



RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Enerģētikas un elektrotehnikas fakultāte
Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts

Jana SIMANOVSKA

Doktora studiju programmas “Vides zinātne” doktorante

**EKODIZAINA METODE ĶĪMISKO VIELU
NEVĒLAMAS IETEKMES UZ VIDI UN CILVĒKU
VESELĪBU SAMAZINĀŠANAI PRODUKTA
DZĪVES CIKLĀ**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskie vadītāji
Dr.sc.ing., profesors
G. BAŽBAUERS

Dr.chem., docents
K. VALTERS

Rīga 2012

UDK 502.131.1 (043.2)
Si 530 e

Simanovska J. Ekodizaina metode ķīmisko vielu nevēlamas ietekmes uz vidi un cilvēku veselību samazināšanai produkta dzīves ciklā. Promocijas darba kopsavilkums.-R.:RTU, 2012.-31. lpp.

Iespiests saskaņā ar RTU Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūta 2012. gada 12. janvāra lēmumu, protokols Nr.19

ISBN 978-9934-8302-3-5

Promocijas darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā “Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai”

**PROMOCIJAS DARBS
IZVIRZĪTS INŽENIERZINĀTŅU DOKTORA ZINĀTNISKĀ
GRĀDA VIDES ZINĀTNES NOZARES APAKŠNOZARĒ “VIDES
INŽENIERZINĀTNE” IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ
UNIVERSITĀTĒ**

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora zinātniskā grāda Vides zinātnes nozares apakšnozarē “Vides inženierzinātne” iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2012. g. 26. jūnijā plkst. 15⁰⁰ Rīgas Tehniskās universitātes Enerģētikas un elektrotehnikas fakultātē, Kronvalda bulvārī 1, 21. auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors, Inženierzinātņu doktors Viesturs JANSONS, Latvijas Lauksaimniecības
Universitāte

Docente, Ģeogrāfijas zinātņu doktore Ilga KOKORĪTE, Latvijas Universitāte

Docents, Inženierzinātņu doktors Visvaldas VARŽINSKAS, Kauņas Tehnoloģiskā
Universitāte

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājusi šo promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē inženierzinātņu doktora zinātniskā grāda Vides zinātnes nozares apakšnozarē “Vides inženierzinātne” iegūšanai. Promocijas darbs nav iesniegts nevienā citā universitātē zinātniskā grāda iegūšanai.

Jana Simanovska(Paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur ievadu, četras daļas, secinājumus, literatūras sarakstu ar 249 informācijas avotiem, pielikumu, 39 attēlus, 41 tabulu, kopā 132 lappuses.

SATURA RĀDĪTĀJS

DARBA AKTUALITĀTE.....	3
DARBA MĒRĶI UN UZDEVUMI.....	4
DARBA UZBŪVE UN IZPĒTES METODIKA.....	4
DARBA ZINĀTNISKĀ UN PRAKTISKĀ NOZĪME.....	5
DARBA APROBĀCIJA.....	5
DARBA STRUKTŪRA UN APJOMS.....	8
SECINĀJUMI.....	28
LITERATŪRAS AVOTI.....	29

DARBA AKTUALITĀTE

Mūsdienās ķīmiskās rūpniecības attīstība ir ļoti strauja: Pasaules Veselības organizācijas dati liecina par desmitkārtēju ķīmiskās rūpniecības produkcijas pieaugumu četrdesmit gadu laikā [1]. Ievērojami pieaug ķīmisko savienojumu dažādība [2], bet zināšanas par to bīstamību atpaliek [3]. Daļa šo ķīmisko vielu nonāk produktos un izdalās no tiem lietošanas laikā. Zinātniski pētījumi [4,5,6] apliecina, ka produktu sastāvā iekļautās vielas, izdaloties produkta lietošanas laikā, var apdraudēt patērētāju veselību un vidi. Irigarē un līdzautori [4] novērojuši pieaugošu saslimšanu ar ļaundabīgajiem audzējiem, kaut arī tradicionālie riska faktori samazinās, un saista to ar apkārtējās un iekštelpu vides piesārņojumu. Īpašas bažas rada iekštelpu vide un mājoklis, jo mūsdienās cilvēks tajā uzturas lielāko dzīves daļu. Ja piesārņojuma avots ir ēkas celtniecībā un interjerā izmantotie materiāli, kuri izdala kaitīgas vielas, kā arī sadzīves ķīmija, tad ierobežotās gaisa apmaiņas dēļ to koncentrācija iekštelpu vidē sasniedz ievērojamu līmeni. Huangs un līdzautori [5] min literatūras datus, ka iekštelpu piesārņojums ar ķīmiskajām vielām var pat tūkstoš reižu pārsniegt šo vielu koncentrāciju apkārtējā vidē. Huangs un līdzautoru izpēte liecina: ja agrāk endokrīnās sistēmas noārdošo vielu ietekmi saistīja ar to atrašanos pārtikas produktos, taču tagad ir pierādījumi, ka šo vielu klātbūtnē iekštelpu gaisā ir tikpat nozīmīga loma kā pārtikai. Ar likumdošanas palīdzību izskaužot īpaši kaitīgu vielu izmantošanu, fona piesārņojums iekštelpu vidē ar noturīgām vielām ilgstoši saglabājas. Piemēram, pašlaik aizliegto hlorēto parafīnu pēdas vēl aizvien ir atrodamas iekštelpu vidē [6].

Mākslīgas, acīmredzami antropogēnas izcelsmes ķīmiskas vielas parādās tādos apgabalos, kur praktiski notiek saimnieciskā darbība. Tās ir vielas, kas vidē ir īpaši noturīgas, un piesārņojuma pārrobežu pārnese rezultātā pārvietojas tālu no to izcelsmes vietām. Nozīmīga ir tendence, ka aizliegto vielu, piemēram, polihlorēto bifenilu (PCB), līmenis polārajos dzīvniekos lēni krīt, bet citu, “jauno piesārņotāju”, piem., broms savienojumu, koncentrācija pieaug [7, 8]. Novērotā atsevišķu piesārņotāju koncentrācijas samazināšanās, visticamāk, ir politikas sasniegumu rezultāts, tomēr vidē noturīgu vielu gadījumā negatīvā ietekme saglabājas vēl ilgi pēc tam, kad piesārņošana ir pārtraukta vai ievērojami samazināta, kā tas ir, piemēram, lindāna un DDT gadījumā [9].

Pasaules Veselības organizācija uzskata, ka 25% saslimšanu izraisa vides piesārņojums, tai skaitā piesārņojums ar ķīmiskajām vielām [1]. Ir pieņemti vairāki politiskie dokumenti ar mērķi samazināt ķīmisko vielu izmantošanas izraisīto negatīvo iedarbību uz cilvēku veselību un vidi. Tomēr vides politikā nozīmīgās grāmatas “Izaugsmes robežas” atkārtotajā izdevumā 2004. gadā autori [10] uzsver, ka ieviestie politikas pasākumi un investīcijas vides aizsardzībā nav spējuši kompensēt augošās cilvēku populācijas un produktu patēriņa izraisīto spiedienu uz vidi. Lielu ietekmi uz vidi atstāj ne tikai ražošanas uzņēmumi, bet pati produktu plūsma, kuru ražošanai tiek patērēti ierobežotie Zemes resursi un radīts vides piesārņojums ne vien ražošanas, bet arī visā pārējā dzīves ciklā. Tāpēc tādu produktu radīšana, kas atstāj pēc iespējas mazāku ietekmi uz vidi un cilvēku, īstenojot ekodizainu, ir viens no risinājumiem, lai novērstu vides piesārņošanu un varbūtējo kaitējumu cilvēkiem. Līdztekus likumu prasībām ir nepieciešama uzņēmumu brīvprātīga rīcība, izstrādājot vidi saudzējošus produktus. Likumdošana ar laiku kļūst stingrāka, tāpēc proaktīvam uzņēmumam ir priekšrocības, laikus identificējot un novēršot problēmas, kas

likumdošanas ierobežojumu dēļ varētu radīt sarežģītumus nākotnē. Lai to sasniegtu, nepieciešams izpētīt tās jomas, kur ir vēlama proaktīva rīcība, kā arī piedāvāt ekodizaina metodes, ar kuru palīdzību uzņēmums varētu attīstīt jaunus produktus. Daudzas ekodizaina stratēģijas izvirza toksisko vielu ietekmes samazināšanu kā svarīgu ekodizaina mērķi, tomēr ir skeptiski vērtējumi par šī mērķa pašreizējo izpildes līmeni, jo trūkst informācijas par ķīmiskajām vielām [11,12].

Promocijas darbs veltīts izpētei, kā samazināt produktu sastāvā esošo ķīmisko vielu nevēlamo ietekmi uz vidi un patērētāju veselību, izmantojot ekodizainu, produkta projektēšanas procesā integrējot vides un veselības saudzēšanas aspektus.

DARBA MĒRĶI UN UZDEVUMI

Darba mērķis ir izstrādāt ekodizaina metodi, ar kuras palīdzību samazināt ķīmisku vielu nevēlamo ietekmi uz vidi un cilvēka veselību produkta dzīves ciklā. Mērķa sasniegšanai veikti šādi uzdevumi:

- Izstrādāt ekodizaina priekšlikumu identificēšanas un vērtēšanas kritēriju sistēmu, ņemot vērā materiālos esošo vielu toksiskās īpašības, atkārtotas izmantošanas un reģenerācijas iespējas, dizaina parametrus un produkta dzīves ciklu;
- Izstrādāt pamatprincipus, kā pārbaudīt informāciju par bīstamajām vielām materiālos un ķīmikālijās, lai nodrošinātu ticamus datus produktu izvērtēšanai;
- Aprobēt ekodizaina metodi, eksperimentāli izpētot konkrētus produktus un tā demonstrējot metodes izmantošanas iespējas un informācijas pieejamību.

DARBA UZBŪVE UN IZPĒTES METODIKA

Darbs sastāv no četrām daļām: pirmā daļa veltīta zinātniskās literatūras izpētei par esošajām ekodizaina metodēm ķīmiskās ietekmes novēršanai un materiālu otrreizējās izmantošanas un pārstrādes veicināšanai. Otrajā daļā aplūkotas darbā izmantotās pētniecības metodes, kā arī aprakstīti jaunās ekodizaina metodes izstrādes pamatprincipi. Trešā daļa iepazīstina ar izstrādāto ekodizaina metodi, kā arī vairāku produktu izpētes rezultātiem ekodizaina metodes aprobācijai. Ceturtajā daļā darba rezultāti tiek apspriesti un salīdzināti ar literatūras datiem.

