikālijas (vai tiek izmantota bioķīmija).	5
7	Izejmateriālu ieguves un ražošanas procesa ietekme uz dabisko apkārtējo vidi (gaiss, ūdens, augsne, dzīvie organismi)	
	Izejmateriālu ieguves un ražošanas process var atstāt paliekošu ietekmi uz vidi, klimatu un bioloģisko daudzveidību; intensīvi tiek iegūti un izmantoti gan fosilie resursi, gan bioresursi.	1
	Izejmateriālu ieguves un ražošanas process rada īslaicīgu negatīvu ietekmi uz vidi, klimatu un bioloģisko daudzveidību; ilgtspējīgi tiek iegūti un izmantoti gan fosilie resursi, gan bioresursi.	2
	Izejmateriālu ieguves un ražošanas process rada īslaicīgu negatīvu ietekmi uz vidi, klimatu un bioloģisko daudzveidību; ilgtspējīgā veidā tiek iegūti un izmantoti tikai bioresursi.	3
	Izejmateriālu ieguves un ražošanas process rada neitrālu ietekmi uz vidi, klimatu un bioloģisko daudzveidību.	4
	Izejmateriālu ieguves un ražošanas process rada pozitīvu ietekmi uz vidi, klimatu un bioloģisko daudzveidību.	5
8	Produkta ietekme uz cilvēku veselību	
	Šī produkta izgatavošana neatbilst Eiropas Komisijas izstrādātajām labākajām pieejamajām tehnoloģijām (<i>BAT – Best Available Techniques</i>), tāpēc tā izgatavošana / lietošana var atstāt paliekošu ietekmi uz cilvēku veselību.	1
	Šī produkta izgatavošana neatbilst Eiropas Komisijas izstrādātajām labākajām pieejamajām tehnoloģijām (<i>BAT – Best Available Techniques</i>), tāpēc tā izgatavošana / lietošana var atstāt īslaicīgu negatīvu ietekmi uz cilvēku veselību.	2
	Šāda produkta izgatavošana / lietošana rada neitrālu ietekmi uz cilvēku veselību.	3
	Ar šo produktu var aizstāt kādu līdzīgu produktu, kuram ir negatīva ietekme uz cilvēku veselību.	4
	Šāda produkta izgatavošana / lietošana rada pozitīvu ietekmi uz cilvēku veselību.	5

9	Iespējas ar niedru biomasu aizstāt līdz šim izmantotu citu biomasu attiecīgā produkta ražošanai	
	Attiecīgo produktu iespējams izgatavot tikai no niedru biomasas	1
	Attiecīgo produktu iespējams izgatavot no niedru biomasas vai daļēji ar to aizstāt citu līdz šim izmantotu biomasu, bet tad produktam būtiski pasliktinās kvalitāte un mainās īpašības	2
	Ar niedru biomasu var aizstāt līdz šim izmantotu citu biomasu attiecīgā produkta ražošanai <50 % apmērā	3
	Ar niedru biomasu var aizstāt līdz šim izmantotu citu biomasu attiecīgā produkta ražošanai >50 % apmērā	4
	Ar niedru biomasu var aizstāt līdz šim izmantotu citu biomasu attiecīgā produkta ražošanai >50 % apmērā, tādējādi būtiski uzlabojot produkta kvalitāti un īpašības	5
10	Produkta ražošanas uzsākšanai nepieciešamās investīcijas	
	Produkta ražošanas un komercializācijas uzsākšanai nepieciešamas ļoti lielas investīcijas (> 3 miljoni eiro).	1
	Produkta ražošanas un komercializācijas uzsākšanai nepieciešamas vidēji lielas investīcijas (1,5–3 miljoni eiro).	2
	Produkta ražošanas un komercializācijas uzsākšanai nepieciešamas nelielas investīcijas (0,5–1,5 miljoni eiro).	3
	Produkta ražošanas un komercializācijas uzsākšanai nepieciešamās investīcijas iespējams piesaistīt no investoriem un dažādiem finanšu instrumentiem ar minimālu (līdz 500 000 eiro) uzņēmēja līdzfinansējumu.	4
	Produkta ražošanas un komercializācijas uzsākšanai nepieciešamas mazas investīcijas (līdz 500 000 eiro).	5
11	Produkta pievienotās vērtības līmenis	
	Produkts paredzēts siltumenerģijas vai elektroenerģijas ražošanai.	1
	Produkts paredzēts kā degviela.	2
	Produkts paredzēts mēslojumam, materiālu vai lielapjoma ķīmikāliju izgatavošanai.	3
	Produkts paredzēts pārtikai vai dzīvnieku barībai.	4
	Produkts paredzēts farmācijai vai ir augstas kvalitātes ķīmiskā viela.	5

Pētījuma pasūtītāja dabas aizsardzības ekspertu piešķirtais daudzkritēriju analizē ietverto indikatoru svars attēlots 3.1. attēlā. Visu indikatoru svaru summai jābūt 100. Kā redzams, pēc ekspertu domām, visbūtiskākais indikators ir izejmateriālu ieguves un ražošanas procesa ietekme uz apkārtējo vidi (gaiss, ūdens, augsne, dzīvie organismi) un resursu (enerģija, ūdens, ķīmikālijas) patēriņš produkta ražošanas procesā.



	Svars
■ Produkta ražošanas gatavības stadija	11
■ Niedru resursu izmantošanas apmērs (%) galaproduktā	6
■ Produkta noieta tirgus	11
■ Tehnoloģiskā procesa sarežģītība	8
■ CO ₂ emisiju apmērs, kas rodas produkta ražošanas procesā	5
■ Resursu (enerģija, ūdens, ķīmikālijas) patēriņš produkta ražošanas procesā	12
■ Izejmateriālu ieguves un ražošanas procesa ietekme uz dabisko apkārtējo vidi (gaiss, ūdens, augsne, dzīvie organismi)	17
■ Produkta ietekme uz cilvēku veselību	9
■ Iespējas ar niedru biomasu aizstāt līdz šim izmantotu citu biomasu attiecīgā produkta ražošanai	7
■ Nepieciešamās investīcijas produkta ražošanas uzsākšanai	8
■ Produkta pievienotās vērtības līmenis	6

3.1. attēls. Daudzkritēriju analīzes indikatoru svara noteikšanas rezultāti.

Balstoties uz literatūrā pieejamo informāciju un vides inženierzinātņu ekspertu viedokli, tika izvērtēti 11 no niedru biomasas izgatavojami produkti. Katrs indikators novērtēts skaitliski no 1 līdz 5, balstoties uz iepriekš izstrādāto metodiku (3.4. tabula).

3.4. tabula. Daudzkritēriju analīzes matrica niedru produktiem

Nr.	Indikators	Būvniecība					Enerģētika			Citi produkti		
		Niedru jumta segums	Niedru siltumizolācijas panelis	Niedru skaņas izolācijas panelis	Niedru kompozītmateriāls (fosilas izcelsmes saistviela)	Niedru kompozītmateriāls (ar mālu)	Bioetanols	Biogāze	Tiešā sadedzināšana	Papīrs un kartons	Aktīvētā ogle	Ekstrakts
		x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁
1	Produkta ražošanas gatavības stadija	5	5	5	4	5	5	1	5	5	1	1
2	Niedru resursu izmantošanas apmērs (%) galaproduktā	5	4	4	2	2	3	5	5	3	5	5
3	Produkta noieta tirgus	5	4	4	4	4	3	4	5	5	5	5
4	Tehnoloģiskā procesa sarežģītība	4	5	5	5	4	2	5	5	5	4	3
5	CO ₂ emisiju apmērs, kas rodas produkta ražošanas procesā	4	4	4	3	4	1	4	4	1	3	3
6	Resursu (enerģija, ūdens, ķīmikālijas) patēriņš produkta ražošanas procesā	5	5	5	4	2	3	5	4	1	3	3
7	Izejmateriālu ieguves un ražošanas procesa ietekme uz dabisko apkārtējo vidi (gaiss, ūdens, augsne, dzīvie organismi)	5	5	5	2	4	4	4	4	1	2	3
8	Produkta ietekme uz cilvēku veselību	5	4	4	2	4	4	4	4	2	4	5
9	Iespējas ar niedru biomasu aizstāt līdz šim izmantotu citu biomasu attiecīgā produkta ražošanai	2	4	4	3	4	3	3	3	2	4	5
10	Produkta ražošanas uzsākšanai nepieciešamās investīcijas	5	5	5	3	5	1	3	5	1	1	5
11	Produkta pievienotās vērtības līmenis	3	3	3	3	3	2	1	1	3	3	5

Daudzkritēriju analīzes rezultātu aprēķinam izmantoti iepriekš aplūkoti matemātiskie vienādojumi (1.–5. formula).

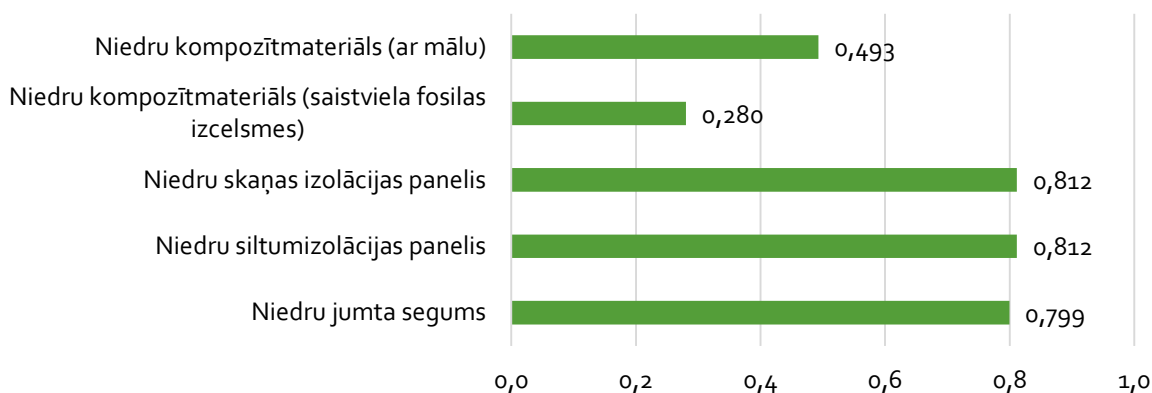
3.2. DAUDZKRITĒRIJU ANALĪZES REZULTĀTI

Šī pētījuma ietvaros, izmantojot daudzkritēriju analīzes TOPSIS metodi, lai noteiktu perspektīvākos produktus no niedrēm ražošanai Latvijā, ievērojot dabas aizsardzības prasības, tika analizēti 11 iepriekš aplūkoti produkti:

1. niedru siltumizolācijas panelis;
2. niedru skaņas izolācijas panelis;
3. niedru jumta segums;
4. kurināmais no niedrēm tiešajai sadedzināšanai;
5. niedru kompozītmateriāls (ar mālu);
6. niedru kompozītmateriāls (fosilas izcelsmes saistviela);
7. biogāze;
8. ekstrakts;
9. bioetanolis;
10. aktivētā ogle;
11. papīrs un kartons.

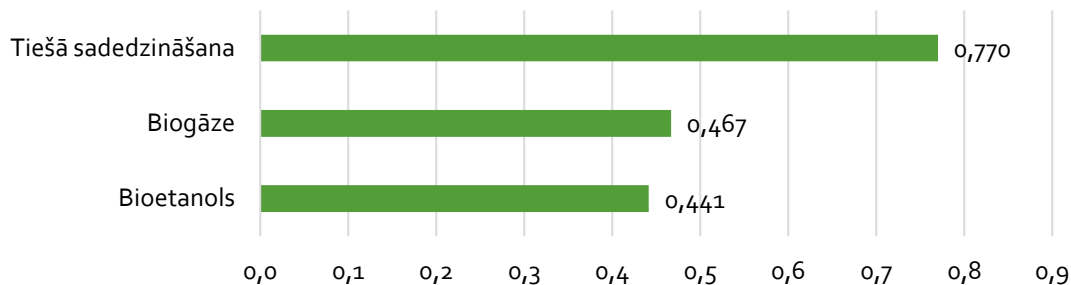
Vispirms izvēlētie produkti tika izvērtēti nozaru griezumā: būvniecībā, enerģētikā un citi produkti, kas nav attiecināmi uz divām iepriekš minētajām nozarēm.

Būvniecības nozarē tika analizēti pieci (5) produkti, no kuriem vienlīdz labi un perspektīvi izrādījās niedru skaņas vai siltumizolācijas paneļi un visvēsturiskākais un visizplatītākais niedru izmantošanas veids – niedru jumts (3.2. attēls). Šī modeļa ietvaros nav atbalstāma niedru kompozītmateriāla ar fosilas izcelsmes saistvielu ražošana, kas saistīts ar šāda produkta ražošanas neatbilstību dabas aizsardzības prasībām.



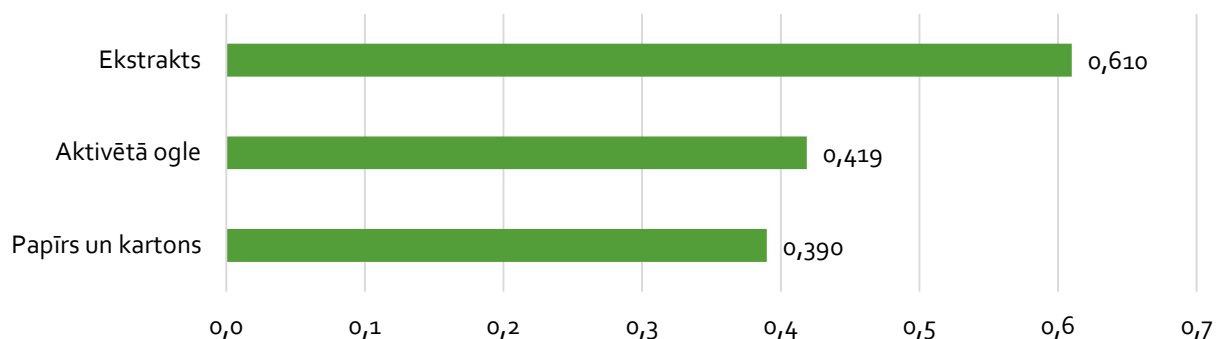
3.2. attēls. Būvniecības nozares niedru produktu daudzkritēriju analīzes rezultāti.

Enerģētikas nozarē tika analizēti trīs (3) produkti, no kuriem vislabāko rezultātu uzrādīja kurināmais no niedrēm tiešajai sadedzināšanai (3.3. attēls). Kā skaidrojums jāmin tas, ka šī produkta ražošanas uzsākšanai ir nepieciešamas salīdzinoši mazākas investīcijas, jo ražošanas process ir sen zināms un izmantots.



3.3. attēls. Enerģētikas nozares niedru produktu daudzkritēriju analīzes rezultāti.

Kategorijā "Citi produkti" tika iekļauti tikai trīs (3) produkti. No analizētajiem vislielākais potenciāls ir niedru ekstraktam (3.4. attēls). Jāpiemin, ka šim produktam ir visaugstākā pievienotā vērtība no visiem analizētajiem, jo to iespējams izmantot farmācijā un kosmētikas izgatavošanai, kā arī tā ražošana atbilst bioekonomikas principiem.



3.4. attēls. Citu niedru produktu daudzkritēriju analīzes rezultāti.

Savstarpēji salīdzinot visus vienpadsmit (11) analizētos niedru produktus, Latvijas apstākļos ražošanai vispiemērotākie, ievērojot dabas aizsardzības prasības, ir niedru paneļi siltumizolācijai un skaņas izolācijai, un jumtu segums no niedrēm (3.5. tabula). Pirmie trīs daudzkritēriju analīzē visaugstāko vērtējumu ieguvušie produkti ir būvniecības nozares produkti. Tie nav produkti ar visaugstāko pievienoto vērtību, bet jebkurā gadījumā no vides un klimata viedokļa ir labāki nekā enerģētikas produkti, jo ar tiem iespējams aizstāt no fosilajiem resursiem izgatavotus produktus un uz laiku uzglabāt oglekli, lai tas nenonāk vidē un neveicina klimata pārmaiņas.

3.5. tabula. Niedru produktu daudzkritēriju analīzes izvērtējuma rezultāti

Produkts	Daudzkritēriju analīzes rezultāts	Vieta
Niedru siltumizolācijas panelis	0,826	1
Niedru skaņas izolācijas panelis	0,826	2
Niedru jumta segums	0,789	3
Tiešā sadedzināšana	0,685	4
Niedru kompozītmateriāls (ar mālu)	0,628	5
Biogāze	0,578	6
Ekstrakts	0,559	7
Bioetanol	0,538	8
Niedru kompozītmateriāls (saistviela fosilas izcelsmes)	0,469	9
Aktivētā ogle	0,393	10
Papīrs un kartons	0,343	11

Šajā pētījumā iegūtie rezultāti uzskatāmi par priekšizpēti, lai būtu skaidrs virziens turpmākajiem pētījumiem. Lai pilnīgāk izvērtētu perspektīvāko produktu atbilstību dabas aizsardzības prasībām, būtu jāveic to dzīves cikls analīze un savstarpēji tā jāsalīdzina, lai noteiktu produktu ietekmi uz klimatu un vidi ilgtermiņā. No biznesa viedokļa, perspektīvākajiem produktiem ir jāveic arī detalizēta tehniski ekonomiskā analīze.

Iegūtie rezultāti parāda, ka, ņemot vērā niedru biomasas pieejamību un tās prognozējamību, produkta ražošanas ietekmi uz klimata pārmaiņām un dabas aizsardzības prasību noteiktos sezonālos ierobežojumus, visperspektīvākie ir tie produkti, kuru izgatavošanai nepieciešamas sausas, vislabāk ziemā pļautas niedres. Tādējādi izvēlētie produkti neveicina niedrāju apsaimniekošanu bioloģiskās daudzveidības uzturēšanai, kur darbus veic vasarā, kad niedres ir zaļas. Lai rastu šīs pretrunīgās situācijas risinājumu, nepieciešama plānveidīga un pārdomāta niedru platību apsaimniekošana, kas paredzētu tās teritorijas, kurās niedru audzes būtu iznīdējamas, pļaut vasarā, bet pārējās – ziemā, lai nodrošinātu resursa pieejamību ilgtermiņā.

Diskusijās ar pētījuma pasūtītāja pārstāvjiem tika izlemts, ka detalizētāka priekšizpēte, ietverot tirgus un vides snieguma analīzi, tiks veikta trīs no niedrēm izgatavojamajiem produktiem, kas nesaskan ar daudzkritēriju analīzes rezultātiem, lai gūtu priekšstatu par atšķirīgu produktu perspektīvām. Tika izvēlēti no niedru biomasas izgatavojams siltumizolācijas panelis, kompozītmateriāls (ar mālu) un ekstrakts.

3.3. NO NIEDRĒM IEGŪTU PRODUKTU TEHNOLOĢISKO RISINĀJUMU VIDES SNIEGUMA ANALĪZE

Vides snieguma novērtējuma mērķis ir noteikt produkta ietekmi uz vidi visā tā aprites cikla laikā. Produkta aprites cikls sākas ar resursu iegūvi, tad seko materiālu sagatavošana, produkta ražošana, iepakojšana un transportēšana, pēc tam lietošana, kura beidzas, kad produkts ir nolietots vai vairs nav vajadzīgs.

Pastāv vairākas metodes un datorprogrammas, kas ļauj noteikt, kuri dzīves cikla posmi un faktori rada vislielāko ietekmi uz vidi. Šajā pētījumā ir izmantota *ECO-it* analīzes programma. Šī programma radīta, lai tās lietotājs varētu ātri iegūt novērtējumu par kāda produkta aprites ciklā radīto ietekmi uz vidi, ja ir pieejami dati par produkta ražošanai izmantotajiem resursiem un notiekošajiem procesiem, kā arī dati par produkta lietošanu un utilizāciju.