Ekodizaina metodes izstrādē izmantoti daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metožu principi. Lai noteiktu būtiskākos aspektus, kas ietekmē ķīmisko vielu iedarbību, lietoti ķīmiskā riska novērtēšanas principi, toksisko vielu identificēšanai izmantojot Globāli harmonizētās sistēmas (GHS, [13]) ķīmisko vielu klasificēšanu. GHS izmantošana uzlabo informācijas iegūšanu ķīmisko vielu, preparātu un materiālu piegādes ķēdē. Metode papildināta ar informācijas pārbaudes shēmu, lai nodrošinātu kritēriju sistēmai nepieciešamās informācijas augstāku ticamību. Tā kā ķīmisko vielu piemaisījumiem ir ietekme uz materiālu reģenerēšanas iespējām un liela daļa nepieciešamās informācijas ir iegūstama materiālu piegādes ķēdē, tad ekodizaina metodē tika iestrādāts arī materiālu atkārtotas izmantošanas un reģenerācijas izvērtējums. Materiālu vērtēšanas kritēriju sistēmas vērtējumi izstrādāti, balstoties uz literatūras analīzi, kā arī labāko un sliktāko scenāriju novērtēšanu. Pārbaudot informāciju par materiālu sastāvā esošo vielu toksiskumu, veikts salīdzinājums ar citiem informācijas avotiem un testēšana, izmantojot materiālu

ekstraktu biotestēšanas un ķīmisko analīžu, induktīvi saistītās plazmas masspektrometrijas metodes, ķīmikāliju ražotāju sniegtās informācijas oficiālās datubāzes, likumdošanas prasību un literatūras avotu analīzi.

Ekodizaina metodes aprobācija veikta, demonstrējot tās darbību – izmantoti promocijas darba izstrādes laikā savāktie dati par produktiem (ceļazīmēm un kokmateriālu izstrādājumiem), un iegūtie slēdzieni salīdzināti ar ekodizaina priekšlikumiem, kas radīti, analizējot dzīves cikla novērtējuma rezultātus par produktu vides sniegumu, lai izstrādātu priekšlikumus pilnveidei.

DARBA ZINĀTNISKĀ UN PRAKTISKĀ NOZĪME

Promocijas darbs paplašina zināšanas par ekodizaina metožu zinātnisko izpēti, piedāvājot novērst identificētās nepilnības ar jaunu ekodizaina metodi. Tā paredzēta produktu sastāvā esošo ķīmisko vielu ietekmes samazināšanai un materiālu atkārtotas izmantošanas un pārstrādes veicināšanai, vadoties pēc ķīmisko vielu bīstamajām īpašībām, materiāla īpašībām, produkta dzīves cikla aspektiem un dizaina parametriem.

Metodes zinātniskās novitātes:

- Zinātniskā ķīmiskā riska novērtējuma principu piemērošana ekodizaina, tas ir, produktu izstrādes vajadzībām, radot jaunu ekodizaina metodi.
- Izveidota ķīmiskās bīstamības un iedarbības, kā arī materiālu atkārtotas izmantošanas un pārstrādes iespēju novērtēšanas sistēma, kas ļauj izstrādāt ekodizaina risinājumus produktiem, nodrošinot labāku patērētāju veselības un vides aizsardzību no produktu sastāvā esošo toksisko vielu nelabvēlīgās hroniskās iedarbības, kā arī mazinot materiālu resursu noplicināšanu.

Darba praktiskā nozīme: izstrādāta jauna ekodizaina metode, kas ietver arī kompleksu informācijas izvērtēšanas shēmu par kaitīgajām ķīmiskajām vielām materiālos. Promocijas darba rezultāti ir praktiski izmantojami ražošanas uzņēmumos jaunu produktu izstrādes un esošo pilnveides procesā, kā arī valsts un pašvaldību iestāžu ekspertiem, kas izstrādā kritērijus produktu vides snieguma novērtēšanai (iepirkumiem, marķējumam).

DARBA APROBĀCIJA

Par promocijas darba rezultātiem ir ziņots, un tie ir apspriesti vairākās publikācijās un konferencēs.

KONFERENCES:

1. Simanovska J., Bažbauers G., Valters K., Chemical risk communication from the ecodesign perspective: legislative preconditions and needs for more information than required by law, SETAC Europe 21. gadskārtējā konference, Itālija, Milāna, 2011. gada 15. - 19. maijs.
2. Simanovska J., Bažbauers G., Valters K., Set of criteria for environmentally sound material choice as an eco-design tool, SETAC Europe 20. gadskārtējā konference, Spānija, Sevilja, 2010. gada 23. - 27. maijs.

3. Romagnoli F., Simanovska J., Bažbauers G., Veidenbergs I., Aspects of the Allocation Problem and Boundary Assessment in Life Cycle Assessment of Latvian Pellet Flow Chain, SETAC Europe 20. gadskārtējā konference, Spānija, Sevilja, 2010. gada 23. - 27. maijs.
4. Grigale Z., Simanovska J., Kalniņš M., Dzene A., Tupureina V., Biodegradable packaging from life cycle perspective, SETAC Europe 20. gadskārtējā konference, Spānija, Sevilja, 2010. gada 23. - 27. maijs.
5. Simanovska J., Romagnoli F., Valters K., Bažbauers G., Teaching of Life Cycle Assessment in RTU – Current Situation and Future Perspective, 3.starptautiskā konference "Vides zinātnes izglītība Latvijā un Eiropā: izglītība un zinātne klimata pārmaiņu novēršanai", Rīga, 2009. gada 23. oktobris.
6. Rēpele M., Simanovska J., Valters K., Bažbauers G., Development of a Software-Based Laboratory Work for Teaching of Eco-Design, 3. starptautiskā konference "Vides zinātnes izglītība Latvijā un Eiropā: izglītība un zinātne klimata pārmaiņu novēršanai", Rīga, 2009. gada 23. oktobris.
7. Simanovska J., Valters K., Bažbauers G. Development set of criteria as an eco-design tool for the evaluation of environmental impact of material choice, RTU 50. zinātniskā konference, vides inženierzinātņu sekcija, Rīga, 2009. gada 14.-15. oktobris.
8. Simanovska J., Šteina M., Valters K., Bažbauers G. The environmental impacts of a desktop computer: influence of choice of functional unit, system boundary and user behaviour, RTU 50. zinātniskā konference, vides inženierzinātņu sekcija, Rīga, 2009. gada 14-15. oktobris.
9. Njakou D., Simanovska J., Bažbauers G., Valters K., Life Cycle Assessment and Eco-Indicators Environmental Impact For Latvian Power Supply Mix, SETAC Europe 19. gadskārtējā konference, Gēteborga, Zviedrija, 2009. gada 31.maijs-4. jūnijs.
10. Bažbauers G., Simanovska J., Valters K., Legislative developments and ecodesign tools for reduction of chemical risks, RTU 49. zinātniskā konference, sesija „Vides un klimata tehnoloģijas“, Rīga, 2008. gada 14.-16. septembris.
11. Bažbauers G., Simanovska J., Valters K., Information System on Substances in Products and Raw Materials as an Important Step to Reach Compliance with RoHS Directive in a Company, Konference: Electronics Goes Green 2008+ - Merging Technology and Sustainable Development; Berlīne, Vācija, 2008, 7.-10. septembris.
12. Bažbauers G., Njakou D., Simanovska J., Valters K., Analysis of suitability of existing ecodesign tools for chemical risk reduction, SETAC Europe 18. gadskārtējā konference, Polija, Varšava, 2008. gada 25.-29. maijs.
13. Kazerovska K., Simanovska J., The role of non-governmental organisations in consumer education on chemical risks, 2.starptautiskā konference „Vides zinātne un izglītība Latvijā un Eiropā”, Latvija, Rīga, 2008. gada 14.marts.

PUBLIKĀCIJAS ZINĀTNISKAJOS IZDEVUMOS:

1. Simanovska J., Valters K., Bažbauers G. Development set of criteria as an eco-design tool for the evaluation of environmental impact of material choice // RTU zinātniskie raksti. 13. sēr., Vides un klimata tehnoloģijas. 3. sēj., 2009, 102.-110. lpp.
2. Simanovska J., Šteina M., Valters K., Bažbauers G. The environmental impacts of a desktop computer: influence of choice of functional unit, system boundary and user behaviour // RTU zinātniskie raksti. 13. sēr., Vides un klimata tehnoloģijas. 3. sēj., 2009, 111.-118. lpp.

3. Bažbauers G., Simanovska J., Valters K., Information System on Substances in Products and Raw Materials as an Important Step to Reach Compliance with RoHS Directive in a Company // Electronics Goes Green 2008+. Merging Technology and Sustainable Development; Conference Proceedings, Electronics Goes Green 2008+, Germany, Berlin, 7.-10. September, 2008. - 149-152. p.
4. Bažbauers G., Njakou D., Simanovska J., Valters K., Eco-indicators of environmental impact for Latvian power supply system// RTU zinātniskie raksti. 13. sēr., Vides un klimata tehnoloģijas. 3. sēj., 2008, 88.-94. lpp.
5. Bažbauers G., Simanovska J., Valters K. Legislative developments and ecodesign tools for reduction of chemical risks // RTU zinātniskie raksti. 13. sēr., Vides un klimata tehnoloģijas. 3. sēj., 2008, 81.-87.lpp.
6. Grigale Z., Simanovska J., Kalniņš M., Dzene A., Tupureina V. Biodegradable Packaging from Life Cycle Perspective// RTU zinātniskie raksti. 1. sēr., Materiālzinātne un lietišķā ķīmija . - 21. sēj., 2010, 90.-96. lpp.
7. Putna I., Simanovska J., Valters K., Bažbauers G., Purviņa S., Balode M. Ecotoxicity of leachates from wood materials treated with wood preservatives // Abstract book, 6th SETAC World Congress/SETAC Europe 22nd Annual Meeting, Germany, Berlin, 20.-24. May, 2012. – p. 405.
8. Simanovska J., Bažbauers G., Valters K., Chemical risk communication from the ecodesign perspective: legislative preconditions and needs for more information than required by law// Abstracts of SETAC Europe 21th Annual Meeting, Milano, Italy, 15.-19. May, 2011, MO 381.
9. Bažbauers G., Simanovska J., Rēpele M., Valters K. Ecodesign-Opportunity for Interdisciplinar Education // 4th International Conference „Environmental Science and Education in Latvia and Europe”: Conference Proceedings. From Green Projects to Green Society, Latvija, Jelgava, 22.-22. oktobris, 2010. - 21.-22. lpp.
10. Simanovska J., Bažbauers G., Valters K., Set of criteria for environmentally sound material choice as an eco-design tool //Extended Abstracts of SETAC Europe 20th Annual Meeting, Spain, Seville, 23.-27. May, 2010. - p.447-448.
11. Romagnoli F., Simanovska J., Bažbauers G., Veidenbergs I. Aspects of the Allocation Problem and Boundary Assessment in Life Cycle Assessment of Latvian Pellet Flow Chain // Strengthening Uncertainty Analysis in LCA, Spain, Seville, 23.-27. May, 2010. – p. 390.
12. Grigale-Soročina Z., Simanovska J., Kalniņš M., Tupureina V., Dzene A. Biodegradable Packaging from Life Cycle Perspective // Programme of SETAC Europe 20th Annual Meeting „Science and Technology for Environmental Protection” (TH 177), Spānija, Seville, 23.-27. May, 2010. – p. 196.
13. Rēpele M., Simanovska J., Valters K., Bažbauers G. Development of a Software-Based Laboratory Work for Teaching of Eco-Design // Conference Proceedings: 3rd International Conference: Environmental Science and Education in Latvia and Europe: Education and Science for Climate Change Mitigation, Latvia, Riga October 23, 2009, p. 80-81.
14. Simanovska J., Romagnoli F., Valters K., Bažbauers G., Teaching of Life Cycle Assessment in RTU. – Current Situation and Future Perspective // Conference Proceedings, 3rd International Conference "Environmental Science and Education in Latvia and Europe ", Latvia, Riga, October 23, 2009. p. 83-84.

15. Grigale Z., Tupureina V., Dzene A., Simanovska J. Life Cycle Assessment of Biodegradable Packaging // Programme and Proceedings of Baltic Polymer Symposium 2009, Latvija, Ventspils, 22.-25. septembris, 2009. - 29.-29. lpp.
16. Njakou D., Simanovska J., Bažbauers G., Valters K. Life Cycle Assessment and Eco-Indicators Environmental Impact For Latvian Power Supply Mix // Abstract book of SETAC Europe 19th annual meeting, SETAC Europe 19th annual meeting, Sweden, Göteborg, 31.May-4. June, 2009. – p. 126.
17. Bažbauers G., Njakou D., Simanovska J., Valters K. Analysis of suitability of existing ecodesign tools for chemical risk reduction // Abstract book of SETAC Europe 18th annual meeting, SETAC Europe 18th annual meeting, Poland, Warsaw, 25.-29. May, 2008. –p. 152.
18. Kazerovska K., Simanovska J., The role of nongovernmental organizations in consumer education on chemical risks // 2.starptautiskā konference „Vides zinātne un izglītība Latvijā un Eiropā”, tēzu krājums „Vides zinātne un izglītība Latvijā un Eiropā”, Latvija, Rīga, 14. marts, 2008. - 68-69. lpp.

CITAS AUTORES PUBLIKĀCIJAS

1. Ruut J., Simanovska J., Analysis of the existing chemicals management system in Russian Federation, Baltic Environmental Forum (BEF), The project “Awareness raising and capacity building on chemicals control in NW RUSSIA”, 2004 – 2005, Funded by Finnish Ministry of Environment, Swedish Environmental Protection Agency, Nordic Council of Ministers, 2005, p. 42
[<http://www.norden.org/pub/miljo/miljo/uk/US2006416.pdf>]
2. Fammler H., Simanovska J., Babre K., Laud K., Dudutyte Z., Veidemane K., Ahrens A., Reihlen A., Kruopiene J., Pavasars I., Pārskats par bīstamajām vielām Baltijas valstīs, Baltic Hazardous Substances Report, 2003, “Jelgavas Tipogrāfija”, Latvija, p. 52
3. Fammler H., Reihlen A., Moora H., Ahrens A., Simanovska J., Babre K., Dudutyte Z., Kruopiene J., Gittinger J., Keerberg V., Valtere S., “Ķīmikāliju riska pārvaldība uzņēmumos”, „Managing Chemicals Risks in Enterprises”, rokasgrāmata profesionālajiem ķīmikāliju lietotājiem, 2003, “Jelgavas Tipogrāfija”, Latvija (līdzautore)
4. Ed. Team: Fammler H., Veidemane K., Ruskule A., Simanovska J., Indriksone D., Kipper K., Ahrens A., *2nd Baltic State of the Environment Report based on environmental indicators*, Baltic Environmental Forum, “Gandrs”, Rīga, 2000, 190. p.
5. Ed. Team: Fammler H., Veidemane K., Platniece A., Simanovska J., Indriksone D., Kipper K., Ahrens A., *Baltic State of the Environment Report based on environmental indicators*, Baltic Environmental Forum, “Gandrs”, Rīga, 1998, p. 94

DARBA STRUKTŪRA UN APJOMS

Darbs sastāv no ievada, četrām daļām un secinājumiem. Tajā ir 132 lapas, t.sk. 39 attēli, 41 tabula un literatūras saraksts ar 249 literatūras avotiem. Pilnīgs literatūras saraksts šajā kopsavilkumā nav iekļauts, tikai kopsavilkumā citētie avoti.

1. DAĻA. LITERATŪRAS APSKATS

Nodaļa sniedz pārskatu par literatūras izpēti, analizējot pieejamās ekodizaina metodes toksiskās ietekmes mazināšanai visā produktu dzīves ciklā. Apskatā iekļautas arī metodes materiālu atkārtotas izmantošanas veicināšanai un bīstamo vielu identificēšanai.

Ekodizaina metodes uzdevums ir vides prasību integrācija produkta izstrādes stadijā, kad informācijas daudzums par produktu ir ierobežots. Dzīves cikla novērtējums [14] un detālais ķīmiskā riska novērtējums [15] ir piemērotas metodes ķīmiskās ietekmes izpētei likumdošanas attīstības jomā. Šo metožu izmantošanu ekodizainā ierobežo detalizācijas pakāpe, nepieciešamais datu daudzums un specifisku zināšanu nepieciešamība to izmantošanai [16-18]. Tāpēc rūpniecības uzņēmumu speciālisti dod priekšroku ekodizaina metodēm – matricām, kontrolsarakstiem, vienkāršotām dzīves cikla novērtējuma metodēm [18]. Ķīmiskā riska novēršanai vienlīdz svarīgi ir trīs aspekti 1) kaitīgo ķīmisko vielu identificēšana, 2) bīstamo īpašību novērtējums un 3) iedarbības novērtējums, aptverot svarīgākos ķīmiskās vielas ietekmes ceļus produkta ražošanas, izmantošanas un nolietotā produkta utilizācijas laikā. Lai pilnvērtīgi integrētu ķīmiskās ietekmes novēršanu ekodizaina procesā, ekodizaina metodei jāietver visi trīs minētie ķīmiskā riska novēršanas aspekti.

Vērtējot ķīmiskā piesārņojuma samazināšanas izpildījumu ekodizaina metodēs, var izšķirt trīs pieejas toksisko piedevu samazināšanā:

- vielu saraksti, kas ietver nelielu skaitu vielu, piemēram, vadlīnijas elektronisku produktu izstrādē [19], vai, piemēram, brīvprātīgs standarts saudzīgai tekstilprodukcijai [20],
- ķīmisko vielu klasifikācijas izmantošana ekodizainā [21-24], kas ietver faktiski visas vielas, un ļauj identificēt un novērtēt būtiskākās bīstamības, bet neietver iedarbības novērtējumu, atšķirībā no rūpniecisko procesu vērtēšanai domātām metodēm [25],
- un dzīves cikla ietekmes novērtējuma metožu raksturošanas faktoros [26-28], kas ietver tikai daļu potenciāli bīstamo vielu, un nepilnīgu iedarbības novērtējumu attiecībā uz ietekmi produkta lietošanas fāzē uz vidi un cilvēka veselību, neiekļaujot cilvēka veselībai tādos būtiskus ceļus kā vielu uzņemšana caur ādu un ieelpojot iekšelpu gaisu [29]. Ir atsevišķas iestrādes [30], kas šobrīd nav integrētas dzīves cikla novērtējuma datu bāzēs.

Nopietna problēma ir informācijas trūkums par ķīmiskajam piedevām produktu piegādes ķēdē [11], kā rezultātā arī esošās dzīves cikla inventarizāciju datu bāzes ir ļoti nepilnīgas [12], kas neattaisno to izmantošanu vienkāršotos rīkos ķīmiskās ietekmes novēršanai. Informācijas trūkums par kaitīgām piedevām kavē arī materiālu atkārtotu pārstrādi produktu dzīves cikla beigās, jo piedevas var to negatīvi ietekmēt. Galvenais rīks, lai identificētu nevēlamas vielas, ir saziņa piegādes ķēdē drošības datu lapu un materiālu deklarāciju veidā.

Lai novērstu iepriekš minēto ekodizaina metožu trūkumus – nepilnīga kaitīgāko ķīmisko vielu identificēšana un iedarbības novērtēšana, vēlamai ekodizaina metodei jābūt piemērotai produktu izstrādes prasībām, izmantojot produkta izstrādes brīdī iespējamo informācijas līmeni, tai pašā laikā nodrošinot zinātniskā ķīmiskā riska novērtējuma principu

(bīstamības un iedarbības novērtējuma) ievērošanu. Metodei jāietver maksimāli liels iespējamo vielu skaits. Tā kā galvenie informācijas avoti ir izejvielu piegādes uzņēmumu sniegtā dokumentācija, informācijas ticamības pārbaudei ir ļoti svarīga loma ekodizaina procesā.

Izvirzītā hipotēze: ir iespējama ekodizaina metode, kas izmanto ierobežotu informācijas daudzumu, un balstās uz ķīmiskā riska novērtēšanas zinātniskajiem pamatiem. Darbā tika izvēlēts produkta izstrādei piemērots ekodizaina metožu veids (daudzkritēriju lēmumu tipa matrica) un tajā iestrādāti zinātniskā ķīmiskā riska novērtējuma pamatprincipi. Metode papildināta ar informācijas pārbaudes shēmu.

2. DAĻA. DARBĀ IZMANTOTĀS METODES

Daļā ir aprakstītas promocijas darbā izmantotās ekodizaina metodes ķīmisko vielu identificēšanai, nevēlamās ietekmes novērtēšanai un mazināšanai. Darba veikšanai tika izstrādāta jauna ekodizaina metode produktos esošo ķīmisko piemaisījumu ietekmes vērtēšanai, kuras izstrādes pamatprincipi tiek izklāstīti šajā daļā.

2.1. JAUNAS EKODIZAINA METODES IZVEIDE, IZMANTOJOT DAUDZKRITĒRIJU LĒMUMU PIEŅEMŠANAS PRINCIPUS

Ekodizaina metode izstrādāta, izmantojot lēmumu pieņemšanas metožu pamatprincipus [31] kaitīgu ķīmisku vielu produktos identificēšanai, bīstamības un iedarbības novērtēšanai, izvērtējot arī produkta dizaina parametrus, izmantošanas apstākļus, kā arī materiālu atkārtotas izmantošanas aspektus. Svarīgo kritēriju definēšana un slīktākā, un labākā vērtējuma izstrāde balstās uz literatūras analīzi.

Materiālu vērtēšanas kritēriju sistēmas izveidei formulēti mērķi un atlasīti 18 kritēriji šo mērķu sasniegšanai (sk.1. tabulu). Svarīgos aspektus identificēja, balstoties uz ķīmiskā riska novērtējuma principiem, tas ir, bīstamības novērtējumu un iedarbības novērtējumu, kā arī uz publikācijām par dizaina ietekmi uz materiālu atkārtotas izmantošanas un pārstrādes iespējām. Tālāk veikta literatūras izpēte katra faktora raksturošanai, sadalot katru kritēriju četrās ietekmes pakāpēs, no labākā scenārija līdz vissliktākajam, izmantojot zinātniskās literatūras analīzi, kā arī balstoties uz praktisko pieredzi par datu pieejamību piegādes ķēdē un uzņēmumā.