ECO-it datorprogrammā katrs indikators raksturo kāda materiāla vai procesa radīto kaitējumu videi. Jo lielāka ir indikatora vērtība, jo kaitīgāka ir ietekme uz vidi. *Eco-it* ietekmju vērtēšanas pamatā ir *ReCiPe* metodoloģija (viduspunktu un galapunktu ietekmes uz vidi novērtējums) un galapunktu ietekmes rezultāti attēloti kā punkti (Pt). Pt raksturo ietekmi uz vidi ar apsvērumu, ka 1 Pt aptuveni atbilst 1/1000 daļai no vidējās viena Eiropas iedzīvotāja gada laikā radītās ietekmes uz vidi. Viduspunktos tiek iegūti konkrēti indikatori dažādās kategorijās (klimata pārmaiņas, ozona slāņa noārdīšanās, paskābināšanās, saldūdens eitrofikācija, sāļūdens eitrofikācija, toksiskums cilvēkiem, fotoķīmisko oksidantu veidošanās, aerosolu veidošanās, vides ekotoksiskums, saldūdens ekotoksiskums, jūras ūdens ekotoksiskums, jonizējošā radiācija, lauksaimniecības un pilsētas zemes izmantošana, pilsētas zemes, dabas teritoriju pārveidošana, ūdens krājumu samazinājums, jēlmateriālu krājumu samazinājums, fosilo resursu krājumu samazinājums), bet galapunktos tiek iegūti savstarpēji viegli salīdzināmi indikatori (ietekme uz cilvēku veselību, ietekme uz vidi, ietekme uz resursiem) jeb t. s. ekoindikatori (Pt). Rezultāti tiek attēloti arī ar CO₂ ekvivalentu, kas parāda ar materiāla vai procesa vienības radīto siltumnīcefekta gāzu emisiju apjomu.

3.3.1. Vispārīgie modelēšanas nosacījumi

Lai veiktu izvēlēto trīs produktu (siltumizolācijas un skaņas izolācijas materiāla, niedru kompozītmateriāla un niedru ekstrakta) vides snieguma novērtēšanu *ECO-it* datorprogrammā, ir noteikti vairāki modelēšanas nosacījumi.

- **Modelējamās sistēmas robežas**

Analizējot izvēlēto produktu ietekmi uz vidi, tika apskatītas iespējamās CO₂ emisijas un vides ietekme produktu ražošanā. Šajā pētījumā produktu vides snieguma novērtējums sākas no jēlmateriālu ieguves un beidzas ar gatavu produktu ("no šūpuļa līdz vārtiem" pieeja – no angļu val. "*cradle to gate*"). Analīzē izvērtētas ieejošās un izejošās plūsmas uz vienu tonnu gatava produkta. Ieejošās plūsmas ir produktam nepieciešamie izejmateriāli, materiāli / vielas ražošanas procesa nodrošināšanai un enerģija ražošanas iekārtu darbināšanai. Izejošās plūsmas ir gatavais produkts, atkritumi / blakusprodukti un emisijas. Ražošanas process tiek sadalīts atsevišķos ražošanas posmos un katrā posmā tiek identificētas ieejošās un izejošās plūsmas. Šādi iespējams identificēt ražošanas posmus, kuros ir nepieciešami un iespējami uzlabojumi.

- **Ražošanas procesa automatizācijas pakāpe**

Siltumizolācijas materiālu un kompozītmateriālu ir iespējams ražot arī manuāli, taču pētījuma vajadzībām, kur iespējams, tika pieņemts, ka ražošanas posmi ir automatizēti un procesi darbināti ar elektroenerģiju. Izejmateriālu kvalitātes pārbaudi un stiebru attīrīšanu nav iespējams automatizēt, tāpēc šie izejmateriāla sagatavošanas posmi tabulā pie patērētajiem enerģijas apjomiem nav atspoguļoti.

- **Elektroenerģija ražošanas procesos**

ECO-it programma elektroenerģijas no tīkla ietekmes novērtējumā ietver arī pārvades un transformācijas zudumus. Latvijā ražotā elektroenerģija ir no fosilajiem un atjaunojamajiem resursiem, tāpēc 1 kWh elektroenerģijas ražošana (iesk. zudumus) ir novērtēta ar 0,6 kg CO₂ emisiju ekvivalentu vai 0,6 Pt (jeb 60 mPt) vides ietekmes punktiem.

- **Niedru kultivēšana**

Niedres netiek speciāli kultivētas – to CO₂ emisiju un vides ietekme ir neitrāla.

- **Niedru pļaušana un transportēšana**

Saskaņā ar Edgara Čubara promocijas darbā [27] aprakstīto niedru ziemas pļaušanas pētījumu Papes ezerā, stundas laikā iespējams nopļaut 2,5 tonnas niedru ar mitruma saturu 15–20 %. Niedres transportēšanai tiek sietas kūlīšos, kuru blīvums ir 150 kg/m³. Pieņemts, ka ziemas pļaušana tiek veikta ar motorizētu tehniku, kuras dīzeļdegvielas patēriņš ir 10 litri stundā. Uzņēmuma "Piekraiste.lv" pārstāvis raksturoja vasaras pļaušanu pieredzi ar amfībiju, kad, ūdenī pļaujot un izvācot niedres, dīzeļdegvielas patēriņš ir ap 20 litri uz vienu hektāru, bet, izmantojot traktortehniku, 100 litri dīzeļdegvielas tiek patērēti uz 3–5 hektāriem. Vasarā no viena hektāra var iegūt 40–60 tonnas zaļmasas vai 7,5–13 tonnas sausnas [6]. Niedru kūlīšiem ir mazs blīvums – tonnai niedru kūlīšu ir nepieciešami vidēji 7 m³, tāpēc niedru transportēšanai ir salīdzinoši augstas izmaksas un arī vides ietekme. Pļaušanas un transportēšanas vides ietekme šajā gadījumā ir atkarīga no patērētā dīzeļdegvielas daudzuma – 1 litrs ir ekvivalents 2,64 kg CO₂ vai 300 mPt. Tiek pieņemts, ka siltajā un aukstajā sezonā uz ražotni niedres tiek transportētas ar kravas mašīnu, kuras kravnesība ir līdz 16 tonnām un kravas kastes ietilpība 43 m³. Pieņemts, ka vidējais attālums no pļaušanas vietas līdz ražotnei ir 40 km – viens reiss ir 80 km, vidējais degvielas patēriņš uz 80 km 12 litri dīzeļdegvielas. Jāņem vērā, ka CO₂ emisijas un vides ietekmi rada arī dīzeļdegvielas iegūšana un ražošana. Viena litra dīzeļdegvielas ražošanas vides ietekme vidēji ekvivalenta ar 0,48 kg CO₂ vai 200 mPt [107]. Tāpēc attiecībā uz transportu viena reisa kopējā ietekme ir 37,44 kg CO₂ vai 6000 mPt. Viena dīzeļdegvielas litra pļaušanai ietekme ir 3,12 kg CO₂ vai 500 mPt.

- **Ūdens izmantošana**

Rūpnieciskā ūdens izmantošana tiešas CO₂ emisijas nerada, tomēr ūdens iegūšanā un attīrīšanā (notekūdeņi) tiek patērēta enerģija, kas rada ietekmi uz vidi.

- **Salīdzinošais vērtējums**

Katra pētāmā produkta *ECO-it* rezultātu aprakstā ir sniegta salīdzinošā analīze ar līdzīga alternatīva produkta vides sniegumu, kas iegūts no *ECO-it* datu bāzes rezultātiem.

3.3.2. Niedru siltumizolācijas materiāla vides snieguma ietvars

Niedru siltumizolācijas materiālu veido, gareniski izklājot niedru stiebrus kārtās, iegūstot siltumizolācijai nepieciešamo biezumu un iegūto apjomu nostiprinot. Siltumizolācijas paneļu veidošanai izejvielas ir sausi niedru stiebrī un aukla stiebru apjoma fiksēšanai. Sausās niedres tiek iegūtas ziemas pļaušanā (mitruma saturs zem 20 %). Nepieciešamais niedru stiebra garums ir atkarīgs no izolācijas paneļa dimensijām, precīzāk – paneļa garākās malas, jo panelī esošie niedru stiebrī tiek izklāti gareniski paralēli un nedrīkst būt īsāki par paneļa garumu.

Turpmāk aplūkoti modelī iekļautie niedru siltumizolācijas materiāla ražošanas procesa soļi.

1. *Niedru pļaušana un transportēšana*

Vienai tonnai siltumizolācijas materiāla ir nepieciešami 1250 kg ziemas pļaujā iegūtu niedru. Transportēšanai kravas kastē vienā reizē iespējams ievietot 6 tonnas niedru kūlišu. Šādā gadījumā uz tonnu produkta izejvielu transportēšanas vides ietekme būs 20 % no transportēšanas ietekmes.

2. *Izejmateriāla kvalitātes pārbaude un stiebru attīrīšana*

Pieņemts, ka uz ražotni tiek atvestas ziemā pļautas nešķīrotas niedres, tāpēc ražošanas procesa sākums ir atvestā izejmateriāla sagatavošana, pārliecinoties par atvesto niedru atbilstību uzstādītajām prasībām. Tiek izmantota strukturāli stiprākā daļa no niedres. Vasas augšdaļa un apakšdaļa netiek izmantotas. Atsijā nepietiekama garuma niedres, nepieciešama tikai stiebra daļa. Nav zināmas tehnoloģijas, ar kurām šīs procedūras varētu veikt automātiski.

3. *Stiebru izkārtošana un galu apgriešana.*

Ražošanas procesā derīgie niedru stiebrī tiek izklāti vairākās kārtās, to gali tiek apgriezti panelim nepieciešamajā garumā un sasieti ar auklu. Šo posmu iespējams veikt gan manuāli, gan daļēji automatizēt, izmantojot speciālas iekārtas. Pētījuma vajadzībām tiek pieņemts, ka niedru stiebru galus griež ar motorzāģi, kura darba jauda ir 1 kW, un metra izklāto niedru galus nogriež 15 sekundēs. Ja viena paneļa svars ir 8 kg un stiebrī jāapgriež abos paneļa galos, tad 125 paneļu abu galu apgriešana aizņems aptuveni 60 minūtes un patērēs 1 kWh elektroenerģijas.

4. *Stiebru paneļu fiksēšana / sasiešana ar auklu*

Šajā analīzē pieņemts, ka ražoti tiek siltumizolācijas paneļi, kuru izmērs ir 100 cm x 100 cm x 5 cm. Zinot, ka niedru kūlišu vidējais blīvums ir 150 kg/m³ [35], viena paneļa masa ir 8 kg. Pieņemot, ka 80 % atvestās niedru masas der siltumizolācijas paneļu ražošanai, nepieciešami 1250 kg niedru (nederīgo frakciju ir iespējams izmantot niedru kompozītmateriāla ražošanai). Niedru fiksācijai ir izvēlēta tērauda aukla, bet tas var būt arī kāds cits materiāls. Uz tonnu gatavā produkta ir nepieciešami 39 kg tērauda auklas [108]. No izpētes avotos pieejamās informācijas pieņemts, ka speciālu iekārta niedru paneļu siešanai uz vienu tonnu gatava produkta patērēs 2 kWh [109, 110].

Siltumizolācijas materiāla ražošanas analīzē ar *ECO-it* tika konstatēts, ka emisijas un vides ietekmi rada izejmateriālu iegūšana – pļaušana un transportēšana, tērauda auklas ražošana, kā arī elektroenerģijas

izmantošana ražotnē ražošanas griešanas un siešanas posmos (3.6. tabula). Lielāko ietekmi uz vidi rada tērauda auklas izmantošana, jo tērauda ražošana ir energointensīvs process – 39 kg tērauda auklas ražošana ekvivalenta 69 kg CO₂ emisijām vai 9282 mPt. Pļaušanas un transportēšanas vides ietekme šajā gadījumā ir atkarīga no patērētā dīzeļdegvielas daudzuma – 5 litri pļaušanai ir ekvivalenti 15,6 kg CO₂ vai 2500 mPt un 1250 kg niedru transportēšana ir ekvivalenta 7,49 kg CO₂ vai 1200 mPt (ņemot vērā dīzeļdegvielas ražošanas ietekmi). Tikla elektroenerģijas patēriņš ražotnes procesu nodrošināšanai 3 kWh ir ekvivalents 1,8 kg CO₂ emisiju vai 180 mPt.

3.6. tabula. Siltumizolācijas materiāla ražošanas vides snieguma analīzes dati

		Ietekme uz klimatu	Vides snieguma vērtējums
Nepieciešamie izejmateriāli uz 1000 kg produkta		kg CO ₂ uz tonnu produkta	mPt uz tonnu produkta
Niedres	1250 kg	0	0
Tērauda aukla	39 kg	69	9282
Pļaušana		15,6	2500
Transportēšana		7,49	1200
Ražošanas procesa posmu enerģijas patēriņš, kWh uz 1000 kg produkta			
Griešana	1 kWh el. en.	0,6	60
Siešana	2 kWh el. en.	1,2	120
Atkritumi	250 kg nederīgo niedru daļu ¹	0	0
Kopā		98,9	13 162

Veiktās vides snieguma analīzes rezultāti parāda, ka siltumizolācijas materiāla izejvielas, tērauda auklas, ražošana rada vislielāko CO₂ emisiju daudzumu un arī vides ietekmi. Niedru sagādes (pļaušana un transportēšana) ietekme ir otra lielākā. Siltumizolācijas materiāla ražošanas procesos vides ietekmes rada elektroenerģijas izmantošana griešanai un siešanai. Izvēloties atjaunojamus energoresursus, iespējams panākt CO₂ neitrālu niedru iegūšanu un ražošanu. Tērauda auklas aizstāšana ar līdzīgu, videi neitrālu materiālu ļautu iegūt videi neitrālu siltumizolācijas materiālu.

Ja salīdzina niedru siltumizolācijas materiāla vides snieguma rezultātus ar *ECO-it* programmā pieejamajiem datiem par akmens vati, kuras 1000 kg ražošana ekvivalenta 1530 kg CO₂ emisijām un 197000 mPt redzams, ka esošā niedru siltumizolācijas materiāla ražošanas emisiju un ietekmes ir 7 % no akmens vates ražošanas ietekmes. Lai panāktu vienādu siltumizolācijas efektu, ir nepieciešams divreiz lielāks niedru siltumizolācijas materiāla apjoms. Arī tad niedru siltumizolācijas materiāla ražošanas emisiju un ietekme būs ap 14 % no akmens vates ražošanas ietekmes.

¹ Pieņemts, ka atkārtoti tiek izmantoti citās nozarēs, nevis nonāk poligonā. Nav ietverts modeļa robežās.

3.3.3. Niedru kompozītmateriāla vides snieguma ietvars

Niedru kompozītmateriālu veido saistvielā iemaisītas dažus centimetrus garas niedru stiebra daļas. Kompozītmateriāla izejvielas ir sausi niedru stiebri un saistviela. Niedres tiek iegūtas ziemas pļaušanā (mitruma saturs zem 20 %). Niedres var smalcināt ar salmiem paredzētu smalcinātāju un iemaisīt saistvielā ar industriālo mikseri. Var izmantot niedru jumtu un siltumizolācijas paneļu ražošanas atlikumus. Papildus ir nepieciešama enerģija un ūdens.

Turpmāk aplūkoti modelī iekļautie niedru kompozītmateriāla ražošanas procesa soļi.

1. *Niedru pļaušana un transportēšana*

Vienai tonnai kompozītmateriāla ir nepieciešami 780 kg ziemas pļaujā iegūtu niedru. Tādā gadījumā uz vienu tonnu gatavā produkta pļaušanā tiks patērēti 3,1 litri dīzeļdegvielas. Furgonā vienā reizē iespējams ievietot 6 tonnas niedru kūlīšu. Šādā gadījumā uz tonnu produkta izejvielu transportēšanas vides ietekme būs 13 % no transportēšanas ietekmes.

2. *Izejmateriāla kvalitātes pārbaude un stiebru attīrīšana*

Pieņemts, ka uz ražotni tiek atvestas ziemā pļautas nešķirotas niedres, tāpēc ražošanas procesa sākums ir atvestā izejmateriāla sagatavošana, pārliecinoties par atvesto niedru atbilstību uzstādītajām prasībām. Atdala niedres stiebra daļu. Sagatavošanas darbi tiek veikti manuāli.

3. *Stiebru sagriešana un sagriezto stiebru iemaisīšana saistvielā*

Ražošanas procesā niedru stiebri tiek sagriezti, sasmalcināti līdz nepieciešamajai frakcijai un iemaisīti saistvielā. Šajā analīzē pieņemts, ka 1 tonnai nepieciešams 780 kg niedru stiebru un 250 kg māla, kā arī 100 litri ūdens [32]. Citas vielas netiek patērētas. Atkritumi / blakusprodukti ir niedru lapas (ja aukstajam periodam sākoties, tās nav nokritušas) un ziedi. Niedres tiek smalcinātas ar salmiem paredzētu smalcinātāju, kurš patērē 4 kWh, lai sasmalcinātu 780 kg [111, 112] niedru, sagriežot stiebrus dažus centimetrus garās daļiņās. Iemaisīšanai nepieciešams industriālais mikseris. Saistviela māls ir blīva, plastilīnam līdzīga masa, enerģijas patēriņš tiek pieņemts 5 kWh/tonnu gatavā produkta [113, 114]

4. *Materiāla iespiešana sagatavē*

Gatavo masu ar vienādu spiedienu saspiež veidnēs, kur tā žūst, iegūstot māla un niedru kompozīta būvmateriālu. Spiešanai patērētā enerģija 5 kWh/tonnu gatavā produkta [115].

5. *Žāvēšana*

Lai pie normāla atmosfēras spiediena no istabas temperatūras 20 °C līdz 100 °C uzvārtu 1 litru ūdens, nepieciešama 0,1 kWh elektroenerģijas. Pieņem, ka pēc materiāla iespiešanas sagatavē vēl ir jāizžāvē 100 kg ūdens. Procesā viss ūdens ir arī jāiztvaicē. Šajā gadījumā, lai 1 litru ūdens, kura temperatūra ir 100 °C, iztvaicētu, ir nepieciešamas 0,64 kWh enerģijas. Tātad, lai iztvaicētu 100 litrus ūdens, nepieciešams 74 kWh elektroenerģijas.

Kompozītmateriāla ražošanas ietekmes uz vidi novērtējumā ar *ECO-it* datorprogrammu tika konstatēts, ka ietekmi uz vidi rada niedru un māla sagāde, elektroenerģijas patēriņš griešanas, maisīšanas, spiešanas un žāvēšanas posmos (skat. 3.7. tabulu). Pļaušanas un transportēšanas vides ietekme ir atkarīga no patērētā dīzeļdegvielas daudzuma – 3,1 litri pļaušanai ir ekvivalents 8,18 kg CO₂ vai 930 mPt un 780 kg niedru transportēšana ir ekvivalenta 4,87 kg CO₂ vai 780 mPt (ņemot vērā dīzeļdegvielas ražošanas ietekmi). Māls ir dabīgs materiāls, kura ietekme uz vidi ir neitrāla, tomēr māla iegūšana ir saistīta ar enerģijas patēriņu. *ECO-it* datubāzē māla iegūšanas ietekmes izvērtēšanā ietverta rakšanas tehnikas izmantošana, transportēšana un malšana – 1 kg māla ir ekvivalents 0,003 kg CO₂ jeb 0,376 mPt. 250 kg māla ir ekvivalents 0,75 kg CO₂ vai 94 mPt. Ūdens ir CO₂ neitrāls, bet, ņemot vērā enerģijas patēriņu ūdens sagatavošanai, 1 kg ietekme uz vidi ir 0,0033 mPt. 100 kg ūdens ietekme uz vidi ir 0,33 mPt.

3.7. tabula. Kompozītmateriāla ražošanas vides snieguma dati

		Ietekme uz klimatu	Vides snieguma vērtējums
Nepieciešamie izejmateriāli uz 1000 kg produkta		kg CO ₂ uz tonnu produkta	mPt uz tonnu produkta
Niedres	780 kg	0	0
Māls	250 kg	0,75	94
Ūdens	100 kg	0	0,33
Pļaušana		9,67	1350
Transportēšana		4,87	780
Ražošanas procesa posmu enerģijas patēriņš, kWh uz 1000 kg produkta			
Griešana	4 kWh el. en.	2,4	240
Siešana	5 kWh el. en.	3	300
Spiešana	5 kWh el. en.	3	300
Žāvēšana	74 kWh el. en.	44,4	4440
Atkritumi	30 kg nederīgo niedru daļu ²	0	0
Kopā		68,1	7504,33

Veiktās vides snieguma analīzes rezultāti parāda, ka niedru kompozītmateriāla ražošanas procesā ietekmi uz vidi rada elektroenerģijas izmantošana un izejmateriālu iegūšana. Izvēloties no atjaunojamajiem energoresursiem ražotu elektroenerģiju, iespējams panākt CO₂ neitrālu ražošanu.

Iegūto vides snieguma rezultātus, ir iespējams salīdzināt ar alternatīva kompozītmateriāla ražošanu. *ECO-it* datubāzē ir pieejami dati par cementa (Portlandas cements ražots domnas krāsnī) ražošanas ietekmi – 1000 kg cementa ražošana rada 762 kg CO₂ emisiju ekv. un ietekme veido 48 200 mPt. Tādā gadījumā apskatītā 1000 kg niedru kompozītmateriāla ražošana rada 11 reizes mazāk CO₂ emisijas un ietekme uz vidi ir 6,4 reizes mazāka. Jāpiezīmē, ka *ECO-it* datubāzē atrodams novērtējums 1000 kg māla ķieģeļu ar salmu piejaukumiem ražošanai (kā kurināmo izmantojot dabasgāzi), procesā rodas 162 kg CO₂ ekv. un vides ietekme veido 17900 mPt.