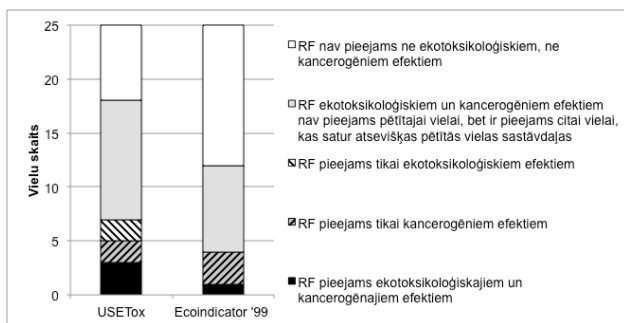
Tika izvirzīti bīstamību raksturojošie kritēriji (HT_0 raksturo bīstamību cilvēka veselībai, ET_0 – videi) un iedarbību raksturojošie kritēriji (HT_1 - HT_5 raksturo iedarbību uz cilvēku, bet ET_1 – ET_4 raksturo iedarbību uz vidi). Iedarbību raksturojošie kritēriji veidoti, paredzot scenārijus, kā vielas var izdalīties, kādi faktori var veicināt izdalīšanos, vai tās nonāk saskarē ar objektiem, ko tās apdraud. Attiecībā uz resursu noplicināšanas novēršanu, R_0 raksturo atkārtotas izmantošanas vai pārstrādes nozīmīgumu, izmantojot dzīves cikla novērtēšanas raksturošanas faktoros abiotisko resursu noārdīšanai. Pārējie kritēriji, R_{1-6} raksturo dizaina un dzīves cikla beigu scenārija ietekmi uz materiāla otrreizējās pārstrādes iespējām. Tādējādi kritēriju sistēma dod priekšroku atjaunojamu resursu izmantošanai un veicina “materiālu higiēnas” jeb “no šūpuļa līdz šūpulim” principa ieviešanu neatjaunojamiem resursiem.

Ķīmiskās bīstamības identificēšanai izvēlēti globāli harmonizētās klasifikācijas kodi [13]. Literatūras apskats liecina par divu izplatītu paņēmieni izmantošanu ķīmiskās bīstamības noteikšanai ekodizaina procesā – tie ir 1) dzīves cikla ietekmes novērtējuma raksturošanas faktori un 2) ķīmisko vielu klasificēšanas sistēma. Dzīves cikla ietekmes raksturošanas faktori daļēji ietver arī iedarbības novērtējumu. Lai salīdzinātu abu paņēmieni efektivitāti nevēlamu vielu identificēšanā, tika formulēts eksperimentāls ekodizaina uzdevums: nepieļaut kancerogēnu un vienlaikus ūdens videi hroniski toksisku vielu saturu materiālos vairāk par 0,1 % materiāla masas. Minētā uzdevuma mērķis bija mazināt patērētāju saskarsmi ar kancerogēnām vielām produkta izmantošanas laikā, kā arī visā produkta dzīves ciklā novērst tādu vielu nokļūšanu ūdenstilpēs, apdraudot tur mītošos dzīvo organismus un cilvēkus, kas izmanto šīs ūdenstilpes. Tā kā vairumam kancerogēnu vielu nav iespējams noteikt drošu beziedarbības koncentrāciju [15], tas nozīmē, ka vēlams pilnībā novērst šo vielu saskari ar cilvēku.

1. tabula

Pārskats pār izstrādāto kritēriju sistēmu materiālu vērtēšanai		
Mērķis	Kritēriju grupa	Kritērijs
Samazināt no produktiem emitēto bīstamo vielu ietekmi uz cilvēka veselību, HT_x	Bīstamību raksturojošie kritēriji	Veselībai hroniski toksisko vielu identifikācija, HT_0
	Ķīmisko vielu iedarbību raksturojošie kritēriji	Vielas piesaisti materiāla matricai ietekmējošie faktori, HT_1 Materiāla virsmas lielums produktā, HT_2 Gaisa apmaiņa telpā, HT_3 Materiāla saskare ar cilvēka ādu, HT_4 Lietotāju tips, HT_5
	Bīstamību raksturojošie kritēriji	Ūdens videi toksisko vielu identifikācija, ET_0
Samazināt no produktiem emitēto bīstamo vielu ietekmi uz apkārtējo vidi, ET_x	Ķīmisko vielu iedarbību raksturojošie kritēriji	Vielas piesaisti materiāla matricai ietekmējošie faktori, ET_1 Materiāla virsmas lielums produktā, ET_2 Materiāla saskarsme ar ūdeni produkta izmantošanas laikā, ET_3 Piemaisījumu ietekme uz vidi dzīves cikla beigās, ET_4
	Pārstrādes svarīgumu raksturojošie kritēriji	Resursu izsīkšanas svars, R_0
	Materiālu īpašību, produkta dizaina, dzīves ciklu raksturojošie kritēriji	Reģenerācijas kvalitāte, R_1 Dizains (šķīrošanas robežas), R_2 Materiāla atpazīstamība, R_3 Virsmas apstrāde, R_4 Piemaisījumu ietekme uz reģenerēšanas iespējamību dzīves cikla beigās, R_5 Dzīves cikla beigu scenārijs, R_6
Abiotisko resursu noplicināšanas samazināšana, R_x		

Vielu apzināšanai Eiropas Savienības vielu datubāzē ar harmonizētu klasifikāciju [32] tika identificēta 261 viela, kas klasificēta kā kancerogēna un hroniski toksiska ūdens videi. Turpmākai analīzei atlasītas 25 vielas ar nejaušo skaitļu generatoru. Tālāk tika pārbaudīta ietekmes uz vidi raksturošanas faktoru pieejamība atbilstoši divām bieži lietotām dzīves cikla ietekmes novērtēšanas metodēm – Ecoindicator'99 un USETox. Atbilstoši veiktajai analīzei (sk. 1. attēlu) tikai nelielai daļai apskatīto vielu ir izstrādāti raksturošanas faktori, lai gan vielas ir klasificētas kā videi un cilvēka veselībai hroniski toksiskas. Līdz ar to šīs metodes nevar būt pamata instruments toksiskās ietekmes samazināšanai ekodizaina procesā, jo ar ķīmiskās klasificēšanas sistēmas palīdzību ir iespējams apzināt lielāku nevēlamo vielu skaitu.



1.att. Ietekmes uz vidi raksturošanas faktoru (RF) pieejamība 25 ar nejauso skaitļu ģeneratoru atlasītām vielām, kas klasificētas kā kancerogēnas un ūdens videi hroniski toksiskas un par kurām ieraksti iekļauti Eiropas Savienības harmonizētās klasifikācijas sarakstā [32]

Tāpēc bīstamības identificēšanai un raksturošanai tika izvēlēti ANO izstrādātās Globāli harmonizētās ķīmisko vielu klasifikācijas sistēmas kodi, kas ir spēkā Eiropas Savienībā un izmantoti Eiropas Savienības harmonizētās klasifikācijas sarakstā. Lai izveidotu ķīmiskās bīstamības vērtējumu, tika analizētas vairākas metodes, kas paredzētas rūpniecisko procesu un produktu vērtēšanai. Svarīgs arguments izvēlei par labu ķīmisko vielu klasificēšanas sistēmai ir saziņa piegādes ķēdē, jo šī sistēma ir labi zināma un pieņemta piegādes ķēdes dalībnieku vidū likumdošanas prasību dēļ, jo Globāli harmonizētā ķīmisko vielu klasificēšanas sistēma ir pieņemta ne vien Eiropas Savienībā, bet arī citās valstīs. Atsevišķos gadījumos materiālu ķīmiskās piedevas (polimēru sastāvdaļas) var tikt uzskatītas kā konfidenciāla informācija, kas aizsargājama uzņēmuma konkurētspējas nodrošināšanai, un tāpēc piegādātājs var nevēlēties to atklāt. Šādā gadījumā metodes izmantošanai ir pietiekami, ka tiek nodota informācija par sastāvdaļu klasifikāciju un aptuveno koncentrāciju (intervālu). Tālāk tika izstrādāts katra kritērija vērtējums atbilstoši četrām ietekmes pakāpēm: zema, vidēja, augsta, ļoti augsta ietekme. Kritēriju izstrādes procesu var ilustrēt ar piemēru bīstamības kritēriju vērtējumam (HT_0).

Bīstamības raksturojums	Kritērija vērtība atkarībā no koncentrācijas materiālā, masas %			Paaugstināšanas bīstamības rangs
	> 0,1	> 1	> 10	
Cita veida bīstamība veselībai	1	1	2	Paaugstināšanas bīstamības rangs
Sensibilizējošs (āda), 2. kat. STOST	1	2	3	
Sensibilizējošs (ieelpojot), 1. kat. STOST	2	3	4	
3. kat. EDS, 2. kat. CMR	3	4	4	
Ipašas bažas izraisošas vielas un to kandidāti, 1.un 2. kat EDS, 1. kat. CMR	4	4	4	
Paaugstināšanas bīstamības rangs				
Kritērija vērtības skaidrojums: ietekmes līmeņa vērtēšanas skala				
Zema – 1	Vidēja – 2	Augsta – 3	Ļoti augsta – 4	

Sensibilizējošas vielas - vielas, kas, nokļūstot cilvēka organismā, padara to īpaši jutīgu pret šo un citām vielām, izsaucot alerģijas, STOST - specifisks mērķa orgānu sistēmisks toksiskums, EDS - endokrīno sistēmu ārdrošas vielas, CMR - kancerogēnas, mutagēnas, reproduktīvajai sistēmai toksiskas vielas.

2.att. Kritērija HT_0 vērtības: veselībai toksisko vielu, kas ietilpst materiālu sastāvā (to skaitā brīvie monomēri polimērā), identifikācija

Bīstamības vērtējumam attiecībā uz HT_0 veselībai bīstamās īpašības tika sagrupētas, sākot ar visbīstamākajām īpašībām. Ne visas ķīmisko vielu īpašības ir vienādi kaitīgas videi un cilvēka veselībai. Šajā pētījumā vislielākā bīstamība piešķirta vielām, kas var radīt ilglaicīgu ietekmi jau pie ļoti nelielām devām, tas ir, kancerogēnām, mutagēnām, reproduktīvajai veselībai toksiskām, endokrīno sistēmu noārdošajām vielām, kā arī vielām, kas ir sensibilizējošas, vai kurām piemīt specifisks mērķa orgānu sistēmisks toksiskums (skatīt 2. attēlu). Šāda veida vielām vairumā gadījumu nevar noteikt drošo bezbīstamības koncentrāciju [15], tas nozīmē, kā pēc iespējas jāizvairās no to lietošanas un ar lietošanu saistītajām emisijām vidē.

Veselībai hroniski toksisko vielu identifikācijas kritērija HT_0 noteikšanai bīstamību saista ar vielas koncentrāciju materiālā, kā arī veidu, kādā viela ir nonākusi materiāla sastāvā: nokļuvusi tajā (uz tā virsmas) kopā ar apstrādes ķīmikālijām vai arī ir piemaisījums pārstrādāta materiāla sastāvā. Mazāk bīstamajām īpašībām un zemākai koncentrācijai vērtējums ir zemākais (1), un pieaug divos virzienos – pieaugot koncentrācijai un īpašības bīstamībai (sk. piemēru 2. attēlā).

Attiecībā uz ūdens videi bīstamo vielu klātbūtni (ET_0), vislielākā bīstamība tiek saistīta ar vielām, kas ir noturīgas, bioakumulatīvas un toksiskas (PBT), vai arī ļoti noturīgas un ļoti bioakumulatīvas (vPvB) saskaņā ar REACH [33] regulas konkretizētajiem kritērijiem XIII pielikumā. Citu hroniski ūdens videi toksisku vielu vērtējums veikts atbilstoši iedalījumam GHS klasifikācijā. Vismazākā bīstamība tiek saistīta ar vielām, kas ir klasificētas tikai kā akūti toksiskas ūdens videi.

Atsevišķos gadījumos, kad Globāli harmonizētās ķīmisko vielu klasificēšanas sistēmai nav specifiskas klases (PBT, vPvB, endokrīno sistēmu noārdošajām vielām (EDS), noturīgajiem organiskajiem piesārņotājiem (NOPs)), izmanto attiecīgos saīsinājumus. Diskutējams ir jautājums, vai endokrīno sistēmu noārdošās vielas vērtējamas kā tikpat bīstamas, kā kancerogēnās, mutagēnās, reproduktīvajai sistēmai toksiskās vielas. Endokrīno sistēmu noārdošajām vielām vielām uzmanību pievērta salīdzinoši nesen, līdz ar to tās ir mazāk izpētītas, tāpēc, ievērojot piesardzības principu, šeit piedāvātājam ekodizaina metodē tās tiek vērtētas ar to pašu bīstamības pakāpi, kā kancerogēnās, mutagēnās, reproduktīvajai sistēmai toksiskās vielas, analogi REACH regulas [33] 57. pantam, kamēr vien netiks pierādīts, ka šādu vielu radītie riski ir mazāk nopietni.

ET_0 un HT_0 noteikšanai bīstamību saista ar vielas daudzumu materiālā, atkarībā no tā, vai viela ir iekļauta materiāla sastāvā, vai nokļuvusi tajā (uz tā virsmas) kopā ar apstrādes ķīmikālijām, vai ir piemaisījums pārstrādāta materiāla sastāvā. Zemākā koncentrācija, no kuras sāk skatīt piemaisījumu klātbūtni: - 0,1% (masas), aizgūta no REACH regulas 33. panta, kurš nosaka, ka piegādātajam pēc klienta pieprasījuma jāizsniedz informācija par īpašas bažas raisošu vielu saturu, ja tas pārsniedz 0,1% (masas). Kombinējot bīstamības vērtējumu ar vielas koncentrāciju materiālā vai apstrādes ķīmikālijās, izveidots galīgais kritēriju HT_0 (sk. 2. attēlu) un ET_0 vērtējums. Nākošais koncentrāciju solis, kas paaugstina bīstamību par vienu vienību, ir 1% un 10%, izmantojot to pašu pieeju, ko ķīmisko vielu klasifikācijā. Gadījumos, kad precīza koncentrācija materiālā nav zināma, jo viela bijusi apstrādes ķīmikālijās, un piesaiste materiāla matricai nav zināma, vērtējums balstās uz vielas koncentrāciju apstrādes ķīmikālijās, uzskatot, ka summārā ietekme ir par

vienu pakāpi zemāka, kā gadījumā, ja viela ir attiecīgajā koncentrācijā materiālā. Katra viela materiālā jāvērtē atsevišķi. Ja vielai ir vairākas bīstamas īpašības, kritērija vērtība atbilst bīstamākajai.

Materiālu efektivitātes kritēriju izstrādei izmantoti citu pētnieku kritēriji, kas pielāgoti metodes vajadzībām [34-39]. Abiotisko resursu noārdīšanās novērtēšanai izmantota dzīves cikla ietekmes novērtējuma metodes CML 2001 [39] raksturošanas faktori. Kritēriji, kas raksturo materiāla īpašību, dizaina un dzīves cikla beigu ietekmi uz atkārtotas pārstrādes iespējām, balstās uz indikatoriem, ko iesaka Oto un Vūds [38] un Matjē un līdzautori [37], un papildinot ar ES atkritumu apsaimniekošanas hierarhijas principiem. Ekonomiskā iespējamība atkarīga no tā, vai patērētāji ir gatavi apmaksāt pieaugušas izmaiņas ražošanas izmaksās. Šobrīd metodē desmit procentu pieaugums ražošanas izmaksās tiek vērtēta kā augsta ietekme, lai gan faktiski tā ir atkarīga no produkta veida, un jānovērtē, izmantojot tirgus izpētes datus. Tehnoloģisko iespējamību novērtē produkta dizaineri. Izveidotā metode tika papildināta ar sistemātisku informācijas pārbaudes procesu, lai verificētu piegādātāju izsniegto informāciju, salīdzinot ar plaši pieejamām datu bāzēm [32, 40] un likumdošanas prasībām.

Metodes aprobācijai izmantots rūpniecisku produktu izpētes piemēri, demonstrējot metodes darbību, izstrādājot ekodizaina priekšlikumus skārda un saplākšņa ceļazīmēm, kā arī kokmateriālu izstrādājumiem.

2.2. INFORMĀCIJAS VERIFIKĀCIJAS SHĒMAS PĀRBAUDE KOKSNES KONSERVANTIEM

Promocijas darbā piedāvātie informācijas pārbaudes principi tika praktiski pārbaudīti, izmantojot ar mazumtirdzniecībā iegādātiem koksnes konservantiem apstrādātu kokmateriālu izpēti (skat. 2. tabulu). Kokmateriālu (bērza finieris, 1,5 mm biezs, sagriezts 22 x 22 mm paraugos) apstrāde veikta RTU VASSI laboratorijā. Koksnes konservantu bīstamības novērtējums veikts, izmantojot piegādātāju sniegto informāciju un pārbaudīts, izmantojot oficiālos informācijas avotus (datu bāzes) un zinātnisko literatūru. Eksperimentālajā pētījumā, veicot ar koksnes konservantiem apstrādāto koka paraugu ekstraktu ekotoksikoloģiskās analīzes Latvijas Hidroekoloģijas Institūta (LHEI) laboratorijā, kā testorganismus izmantoja *Daphnia magna*, kas pieder pie saldūdens vēžveidīgo klases. atbilstoši standarta LVS EN ISO 6341:1996 prasībām. Biotestēšanā izmantota Latvijas Hidroekoloģijas institūta (LHEI) *Daphnia magna* izaudzētā tīrkultūra DM – VD 13.07.05, kas bija uzrādījusi labus rezultātus starptautiskā interkalibrācijas testā. Par barību tika izmantota planktonaļģu tīrkultūra *Scenedesmus quadricauda* no Latvijas Hidroekoloģijas institūta aļģu kultūru kolekcijas.

Krāsotie kokmateriālu paraugi pēc apstrādes ar konservantu žuvuši divas diennaktis, pēc apstrādes ar krāsu vēl vienu diennakti. Nekrāsotie paraugi pēc apstrādes ar konservantu žuvuši trīs diennaktis. Ekstrakta iegūšanai paraugi uzreiz pēc žūšanas vienu diennakti noturēti 30 ml nostādinātā krāna ūdenī.

LT₅₀ aprēķināja ar PROBIT [41] metodes palīdzību. Lai pārbaudītu metālu atomu saturu pētāmajos koksnes konservantos un ar tiem apstrādātu kokmateriālu ekstraktos, papildu analīzes tika veiktas akreditētajā Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra laboratorijā ar induktīvi saistītās plazmas maspektrometriju (ICP-MS) [42].

Darbā izmantotie koka konservanti (nosaukumi šifrēti)

Nosaukums	Konservanta marķējumā norādītā bīstamības klasifikācija	Aktīvās vielas
KK-1	Preparāts nav klasificēts kā bīstams. Satur veselībai un videi bīstamas vielas >1%	Alkilbenzildimetilamonija hlorīds, CAS Nr. 68424-85-1 Borskābe, CAS Nr. 10043-35-3
KK-2	Klasificēts kā bīstams veselībai; satur veselībai un videi bīstamas vielas	Tebukanazols, CAS Nr. 107534-96-3 Vara bāziskais karbonāts, CAS Nr. 12069-69-1
KK-3	Nav klasificēts kā bīstams. Nav norādīts bīstamu vielu saturs	Nav norādīts

2.3. DZĪVES CIKLA NOVĒRTĒJUMA REZULTĀTU IZMANTOŠANA SLĒDZIENU SALĪDZINĀŠANAI

Izstrādāts saplākšņa un skārda ceļazīmju dzīves cikla novērtējums ar SimaPro 7.2.2 datorprogrammas palīdzību [43], papildinot no saplākšņa uzņēmumiem iegūtos datus ar informāciju no SimaPro datorprogrammā iekļautajām datu bāzēm. Ietekmes uz vidi novērtēšanai izmantotas EDIP 2003 un Ecodindicator'99 metodes (EI 99, sociālās vienlīdzības versija)[43]. Šī novērtējuma rezultātā ģenerēti ekodizaina priekšlikumi, lai mazinātu identificētās ietekmes uz vidi. Tālāk šie priekšlikumi salīdzināti ar priekšlikumiem, kas iegūti ar darbā izstrādāto ekodizaina metodi.

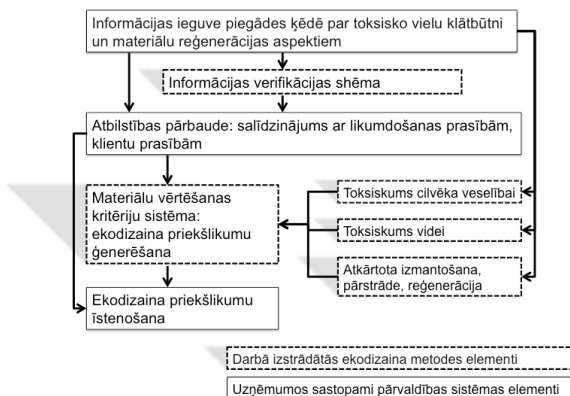
3. DAĻA. REZULTĀTI

3. daļa veltīta promocijas darbā izstrādātās ekodizaina metodes aprobācijai ar mērķi pārbaudīt, vai metode ir efektīgs instruments ekodizaina risinājumu meklēšanā. Aprobācija veikta, izmantojot vairākus piemērus, veicot Latvijā ražotu produktu (ceļazīmju, kokmateriālu izstrādājumu) izpēti un dzīves cikla inventarizāciju. Ceļazīmju materiālu vērtēšanai nepieciešamie dati iegūti promocijas darba izstrādes gaitā no šos produktus un to izejmateriālus ražojošiem uzņēmumiem.

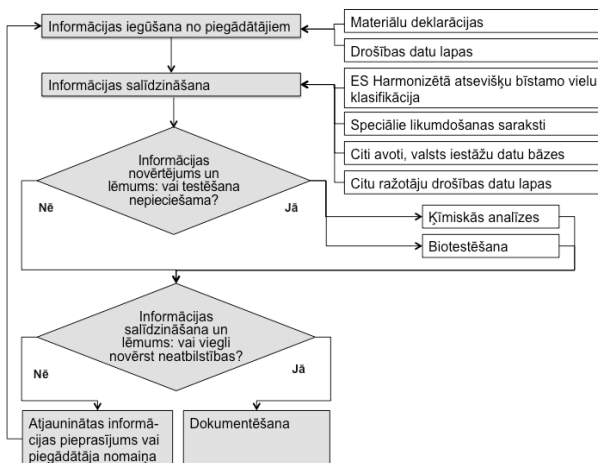
3.1. PROMOCIJAS DARBĀ IZSTRĀDĀTĀ EKODIZAINA METODE

Izstrādāta jauna ekodizaina metode, kas integrē zinātniskā ķīmiskā riska novēršanas metožu pamatprincipus ekodizainam piemērotā formā. Lai uzņēmumā varētu īstenot ekodizaina mērķus, piem., kontrolēt noteiktu toksisko vielu klātbūtni produktos, samazināt resursu noplicināšanu un veicināt materiālu atkārtotu izmantošanu un reģenerāciju, ir nepieciešama sistemātiska pieeja (sk. 3. attēlu).