² Pieņemts, ka atkārtoti tiek izmantoti citās nozarēs, nevis nonāk poligonā. Nav ietverts modeļa robežās.

3.3.4. Niedru ekstrakta vides snieguma ietvars

Niedru ekstrakta ražošanai ir nepieciešamas 8,6 tonnas kaltētu niedru lapu, lai iegūtu vienu tonnu ekstrakta. Jāpārlicinās par niedru lapu tīrību. Lapas jākaltē – tas var notikt dabiski saulē vai arī pievadot siltumenerģiju. Izejmateriāls ir jāsasmalcina pulverī. Ekstrakcijas procedūrai izmanto destilētu ūdeni – karstie tvaiki pārplēš lapu sienīgas un izdalās niedru ekstrakts.

Turpmāk aplūkoti modelī iekļautie niedru ekstrakta ražošanas procesa soļi.

1. *Niedru pļaušana un transportēšana*

Ekstrakta izejmateriāls ir niedru lapas – aukstajā sezonā niedru lapas nobirst, tāpēc izejvielas niedru ekstraktam iegūst vasaras pļaušanā. Vasarā no viena hektāra var iegūt 40–60 tonnas zaļmasas vai 7,5–13 tonnas sausas [6]. Vasaras pļaušana ir energointesīvāka par ziemas pļaušanu – piekļuve niedru audzēm ir apgrūtināta kā ar ūdenstransportu, tā arī ar sauszemes transportu, jo niedres aug ūdenstilpņu piekrastēs un purvainās vietās. Lai iegūtu 1 tonnu ekstrakta, nepieciešamas 8,6 tonnas sausu niedru lapas. Pieņem, ka lapu masa veido vismaz 20 % no niedres masas. Tika pieņemts, ka dīzeļdegvielas patēriņš jebkurā gadījumā būs 20 litri uz hektāra nopļaušanu un niedru savākšanu un vienā hektārā ir 50 t zaļmasas un 12 t sausas. Tādā gadījumā kopējais nopļaujamais apjoms virs 170 t zaļmasas ir 3,4 ha. Šāda apjoma nopļaušanai tiks patērēti 68 litri dīzeļdegvielas. Pieņemot, ka līdz ražotnei niedres ir jātransportē 40 km un kravas auto ietilpība ir 16 tonnas, ir jāveic 11 braucieni. Ja degvielas patēriņš vienā braucienā ir 12 litri, tad 11 braucienos ir 132 litri.

2. *Izejmateriāla kvalitātes pārbaude*

Ir jāpārlicinās par izejmateriāla kvalitāti, to dara ražotnes personāls.

3. *Niedru kaltēšana*

Ir jāatbrīvojas no 1,9 tonnām mitruma. Lai pie normāla atmosfēras spiediena no istabas temperatūras 20 °C līdz 100 °C uzvārītu 1 litru ūdeni, nepieciešama 0,1 kWh elektroenerģijas. Pieņem, ka pēc materiāla iespiešanas sagatavē vēl ir jāizžāvē 100 kg ūdens. Procesā viss ūdens ir arī jāiztvaicē. Šajā gadījumā, lai 1 litru ūdens, kura temperatūra ir 100 °C, iztvaicētu, ir nepieciešamas 0,64 kWh. Tātad, lai iztvaicētu 1900 litrus ūdens, nepieciešams 1406 kWh elektroenerģijas.

4. *Smalcināšana pulverī*

Niedru smalcināšana pulverī tiek veikta vairākos soļos, iegūstot arvien smalkāka izmēra frakcijas. Lai pulverizētu 8,6 tonnas niedru, elektroenerģijas patēriņš prognozējams ap 100 kWh.

5. *Ekstrakcija, sildot destilētā ūdenī*

Ekstrakta ražošanai ir nepieciešams ievērojams ūdens daudzums (3.8. tabula), lai normālā atmosfēras spiedienā no istabas temperatūras 20 °C līdz 100 °C uzvārītu 1 litru ūdeni, nepieciešama 0,1 kWh elektroenerģijas. Ja jāuzsilda 20 000 litri ūdens, tad nepieciešamā enerģija ir 2000 kWh. Lai šo ūdens daudzumu iztvaicētu, nepieciešamā enerģija ir 12 800 kWh. Saskaņā ar *ECO-it* datubāzi 1 kg destilēta

ūdens sagatavošanas ietekme uz vidi ekvivalenta 0,001 kg CO₂ ekv. vai 0,086 mPt. 20 000 kg destilēta ūdens sagatavošanas ietekme uz vidi ir 20 kg CO₂ ekv. vai 1720 mPt.

6. Filtrēšana

Destilētā ūdens un ekstrakta maisījums tiek mehāniski filtrēts ar nostādināšanas metodi. Elektroenerģija netiek patērēta.

7. Kaltē ar aukstumu / augstu enerģiju, var arī būt cits risinājums, kur materiāli sadalās vārot

No iegūtā ekstrakta tiek iztvaicēts atlikušais mitrums, izmantojot aukstās tvaicēšanas metodi (*freeze – drying*). Ar aukstās tvaicēšanas metodi ir iespējams iegūt kvalitatīvāku produktu nekā ar karsto tvaicēšanu, jo nav paaugstinātas temperatūras negatīvās iedarbības uz ekstraktu. Literatūras avotā ir minēts, ka aukstā tvaicēšana patērē 1,5 kWh uz kilogramu vielas. Pieņemot, ka izfiltrētais ekstrakts satur 1000 litrus ūdens, enerģijas patēriņš būs 1500 kWh.

Niedru ekstrakta ražošanas ietekmes uz vidi novērtējumā ar *ECO-it* datorprogrammu tika konstatēts, ka ietekmi uz vidi rada niedru sagāde, elektroenerģijas patēriņš griešanas, kaltēšanas un ekstrakcijas posmos (3.8. tabula). Pļaušanas un transportēšanas vides ietekme šajā gadījumā ir atkarīga no patērētā dīzeļdegvielas daudzuma – 68 litri pļaušanai ir ekvivalents 212,16 kg CO₂ vai 34000 mPt un 170 000 kg niedru transportēšana ir ekvivalenta 348,48 kg CO₂ vai 39 600 mPt (ņemot vērā dīzeļdegvielas ražošanas ietekmi).

3.8. tabula. Niedru ekstrakta ražošanas vides snieguma dati

		Ietekme uz klimatu	Vides snieguma vērtējums
Nepieciešamie izejmateriāli uz 1000 kg produkta		kg CO ₂ uz tonnu produkta	mPt uz tonnu produkta
Niedres	10 500 kg	0	0
Destilēts ūdens (ūdens priekšapstrāde)	20 000 kg	0,75	94
Pļaušana		212,16	34 000
Transportēšana		348,48	39 600
Ražošanas procesa posmu enerģijas patēriņš, kWh uz 1000 kg produkta			
Kaltēšana	1 406 kWh el. en.	843,6	84 360
Pulverizēšana	1 000 kWh el. en.	60	6 000
Ekstrakcija (ūdens sildīšana)	14 800 kWh el. en.	8 880	888 000
Aukstā kaltēšana	1 500 kWh el. en.	900	90 000
Atkritumi	136 t niedru zaļmasas ³	0	0
Kopā		11 244,24	1 142 054

³ Pieņemts, ka atkārtoti tiek izmantoti citās nozarēs, nevis nonāk uz poligonu. Nav ietverts modeļa robežās.

Niedru ekstrakta ražošanas procesa vides snieguma rezultāti parāda, ka ietekmes rada izejvielu sagāde un elektroenerģijas lietošana: iztvaicēšanas, pulverizācijas, ekstrakcijas un aukstās kaltēšanas posmos nepieciešamais elektroenerģijas daudzums ir 17 806 kWh, kas veido 11 244,24 kg CO₂ ekv. vai 1 141 960 mPt. Izvēloties no atjaunojamos energoresursus, iespējams panākt CO₂ neitrālu ražošanu.

Niedru ekstrakta ražošanu datu trūkuma dēļ nav iespējams salīdzināt ar kādu konkrētu produktu, kas būtu ražots no fosilajiem resursiem, kurus niedru ekstrakts varētu aizstāt.

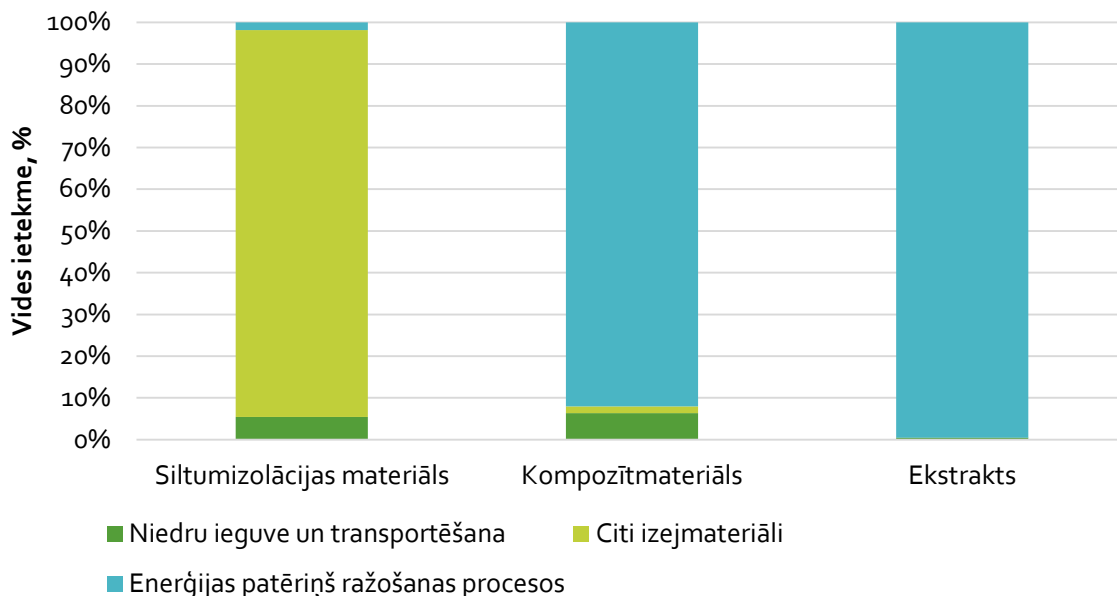
3.3.5. Kopsavilkums par produktu vides sniegumu

Veiktās CO₂ emisiju un vides ietekmes analīzes rādītāji atspoguļo niedru siltumizolācijas materiāla, niedru kompozītmateriāla un niedru ekstrakta izejmateriālu ieguvu un ražošanas procesu. Šo produktu lietojumi nav savstarpēji salīdzināmi (3.5. attēls), tomēr ir iespējams salīdzināt to vides ietekmes (mPt) rādītāju rezultātus. 3.9. tabulā attēloti vides ietekmes (mPt) rezultāti uz tonnu gatavā produkta.

3.9.tabula. Vides ietekmes (mPt) rezultāti uz tonnu gatavā produkta

	Siltumizolācijas materiāls, mPt	Kompozītmateriāls, mPt	Ekstrakts, mPt
Niedru ieguve un transports	3700	2130	73600
Citi izejmateriāli	9282	94,33	94
Enerģijas patēriņš ražošanas procesos	180	5280	1068360
Kopējais	13162	7504,33	1142054

Niedru ieguves un transportēšanas stadijā vislielākā vides ietekme ir tonnas niedru ekstrakta ražošanai nepieciešamo niedru sagādē, jo, lai iegūtu vienu tonnu ekstrakta, ir nepieciešamas aptuveni 170 t niedru (73 600 mPt). Tonnai niedru siltumizolācijas materiāla ir nepieciešami 1250 kg niedru (3 700 mPt) un tonnai kompozītmateriāla ir nepieciešami 780 kg niedru (2 130 mPt), tāpēc šajā stadijā vismazākā vides ietekme ir niedru kompozītmateriālam.



3.5. attēls. Vides ietekmes rezultāti uz tonnu gatavā produkta.

Produktu ražošanai ir nepieciešami arī citi izejmateriāli. Novērtējumā tika pieņemts, ka siltumizolācijas materiāls tiks sasiets ar tērauda auklu (39 kg), kompozītmateriāla saistviela būs māls (250 kg) un nepieciešami arī 100 litri ūdens, bet ekstraktam ir nepieciešami 20 000 litri destilēta ūdens. Šajā stadijā vislielākā vides ietekme ir tērauda auklas ražošanai (9282 mPt).

Vislielākais enerģijas patēriņš ražošanas procesos ir ekstrakta ražošanai, jo tā ietver niedru kaltēšanu, pulverizāciju, ekstrakciju un auksto kaltēšanu – kopā 1 068 360 mPt. Visi šie ražošanas procesa posmi ir energointensīvi, un to ietekme uz vidi ir 200 reizes lielāka nekā kompozītmateriāla ražošanas ietekme. Kompozītmateriāla ražošanas enerģijas patēriņš novērtēts ar 5280 mPt, kas savukārt ir gandrīz 30 reizes lielāks par siltumizolācijas materiāla enerģijas ražošanas ietekmi (180 mPt), jo siltumizolācijas materiāla ražošanas procesā ir tikai divi soļi – niedru paneļu galu apgriešana un paneļu sasiešana, bet kompozītmateriāla ražošanai ir nepieciešama niedru smalcināšana, iejaukšana plastiskā saistvielā, spiešanas sagatavēs un kaltēšana.

Jāņem vērā, ka niedru siltumizolācijas materiāls var aizstāt akmens vati, kuras vides ietekme uz tonnu produkta ir 197 000 mPt, bet niedru kompozītmateriāls var aizstāt cementu, kura 1 tonnas vides ietekme novērtēta ar 48 200 mPt. Niedru ekstrakts ir jauns produkts, kura vides ietekmi salīdzināt, piemēram, ar medikamentiem, nebūtu korekti.

Produktu vides snieguma vērtējums ir apliecinājums ražotāja rīcībai, iestājoties par videi saudzīgu ražošanu. Tomēr vides snieguma rezultātus var integrēt vides snieguma sertifikātos. Produktu vides sertifikāta esamība ir svarīgs dokumentāls apliecinājums produkta noieta tirgus kontekstā, īpaši eksportējot produkciju uz citām valstīm (piemēram, Zviedriju, Dāniju, Nīderlandi u. c.).

3.4. NO NIEDRĒM IEGŪTU PRODUKTU TEHNOLOĢISKO RISINĀJUMU TIRGUS ANALĪZE

Tirgus analīze tika veikta trīs izvēlētajiem produktiem: siltumizolācijas panelim, kompozītmateriālam (ar mālu) un ekstraktam. Tirgus analīzes metodikā tika izmantota tirgus pievilcības un konkurētspējas matrica, kas parāda produktu iespējamās priekšrocības virzīšanai tirgū.

Matrica pazīstama arī ar nosaukumu *General Electric/McKinsey* matrica un dod vairāk priekšrocību kā Bostonas matrica [116]. Dažādas kompānijas un pētījumi liecina, ka šī ir viegli uzskatāma un pielāgojama matrica dažādiem produktiem un dažādiem tirgus segmentiem [117]. Matrica izveidota deviņos (9) kvadrantos, kur ar līniju tiek savienoti abu rādītāju maksimumi. Produkti, kuri atrodas augstāk par novilkto līniju, kas savieno abus maksimumus, ir potenciāli īstenojamie produkti. Zem līnijas ir tādi produkti, kurus nav vērts īstenot, un uz līnijas ir produkti, kuru īstenošanai vēl ir jāuzlabo rādītāji.

Tirgus pievilcība tiek vērtēta pēc tirgus lieluma, tirgus augšanas tempa, produkta aizstāšanas iespējām, normatīvo aktu ietekmi un nepieciešamajām investīcijām. Konkurētspēja tiek vērtēta produktam un trīs konkurentu produktiem (produkts ar līdzīgām īpašībām, ražots no cita dabīgā materiāla). Konkurētspēja tiek rēķināta pētāmā produkta attiecībā pret stiprāko konkurenta produktu. Stiprākais konkurents ir tas, kas analīzē iegūst vislielāko punktu skaitu. Informācija par tirgus pievilcību galvenokārt meklēta tirgus pārskatos un konkurētspējas analīze publikācijās. Lai noteiktu svaru tirgus matricai, ir jāpiesaista augsti kvalificēti ekonomikas un tirgus nozares eksperti, tāpēc tika piesaistīts augsti kvalificēts doktors, eksperts ar augstāko izglītību ekonomikā, lai veiktu tautsaimniecības ekonomisko procesu analīzi⁴ [118].

3.10. tabulā redzami tirgus pievilcības vērtējuma kritēriji un to vērtējumu iedalījums, kā arī novērtētais svars, kas gala vērtējumā dod īpatsvaru katram no kritērijiem. Vērtēšana notiek piecu baļļu sistēmā, kur 1 – ļoti nepievilcīgs un 5 – ļoti pievilcīgs. Katra kritērija vērtējums tiek reizināts ar noteikto svaru, un kopējā tirgus pievilcība ir svērto vērtējumu summa.

3.10. tabula. Tirgus pievilcības vērtējuma kritēriji, to vērtību sadalījums un svars

Kritērijs	Svars
Tirgus lielums (vērtība milj. eiro)	
1 – līdz 100 milj.	
2 – 100–500 milj.	
3 – 500 milj.–1. miljrd.	0,20
4 – 1–5 miljrd.	
5 – virs 5 miljrd.	
Tirgus augšanas temps (Compound annual growth rate – CAGR, %)	
1 – līdz 1 % gadā	
2 – 1–2 % gadā	
3 – 3–4 % gadā	0,25
4 – 5–6 % gadā	
5 – virs 7 % gadā	

⁴ Svaru piešķiršanu produktu konkurētspējas un tirgus pozīciju noteikšanai veica *Dr. sc. ing.* Gatis Bažbauers (inženierzinātņu doktors, ar augstāko izglītību ekonomikā un ilggadēju pieredzi tehniski ekonomisko procesu novērtēšanā).

Produkta aizvietošanas iespējas (ar citu resursu, nozares skatījumā)	
1 – Produktu nozarē ir viegli aizstāt ar līdzvērtīgu produktu	
2 – Produktu nozarē var aizstāt daļēji (izmantojot citu resursu komponentus)	
3 – Produktu nozarē var aizstāt teorētiski (trūkst praktisku pētījumu)	0,20
4 – Produktam nozarē nav tiešu aizstājēju, bet ir līdzvērtīgi produkti	
5 – Produkts ir unikāls, neaizstājams, nišas produkts	
Normatīvo aktu ietekme (ierobežojumi ienākšanai tirgū)	
1 – Normatīvo aktu prasības nozarē kavē produkta ienākšanu tirgū	
2 – Normatīvo aktu prasības nozarē daļēji kavē produkta ienākšanu tirgū	
3 – Normatīvo aktu prasības nozarē neietekmē produkta ienākšanu tirgū	0,25
4 – Normatīvo aktu prasības daļēji veicina produkta ienākšanu tirgū	
5 – Normatīvo aktu prasības veicina produkta ienākšanu tirgū	
Investīcijas	
1 – Nepieciešamās investīcijas ir virs 300 000 eiro	
2 – Nepieciešamās investīcijas ir no 100 000 līdz 300 000 eiro	
3 – Nepieciešamās investīcijas ir no 50 000 līdz 100 000 eiro	0,10
4 – Nepieciešamās investīcijas ir no 10 000 līdz 50 000 eiro	
5 – Nepieciešamās investīcijas ir līdz 10 000 eiro	
	Kopā 1

Gala faktora vērtējumu tirgus pievilcībai izsaka, reizinot faktora īpatsvaru ar tā punktu novērtējumu, summējot iegūtos rezultātus, un to izsaka ar 6. formulu:

$$\sum_{i=1}^n A = V \times S, \quad (6.)$$

kur

A – analizējamā produkta baļļu svērtais tirgus pievilcības novērtējums;

V – analizējamā produkta vērtējums;

S – analizējamā produkta svars.

3.11. tabulā redzami konkurētspējas vērtēšanas kritēriji, vērtību iedalījums un dotais svars. Konkurētspēja tiek vērtēta produktam no niedrēm un trīs konkurētspējīgiem produktiem, kas nodrošina tādas pašas vai līdzīgas īpašības, ir no citiem dabīgiem izejmateriāliem, var atšķirties ražošanas tehnoloģija.