Uzņēmumi, lai panāktu atbilstību ķīmisko vielu un atkritumu likumdošanas prasībām, var izveidot regulāras datu vākšanas un atbilstības pārbaudes procedūras, kas pieder pie vispārējās pārvaldības sistēmas [44]. Promocijas darbā izveidotā ekodizaina metode šīm procedūrām piedāvā jaunus elementus – informācijas verifikācijas shēmu informācijas pārbaudei (sk. 4. attēlu) un materiālu vērtēšanas kritēriju sistēmu (sk. 3. attēlu).

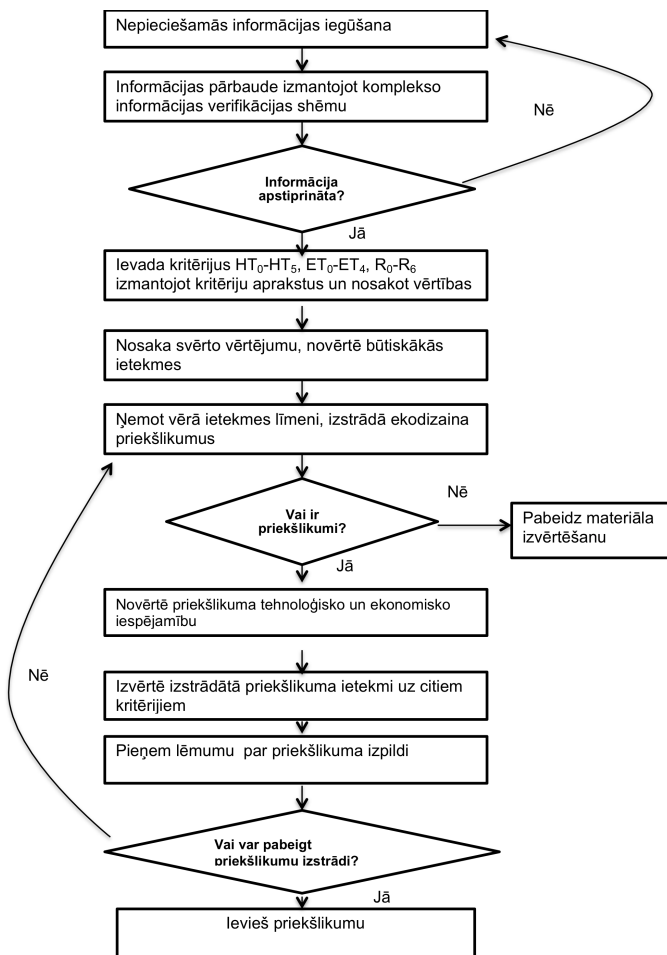


3. att. Materiālu novērtēšanas kritēriju sistēmas un informācijas verificācijas shēmas izmantošana uzņēmumā atbilstoši izstrādātajai ekodizaina metodei



4. att. Kompleksa informācijas verificācijas shēma

Darbā izveidotā materiālu vērtēšanas kritēriju sistēma, kas ir ekodizaina metodes sastāvdaļa un kuras izstrādei izmantoti daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metožu principi, dod uzņēmumam iespēju noteikt bīstamākās vielas un jutīgākos izmantošanas veidus un izlemt par papildu informācijas nepieciešamību tālākas rīcības noteikšanai. Sistēma piedāvā materiālu novērtēšanas kritērijus, ņemot vērā materiālu atkārtotu izmantošanu vai reģenerāciju un toksisko ietekmi, izmantojot četras pakāpes, katrai pakāpei ir savs kvantitatīvais vērtējums. Ar šo metodi var identificēt galvenos nevēlamas ietekmes aspektus uz cilvēka veselību un vidi un paredzēt pasākumus, kā riskus samazināt. Šī sistēma jāizmanto ekodizaina produktu izstrādes procesā, piemēram, izvēloties alternatīvus materiālus vai vērtējot produkta dizaina ietekmi uz toksisko vielu iedarbību un iespējas to samazināt. Metodes izmantošanai ieteicams vadīties pēc izstrādātā algoritma (sk. 5. attēlu).



5. att. Ekodizaina metodes izmantošanas pamatalgoritms

Ar izstrādātās metodes palīdzību, izvērtējot materiālus, svarīgākais rezultāts ir katra materiāla atsevišķs vērtējums, katram kritērijam piešķirot pakāpi (no 1-4), atbilstoši izstrādātajām vērtēšanas tabulām. Ja materiāls satur vairākas kaitīgās vielas, katru vielu vērtē atsevišķi, katras vielas izvērtēšanas procesā apsverot iespējas samazināt toksiskumu vai iedarbību. Tad, kad veikts kritēriju izvērtējums atbilstoši shēmai, nākamais solis ir priekšlikumu izstrāde produkta uzlabošanai. Ekodizaina priekšlikumu izstrādē, izmaiņu tehnoloģiskās piemērotības un prioritāšu izvērtēšanā vēlams piedalīties visai produkta izstrādes grupai.

Vērtējot kritērijus, izmaiņu prioritāti, nosaka, izmantojot svērtu vērtējumu (sk. formulu (1)). Kritērijiem materiālu atkārtotai izmantošanai un reģenerācijai: svērtu vērtējumu nosaka resursu izsīkšanas svars (pakāpe). Toksiskuma videi un toksiskuma cilvēkam kritērijiem prioritāti nosaka ūdens videi un cilvēkam hroniski toksisku vielu saturs materiālu sastāvā.

$$WX_i = X_o \times X_i \quad (1)$$

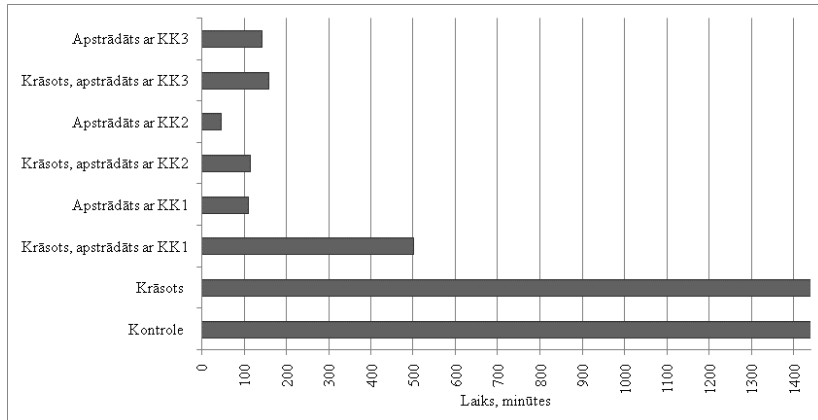
kur X_o – kritēriji (ET_o , HT_o or R_o)

X_i – kritēriji (ET_i , HT_i or R_i)

WX_i – svērtā vērtība i (WET_i , WHT_i or WR_i)

3.1. INFORMĀCIJAS VERIFIKĀCIJAS SHĒMAS APROBĀCIJA. RISKSA SAZIŅAS INFORMĀCIJAS UN TESTĒŠANAS IZMANTOŠANAS MATERIĀLU TOKSISKUMA NOVĒRTĒŠANĀ

Šajā nodaļā aprakstīta kompleksās informācijas verifikācijas shēmas aprobācija, izmantojot ar koksnes konservantiem apstrādātu kokmateriālu izpēti. Darba veikšanai tika izvēlēti trīs koksnes konservanti uz ūdens bāzes, kas saturēja atšķirīgas aktīvās vielas. Tikai viens no produktiem bija marķēts kā bīstams. Ekotoksiskuma testi ar *D.magna* ar koksnes konservantiem apstrādāto kokmateriālu ekstraktu klātbūtnē uzrādīja augstu toksiskumu testorganismiem, kas bija pamatojums tālākai izpētei (sk. 6. attēlu), kas atklāja, ka piegādātāju sniegtā riska informācija ir nepilnīga un neprecīza, noklusējot būtisku informāciju, kas tieši attiecas uz drošības pasākumiem.



6. att. *D.magna* kustību inhibīcijas atbildes reakcija: LT_{50} kokmateriālu paraugu ekstraktu vidē

Lai noteiktu, vai eksperimentāli iegūto LT_{50} vērtību atšķirības starp nekrāsotu paraugu ekstraktiem un ar dažādiem konservantiem apstrādātu, kā arī ar krāsu apstrādātu toksisko vielu izdalīšanās aiztūrei paraugu ekstraktiem ir statistiski nozīmīgas, izmantota divu izlašu vidējo vērtību salīdzināšana ar t -testu, veicot hipotēžu pārbaudi, par nulles hipotēzi H_0 izvirzot hipotēzi, ka vidējās vērtības neatšķiras. Hipotēžu pārbaude tika veikta ar

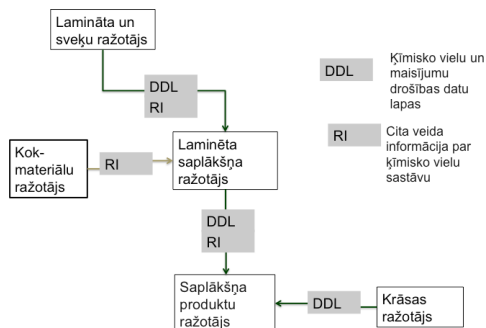
nozīmības līmeni $\alpha=0,05$, ņemot vērā eksperimentāli iegūto vidējo vērtību, standartnovirzi un mērījumu skaitu. Pārbaudei nepieciešamā p vērtība un t koeficienta vērtība aprēķināta, izmantojot Statgraphics datorprogrammu.

Par izpētes rezultātiem tika informēta atbildīgā valsts iestāde, tādējādi iniciējot bīstamības informācijas precizēšanu viena konservanta gadījumā, un tirdzniecības pārtraukšanu otra konservanta gadījumā. Koksnes konservanta KK3 ķīmiskās analīzes ar induktīvi saistītās plazmas masspektrometriju (ICP-MS) pierādīja hroma un vara savienojumu klātbūtni. Veicot ar KK2 un KK3 apstrādātu krāsotu un nekrāsotu kokmateriālu paraugu ekstraktu ķīmiskās analīzes, secināts, ka krāsas kārtā samazinājusi aktīvo vielu izdalīšanos par 30-50%, kas ir salīdzināms ar literatūras datiem. Ekotoksikoloģiskie testi rādīja, KK1 gadījumā krāsas kārtā ir efektīvāka, kā KK2 un KK3 gadījumā, bet precīzāki dati netika iegūti, jo ar izmantoto ķīmiskās analīzes metodi (ICP-MS) nav iespējams analizēt organisku vielu klātbūtni.

3.3. PROMOCIJAS DARBĀ IZSTRĀDĀTĀS METODES IZMANTOŠANA EKODIZAINA PRIEKŠLIKUMU IZSTRĀDEI - PIEMĒRI

Metodes izmantošana konkrētam produktam (saplākšņa ceļazīmei) sniedza trīs būtiskus rezultātus. Pirmkārt, tā bija pietiekama, lai identificētu būtiskas ietekmes uz cilvēka veselību toksiskās ietekmes un materiālu aprites jomā. Otrkārt, ar tās palīdzību varēja izstrādāt ekodizaina priekšlikumus. Kā izpētes piemērs izvēlēts ceļazīmes (dzīves cikla inventarizācija, informācijas pārbaude, kritēriju vērtējums un priekšlikumu izstrāde). Metodes izmantošana uzlaboja uzņēmumā esošo informāciju par materiālu bīstamību.

Ekodizaina metodes pārbaudei izmantoja ekodizaina priekšlikumu izstrādi Latvijā ražotām saplākšņa un skārda ceļazīmēm, kā arī kokmateriālu izstrādājumiem. Kopsavilkumā ietverts tikai piemērs ar saplākšņa ceļazīmēm. Ekodizaina metodes pārbaudei izmantoti dati par saplākšņa ceļazīmēm, kurus darba izstrādes gaitā ieguva sadarbībā ar saplākšņa ceļazīmju ražotāju uzņēmumu Latvijā, un piegādātājiem Latvijā un Somijā, kā arī aptaujājot ceļazīmju īpašniekus (autoceļu uzturētājus). Saplākšnis izvēlēts tā pieaugošās nozīmības un izmantošanas patērētājiem domātos produktos dēļ. Pētīto saplākšņa produktu piegādes ķēde ir samērā vienkārša ar labi izveidotu saziņu par materiālu īpašībām un bīstamību, sk. 4. attēlu.



7.att. Saplākšņa ceļazīmju piegādes ķēde

Pārbaudot formaldehīda sveķu ražotāja izsniegto bīstamības informāciju atbilstoši kompleksajai informācijas verificācijas shēmai (sk. 7. attēlu), noskaidrots, ka ražotāja izsniegtā informācija par formaldehīda un fenola klasifikāciju ir novecojusi (formaldehīds nav klasificēts, fenols Xn, R 21/22, 38/38). Spēkā esošā Eiropas klasifikācija norāda uz augstāku bīstamību – fenols ir 2. kategorijas mutagēna, bet formaldehīds – 2. kategorijas kancerogēna viela. Inventarizācijā iekļauta pārbaudītā informācija (sk. 3. tabulu).

3. tabula

Pārskats pār laminēta saplākšņa ceļazīmes sastāvu (balstoties uz saplākšņa ceļazīmes ražotāja datiem, produkta virsmas laukums 0,5 m², masa 3,49 kg)

Sastāvdaļas	Masa, %	Bīstamība
Finieris	84,4	Nav klasificēts
Sveķi (kopā)	13,0	Skatīt sastāvdaļu klasifikāciju zemāk
Formaldehīds	0,13	H351, H331, H311, H301, H314, H317
Fenols	0,19	H341, H331, H311, H301, H373, H314
Papīrs (laminātam)	0,86	Nav klasificēts
Sveķi (laminātam)	1,64	Skatīt sastāvdaļu klasifikāciju zemāk
Formaldehīds laminātam	0,02	H351, H331, H311, H301, H314, H317
Krāsa uz ūdens bāzes (organiskās vielas 10%)	0,14	Nav klasificēts
Butilglikols	0,01	H332, H312, H302, H315, H319
Kopā	100,0	Nav klasificēts

Izmantojot verificētos datus un darbā izstrādāto ekodizaina metodi, var izstrādāt ekodizaina priekšlikumus ietekmes uz vidi un cilvēku veselību samazināšanai (sk. 4. tabulu). Saplākšņa atbilstības pārbaudei likumdošanas prasībām jāveic formaldehīda emisiju testi, ko uzņēmuma uzdevumā veic neatkarīga akreditēta laboratorija. Fenola gadījumā netiek veikti emisijas testi. Pieļaujamo emisiju robežvērtības katrā valstī ir atšķirīgas, tas nozīmē, ka uzņēmumam katra klienta gadījumā jāveic atbilstības pārbaude, atkarībā no klienta valsts likumdošanas. Izmantojot saplākšni ārtelpās, formaldehīda emisiju līmenis netiek regulēts, bet iekštelpām pētītais saplākšnis atbilst Latvijas standartam saplākšņa produktiem.

Novērtējums (skatīt 4. tabulu) identificēja vairākus svarīgus aspektus saplākšņa izmantošanā: augsta ietekme uz cilvēka veselību, ko rada fenola un formaldehīda savienojumu klātbūtne, kritērija vērtība HT₀ = 3 abu vielu gadījumā), kā arī augsta ietekme uz abiotisko resursu noārdīšanu. Abos gadījumos cēlonis ir fenola-formaldehīda sveķu izmantošana finiera plātņu saistīšanai. Nav vērtēta ietekme uz vidi, jo neviena no vielām nav klasificēta kā bīstama ūdens videi.

Atbilstoši atkritumu apsaimniekošanas praksei Latvijā, izmantotie saplākšņa produkti nonāk atkritumu izgāztuvē (atbilstošā kritērija vērtība: 3), neskatoties uz augsto enerģētisko ietilpību. Produktos izmantotais materiāls nav marķēts, bet viegli atpazīstams (atbilstošā kritērija vērtība: 2). Attiecībā uz cilvēka veselību, situācija nerada bažas ceļazīmes gadījumā, jo nenotiek tieša iedarbība uz patērētāju (visas kritēriju vērtības = “1”, izņemot emisijām HT₁ = “3”). Lai arī formaldehīda un fenola izmantošanas pārtraukšana jāvērtē kā prioritāte (2. kategorijas kancerogēnas, mutagēnas vai reproduktīvai veselībai toksiskas vielas), izstrūkstošā ietekme uz patērētājiem samazina prioritāti.

4.tabula

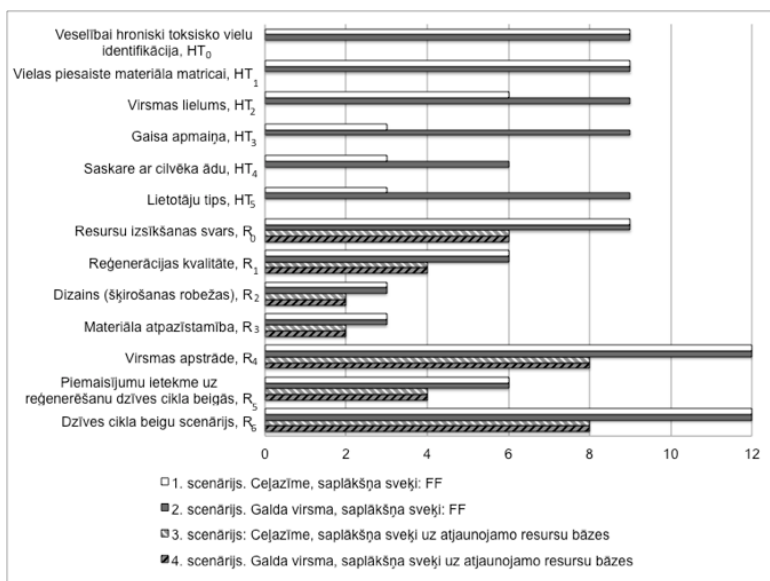
Ekodizaina priekšlikumu izstrādes rezultāts saplākšņa ceļazīmei

Vielā	Kritērijs	Kritērija vērtība	Svērtais vērtējums	Ekodizaina priekšlikumi	TI	EI
Formaldehīds	Veselībai hroniski toksisko vielu identifikācija, HT ₀	3	9	- Aizvietot FF sveķus ar saistvielu, kas iegūta no atjaunojamiem resursiem -Samazināt FF sveķu daudzumu, palielinot koka proporciju materiālā - Uzlabot fiksāciju produkta matricai, izmantojot papildu apstrādi ar ķimikālijām, kuru bīstamība būtu jāizvērtē	1	1
	Vielas piesaiste materiāla matricai, HT ₁	3	9		3	3
	Virsmas lielums, HT ₂	2	6	Apsvērts, nav priekšlikumu	-	-
	Gaisa apmaiņa, HT ₃	1	3	Apsvērts, nav priekšlikumu	-	-
	Saskare ar cilvēka ādu, HT ₄	1	3	Apsvērts, nav priekšlikumu	-	-
	Lietotāju tips, HT ₅	1	3	Apsvērts, nav priekšlikumu	-	-
Fenols	Veselībai hroniski toksisko vielu identifikācija, HT ₀	3	9	- Aizvietot FF sveķus ar saistvielu, kas iegūta no atjaunojamiem resursiem -Samazināt FF sveķu daudzumu, palielinot koka proporciju materiālā - Uzlabot fiksāciju produkta matricai, izmantojot apstrādi ar papildu ķimikālijām	3	1
	Vielas piesaiste materiāla matricai, HT ₁	3	9		3	3
	Virsmas lielums, HT ₂	2	6	Apsvērts, nav priekšlikumu	-	-
	Gaisa apmaiņa, HT ₃	1	3	Apsvērts, nav priekšlikumu	-	-
	Saskare ar cilvēka ādu, HT ₄	1	3	Apsvērts, nav priekšlikumu	-	-
	Lietotāju tips, HT ₅	1	3	Apsvērts, nav priekšlikumu	-	-
Viss materiāls	Resursu izsīkšanas svars, R ₀	3	9	- Aizvietot FF sveķus ar saistvielu, kas iegūta no atjaunojamiem resursiem -Samazināt FF sveķu daudzumu, palielinot koka proporciju materiālā	3	1
	Reģenerācijas kvalitāte, R ₁	2	6	Apsvērts, nav priekšlikumu	-	-
	Dizains (šķirošanas robežas), R ₂	1	3	Apsvērts, nav priekšlikumu	-	-
	Materiāla atpazīstamība, R ₃	1	3	Apsvērts, nav priekšlikumu	-	-
	Virsmas apstrāde, R ₄	4	12	Apsvērts, nav priekšlikumu	-	-
	Piemaisījumu ietekme uz reģenerāciju dzīves cikla beigās, R ₅	1	3	Apsvērts, nav priekšlikumu	-	-
	Dzīves cikla beigu scenārijs, R ₆	4	12	Savākt no klientiem nolietotās ceļazīmes sadedzināšanai ar enerģijas atgūvi uzņēmuma katla mājā	1	1

SV – svērtais vērtējums, jo augstāka ietekme, jo vairāk nepieciešama rīcība tās samazināšanai,
 TI – tehnoloģiskā iespējāmība, jo augstāks vērtējums, jo lielākas tehnoloģiskās izmaiņas nepieciešamas,
 EI – ekonomiskā iespējāmība, jo augstāks vērtējums, jo lielākas saistītās izmaksas,
 FF sveķi – formaldehīda fenola sveķi.