3.11. tabula. Konkurētspējas kritēriji, to vērtību sadalījums un svars

Kritērijs	Svars
Produkcijas vienības izmaksas (eiro/t)	
1 – zem 10 eiro/t	
2 – no 10–50 eiro/t	
3 – no 50–100 eiro/t	0,20
4 – no 100–200 eiro/t	
5 – virs 200 eiro/t	

Produktu diferenciacija⁵ iespējas	
1 – produkts nav diferencējams	
2 – produkta diferenciacija ir teorētiska (nav pietiekamu pētījumu)	
3 – produktu iespējams diferencēt, bet ne ievērojami	0,25
4 – produktu iespējams diferencēt vienas īpašības ietvaros	
5 – produkts ir ievērojami diferencējams	
Priekšrocības (atrašanās vieta) resursu ieguvei (loģistika) valstu mērogā	
1 – resurss nav pieejams ražotnes valstī vai kaimiņvalstīs, tiek importēts	
2 – resurss nav pieejams ražotnes valstī, tiek importēts no kaimiņvalstīm	
3 – resurss daļēji pieejams ražotnes valstīs, tomēr tiek importēts	0,25
4 – resurss pieejams ražotājvalstī, bet nav blakus ražotnei 50 km rādiusā	
5 – resurss pieejams ražotājvalstī 50 km rādiusā	
Vidi saudzējoša ražošana	
1 – ražošanas procesā netiek izmantotas videi draudzīgas tehnoloģijas un materiāli	
2 – ražošanas procesā sāk ieviest kādu videi draudzīgu tehnoloģiju un/vai materiālus	
3 – ražošanas procesā daļēji ieviestas videi draudzīgas tehnoloģijas un materiāli	0,30
4 – ražošanā tiek izmantotas videi draudzīgas tehnoloģijas vai/un atjaunojamie resursi	
5 – ražošana noris pēc tīrākas ražošanas principa, no atjaunojamiem (ilgtspējīgiem) resursiem	
	Kopā 1

Gala faktora vērtējumu konkurētspējai izsaka, reizinot faktora īpatsvaru ar tā punktu novērtējumu, summējot iegūtos rezultātus, un to izsaka ar 7. formulu:

$$\sum_{i=1}^n B = V \times S, \quad (7.)$$

kur

B – analizējamā produkta baļļu konkurētspējas svērtais novērtējums;

V – analizējamā produkta vērtējums;

S – analizējamā produkta svars.

Produkta konkurences priekšrocību relatīvais rādītājs tiek aprēķināts ar analizējamā produkta svērto novērtējumu pret stiprākā konkurenta svērto novērtējumu un izsaka ar 8. formulu:

$$R = \left(\frac{B}{B_{konk}} - 1 \right) \times 100, \quad (8.)$$

kur

R – produkta priekšrocību relatīvais rādītājs;

B_{konk} – stiprākā konkurenta svērtais baļļu novērtējums.

Konkurētspēja ir izteikta ar svērto vērtējumu summām, izsakot produkta svērtā vērtējuma summu pret stiprākā konkurenta svērto vērtējumu summu un dalot ar maksimālā iespējamā vērtējuma summu pret

⁵ Papildu īpašību, ieguvumu, atribūtu vai radniecīgu pakalpojumu iekļaušana, kas kalpo produkta diferenciacijai no konkurentiem.

minimālā iespējamā vērtējuma summu. Galarezultāts tika izdalīts ar koeficientu 4, kas ir ((maksimālais iespējamais vērtējums/ minimālo iespējamo vērtējumu) -1) x100.

3.12 tabulā redzami dotie vērtējumi visu niedru produktu tirgus pievilcībai. Vērtējumi būtiski neatšķiras, visi produkti ir ar lielām aizstāšanas iespējām, normatīvie akti īpaši neietekmē produkta ieviešanu tirgū.

3.12. tabula. Tirgus pievilcības vērtējumi

Tirgus pievilcība	Svars	Siltumizolācijas panelis [119, 120, 121]	Kompozītmateriāls [122, 123]	Ekstrakts [124, 125, 126, 127, 128]
Tirgus lielums	0,20	5	4	5
Tirgus augšanas temps	0,25	3	5	5
Produkta aizstāšanas iespējas	0,20	1	1	1
Normatīvo aktu ietekme	0,25	3	3	4
Investīcijas	0,10	4	3	3

3.13. tabulā redzami vērtējumi siltumizolācijas panelim no niedrēm, cukurniedrēm, salmiem un pārstrādātas kokvilnas. Vispēcīgākais konkurents ir siltumizolācija no salmiem, galvenokārt izejvielas pieejamības un videi saudzīgas ražošanas dēļ, bet visvājākais – no pārstrādātas kokvilnas, galvenokārt ne videi saudzīgas ražošanas tehnoloģijas un ierobežota resursa pieejamības dēļ.

3.13. tabula. Siltumizolācijas paneļa konkurētspējas vērtējumi

Konkurentu analīze	Svars	Niedres	Cukurniedres [129]	Salmi [130]	Pārstrādāta kokvilna [131]
Produkcijas vienības izmaksas	0,20	4	2	2	5
Produktu diferenciacijas iespējas	0,25	3	4	2	2
Priekšrocības (atrašanās vieta) resursu ieguvei	0,25	5	1	5	2
Vidi saudzējoša ražošana	0,30	4	4	4	2

3.14. tabulā redzami vērtējumi konkurētspējai kompozītmateriālam no niedrēm, HDPE, sizala šķiedras un kaņepju šķiedras. Vispēcīgākais konkurents ir HDPE kompozītmateriāls, visvājākais ir sizala šķiedru kompozītmateriāls.

3.14. tabula. Kompozītmateriālam konkurētspējas analīzes vērtējumi

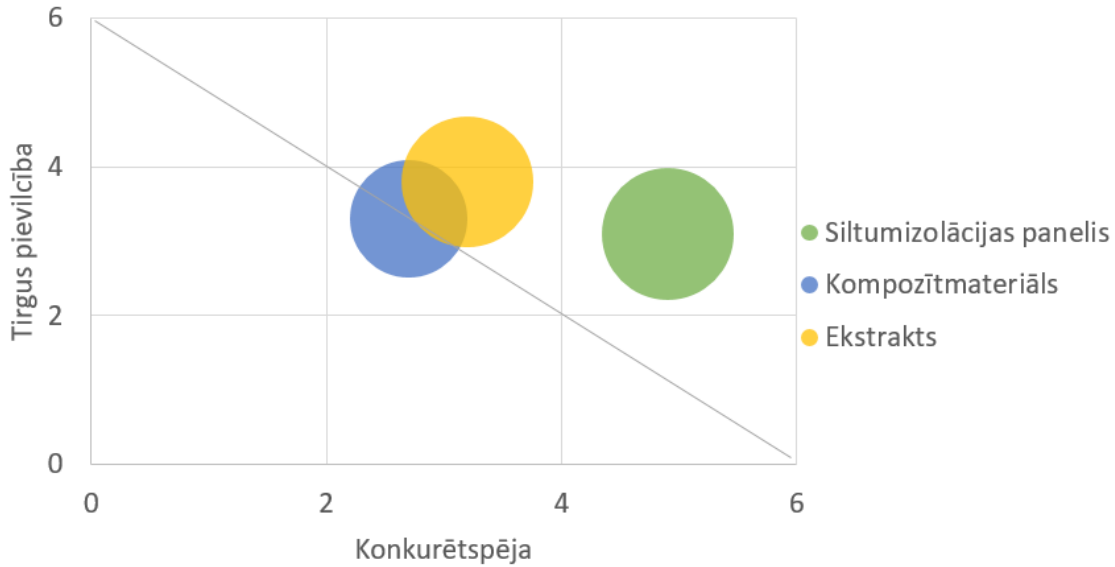
Konkurentu analīze	Svars	Niedres	HDPE kompozīts [132]	Sizala šķiedru kompozītmateriāls [133]	Kaņepju šķiedras kompozītmateriāls [134]
Produkcijas vienības izmaksas	0,20	3	3	3	3
Produktu diferenciacijas iespējas	0,25	2	3	2	3
Priekšrocības (atrašanās vieta) resursu ieguvei	0,25	5	5	1	4
Vidi saudzējoša ražošana	0,30	4	2	2	2

3.15. tabulā redzami vērtējumi konkurētspējai ekstraktam no niedrēm (kas pierāda efektivitāti pret melanomu un hepatoprotektīvas īpašības), līdz ar to konkurenti meklēti ar tādām pašām īpašībām – hibiskus, forsītija un kurkuma saknes. Visiem augu ekstraktiem ir ļoti līdzīgi vērtējumi, vienīgā atšķirība ir izejvielu pieejamībā, līdz ar to konkurence ir diezgan stipra. Visstiprākais konkurents ir forsītija, un visvājākais – kurkuma, jo konkrētajā ražošanas tehnoloģijā tika izmantots šķīdinātājs atšķirībā no pārējām, kur tika izmantota ūdens ekstrakcija.

3.15. tabula. Ekstraktam konkurētspējas analīzes vērtējumi

Konkurentu analīze	Svars	<i>Phragmites Australis</i> ekstrakts	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> ekstrakts (melanomai) [135, 136]	<i>Forsythiae Fructus</i> ekstrakts (melanomai B16F10) [137, 138]	<i>Curcuma amada Roxb.</i> ekstrakts (hepatoprotektīvs) [139, 140]
Produkcijas vienības izmaksas	0,20	5	5	5	5
Produktu diferenciacijas iespējas	0,25	4	4	4	4
Priekšrocības (atrašanās vieta) resursu ieguvei	0,25	5	1	3	1
Vidi saudzējoša ražošana	0,30	4	4	4	3

Izvēlēto produktu salīdzinošie rezultāti ir redzami 3.6. attēlā, un, lai arī ekstrakts no pētītajiem trīs produktiem uzrāda visaugstāko tirgus pievilcību, saistībā ar lielo konkurenci ekstrakts parāda otro labāko rezultātu.



3.6. attēls. Niedru produktu tirgus pievilcības un konkurētspējas matrica.

Vislabāko pozīciju ieņem siltumizolācijas panelis. Lai arī tirgus pievilcība nav visaugstākā, tam ir potenciāls veiksmīgai ienākšanai tirgū. Kompozītmateriāls uzrāda vidējus rezultātus, un pirms ieiešanas tirgū būtu jāuzlabo konkurētspējas vai tirgus pievilcības rādītāji. Produkti, kuri atrodas augstāk par novilkto līniju, kas savieno abus maksimumus, ir potenciāli īstenojamie produkti.

Vērtēt var arī pēc produktu vērtību atrašanās vietas attiecīgajā kvadrantā. Produkti, kas atrodas kvadrantos, caur kuriem iet līnija, vēl būtu jāanalizē pirms ražošanas uzsākšanas, pārējie kvadranti virs līnijas ir īstenojami. Taču kvadrantos, kas atrodas zem līnijas un kurus līnija nešķērso, produktus nav ieteicams īstenot. Tālāki pētījumi ražošanas uzsākšanai ir ieteicami siltumizolācijas paneļa vai/un ekstrakta ražošanai. Pirms ražošanas uzsākšanas ir jāveic ekonomiskā analīze biznesa plāna ietvaros, lai ietvertu plašu aprēķinu potenciālajai ražotnei.

3.5. ENGURES UN PAPES EZERU NIEDRU IZMANTOŠANAS PRODUKTU RAŽOŠANAI POTENCIĀLAIS NOVĒRTĒJUMS

Niedru izmantošanas produktu ražošanai potenciāla novērtējumam šī pētījuma ietvaros veikta gadījuma izpēte Engures un Papes ezeriem. Gadījuma izpētei izvēlēti šie divi ezeri, jo projekta LIFE12 NAT/LV/000118 COASTLAKE ietvaros 2014. gadā tiem veikta attālā izpēte, kuras ietvaros noteikta precīza informācija par niedru izplatību un audžu kvalitatīvie un kvantitatīvie rādītāji. No biznesa attīstības viedokļa resursu pieejamība produkta ražošanai ir viens no galvenajiem ražošanas uzsākšanu noteicošajiem faktoriem, tāpēc šīs nodaļas turpinājumā tiks izvērtēts, cik perspektīvi ir balstīt produktu izgatavošanu no Engures un Papes ezerus iegūtām niedrēm.

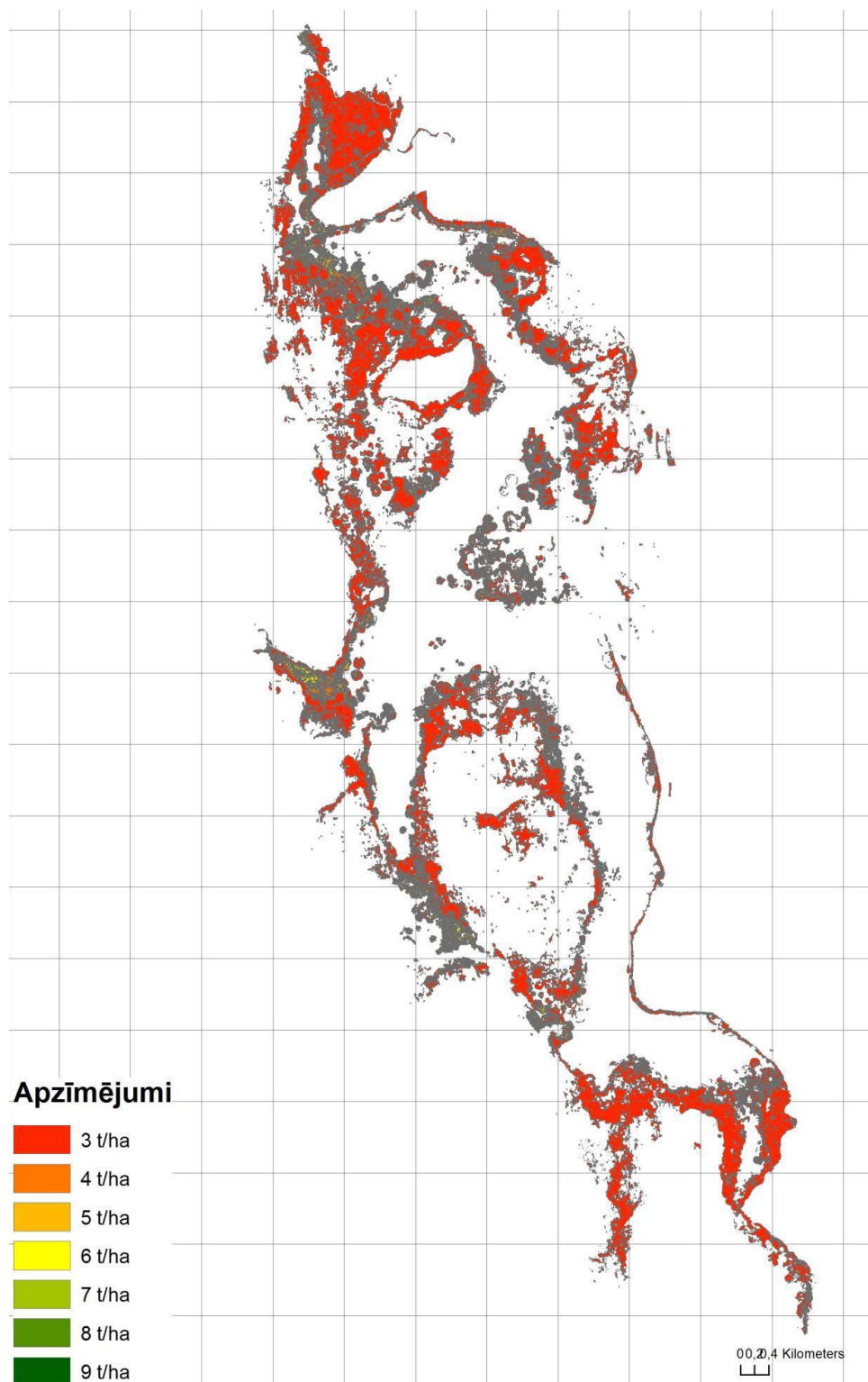
3.5.1. Ezeru vispārīgais raksturojums

Papes ezers ir lagūnas tipa ezers, kuru no Baltijas jūras atdala vienu līdz divus kilometrus šaura kāpu josla. Tā platība ir 1205 ha, bet gandrīz 90 % ezera aizauguši ar niedrēm un krūmiem. Ezera vidējais dziļums ir tikai 0,5 m, bet visdziļākā vieta – 2 m. Ezera aizaugšanas un pārpurvošanās (eutrofikācijas) iemesli ir saistīti ar ezera līmeņa regulācijas darbiem (19. gs. vidū līdz 20. gs.), kā arī teritoriju, kuras izmantoja govju ganīšanai, aizaugšana ar krūmiem. 10,85 tūkst. ha lielais dabas parks «Pape», kas iekļauj Papes ezeru, mežus, kāpas, purvus un piejūras pļavas, ir dibināts 2003. gadā. Tas iekļauts Eiropas nozīmes īpaši aizsargājamo dabas teritoriju vienotajā tīklā *Natura 2000*, atzīts par starptautisku putniem nozīmīgu vietu un Ramsāres konvencijas vietu – starptautiski nozīmīgu mitrāju. [141]

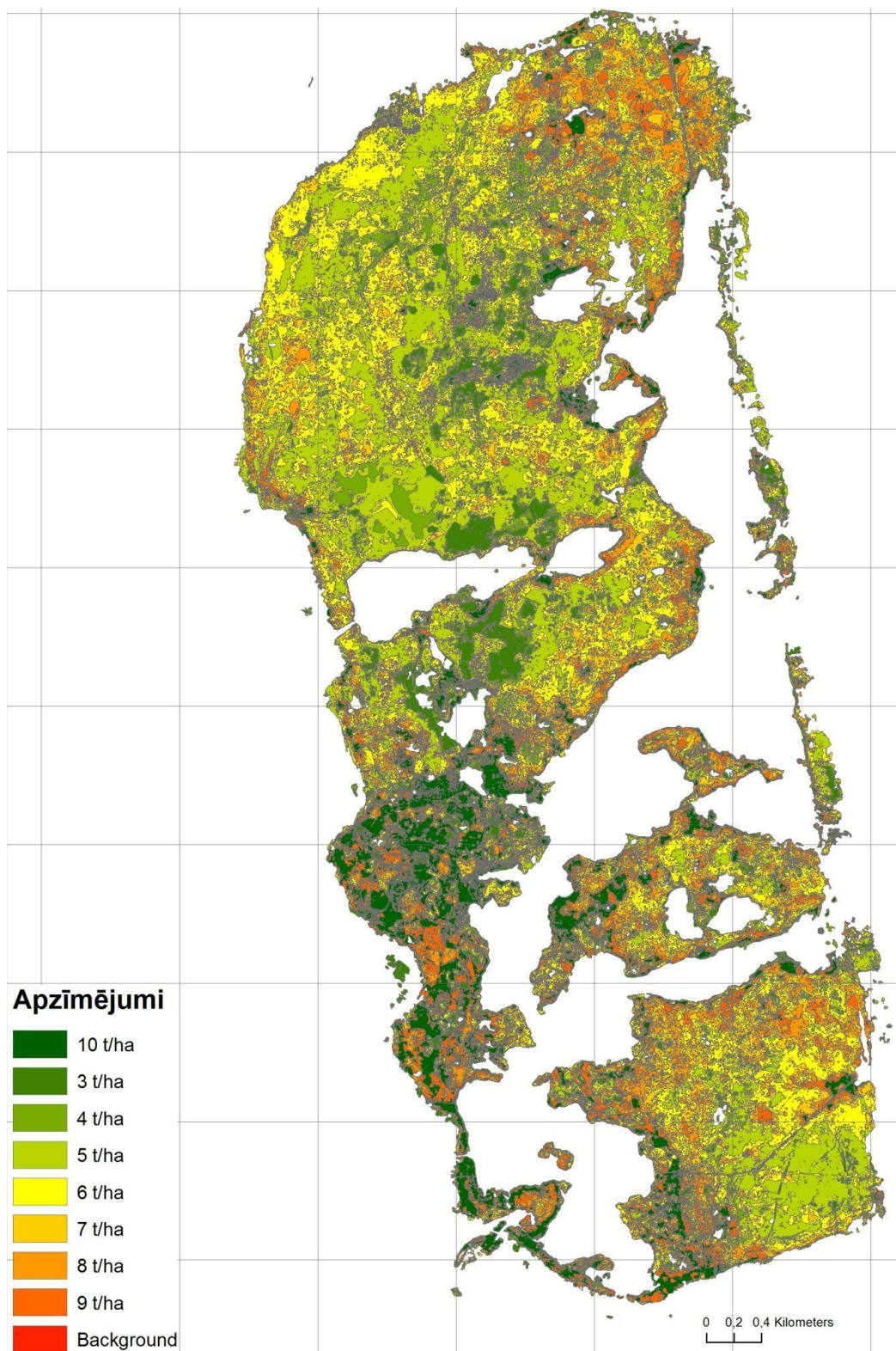
Ap 19 km garais un līdz 4,5 km platais **Engures ezers** ir vislielākais Latvijas piejūras ezers. Tā kopējā platība 20. gs. vidū bija ap 45 km², bet patlaban daudzi kādreizējie krastam piegulošie seklūdens rajoni, aizaugot ar niedrēm, ir pārvērtušies zemajos purvos, un biežāk minētā ezera platība ir tikai 35 km². Ezers ir ļoti sekls, tā dziļums nepārsniedz 2,5 m, bet daudzviet ir tikai 20 cm, un ūdens tajā ir ļoti dzidrs. Pēc aptuveniem aprēķiniem ap 40 % ezera platības klāj virsūdens augājs, galvenokārt niedres. Līdzīgi kā Papes ezeram, Engures ezera aizaugšanas un pārpurvošanās (eutrofikācijas) iemesli ir saistīti ar ezera līmeņa regulācijas darbiem (19. gs. vidū līdz 20. gs.), kā arī teritoriju, kuras izmantoja govju ganīšanai, aizaugšana ar krūmiem. Engures ezers kā ornitoloģiskais liegums ir aizsargājama dabas teritorija jau kopš 1957. gada, bet Engures ezera dabas parks dibināts 1998. gadā. Tas iekļauts Eiropas nozīmes īpaši aizsargājamo dabas teritoriju vienotajā tīklā *Natura 2000*, atzīts par starptautisku putniem nozīmīgu vietu un Ramsāres konvencijas vietu – starptautiski nozīmīgu mitrāju. [141]

3.5.2. Niedru audžu platību apraksts Papes un Engures ezeros

Niedru biomasas sadalījuma novērtējumam izmantots objektu augstuma modelis un informācija par vidējām niedru biomasas vērtībām Papes un Engures ezeros (sk. 3.7. att. un 3.8. att.). Papes ezera gadījumā vidējā biomasas vērtība izvēlēta 5,58 t/ha, bet Engures ezeram 4,25 t/ha [27]. Niedru vidējā biomasas vērtība tiek piesaistīta vidējam niedru augstumam ezerā un niedru augstuma izmaiņas tiek proporcionāli attiecinātas uz biomasas vērtībām. Respektīvi, ja niedru augstums (kādā apgabalā) attiecībā pret vidējo niedru augstuma vērtību ezerā samazinās par 25 %, tad arī niedru biomasas vērtība tiek samazināta par 25 % attiecībā pret vidējo biomasas vērtību ezerā. Balstoties uz augstākminēto biomasas novērtēšanas metodi, izveidoti niedru biomasas sadalījuma slāņi, kuros biomasas vērtības attēlotas no 3 t/ha līdz 10 t/ha Papes ezera gadījumā un 3–9 t/ha Engures ezera gadījumā ar soli 1 t/ha.



3.7. attēls. Engures ezera sauso niedru biomasas novērtējuma karte [141].



3.8. attēls. Papes ezera sauso niedru biomasas novērtējuma karte [141].

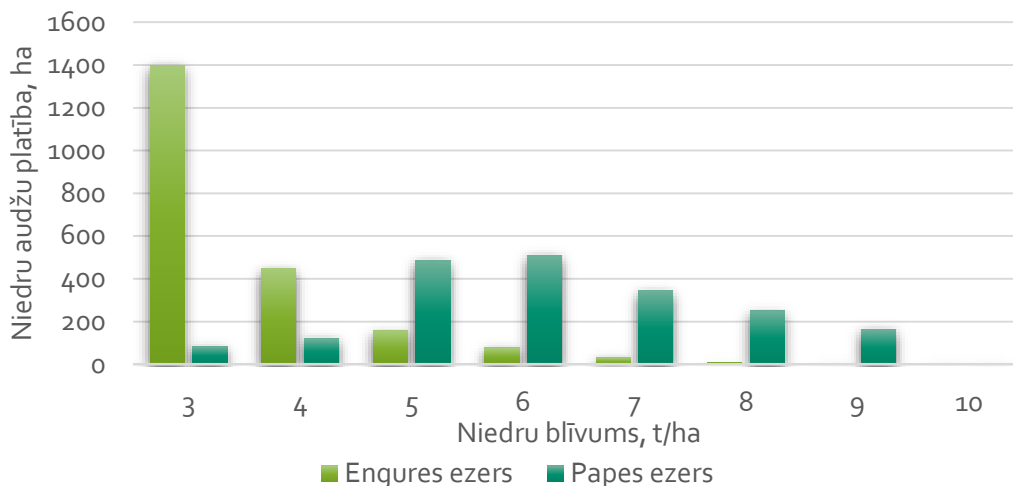
Izmantojot Engures un Papes ezeru attālās izpētes projekta LIFE12 NAT/LV/000118 COASTLAKE ietvaros iegūtos datus, tika noteikta ar niedrēm plātās teritorijas platība un aprēķināts teorētiski pieejamais sauso niedru biomasas daudzums pa niedru blīvuma klasēm (3–10 t/ha) (3.16. tabula). Neskatoties uz to, ka Engures ezera platība ir krietni lielāka nekā Papes ezeram, niedru audžu platības abos ezeros ir līdzīgas. Vidēji no 1 ha Engures ezera niedru audzēm teorētiski var iegūt 3,5 t sauso niedru biomasu, bet no Papes ezera – 6,2 t. Salīdzinājumā ar literatūrā pieejamo informāciju (Engures ezerā – 4,25 t/ha, Papes ezerā – 5,58 [27]), pēc šī aprēķina Engures ezerā teorētiski vidēji var iegūt mazāk, bet Papes ezerā – vairāk sauso niedru biomasu no 1 ha niedru audžu.

3.16. tabula. Engures un Papes ezeros teorētiski pieejamās sauso niedru biomasas daudzums (sagatavots pēc [141])

Blīvums, t/ha	Engures ezers			Papes ezers		
	Platība, ha	Niedru biomasas, t _{sausna}	%	Platība, ha	Niedru biomasas, t _{sausna}	%
3	1400,7	4202,1	55,9	84,1	252,4	2,1
4	447,7	1790,9	23,8	122,4	489,6	4,0
5	155,9	779,6	10,4	486,9	2434,4	20,0
6	76,5	458,8	6,1	510,8	3064,6	25,2
7	31,3	219,2	2,9	345,8	2420,3	19,9
8	6,7	53,2	0,7	251,2	2009,4	16,5
9	2,2	19,8	0,3	164,3	1479,0	12,2
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
Kopā	2120,9	7523,5	100	1965,5	12150,1	100
Vidēji, t/ha		3,5		Vidēji, t/ha	6,2	

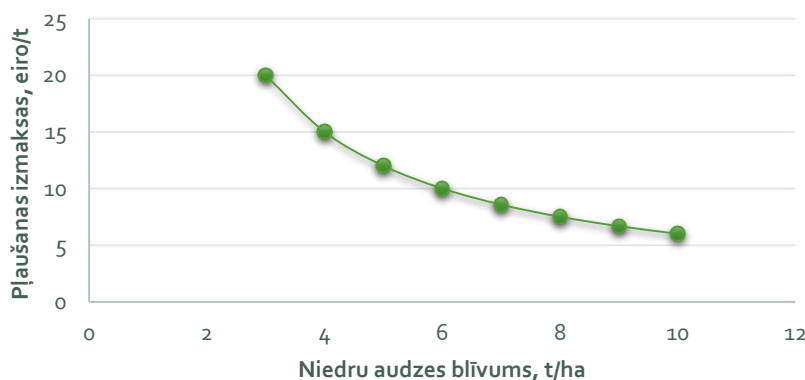
Teorētiski Engures ezerā katru gadu veidojas apmēram 7523,5 t niedru sausās biomasas, bet Papes ezerā par 61,8 % vairāk – 12150,1 t. No tā izriet, ka uzņēmējiem, kuriem produktu izgatavošanai nepieciešama niedru biomasas, lielāka interese būt par Papes ezera niedru resursu apsaimniekošanu.

Tomēr niedru biomasas ieguves jautājums jāskata kontekstā ar citiem faktoriem, kas ietekmē teorētiski pieejamās niedru biomasas faktisko pieejamību un izmantošanu konkrētu produktu izgatavošanai. Viens no tādiem faktoriem ir niedru blīvuma un platību attiecība (3.7. att. un 3.8. att.). Redzams, ka vairāk nekā puse niedru platību Engures ezerā ir ar vismazāko blīvumu (56 % – 3 t/ha, 24 % – 4 t/ha), kas no resursu ieguves viedokļa nav ekonomiski izdevīgs variants, jo proporcionāli iegūtajam niedru biomasas daudzumam ar niedru pļaušanu un savākšanu saistītās izmaksas un patērētais laiks uz vienu vienību ir daudz lielāks. Papes ezerā izplatītākas ir vidēja blīvuma niedru audzes (20 % – 5 t/ha, 25,2 % – 6 t/ha, 19,9 % – 7 t/ha, 16,5 % – 8 t/ha).



3.9. attēls. Niedru audžu platība atkarībā no blīvuma.

Engures ezera apsaimniekošanai un niedru platību ierobežošanai ir iegādāta niedru pļaujamā mašīna, ar kuru ūdenī un ezeram piegulošajā sauszemes teritorijā tiek veikta zaļo niedru pļauja vasaras sezonā [141]. Lai gūtu priekšstatu, cik lieli ietekmi uz niedru pļaušanas un savākšanas izmaksu efektivitāti atstāj niedru platību blīvums, tiek noteiktas vienas tonnas niedru biomasas sausnas pļaušanas izmaksas pieņemot vidējo niedru pļaušanas cenu (ar lauksaimniecības tehniku) 60 eiro/ha.



3.10. attēls. Pļaušanas izmaksas atkarībā no niedru audzes blīvuma.

Katrā veģetācijas periodā nav ieteicams nopļaut vairāk par 50 % no niedru kopējās platības ezerā, ja vēlas saglabāt to produktivitāti [142] un neatstātu negatīvu ietekmi uz niedru audzēs dzīvojošo organismu populācijām [143]. Tāpēc faktiski iegūstamais un produktu izgatavošanai izmantojamais niedru biomasas daudzums ir uz pusi mazāks nekā teorētiski pieejamais. Izvērtējot iespējas iegūt niedru biomasu no konkrētiem ezeriem, papildus jāņem vērā arī apgrūtinājumi, ko paredz īpaši aizsargājamās dabas teritorijas, ja konkrētajā ezerā tādas ir. Gan Engures, gan Papes ezeriem ir īpaši aizsargājamās teritorijas statuss (dabas parki) un *Natura 2000* teritorijas. Ievērojot rekomendējamo niedru pļaušanas apjomu gadā (50 %), faktiski maksimālais pieejamais niedru biomasas sausnas daudzums no Engures ezera būtu apmēram 3700 tonnas gadā, bet no Papes ezera – apmēram 6100 tonnas gadā.

3.5.3. Produktu ražošanas no niedrēm potenciāla noteikšana Papes un Engures ezeros

E. Čubara veiktajā pētījumā [27] aprēķināts, ka Engures ezerā ir 3194 ha liela niedru platība (77,3 % no ezera kopplatības), kurā katru gadu veidojas apmēram 13500 tonnas niedru sausnas, no kuras faktiski iegūstamas apmēram 6800 tonnas gadā. Savukārt par Papes ezeru šis autors aprēķinājis, ka tā aizauguma pakāpe ir 71,5 % (2100 ha), teorētiskais ikgadējais iegūstamais niedru biomasas daudzums ir apmēram 11800 tonnas, bet faktiski iegūstamais ap 5800 tonnām sausnas [27]. Kā redzams, rezultāti par Papes ezeru ir līdzīgi, bet par Engures ezeru atšķiras gandrīz 2 reizes, neskatoties uz to, ka gan Vides risinājumu institūts [141], gan Čubars [27] datus aprēķiniem ieguvuši, balstoties uz kartogrāfiskajiem materiāliem.

Izmantojot faktiski pieejamos niedru biomasas daudzumus Engures un Papes ezeros [141], tika aprēķināts, kādu daudzumu katra produkta var saražot un kādi būtu aptuvenie ienākumi, ja tas ir vienīgais produkts, kas tiek izgatavots no iegūtās biomasas (3.17. tabula). Lai noteiktu, kura produkta ražošana ir ekonomiski izdevīgāka, ir jāizstrādā detalizēts biznesa plānu katram no apskatītajiem produktiem (siltumizolācijas materiāls, kompozītmateriāls, ekstrakts).

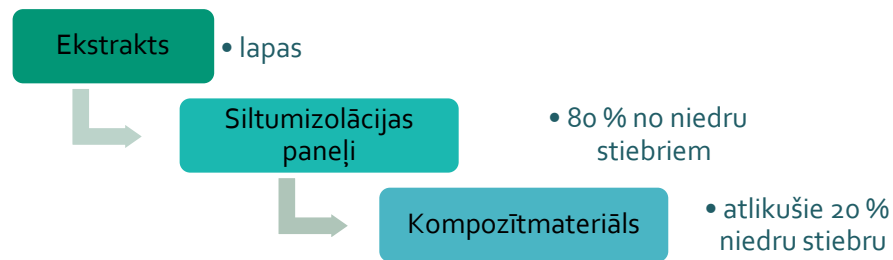
3.17. tabula. Faktiski saražojamais produkta daudzums (t) un ienākumi (tūkst. eiro) gadā

Produkts	Sausu niedru biomasu 1 t produkta saražošanai, t	Faktiski saražojamais produkta daudzums, t		Vidējās rūpnīcas jauda, t prod. gadā	Produkta tirgus cena, eiro/t	Ienākumi gadā no faktiski iegūstamajām niedrēm, tūkst. eiro	
		Engures ezers	Papes ezers			Engures ezers	Papes ezers
Siltumizolācijas paneļi	1,25	3009	4860	40	800–900	2407,2–2708,1	3888,0–4374,0
Kompozītmateriāls	0,78	4823	7789	100	300–400	1446,9–1929,2	2336,7–3115,6
Ektrakts	10,5	358	579	600	400–2500	143,2–895	231,6–1 447,5

Salīdzinot ar vidēja izmēra rūpnīcu jaudām, kas izgatavo līdzīgus produktus, iegūtie rezultāti liecina, ka gan Engures, gan Papes ezerā pieejamā niedru biomasu ir pietiekama, lai nodrošinātu vidējās jaudas siltumizolācijas paneļu vai kompozītmateriālu ražotni. Savukārt ekstrakta izgatavošanai ar viena ezera niedru biomasu var nepietikt. Tāpēc šī produkta ražošanai ieteicams izvērtēt sadarbību ar citām ražotnēm, kuras izgatavo ekstraktu no cita veida biomasas un kurām ir pieejamas atbilstošas ekstrahēšanas tehnoloģijas (veiktā Baltijas reģiona ekstrahēšanas uzņēmumu analīze liecina, ka Lietuvā, Latvijā un Igaunijā darbojas ap 25 uzņēmumiem, kuru tehnoloģiskais process paredz ekstrahēšanas tehnoloģiju izmantošanu). Var izvērtēt arī iespējas ražot ekstraktu ne tikai no niedru biomasas, bet arī no citiem bioresursiem, lai paplašinātu produktu klāstu, kopējo apjomu, efektīvāk izmantotu iekārtas un nodrošinātu konkurētspēju.

Iepriekš tika aplūkota iespēja izmantot Engures un Papes ezeru niedru biomasu atsevišķi trīs dažādu produktu ražošanai. No vides un ekonomiskajiem aspektiem izdevīgāk īstenojot bezatlikumu (nulles atkritumu) ražošanu un izmantot visu uz rūpnīcu atvesto niedru biomasu. Tīrākas ražošanas principu

ievērošanu iespējams īstenot arī ar iepriekš sīkāk analizētajiem trīs produktiem, un, pilnīgi izmantojot visu nopļauto niedru biomasu, vienlaicīgi ražot visus trīs produktus. Tādā gadījumā tiktu īstenota kaskādes tipa ražošanas shēma (sk. 3.11. attēlu).



3.11. attēls. Kaskādes tipa ražošanas shēma niedru biomasas izmantošanai produktu izgatavošanai.

Visiem trīs produktiem attiecībā uz niedru kvalitāti nav augstas prasības. Ekstrakta izgatavošanai tiek izmantotas tikai lapas un niedru stiebi paliek kā pārpalikums. Tas tiek izmantots siltumizolācijas paneļu izgatavošanai, kuram kvalitātes prasības ir salīdzinoši zemas (2.–4.klase). Savukārt kompozītmateriālam izmantojamas jebkādas kvalitātes (galvenais, lai ir sausa un nebojāta) niedru biomasu, kuru pat nebūtu iespējams izmantot citu produktu izgatavošanai.

Ņemot vērā nenoteiktību, kāda šobrīd ir Latvijā par niedru bioresursu pieejamības precīzu noteikšanu un prognozēšanu, no uzņēmējdarbības viedokļa, uzsākot sīkāk analizēto trīs produktu ražošanu, drošāk izvēlēties tehnoloģijas, kuras būtu piemērotas arī citu bioresursu apstrādei.

Ekstrakta iegūšanai no niedru lapu biomasas izmantotā ūdens tvaika ekstrakcijas metode ir plaši lietojama visdažādāko augu ekstrakcijai [144]. Tāpēc ekstrakts no niedrēm uzņēmējam varētu būt tikai viens no daudziem izgatavotajiem ekstraktiem (produktiem). Kā liecina tirgus pētījumi, prognozējams, ka nākotnē pieprasījums pēc dažādu augu ekstraktiem, ko var izmantot farmācijā un kosmētikā, tikai pieaugs [145, 146]. Tāpēc pamatoti ir apgalvot, ka investīcijas tehnoloģijās šāda veida produkta ražošanai nav uzskatāmas par riskantām, jo, ja niedru resurss būtu nepietiekams, uzņēmumam būtu iespēja pārorientēties vai arī paralēli ražot ekstraktus no citu augu biomasas. Ja ekstrakta ražotnē ir tikai blakusprodukts, tad ekonomisku apsvērumu dēļ vērts izvērtēt vai izdevīgāk nebūtu sadarboties ar citiem – jau esošiem ekstraktu ražošanas uzņēmumiem, lai nebūtu jāinvestē ekstrakcijas iekārtās.

Līdzīgi kā ar ekstrakta ražošanu, arī kompozītmateriāla izgatavošanas tehnoloģijā iekļautās iekārtas ir iespējams pielāgot citu izejvielu izmantošanai kompozītmateriāla izgatavošanai [147]. Kompozītmateriāla izgatavošanai nav nepieciešamas augstas kvalitātes niedres un var izmantot atlikumus no citu niedru produktu izgatavošanas, piemēram, pārpalikumus no siltumizolācijas paneļu vai niedru jumta seguma izgatavošanas. Tāpēc niedru resursa nepietiekamības gadījumā ir iespēja variēt ar citiem bioresursiem un paralēli ražot arī cita veida kompozītmateriālus.

No trim aplūkotajiem niedru produktiem, specifiskākā ražošanas tehnoloģija ir siltumizolācijas paneļiem, tāpēc, izvēloties ražot šo produktu, tomēr būtu jābūt pārliecībai, ka plānotajām ražotnes jaudām nepieciešamie niedru resursi būs pieejami un saražoto produkciju būs iespējams realizēt. Kā liecina trīs aprakstīto produktu tirgus analīze (3.4. nodaļa), tiem visiem, no noieta tirgus viedokļa, ir komercializācijas potenciāls. Tāpēc ir vērts izvērtēt visu trīs produktu ražošanu vienlaicīgi no vienas resursu plūsmas.

4. REKOMENDĀCIJAS NIEDRU APSAIMNIEKOŠANAI UN NIEDRU BIOMASAS IZMANTOŠANAI TAUTSAIMNIECĪBĀ, IEVĒROJOT DABAS AIZSARDZĪBAS PRIORITĀTES

Izvērtējot iespējas niedru biomasu izmantot produktu ražošanai, būtiskas ir ne tikai dabas aizsardzības prioritātes, vides sniegums un produkta tirgus analīze, bet gan produkta ekonomiskais pamatojums, uz kuru lielu ietekmi atstāj tieši produkta ražošanai nepieciešamo izejvielu pieejamība un cena.

Niedru biomasas tehniskās iegūšanas izmaksas veido vairākas pozīcijas, kas var atšķirties atkarībā no ražotā produkta: pļaušana, smalcināšana, savākšana, transportēšana un uzglabāšana. Sarunās ar šobrīd Latvijā vienīgo aktīvo uzņēmumu, kas specializējies niedru pļaušanas pakalpojumu sniegšanā (SIA "Piekrastei.lv"), tika noskaidrotas vidējās niedru biomasas ieguves cenas (4.1. tabula), kas saskan ar A. Urtāna redakcijā sagatavotajās vadlīnijās "Aizsargājamo biotopu saglabāšanas vadlīnijas Latvijā. Upes un ezeri" publiskoto informāciju [148]., ka ūdensaugu izpļaušanas izmaksas ir 85–500 eiro/ha, ieskaitot pļaušanu un savākšanu, savukārt ūdensaugu izpļaušana ar sakņu sistēmas irdināšanu / izvākšanu izmaksas ir 1700–2500 eiro/ha, neieskaitot tehnikas transportēšanas izmaksas.

4.1. tabula. Niedru biomasas ieguves izmaksas

Posms	Izmaksas (bez PVN)	Paskaidrojums
Pļaušana		
- ūdenī	450–500 eiro/ha	Ar amfībiju ietverot izvākšanu krastā
	60 eiro/ha	Pļaušana ar smalcinātāju, bez savākšanas
- uz sauszemes	400 eiro/ha	Pļaušana ar sasmalcināšanu un savākšanu bunkurā (2 m ³)
	60 eiro/ha	Pļaušana bez smalcināšanas
Transportēšana	1 eiro/km + 25 eiro/h	Transportēšana 20 m ³ kravas mašīnā

Apkopojot informāciju par valsts un pašvaldības iestāžu veiktajiem iepirkumiem par niedrāju pļaušanu laika posmā no 2015. līdz 2017. gadam, vidējās cenas (ar PVN) par 1 ha atkarībā no pakalpojuma specifikas ir [149]:

- 283,20 eiro/ha – pļaušana un biomasas izvākšana;
- 393,89 eiro/ha – pļaušana ūdenī un biomasas izvākšana krastā;
- 154,10 eiro/ha – pļaušana, sasmalcināšana un biomasas izkliešana dabā.

Lielākais pakalpojumu sniedzēju skaits, kas piesakās uz šādu darbu veikšanu, ir trīs (3) uzņēmēji, kuri parasti ir vieni un tie paši. Tas liecina, ka šāda veida pakalpojumu sniegšana ir nišas darbs un trūkst konkurences, kā dēļ šie pakalpojumi nav lēti un atstātu ietekmi uz no niedrēm izgatavotu produktu cenu un konkurētspēju.

Niedru biomasas produktu ražošanai ieguves izmaksu ietekmējošie faktori:

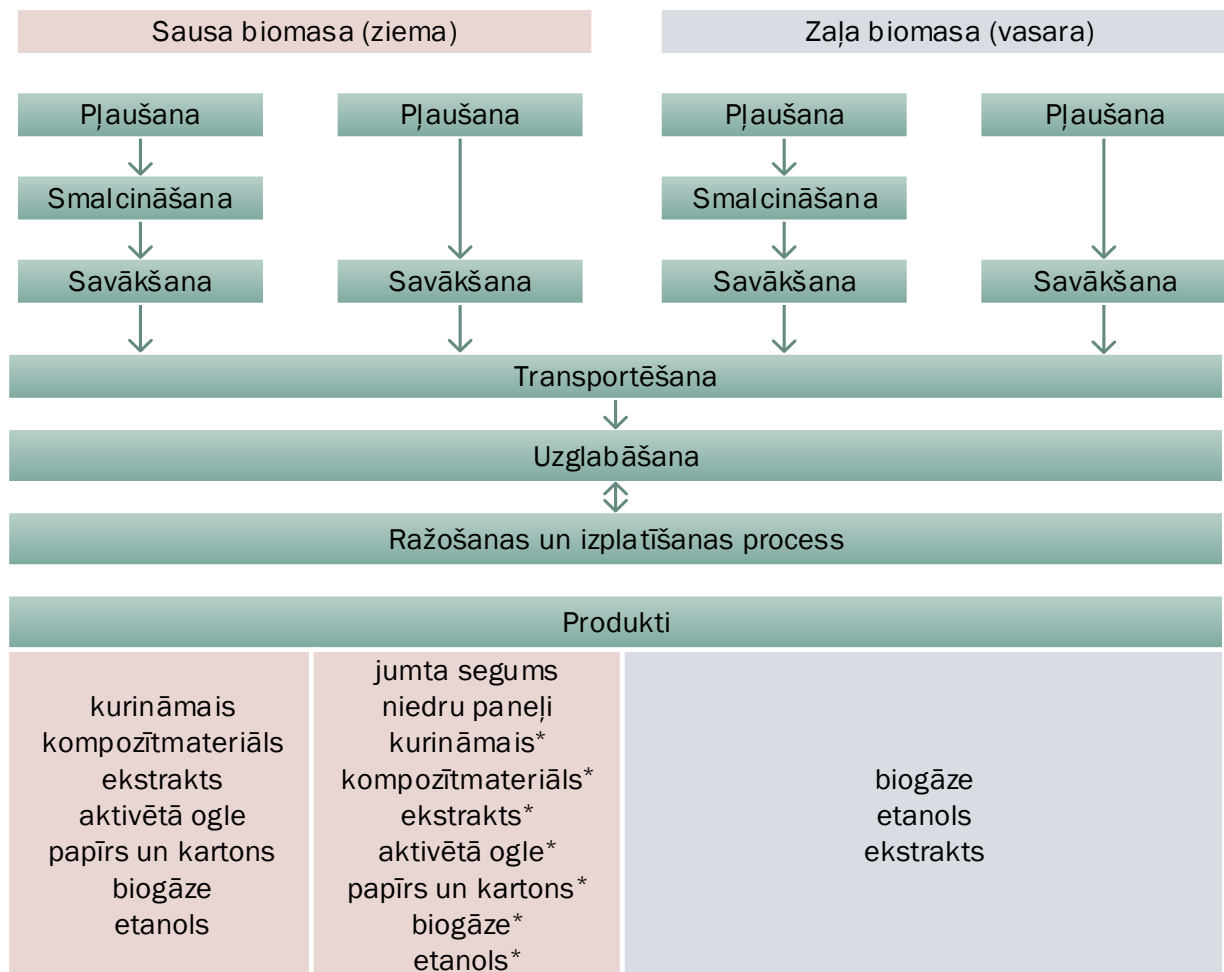
- tehnikas piekļuves iespējas niedru audzei – jābūt iespējai piebraukt ar tehniku, ja pļaušana jāveic ūdenī – iespējai ūdenī ielaist pļaušanas tehniku (lēzeni krasti);
- niedru audzes atrašanās vieta – ūdenī, sauszemes vai purvainās vietās. Ūdenī augošas niedru pļaušanas ātrums ir tikai apmēram 2 ha/dienā un ir nepieciešama speciāli pielāgota pļaušanas tehnika, tāpēc niedru pļaušana ūdenī ir nesalīdzināmi dārgāka;
- pļaušanas sezona;
- niedru blīvums (biomasas daudzums no 1 ha);
- niedru lauku platība, jo lielākām niedru platībām biomasas sagatavošanas izmaksas par vienu vienību ir lētākas;
- produkta izgatavošanai nepieciešama sausa vai zaļa niedru biomasas;
- produkta izgatavošanai nepieciešama smalcināta vai nesmalcināta niedru biomasas;
- vai ir pieejama tehnika niedru biomasas daļējai priekšapstrādei (smalcināšana) produkta izgatavošanai lauka apstākļos pie niedru plantācijām, lai samazinātu izmaksas par biomasas transportēšanu.
- transportēšanas attālums no pļaušanas vietas līdz produkta ražošanas vietai un pļaušanas, savākšanas un transportēšanas pakalpojumu sniedzēju attālums līdz niedru laukam;
- savākto biomasu ir pieļaujams uzglabāt ilgstoši vai arī tā ir jāpārstrādā noteiktā laikā vai jāuzglabā noteiktos apstākļos, lai tā nezaudētu kvalitāti un īpašības;

Niedru biomasas ieguves apjoms no 1 ha ir viens no būtiskākajiem niedru biomasas ieguves izmaksu ietekmējošajiem faktoriem. Arī ieguves apjoms ir atkarīgs no daudziem faktoriem, piemēram, pieejamās barības vielu bāzes, iepriekš veiktajiem niedru platību ierobežojošajiem pasākumiem u.c. Par to zinātniskajā literatūrā pieejama atšķirīga informācija (4.2. tabula). Dažās valstīs niedru plantācijas tiek speciāli kultivētas un mēslojas, lai iegūtu lielāku biomasas apjomu, ko izmantot kā vērtīgu resursu produktu ražošanai, sasniedzot apjomus līdz pat 60 t/ha gadā sausās niedru biomasas [150].

4.2. tabula. Pieejamā sausu niedru virszemes biomasas, t/ha gadā

Pētījums	Sausu niedru virszemes biomasas, t/ha gadā	Atrašanās vieta
Čubars E. Niedru produktivitāti un biomasas īpašības ietekmējošo faktoru izpēta un to izmantošanas enerģijas ieguvei pamatojums [27]	7,2	Latvija
Duke J. A. Ekosistēmu dati par tautsaimniecības augiem (<i>Ecosystematic data on economic plants</i>) [151]	7,5–13.0	Purvi Eiropā
Best E. P. H., Zippin M., Dassen J. H. A. <i>Phragmites australis</i> augšana un ražošana <i>Vechten</i> ezerā Nīderlandē (<i>Growth and production of Phragmites australis in lake Vechten (The Netherlands)</i>) [152]	8,6	Nīderlande

Niedru biomasas ieguves metode, ja plānots tās izmantot kā izejvielu produktu ražošanai, atkarīga no katra produkta specifiskajām prasībām (sk. 4.1. attēlu).



4.1. attēls. Produkti atkarībā no niedru biomasas iegūšanas metodes.

(ar * atzīmētos produktus iespējams iegūt no attiecīgajā viedā sagatavotās niedru biomasas, ja tiek veikta papildu smalcināšana ražotnē)

Katrai no šīm niedru biomasas iegūšanas metodēm ir savi plusi un mīnusi, tāpēc, tika veikts šo metožu salīdzinājums no produktu ražošanas viedokļa, izdalot to stiprās un vājās puses (4.3. tabula).

4.3.tabula. Niedru biomasas iegūšanas metožu salīdzinājums no produkta ražošanas viedokļa

	Stiprās puses	Vājās puses
Sausas biomasas pļaušana ziemā ar smalcināšanu	<ul style="list-style-type: none"> • Piemērota produktiem, kuru izgatavošanai tiek izmantotas smalcinātas niedres. • Palielinās niedru biomasas blīvums, kā rezultātā samazinās transportēšanas izmaksas. • Iespējams apvienot ar pļaušanas procesu un uzreiz savākt bunkurā. 	<ul style="list-style-type: none"> • Savākšanas bunkuri ir nelieli, tāpēc tie bieži jāiztukšo, kas paildzina pļaušanas laiku. • Iespējams īstenot tikai uz sauszemes vai aizsalušām ūdenstilpēm, kas spēj izturēt pļaušanas tehnikas svaru, tādējādi tiek samazinātas resursu ieguves iespējas. • Veidojas smalkne, kuru nevar izmantot produkta izgatavošanai, bet kura kopā ar pārējo biomasu tiek atvesta uz rūpnīcu un veido atlikumus.

Sausas biomasas pļaušana ziemā bez smalcināšanas	<ul style="list-style-type: none"> Izmantojot specifisku pļaušanas tehniku, apvienojama ar niedru savākšanu lielos kūļos, kas atvieglo kūlīšu veidošanu jumtu segumiem. 	<ul style="list-style-type: none"> Iespējams īstenot tikai uz sauszemes vai aizsalušām ūdenstilpēm, kas spēj izturēt pļaušanas tehnikas svaru, tādējādi tiek samazinātas resursu ieguves iespējas. <ul style="list-style-type: none"> Bez smalcināšanas, piemērota ierobežotam produktu skaitam. Ja nopļautā biomasa netiek savākta kūļos vai ķīpās, tai ir mazs blīvums un palielinās tās transportēšanas izmaksas.
Zaļas biomasas pļaušana vasarā ar smalcināšanu	<ul style="list-style-type: none"> Piemērota produktiem, kuru izgatavošanai tiek izmantotas zaļas smalcinātas niedres, piemēram, biogāze, nav nepieciešama papildu smalcināšana rūpnīcā. 	<ul style="list-style-type: none"> Savākšanas bunkuri ir nelieli, tāpēc tie bieži jāiztukšo, kas paildzina pļaušanas laiku. Iespējams īstenot tikai uz sauszemes. Ierobežots produktu klāsts, kuru izgatavošanai var izmantot šādu resursu. <ul style="list-style-type: none"> Ja tiek izmantota produktu ražošanai, ātri jāpārstrādā, lai nesāktos trūdēšana. Nav iespējams ilgstoši uzglabāt, nezaudējot biomasas īpašības. Biomasa ar augstu mitruma saturu.
Zaļas biomasas pļaušana vasarā bez smalcināšanas	<ul style="list-style-type: none"> Uz sauszemes – ātrs un salīdzinoši lēts niedru biomasas pļaušanas veids, izmantojama lauksaimniecības tehnika. Ūdenī – vienīgais pļaušanas veids vasarā. 	<ul style="list-style-type: none"> Ierobežots produktu klāsts, kuru izgatavošanai var izmantot šādu resursu. <ul style="list-style-type: none"> Ja tiek izmantota produktu ražošanai, ātri jāpārstrādā, lai nesāktos trūdēšana. Nav iespējams ilgstoši uzglabāt nezaudējot biomasas īpašības. Biomasa ar augstu mitruma saturu. Ja pļaušana netiek apvienota ar smalcināšanu, zaļas biomasas sasmalcināšana pēc tam nav iespējama vai arī ir ekonomiski neizdevīga.

Vismazākās iespējas izmantot produktu ražošanai ir zaļu niedru biomasu (tikai biogāzei, etanolam un ekstraktam), turklāt lielāku galaprodukta iznākumu var iegūt, ja biomasa ir smalcināta, tas nozīmē, ka šobrīd nav pamatoti izmantot zaļas, ūdenī pļautas niedres, jo tās pļaušanas laikā nav iespējams sasmalcināt un pēc tam to darīt ir pārāk dārgi. No tā izriet, ka produktu izgatavošanai atbilstošākās ir sausu niedru ieguves metodes, kas īstenojamas ziemā. Tas savukārt nav vienlaidīgi savienojams ar niedru pļaušanu dabas aizsardzības nolūkos, jo tas jādara vasarā. Šajā aspektā parādās nesakritība starp dabas aizsardzības prasībām un biznesa interesēm. Ja vasarā niedres tiek izpļautas un tās pagūst ataugt, ziemas pļaujā iegūstamā biomasa ir neliela un ne vienmēr ir atbilstošas kvalitātes, lai to izmantotu, piemēram, niedru jumtu seguma izgatavošanai. Niedru pļauju ziemā pēdējos gados apgrūtina arī siltās ziemas, kā dēļ uz ezeriem nevar brukt smaga pļaušanas tehnika. Kā alternatīva izmantojams speciāls, salīdzinoši viegls pļāvējs – amfībija, kas pielāgots gan pļaušanai ūdenī, gan uz sauszemes.

Lai gan niedres Latvijā ir plaši pieejamas, jārēķinās ar to, ka tās atrodas kāda īpašnieka valdījumā un to ieguve un atlīdzības apmērs ir jāsaskaņo ar īpašnieku. Valsts iestādes un pašvaldības var rīkot izsoles par tiesībām pļaut un iegūt savā īpašumā niedres, tāpēc to cena par 1 hektāru ir mainīga un izsoles laikā iegūto niedru cena par 1 tonnu ir neprognozējama, jo niedru audzes blīvums un augstums katrā vietā ir atšķirīgs. Izsoļu nosacītā cena (sākuma cena) tiek aprēķināta ar formulu, kurā tiek iekļauta arī nekustamā īpašuma kadastrālā vērtība, tāpēc tā var atšķirties vairākkārtīgi, piemēram, 2018. gadā Dabas aizsardzības pārvaldes izsludinātajā izsolē par tiesībām pļaut un iegūt niedres Papes un Tosmares ezerā [153]. Papes ezeram (Rucavas novads) izsoles nosacītā cena par 1 ha bija 0,92 eiro, bet Tosmares ezeram (Liepājas pilsētas teritorija) – 64,5 eiro. Šāda atšķirība rodas, jo pilsētas teritorijā nekustamā īpašuma (zemes) kadastrālā vērtība par vienu vienību ir daudz augstāka. Šajā formulā netiek iekļauti tādi būtiski parametri kā niedru audzes blīvums un kvalitāte, uz kā pamata varētu variēt ar izsoles nosacīto cenu atkarībā no niedru biomasas daudzuma, ko izsoles uzņēmējs iegūs, un niedru kvalitātes, no kuras ir atkarīgs tās pielietojums. Ziemas pļaušanu kā maksas pakalpojumu aizsargājamās dabas teritorijās mēdz iepirkt tikai atsevišķos gadījumos.

Līdzšinējā niedru platību izsoļu pieredze netieši ir balstījusies uz niedru jumta seguma izgatavotājiem, kuri ir galvenie šī resursa patērētāji Latvijā. Vēsturiski izveidojusies situācija, ka niedres jumtu seguma izgatavošanai tiek iegūtas un Latvijā realizētas Kurzemē, jo uzņēmēji par kvalitatīvākajām un šim mērķim atbilstošākajām atzinuši niedres no Liepājas, Tosmares un Engures ezeriem. Lielākā daļa niedru jumta segumam atbilstošās niedres tiek sagatavotas kūlīšos un eksportētas. Lai niedres varētu izmantot jumta seguma izgatavošanai, tām ir noteiktas prasības. Ievērojot dabas aizsardzības prasības, vairumā lielo Latvijas ezeru un tai pieguļošu teritoriju daļās, lai apturētu vai vismaz kavētu niedru sakneņu augšanu, vienreiz gadā tiek veikta arī niedru vasaras pļauja. Tādēļ ataugušajām niedrēm, kuras tiek pļautas ziemā, ir mazāks blīvums un zemāka kvalitāte. Tas izraisa kvalitatīvu resursu nepietiekamību niedru jumta segumu izgatavotājiem.

No apkopotajām vidējām niedru biomasas ieguves izmaksām, redzams, ka ekonomiski izdevīgākais veids ir zaļu vai sausu niedru pļaušana uz sauszemes bez smalcināšanas, bet šādām niedrēm bez papildus smalcināšanas ir ierobežots pielietojums produktu ražošanā (niedru jumta segums un paneļi).

Turpmāk sniegtas rekomendācijas niedru apsaimniekošanai **no ieinteresētības viedokļa**.

1. Īpašniekiem

- Tādiem lieliem ezeru īpašniekiem kā pašvaldības ieteicams apsvērt iespējas pašiem iegādāties niedru pļaušanas tehniku, kā to pēdējos gados praktizējušas jau vairākas pašvaldības, lai ilgtermiņā samazinātu izdevumus par niedru lauku apsaimniekošanu.
- Palielinātas niedru platības un to biomasu apzināties kā vērtīgu resursu, nevis apgrūtinājumu un rast iespējas šo resursu pārdot uzņēmējiem vai izmantot pašu vajadzībām, piemēram, kā kurināmo.
- Apzināt savā īpašumā esošo niedru lauku biomasas apjomu, lai varētu uzsākt pamatotas sarunas ar uzņēmumiem par ilgtermiņa niedru biomasas nodrošināšanu.
- Vairākus no niedru biomasas izgatavoto produktu tiek izmantotas sausas niedres, kas nozīmē, ka tās ir jāpļauj ziemā. Pļaušana ziemā neietekmē niedru platību samazināšanos, kas nozīmē, ka sausu niedru resursa ieguvei nevar apvienot ar niedru platību samazināšanas pasākumiem.

- Ja īpašnieks niedru laukus uztver kā apgrūtinājumu un to apsaimniekošanu kā liekus izdevumus, pastāv iespēja izolēt niedru pļaušanas un to ieguves savā īpašumā tiesības, tādējādi atrisinot jautājumu par niedru pļaušanu, bet no tā negūstot nekādu ekonomisko ieguvumu.
2. Uzņēmējiem
- a. Uzņēmējiem, kas izmanto niedru biomasu produktu izgatavošanai
- Visdrošākais veids niedru biomasas izmantošanai produktu ražošanā ir, ja niedru biomasu ir kā izdevīga alternatīva kādai citai biomasai, jo jāreķinās ar tās pieejamības sezonālītāti un vismaz šobrīd neprognozējamajiem apjomiem.
 - Ja niedru biomasu tiek izmantota produktu ar augstāku pievienoto vērtību ražošanai, ieteicams veidot kaskādes tipa ražotni, kad no viena produkta izgatavošanas atlikumiem tiek izgatavots kāds cits produkts, tā nodrošinot bezatlikumu ražošanas procesu, paplašinot ražoto produktu sortimentu, stiprinot uzņēmuma konkurētspēju un gūstot lielāku peļņu no vienas izmantotās resursu vienības.
 - Produktu ražošanai izmantojot zaļu niedru biomasu, jāreķinās ar to, ka to nevar ilgstoši uzglabāt un tā jāpārstrādā uzreiz. Tas nozīmē, ka šādu produktu izgatavošanai resurss būtu pieejams apmēram 2 mēnešus gadā. Tāpēc zaļu niedru biomasu ieteicams izmantot kā alternatīvu citiem bioresursiem un nebalstīt produkta ražošanu tikai uz šo bioresursu.
 - Vairākumam produktu no niedru biomasas tiek izmantota sausa biomasu, kas nozīmē, ka tā ir jāsaģādā ziemā, jo zaļas biomasas kaltēšana ir energoietilpīgs pasākums un neatmaksājas. Lai nodrošinātu ražotnes darbību visu gadu, jāreķinās, ka būs nepieciešami sausu un ugunsdroši apstākļi liela apjoma niedru biomasas uzglabāšanai.
 - Jāizvērtē iespējas, vai pašiem nav izdevīgāk iegādāties niedru pļaušanai, sagatavošanai un transportēšanai nepieciešamo tehniku, jo šobrīd šie pakalpojumi ir dārgi, kas atsauktos arī uz produkta cenu un konkurētspēju.
 - Apsvērt iespējas un rast tehniskus risinājumus, kā vismaz daļēju niedru biomasas apstrādi produkta ražošanai veikt biomasas ieguves vietā, lai samazinātu tās transportēšanas izmaksas.
- b. Uzņēmējiem, kas piedāvā niedru platību apsaimniekošanas pakalpojumus
- Pļaušanas darbus veikt sausā laikā, jo izmirkušā augsnē grimst tehnika un apgrūtina pļaušanas procesu, kā arī rada papildu slodzi videi.
 - Izvērtēt iespējas piedalīties niedru pļaušanas un iegūšanas izsolēs, lai tās pēc tam realizētu kā resursu produktu ražošanai.
3. Valsts dabas aizsardzības organizācijām (attiecībā uz aizsargājamām dabas teritorijām)
- Veikt regulāru monitoringu ezeros ieplūstošā ūdens ķīmiskā sastāva noteikšanai, lai konstatētu, vai pie niedru platību palielināšanās nav vainojams ūdens piesārņojums, un primāri cīnīties ar piesārņojuma cēloņiem, nevis ar sekām, no kurām niedru platību palielināšanās ir tikai viena no daudzām. Papildus jāveic regulārs monitoringa niedru biomasā akumulēto smago metālu daudzuma noteikšanai un jāizvērtē, vai ir pieļaujams, ka nopļautā niedru biomasu tiek atstāta vidē.
 - Noteikt skaitliski izteiktus robežlielumus (ar niedrēm aizaugusi platība (%)) no kopējās platības vai niedru audzes blīvums un platība) un skaidri definēt kritērijus, pie kādiem jāuzsāk niedru platību samazināšanas pasākumi un kad tie būtu jābeidz, lai būtu iespējams prognozēt pieejamos niedru biomasas apjomus. Tieši skaidri prognozējama informācija par pieejamo niedru biomasas

daudzumu tagad un tuvākajā nākotnē būs galvenais šķērslis, lai attīstītos uz šo resursu balstīts bizness.

- Veikt vasaras niedru pļaujas un nopļautās biomasas izmantošanas tiesību izsoles, tā atbrīvojoties no izdevumiem par niedru pļaušanu un gūstot papildu ienākumus. Šī rekomendācija īstenojama tikai tādā gadījumā, ja ir uzņēmēji, kas ir atraduši un īsteno ekonomiski pamatotu zaļu niedru izmantošanu produktu ražošanai.

Pētot jautājumu par niedru biomasas izmantošanas iespējām Latvijā produktu ražošanai, ir radušies vairāki neskaidri aspekti. Vairākums no tiem ir saistīti ar niedru platību apsaimniekošanu, kas tiešā veidā ietekmē iespējas attīstīt produktu ražošanu, jo bez garantētas atbilstošas kvalitātes resursu pieejamības nav iespējama produktu ražošanas uzsākšana. Tāpēc rekomendējams veikt **pētījumus**, lai noskaidrotu:

- iemeslus un ietekmējošos faktorus Latvijā, kas veicina niedru platību palielināšanos, ezeros ieplūstošā ūdens monitorings;
- niedru pļaušanas metodes un biežuma ietekmi uz niedru augšanu, kvalitāti un platību palielināšanos;
- nopļauto niedru biomasas atstāšanas vidē ietekmi uz niedru turpmāko augšanu un bioloģisko daudzveidību;
- niedru pļaušanas vadlīnijas atkarībā no produkta, kādam šīs niedres tiktu izmantotas;
- niedru atauguma ātrumu, kvantitāti un kvalitāti atkarībā no izmantotās niedru ierobežošanas metodes;
- robežlielumus dabas aizsardzības pasākumiem attiecībā uz niedru apsaimniekošanu aizsargājamās dabas teritorijās;
- niedru audžu ietekmi uz klimatu atkarībā no to apsaimniekošanas.

SECINĀJUMI

Latvijā niedru platību palielināšanās tiek uzverta kā problēma, ar kuru ir jācīnās, regulāri pļaujot. Tomēr starptautiskā pieredze demonstrē, ka niedres ir vērtīgs resurss dažādu produktu ražošanai.

Šajā pētījumā ir veikta priekšizpēte par niedru izmantošanu tautsaimniecībā, analizējot niedru izmantošanu etanola, biogāzes, kurināmā, jumta segumu, siltuma un skaņas izolācijas materiālu, kompozītmateriālu, celulozes, ūdens filtru un augu ekstraktu ražošanai.

Produktu priekšizpētes ietvaros analizēta literatūra par minēto produktu ražošanas procesa tehnoloģiskajām shēmām un niedru kvalitātei izvirzītajām prasībām. Savukārt, lai definētu ražošanai Latvijā vispiemērotāko niedru produktu, ir veikta daudzkritēriju analīze. Daudzkritēriju analīzes ietvaros vienpadsmit (11) niedru produkti (niedru siltumizolācijas panelis, niedru skaņas izolācijas panelis, niedru jumta segums, kurināmais no niedrēm tiešajai sadedzināšanai, niedru kompozītmateriāls (ar mālu), niedru kompozītmateriāls (fosilas izcelsmes saistviela), biogāze, ekstrakts, bioetanol, aktivētā ogle, papīrs un kartons) ir vērtēti attiecībā pret 11 tehnoloģiskiem, vides, ekonomiskiem indikatoriem. Analīzes rezultāti parāda, ka kopvērtējumā Latvijas apstākļos ražošanai vispiemērotākie, ievērojot dabas aizsardzības prasības, ir niedru paneļi siltumizolācijai un skaņas izolācijai, un jumtu segums no niedrēm.

Detalizētāka priekšizpēte, ietverot tirgus un vides snieguma analīzi, ir veikta trim no niedrēm izgatavojamajiem produktiem, kas nesaskan ar daudzkritēriju analīzes rezultātiem, lai gūtu priekšstatu par atšķirīgu produktu perspektīvām. Tika izvēlēti no niedru biomasas izgatavojams siltumizolācijas panelis, kompozītmateriāls (ar mālu) un ekstrakts. Vides ietekmes novērtējums parāda, ka vislielāko ietekmi uz vidi un klimatu rada ekstrakta ražošana, vismazāko – siltumizolācijas materiāla ražošana. Tomēr ir svarīgi ņemt vērā, ka niedru ekstrakta pievienotā vērtība ir vairākkārt lielāka par siltumizolācijas materiāla vērtību, tādēļ vides snieguma rezultāti ir jāinterpretē kopā ar tirgus analīzes rezultātiem. No niedrēm iegūtu produktu tehnoloģisko risinājumu tirgus analīzes ietvaros trīs izvēlētajiem produktiem ir veikts tirgus pievilcības un konkurētspējas novērtējums, izmantojot Bostonas matricu (izvēlētie produkti ar kritēriju palīdzību tiek salīdzināti ar trīs konkurētspējīgiem produktiem, kas nodrošina tādas pašas vai līdzīgas īpašības). Tirgus un konkurētspējas analīze parāda, ka vislabāko tirgus pozīciju ieņem siltumizolācijas panelis. Lai arī tirgus pievilcība nav visaugstākā, tam ir potenciāls veiksmīgai ienākšanai tirgū. Kompozītmateriāls uzrāda vidējus rezultātus, un pirms ieiešanas tirgū būtu jāuzlabo konkurētspējas vai tirgus pievilcības rādītāji.

Analizējot Engures un Papes ezeru niedru resursus, ir iespējams secināt, ka:

- katrā ezerā niedru resursu daudzums ir pietiekams, lai uzsāktu trīs dažādu produktu – ekstrakta, siltumizolācijas paneļu un kompozītmateriālu – kaskādes tipa ražošanu, t. i., viena ražošanas procesa atkritumi kļūst par izejmateriāliem citu produktu ražošanai;
- resursa nepietiekamības apstākļos vai siltās sezonas laikā, kad nav iespējams iegūt atbilstošu niedru biomasu, lielu daļu tehnoloģiju var pielāgot cita veida biomasas izmantošanai līdzīgu produktu ražošanai, tādējādi ražotnei ir iespējas nodrošināt nepārtrauktu darbību, paplašināt produkcijas sortimentu un noieta tirgu.

- Ievērojot Engures un Papes ezeru ģeogrāfisko atrašanās vietu un ņemot vērā lielo uzņēmumu skaitu Lietuvā un Latvijā, kas nodarbojas ar dažādu ekstraktu ražošanu, pastāv tehnoloģiskais potenciāls izmantot jau esošās ražotnes niedru ekstrakta ražošanai.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- [1] Čubars E., Noviks G. Lubāna ezera niedru resursu izvērtēšana un to izmantošanas enerģijas ieguvei pamatojums. Vide.Tehnoloģija.Resursi VII starptautiskās zinātniski praktiskās konferences materiāli, 2009:66-74.
- [2] Čubars E. *Latgales reģiona niedru resursu izmantošanas perspektīvu analīze. Latgales tautsaimniecības pētījumi. Sociālo zinātņu žurnāls Nr.1(2),Rēzeknes Augstskola, Rēzekne, 2010:68–76.*
- [3] Čubars E., Noviks G. *Evaluation of reed resources in Kurzeme region In Latvia. In: Proceedings of the international scientific conference 8 Renewable energy and energy efficiency, Latvia university of Agriculture, Jelgava, 2012:179-184.*
- [4] *Sugu enciklopēdija. Parastā niedre. <https://www.latvijasdaba.lv/augi/phragmites-australis-cav-trin-ex-steud/>.*
- [5] *Bart D., Hartman J. M. The role of large rhizome dispersal and low salinity windows in the establishment of common reed,Phragmites australis, in salt marshes: New links to human activities. Estuaries 2003:26(2):436-443.*
- [6] *Dubrovskis V., Adamovičs A. Bioenerģētikas horizonti. Jelgava, 2012.*
- [7] *Saltonstall K., Burdick D., Miller S., Smith B. Native and Non-native Phragmites: Challenges in Identification, Research, and Management of the Common Reed. National Estuarine Research Reserve. Technical Report Series, 2005.*
- [8] *Emery H. E., Fulweiler R. W. Spartina alterniflora and invasive Phragmites australis stands have similar greenhouse gas emissions in a New England marsh. Aquatic Botany 2014:116(5):83–92.*
- [9] *Meyerson L. A., Cronin J. T., Pyšek P. Phragmites Australis as a Model Organism for Studying Plant Invasions. Biological Invasions 2016:18(9):2421–2431.*
- [10] *Uddin N., Robinson R. W., Bultjens A., Harun A. Y., Shampa S. H. Role of Allelopathy of Phragmites Australis in its Invasion Processes. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 2017:486:237–244.*

- [11] Strand V. V., Weisner S. E. *Interactive Effects of Pressurized Ventilation, Water Depth and Substrate Conditions on Phragmites Australis*. *Oecologia* 2002:131(4):490–497.
- [12] Cui B., Zhao X., Yang Z. et al. *Response of Reed community to the Environment Gradient-Water Depth in the Yellow River Delta, China*. *Frontiers of Biology in China* 2008:3(2):194–202.
- [13] Uddin N., Robinson R.W. *Can Nutrient Enrichment Influence the Invasion of Phragmites Australis?* *Science of The Total Environment* 2018:613–614:1449–1458.
- [14] Ostendorp W., Dienst M., Schmieder K., *Disturbance and Rehabilitation of Lakeside Phragmites Reeds Following an Extreme Flood in Lake Constance (Germany)*. *Hydrobiologia* 2003: 506(1–3): 687–695.
- [15] Windham L., Lathrop R.G. *Effects of Phragmites Australis (Common Reed) Invasion on Aboveground Biomass and Soil Properties in Brackish Tidal Marsh of the Mullica River, New Jersey*. *Estuaries* 1999:22:927-935.
- [16] Antizar-Ladisló B. *Polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorinated biphenyls, phthalates and organotins in northern Atlantic Spain's coastal marine sediments*. *Journal of Environmental Monitoring* 2009:11(1):85-91.
- [17] Gredilla A., et al. *A new index to sort estuarine sediments according to their contaminant content*. *Ecological Indicators* 2015:45:364-370.
- [18] Callisto M., Molozzi J., Barbosa J. *Eutrophication of Lakes*. In: Ansari A., Gill S. (eds). *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*. Springer, Dordrecht, 2014.
- [19] *Būtisku vides risku apzināšana Latvijas pašvaldībās 2014. - 2020.gada finanšu plānošanas perioda atbalstāmo aktivitāšu identificēšanai Noslēguma ziņojums*. Eiropprojekts, 2014.
- [20] Panagos P., Liedekerke M. V., Yigini Y., Montanarella L. *Contaminated Sites in Europe: Review of the Current Situation Based on Data Collected through a European Network*. *Journal of Environmental and Public Health* 2013:2013:11.
- [21] Adler A., Karacic A., Weih M. *Biomass allocation and nutrient use in fast-growing woody and herbaceous perennials used for phytoremediation*. *Plant Soil* 2008:305:189-206.

- [22] Cicero-Fernandez D., et al. Long-term (two annual cycles) phytoremediation of heavy metal-contaminated estuarine sediments by *Phragmites australis*. *New Biotechnology* 2017:38(B):56-64.
- [23] Zhu M., Zhu G., Nurminen L., Wu T., Deng J., Zhang Y., et al. The Influence of Macrophytes on Sediment Resuspension and the Effect of Associated Nutrients in a Shallow and Large Lake (Lake Taihu, China). *PLoS ONE* 2015:10(6):e0127915.
- [24] Horpilla J., et al. Influence of emergent macrophyte (*Phragmites australis*) density on water turbulence and erosion of organic-rich sediment. *Journal of Hydrodynamics* 2013:25(2):288-293.
- [25] Thomaz S., et al. Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. *Freshwater Biology* 2007:53:358-367.
- [26] Dubrovskis V., Kazulis V. Biogas Production Potential from Reeds. *Renewable Energy and Power Quality Journal* 2012:886-889.
- [27] Čubars E. Niedru produktivitāti un biomasas īpašības ietekmējošo faktoru izpēta un to izmantošanas enerģijas ieguvei pamatojums. *Rēzekne, 2014.*
- [28] Allirand J.-M., Gosse G. An aboveground biomass production model for a common reed (*Phragmites communis Trin.*) stand. *Biomass and Bioenergy* 1995:9(6):441-448.
- [29] European Commission. *Wise use and conservation of wetlands. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament, COM (95) 189 final, 29 May 1995, pp. 62.*
- [30] Važić T. Potential for energy production from reed biomass in the Vojvodina region (north Serbia). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2015:48:670-680.
- [31] Sooster S. *Construction of Roofs Covered with Straw and Reed. OÜ Rooekspert, 2005.*
- [32] Kask U. *Guidebook of Reed Business. COFREEN, 2013.*
- [33] Repsa E., Kronbergs E., Smits M. Compacting mechanism of common rees particles. *Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference* 2011:1:288-293.
- [34] Kronbergs A., Kronbergs E., Rozinskis R. Size reduction of common reeds for biofuels production. *Engineering for Rural Development* 2012:257-261.

- [35] Kronbergs E., Smits M. Cutting properties of common reed biomass. *Engineering for Rural Development* 2009:207–211.
- [36] Kuhlman T. Exploring the potential of reed as a bioenergy crop in the Netherlands. *Biomass and Bioenergy*. 2013:55:41-52.
- [37] The Biofuels Association of Australia. How is ethanol made? [tiešsaiste] <http://biofuelsassociation.com.au/biofuels/ethanol/how-is-ethanol-made/> (skatīts 21.11.17.).
- [38] U.S. Department of Energy's Vehicle Technologies Office. Ethanol Fuel Basics [tiešsaiste] https://www.afdc.energy.gov/fuels/ethanol_fuel_basics.html (skatīts 21.11.17.).
- [39] Etanols 2 [tiešsaiste] <https://en.wikipedia.org/wiki/Ethanol> (skatīts 21.11.17.).
- [40] Komulainen M., Simi P., Hagelberg E., Ikonen I., Lyytinen S. Reed energy e possibilities of using the common reed for energy generation in Southern Finland. *Turku: Turku University of Applied Sciences* 2007:67:78.
- [41] Lizasoain J. Biogas production from reed biomass: Effect of pretreatment using different steam explosion conditions. *Biomass and Bioenergy* 2016:95:84-91.
- [42] Kim I. Hydrodynamic cavitation as a novel pretreatment approach for bioethanol production from reed. *Bioresource Technology* 2015:192:335-339.
- [43] Risen E. Assessment of biomethane production from maritime common reed. *Journal of Cleaner Production* 2013:53:186-194.
- [44] Važić T. Potential for energy production from reed biomass in the Vojvodina region (north Serbia). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2015:48:670-680.
- [45] EN ISO 17225-1-2014 Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part 1: General requirements.
- [46] Wichmann S. Commercial viability of paludiculture: A comparison of harvesting reeds for biogas production, direct combustion, and thatching. *Ecological Engineering* 2017:103(B):497-505.
- [47] Risen E. Assessment of biomethane production from maritime common reed. *Journal of Cleaner Production* 2013:53:186-194.

- [48] *Keobbing J. F. Economic evaluation of common reed potential for energy production: A case study in Wuliangsu Hai Lake (Inner Mongolia, China). Biomass and Bioenergy 2014: 70:315-329.*
- [49] *Kobbing J. F., Thevs N., Zerbe S. The utilisation of reed (Phragmites australis): a review. Mires and Peat 2013:13:1-14.*
- [50] *Keobbing J. F. Economic evaluation of common reed potential for energy production: A case study in Wuliangsu Hai Lake (Inner Mongolia, China). Biomass and Bioenergy 2014:70:315-329.*
- [51] *Niedru granulas [tiešsaiste] <http://biomassproject.blogspot.com/2014/06/reed-pellets-untapped-potential.html>. (skatīts 12.02.18.)*
- [52] *Komulainen M., Simi P., Hagelberg E., Ikonen I., Lyytinen S. Reed energy - Possibilities of using the Common Reed for energy generation in Southern Finland. Reports from Turku University of Applied Sciences 2007:67:78.*
- [53] *Wichmann S., Kobbing J. F. Common reed for thatching – A first review of the European market. Industrial Crops and Products 2015:77:1063-1073.*
- [54] *Nordling A. Reed roofs in Åland. In: Stenman, H. (Ed.), Reed Construction on the Baltic Sea Region. Turku University of Applied Sciences, Turku, 2008:39-45.*
- [55] *Haslam S. M. The reed. First published 1969 by Norfolk Reed Growers Association, Norwich. Updated edition by the British Reed Growers Association, Norwich, 2009:38.*
- [56] *Lautkankare R. Reed construction in the Baltic Sea region. In: Ikonen, I., Hagelberg, E. (Eds.), Read up on Reed. Southwest Finland Regional Environment Centre, Turku, 2007:73-80.*
- [57] *Rauvola R. Launch and Marketing of Thatched Roofs in Nauvo. Turku University of Applied Science, 2007:93.*
- [58] *Schrader M. Reet & Stroh als historisches Baumaterial. Ein Materialleitfaden und Ratgeber (Reed & Straw as Historic Construction Material. A guidebook). Anderweit Verlag GmbH, Suderburg-Hösseringen, 1998:195.*
- [59] *Mullane F., Oram D. Report on the present and future protection of thatched structures in Ireland. Volume 2: Supporting Information, 2005:27.*
- [60] *Niedru mājas. Cenas. Pieejams: <http://www.niedrumajas.lv/cenas/>.*

- [61] *Dabiskie materiāli. Niedru jumts. Pieejams: <http://www.nature-materials.lv/produktu-katalogs/jumta-segumu-materiali/niedru-jumta-segums/pr/niedru-jumts.html>.*
- [62] *Niedru jumti. Cenas. Pieejams: <http://www.niedrjumts.lv/produkti/>.*
- [63] *Wykes J. W. Premature decay on roofs thatched with water reed. Winston Churchill Memorial Trust. (tiešsaite). Pieejams: http://www.wcmt.org.uk/sites/default/files/migrated-reports/856_1.pdf pp. 55. [skatīts: 17.11.17].*
- [64] *QSR (Gesellschaft zur Qualitätssicherung Reet mbH), 2008. Reet als Dacheindeckungsmaterial. Qualitätssicherung und -Erhaltung eines Baustoffs aus nachwachsenden Rohstoffen (Reed as roofing material. Quality assurance and maintenance for a renewable constr.*
- [65] *Schafer A. Schilfrohrkultur auf Niedermoor - Rentabilität des Anbaus und der Ernte von Phragmites australis (Reed cultivation on fens – Economic feasibility of growing and harvesting Phragmites australis). Arch. Nat. Conserv. Landsc. Res. 1999:38:193.*
- [66] *White G. The future of reedbed management. Information and Advice note Version 7, RSPB, 2009:11.*
- [67] *Schattke W. Das Reetdach- Natürliches Wohnen unter sanftem Dach – Von der Uhrzeit Bis Heute (The thatched roof ?Natural Living Under Soft Roof—From Prehistoric Times Till Today), 3rd ed. Christians Verlag, Hamburg, 192.*
- [68] *ELP (Ecology Land and People), Ash N. New opportunities for the sustainable management of fens: Reed pelleting, composting and the productive use of fen harvests. Broads Authority, 2010.*
- [69] *Räikkönen N. Classification of reed beds and reed biomass and quality mapping 2007 – Read up on Reed /Ed. Ikonen, I., Hagelberg, E. Southwest Finland Regional, Environment Centre, 17-21.*
- [70] *Kask U. (ed.). Guidebook of reed business. Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia. 2013, 107.*
- [71] *Asdrubali F., D'Alessandro F., Schiavonic S. A review of unconventional sustainable building insulation materials. Sustainable Materials and Technologies 2015:4:1-17.*
- [72] *Niedru jumti. Pieejams: <http://www.hiss-reet.de>.*
- [73] *Hansmann P. "They Call Them Golden Sticks"- Socio-economic Explorations Around the Commodity of Reed. Master thesis, Wageningen University, 2008.*

- [74] Reichel F. (2013) *Bauschilf (Construction reed)*. Pieejams: <http://www.bauschilf.at/produkte.htm>.
- [75] Rodewald-Rudescu L. *Schilfrohr und Fischkultur im Donaudelta (Reed stalk and fish culture in the Danube Delta)*. *Archiv für Hydrobiologie* 1958:54(3):303–339 (in German).
- [76] Díaz C., Jiménez M., Navacerrada M. Á., Pedrero A. *Acoustic properties of reed panels*. *Mater. Construcc.* 2012:62(305):55-66.
- [77] Chilekwa V., Sieffert G., Egan C. A., Oldahm D. *The acoustical characteristics of reed*.
- [78] Abou-Zeid R. E., EL-Wakil N. A., Fahmy Y. *Thermoplastic Composites from Natural Reed Fibers*. *Egypt. J. Chem.* 2015:58(3):287-298.
- [79] Alpár T. L., Schlosser M., Hajdu I. Bejő László B. *Developing Building Materials from Cement-bonded Reed Composite Based on Waste Materials*. *International Scientific Conference March 26-27 2012 on Sustainable Development & Ecological Footprint*.
- [80] Akermann K. *The mechanical and thermal insulation properties of light clay blocks*. *Compendium of scientific studies of Estonian University of Life Sciences, Local natural building materials and their use*. Tartu, 2012:15-26.
- [81] Holzmann G., Wangelin M. *Natürliche und pflanzliche Baustoffe: Rohstoff - Bauphysik*, 2009.
- [82] HISS REET, *Inside Insulation*. [Tiešsaite]. Pieejams: <http://www.hiss-reet.de/building-material/insulation/inside-insulation/?L=1>. [Skatīts: 02.01.2018]
- [83] Brix H., Ye S., Laws E. A., Sun D., Li G., Ding X., et al. *Large-scale management of common reed, Phragmites australis, for paper production: A case study from the Liaohe Delta, China*. *Ecol Eng* 2014:73:760–9.
- [84] Burry W., Doelle K., Liu S., Appleby R. *Common Reed (Phragmites australis), Eradicate or Utilize? Part II: Potential Use as an Industrial Fiber Source after Hot Water Extraction*. *Bioresources* 2017:12:5697–714.
- [85] Gómez-Sánchez M. D., Sánchez R., Espinosa E., Rosal A., Rodríguez A. *Production of Cellulosic Pulp from Reed (Phragmites australis) to Produce Paper and Paperboard*. *Bioprocess Eng* 2017:1:65–8.
- [86] Köbbing J. F., Thevs N., Zerbe S. *The utilisation of reed (Phragmites australis): a review*. *Mires Peat* 2013:13:1–14.

- [87] Rinman E. L. *Method of producing cellulose and paper from straw, esparto, reed, and similar raw material*, 1929.
- [88] Rilong Z. *Wear-proof plain-color decoration body paper and preparation method thereof*. CN106702808 (A), 2017.
- [89] Huihui X. *Environment-friendly filter paper containing reed and applied to filter cleaner*. CN106758538 (A), 2017.
- [90] Xujun L., Zhanshan F., Xiaoyi F. *Moisture absorption paper and preparation method thereof*. CN106283842 (A), 2017.
- [91] National Academy of Engineering. *Industrial Environmental Performance Metrics. Challenges and Opportunities*. Study report, National Academu Press, Washington, 1999.
- [92] Kankiliç G. B, Metin A. Ü, Tüzün I. *Phragmites australis: An alternative biosorbent for basic dye removal*. *Ecol Eng* 2016;86:85–94.
- [93] Ahmed M. J. *Application of raw and activated Phragmites australis as potential adsorbents for wastewater treatments*. *Ecol Eng* 2017;102:262–9.
- [94] Guo Z., Zhang A., Zhang J., Liu H., Kang Y., Zhang C. *An ammoniation-activation method to prepare activated carbon with enhanced porosity and functionality*. *Powder Technol* 2017;309:74–8.
- [95] Guo Z., Zhang J., Liu H., Kang Y., Yu J., Zhang C. *Optimization of the green and low-cost ammoniation-activation method to produce biomass-based activated carbon for Ni(II) removal from aqueous solutions*. *J Clean Prod* 2017;159:38–46.
- [96] Chen S., Ju M., Luo Y., Chen Z., Zhao C. *Hepatoprotective and Antioxidant Activities of the Aqueous Extract from the Rhizome of Phragmites australis, für Naturforsch. C*, 2013.
- [97] Sim M. O., Ham J. R., Lee M. K. *Young leaves of reed (Phragmites communis) suppress melanogenesis and oxidative stress in B16F10 melanoma cells*. *Biomed. Pharmacother.* 2017;93:165–171.
- [98] Azwanida N. *A Review on the Extraction Methods Use in Medicinal Plants, Principle, Strength and Limitation*. *Med Aromat Plants*. 2015;4:196.

- [99] Zhu L., Zhang D., Yuan C., Ding X., Shang Y., Jiang Y., Zhu G. "Anti-Inflammatory and antiviral effects of water-soluble crude extract from *Phragmites australis* in vitro.," *Pak. J. Pharm. Sci.* 2017:30(4):1357–1362.
- [100] RTU Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts, *Meža biomasa - jauni produkti un tehnoloģijas, pētījuma atskaite, 2017.*
- [101] Blumberga D., Barisa A., Kubule A., Kļaviņa K., Lauka D., Muižniece I., Blumberga A., Timma L. *Biotehonomika, Rīga, RTU Izdevniecība, 2016.*
- [102] *European Commission. Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe, 2012:6.*
- [103] Jahan A., Edwards K., Bahraminasab M. *Multi-criteria Decision Analysis for Supporting the Selection of Engineering Materials in Product Design. Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2016:252.*
- [104] Lu J., Zhang G., Ruan D. *Multi-Objective Group Decision Making: Methods Software and Applications With Fuzzy Set Techniques. SGP, Imperial College Press, 2007:408.*
- [105] Doumpos M., Grigoroudis E. *Multicriteria Decision Aid and Artificial Intelligence: Links, Theory and Applications. USA, Wiley-Blackwell, 2013:368.*
- [106] Ishizaka A., Nemery P. *Multi-criteria Decision Analysis: Methods and Software. USA, Wiley, 2013:310.*
- [107] *The International Councils of Clean Transportation. Carbon Intensity of Crude Oil in Europe. Executive summary, 2010, Pieejams: https://www.theicct.org/sites/default/files/ICCT_crudeoil_Eur_Dec2010_sum.pdf.*
- [108] Rodewald-Rudescu L. *Schilfrohr und Fischkultur im Donaudelta (Reed stalk and fish culture in the Danube Delta). Archiv für Hydrobiologie 1958:54(3):303–339 (in German).*
- [109] *Niedru paneļu iekārta. Pieejams: https://www.alibaba.com/product-detail/Straw-mat-sewing-reed-mat-knitting_60378819488.html?spm=a2700.7724857/A.main07.39.79311decFOkSGM.*
- [110] *Niedru paneļu iekārta. Pieejams: https://wholesaler.alibaba.com/product-detail/Professional-rice-straw-knitting-machine-straw_60348589130.html?spm=a2700.7724838.2017115.10.74a855a4D9Y3EU.*
- [111] *Smalcināšanas iekārta. Pieejams: https://www.alibaba.com/product-detail/Lowest-price-motor-operated-straw-grass_60711449045.html?spm=a2700.7724838.2017115.63.1e6162f9FWnUDl&s=p.*

- [112] Smalcināšanas iekārta. Pieejams: https://www.alibaba.com/product-detail/Custom-logos-corn-straw-cutter-stalk_60708591044.html?spm=a2700.7724838.2017115.80.1e6162f9FWnUDl&s=p.
- [113] Maisīšanas iekārta. Pieejams: https://www.alibaba.com/product-detail/Electric-Industrial-mixer_547025906.html?spm=a2700.7724838.2017115.127.15a514ddA8topZ&s=p.
- [114] Māla paneļu ražošānas iekārta. Pieejams: https://www.alibaba.com/product-detail/clay-block-machine-with-mixer-on_60637334012.html?spm=a2700.7724838.2017115.35.17f361e5DdpF2x&s=p.
- [115] Presēšanas iekārta. Pieejams: https://www.alibaba.com/product-detail/TILE-PRESSER_60393264448.html?spm=a2700.7724838.2017115.11.1e6162f9FWnUDl.
- [116] Amatulli C., Caputo T., Guido G. "Strategic Analysis through the General Electric/McKinsey Matrix: An Application to the Italian Fashion Industry," *Int. J. Bus. Manag.* 2011:6(5):61–75.
- [117] Decuseara N. R. "Using The General Electric /Mckinsey Matrix In The Process Of Selecting The Central And East European Markets," *Manag. Strateg. J.* 2013:19:59–66.
- [118] Bažbauers G. "Diskusija par ekonomisko rentabilitāti un faktoru īpatsvaru tirgus analīzes aprēķinos." 2018.
- [119] Grand view research, "Insulation Market Size, Growth, Trends | Industry Analysis Report, 2025," 2018. [Tiešsaite]. Pieejams: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/insulation-market>. [Skatīts: 13.02.2018].
- [120] Persistence Market research, "Thermal Insulation Material Market: Global Industry Analysis, Share, Size, and Trends by 2020," 2016. [Tiešsaite]. Pieejams: <https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/thermal-insulation-material-market.asp>.
- [121] Asdrubali F., D'Alessandro F., Schiavoni S. "A review of unconventional sustainable building insulation materials," *Sustain. Mater. Technol.* 2015:4:1–17.
- [122] Grand View Research, "Natural Fiber Composites Market Size, Share | Industry Report, 2024," 2016. [Tiešsaite]. Pieejams: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/natural-fiber-composites-market>. [Skatīts: 13.02.2018].

- [123] Lucintel. "Global Natural Fiber Composite Market," 2015. [Tiešsaite]. Available: <http://www.lucintel.com/natural-fiber-composite-market-2020.aspx>. [Skatīts: 13.02.2018].
- [124] MordorIntelligence. "Europe Spice and Herb Extracts Market | Size | Share | Trend | Research | Statics | Growth | Value | Analysis | Europe Spice and Herb Extracts Market Industry Competitiveness," 2017.
- [125] "Global Medicinal Plant Extracts Market projected to grow at CAGR 11.2% During 2017 to 2023." [Tiešsaite]. Pieejams: https://industrytoday.co.uk/health_and_safety/global-medicinal-plant-extracts-market-projected-to-grow-at-cagr-11-2--during-2017-to-2023.
- [126] EUR-Lex, "Globālā partnerība ilgtspējīgai attīstībai," 2007. [Tiešsaite]. Pieejams: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=legisum:l28015>.
- [127] ES Tiesību akti un publikācijas EUR-Lex, "Vides aspektu integrācija Eiropas standartizācijā," 2017. [Tiešsaite]. Pieejams: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM:l66018>. [Skatīts: 12.02.2018].
- [128] Government of Gujarat, "Setting up a Medicinal Herbs Extraction Unit Agro and Food Processing Government of Gujarat," 2017.
- [129] Pazuch F. A., Nogueira C. E. C., Souza S. N. M., Micuanski V. C., Friedrich L., Lenz A. M. "Economic evaluation of the replacement of sugar cane bagasse by vinasse, as a source of energy in a power plant in the state of Paraná, Brazil," *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2015:76:34–42.
- [130] D'Alessandro F., Bianchi F., Baldinelli G., Rotili A., Schiavoni S. "Straw bale constructions: Laboratory, in field and numerical assessment of energy and environmental performance," *J. Build. Eng.* 2017:11:56–68.
- [131] Rajput D., Bhagade S. S., Raut S. P., Ralegaonkar R. V., Mandavgane S. A. "Reuse of cotton and recycle paper mill waste as building material," *Constr. Build. Mater.* 2012:34:470–475.
- [132] Kraiem D., Pimbert S., Ayadi A., Bradai C. "Effect of low content reed (*Phragmites australis*) fibers on the mechanical properties of recycled HDPE composites," *Compos. Part B Eng.* 2013:44:368–374.
- [133] Lima P. R. L., Barros J. A. O., Santos D. J., Fontes C. M., Lima J. M. F., Filho R. T. "Experimental and numerical analysis of short sisal fiber-cement composites produced with recycled matrix." *Eur. J. Environ. Civ. Eng.* 2016: 1–15.

- [134] Kechaou B., Salvia M., Beaugiraud B., Juvé D., Fakhfakh Z., Treheux D. "Mechanical and dielectric characterization of hemp fibre reinforced polypropylene (HFRPP) by dry impregnation process," *Express Polym. Lett.* 2010:4(3):171–182.
- [135] Goldberg K. H., Yin A. C., Mupparapu A., Retzbach E. P., Goldberg G. S., Yang C. F. "Components in aqueous Hibiscus rosa-sinensis flower extract inhibit in vitro melanoma cell growth," *J. Tradit. Complement. Med.* 2017:7:45–49.
- [136] "Hibiscus Flower Extract Natural Hibiscus Extract Hibiscus Powder With Good Prices Anthocyanins5% - Buy Hibiscus Flower Extract,Hibiscus Extract,Hibiscus Powder Product on Alibaba.com.", [Tiešsaite]. Pieejams: https://www.alibaba.com/product-detail/Hibiscus-Flower-Extract-Natural-Hibiscus-extract_60332830788.html. [Skatīts: 12.02.2018].
- [137] Bao J., Liu F., Zhang C., Wang K., Jia X., Wang X., Chen M., Li P., Su H., Wang Y., Wan J. B., He C. "Anti-melanoma activity of Forsythiae Fructus aqueous extract in mice involves regulation of glycerophospholipid metabolisms by UPLC/Q-TOF MS-based, metabolomics study," *Sci. Rep.* 2016:6:1–13.
- [138] "Forsythia Fructus Extract 4:1 To 20:1,Forsythia Suspensa Hypericin Pseudohypericin Protohypericin Protopseudohypericin - Buy Forsythia Fructus Extract,Forsythia Suspensa,Benepure Product on Alibaba.com.", [Tiešsaite]. Pieejams: https://www.alibaba.com/product-detail/Forsythia-Fructus-Extract-4-1-to_60710077639.html. [Skatīts: 12.02.2018].
- [139] Varadarajan R., Caroline M., Mathew R., Souprayan S. "Hepatoprotective efficacy of ethanolic extracts of rhizome Curcuma amada Roxb . In experimental rats," 2018:1:1966–1972.
- [140] "Natural Turmeric (curcuma Longa) Rhizome (extract Powder) E5-e10 Uv 80-100 Mesh For Health Food Grade - Buy Turmeric Rhizome / Powder,Turmeric Rhizome Curcumin PowderE5-e10 Uv,Food Grade Turmeric Curcumin Powder Product on Alibaba.com." [Tiešsaite]. Pieejams: https://www.alibaba.com/product-detail/Natural-Turmeric-Curcuma-longa-Rhizome-Extract_60675944395.html?spm=a2700.7724857/B.main07.18.6de5201b8cUDxL&s=p. [Skatīts: 12.02.2018].
- [141] Vides risinājumu institūts. *Engures un Papes ezeru attālā izpēte projekta LIFE12 NAT/LV/000118 COASTLAKE ietvaros, 2015.*
- [142] Adamovičs A., Dubrovskis V., Plūme I., Jansons Ā., Lazdiņa D., Lazdiņš A. *Biomāsas izmantošanas ilgtspējības kritēriju pielietošana un pasākumu izstrāde, Valsts SIA Vides projekti, Rīga, 2009:1. -172.*

- [143] Valkama E., Lyytinen S., Koricheva J. *The impact of reed management on wildlife: A meta-analytical review of European studies. Biological Conservation* 2008:141(2):364-374.
- [144] Chemat F., Strube J. *Green Extraction of Natural Products: Theory and Practice. Wiley, 2015, : 384.*
- [145] Mordor Intelligence. *Spice and Herb Extracts Market - Growth, Trends and Forecasts (2017 - 2022).*
- [146] WiseGuyReport. *Global Plant Extracts Market Report 2017. [Tiešsaite]. Pieejams: <https://www.rednewswire.com/global-plant-extracts-market-2018-share-size-trend-segmentation-and-forecast-to-2022-wiseguy-reports/>.*
- [147] Verma. D., Jain S., Zhang X., Gope P.C. *Green Approaches to Biocomposite Materials Science and Engineering. Engineering Science Reference, USA, 2016.*
- [148] Urtāna A. V. red. *Aizsargājamo biotopu saglabāšanas vadlīnijas Latvijā. Upes un ezeri. Sigulda, 2017.*
- [149] Iepirkumu uzraudzības birojs. *Pļavu un niedrāju pļaušana. <https://www.iub.gov.lv/lv/iubsearch/q/Pļavu%20un%20niedrāju%20pļaušana/cpv/77314000-4/>.*
- [150] Kuhlman T., Diogo V., Koomen E. *Exploring the potential of reed as a bioenergy crop in the Netherlands. Biomass and Bioenergy* 2013:55:41-52.
- [151] Duke J. A. *Ecosystematic data on economic plants. Q J Crude economic plants. Q J Crude.*
- [152] Best E. P. H., Zippin M., Dassen J. H. A. *Growth and production of Phragmites australis in lake Vechten (The Netherlands). Aquat Ecol* 1981:15(3):165-73.
- [153] Dabas aizsardzības pārvalde. *Izsole par tiesībām pļaut un iegūt niedres. <https://www.daba.gov.lv/public/lat/aktualitates/ipasumi/#ties>.*