Kritērija vērtējums	Zems	Vidējs	Augsts	Loti augsts
Kritērija vērtība	1	2	3	4
Svērtais vērtējums	1–2	3–4	5–10	11–6

Ja saplākšņa produkti tiek izmantoti iekštelpās, vērtējums ir atšķirīgs, piešķirot lielāku nozīmīgumu izmaiņām (skatīt 8. attēlu ar četriem scenārijiem saplākšņa izmantošanai). Veicot novērtējumu, bija nepieciešams paredzēt izmantošanas veidu (telpu lielums, gaisa apmaiņa telpās) un lietotāju grupas.



Att. 8. Kritēriju sistēmas izmantošanas rezultātā iegūtais vērtējums četriem scenārijiem, vērtējot formaldehīda ietekmi. 3. un 4. scenārijā neparādās ietekme uz cilvēka veselību, jo jaunā saistviela nesatur cilvēka veselībai toksiskas vielas

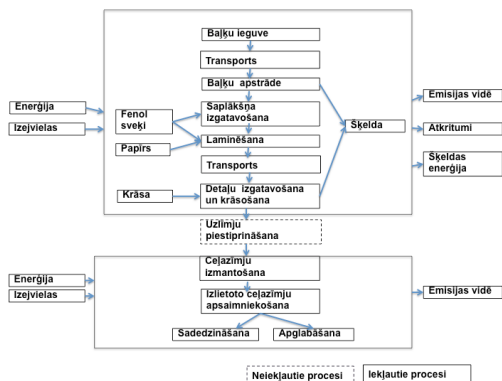
Izmantošanai iekšstelpās (piemēram, mēbele) kritēriju sistēmas vērtējums parāda lielu ietekmi uz patērētāju veselību vairākos aspektos, kas nozīmē lielāku prioritāti formaldehīda sveķu lietošanas pārtraukšanai. Izmantojot IARC (Starptautiskās ļaundabīgo audzēju izpētes aģentūras) klasifikāciju, šī prioritāte palielinās. Aizvietojozt fenolformaldehīda sveķus ar netoksisku saistvielu, kas iegūta uz atjaunojamo resursu bāzes, notiktu vēlamas pārmaiņas divu mērķu sasniegšanai, mazinot ietekmi uz veselību un abiotisko resursu noārdīšanu (sk. 8. attēlu). Šādas alternatīvas tiek izstrādātas, piemēram, saistvielas uz sojas bāzes, bet uzņēmumam nav zināms piegādātājs Eiropā. Ja gadījumā saistviela nesatur toksiskas vielas, nav arī toksiskas ietekmes, skatīt 3. un 4. scenāriju.

Uzņēmums uzskata, ka tehnoloģiskās inovācijas, meklējot jaunu saistvielu, prasa lielus resursus, un likumdošana šobrīd nespēj šādas aizvietošanas uzsākšanu. Neskatoties uz to, no uzņēmuma viedokļa likumdošanas iespējamā attīstība pievērs uzmanību un norāda uz nepieciešamo uzlabojumu tālāku apsvēršanu ilgtermiņā, lai sasniegtu zemāku emisiju līmeni.

Informācijas verificācijas shēmas izmantošana atklāja, ka nepieciešams biežāk atjaunot piegādātāju izsniegto informāciju (formaldehīda un fenola novecojušās klasifikācijas izmantošana drošības datu lapā), kā arī atklāja potenciālu problēmu nākotnē, jo IARC klasifikācija formaldehīdam norāda uz lielāku bīstamību, kā esošā EK (Eiropas Komisijas) klasifikācija, kas varētu izsaukt pārmaiņas standartos. Metodes izmantošana palīdzēja identificēt iespējamās prasības attīstības virzienus, virzienus uzlabojumiem, sniedzot iespēju uzņēmumiem laicīgāk sagatavoties izmaiņām nākotnē.

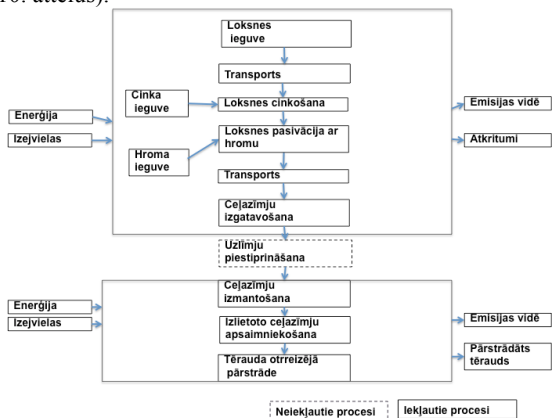
3.4. EKODIZAINA PRIEKŠLIKUMU IZSTRĀDE, BALSTOTIES UZ DZĪVES CIKLA NOVĒRTĒJUMU

Izpētes mērķis bija izstrādāt ekodizaina priekšlikumus skārda un saplākšņa ceļazīmēm toksiskās ietekmes samazināšanai un materiālu otrreizējās pārstrādes veicināšanai, izmantojot dzīves cikla novērtējuma rezultātus.



9. att. DCN iekļautās sistēmas robežas saplākšņa celazīmei

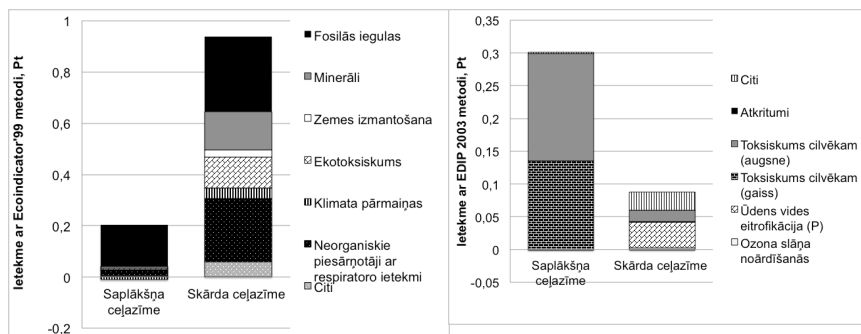
Kā funkcionālā vienība noteikta viena ceļazīme, pieņemot, ka skārda un saplākšņa ceļazīmei ir vienāds izmantošanas laiks, jo to nosaka nevis materiāls, bet gan uzlīmes noturība. Sistēmas robežās iekļauti visi procesi izejvielu un enerģijas saražošanai, transportēšana, kā arī ceļazīmju izgatavošana uzņēmumos, un atkritumu apsaimniekošanas posms (sk. 9. un 10. attēlus).



Att. 10. DCN iekļautās sistēmas robežas skārda celazīmei

Inventarizācijai izmantoja abu ceļazīmju ražotāju un sadarbības uzņēmumu sniegto informāciju. Dati papildināti ar SimaPro programmatūras datu bāzē esošo procesu inventarizācijas datiem, mainot elektrības avotu datus (atbilstoši skārda ražotājas valsts

Somijas elektrotīklam, un Latvijas elektrotīklam), un mainot cinkošanas un hromēšanas procesu datus, atbilstoši ceļazīmēm izmantotā skārda tehniskajā dokumentācijā norādītajam pārklājuma biezumam. Darbā izveidoja skārda lokšņu un saplākšņa ceļazīmju datormodeli, ar kura palīdzību papildināja ražotāju sniegtos datus ar datorprogrammas datu bāzēs esošo produktu inventarizāciju datiem.



11. att. Saplākšņa un skārda ceļazīmes ietekme uz vidi, izmantojot Ekoindikatoru'99 un EDIP 2003 DCIN metodes. Attēlā redzamas tās ietekmes, kuras vismaz vienam no materiāliem pārsniedz 5%

Ietekmes uz vidi aprēķināšanai izvēlētas divas DCIN metodes: Ekoindikatoru'99 un EDIP -2003. Veicot ietekmes uz vidi novērtējumu ar Ekoindikatoru'99 metodi, un izsakot visu ietekmi ar vienu skaitli (Pt), rezultāts liecina, ka skārda ceļazīmes saražošana atstāj ievērojami lielāku ietekmi uz vidi (0,96 Pt), kā saplākšņa ceļazīme, un galvenie faktori ir fosilo iegulu izmantošana metālu ražošanas procesā (11. attēlu). Skārdu pārstrādājot, ir iespējams atgūt tikai -0,19 Pt

Saplākšņa ceļazīmes ietekme uz vidi ir ievērojami zemāka: 0,19 Pt, un lielāko ietekmi rada fosilo iegulu izmantošana, kas ir saistīts ar fenolsveķu izmantošanu saplākšņa sastāvā. Atkritumu scenārijam ir salīdzinoši neliela ietekme: saplākšņa ceļazīmes apglabāšana nepalielina kopējo ietekmi par vienu procentu (0,00045 Pt jeb 0,2%). Sadedzināšana ar enerģijas atgūšanu samazinātu kopējo ietekmi par 17% (0,034 Pt).

Rezultātus ievērojami ietekmēja DCIN izvēle: aprēķinot ietekmi uz vidi ar EDIP 2003 metodi, ievērojami lielāku ietekmi uz vidi atstāj saplākšņa ceļazīme (0,30 Pt), kamēr skārda ceļazīmes ietekme uz vidi tiek vērtēta 0,08 Pt. Vislielāko ietekmi skārda ceļazīmes ražošana atstāj uz toksiskumu cilvēkam – uzņemot caur gaisu (45%) un augsni (54%). Skārda ražošanas ciklā vislielāko ietekmi rada eutrofikācija ūdens videi (48%) un toksiskums cilvēkam, uzņemot caur augsni (18%). Šādi atšķirīgi rezultāti prasa no ekspertiem labas zināšanas DCN metodoloģijā, lai varētu tos interpretēt. Šajā gadījumā atšķirības skaidrojamas ar atšķirīgām vērtēšanas un normalizēšanas sistēmām.

Ekodizaina priekšlikumu izstrādei veikta ietekmes sadalījuma analīze, lai noskaidrotu nozīmīgākos elementārprocesus, kas izraisa vislielāko toksisko vielu ietekmi un resursu patēriņu. Kopsavilkumu par ekodizaina priekšlikumiem skatīt 5. tabulā.

Ekodizaina priekšlikumi skārda un saplākšņa izmantošanai ceļzīmēs

Materiāls	Identificētā problēma	Priekšlikumi
Saplākšnis	Fenolsveķu un to izejvielu ražošanas ietekme uz resursu patēriņu	Atteikšanās no fenolsveķu izmantošanas (cita piegādātāja meklēšana) Pārdomāta piegādātāju izvēle (vadoties no piegādātāju vides produktu deklarācijām)
	Formaldehīda emisijas produkta lietošanas posmā	Formaldehīda koncentrāciju samazināšana fenolsveķos (darbs ar piegādātāju)
	Fenolsveķu un to izejvielu ražošanas ietekme uz toksiskumu	Atteikšanās no fenolsveķu izmantošanas (cita piegādātāja meklēšana) Pārdomāta piegādātāju izvēle (vadoties no piegādātāju vides produktu deklarācijām)
Skārds	Cinka pārklājuma ietekme uz toksiskumu un resursu patēriņu	Atteikties no cinka pārklājuma vai plānākas kārtas izvēle
	Dzelzs apstrādes procesu ietekme (visas trīs pētītās ietekmes kategorijas: toksiskums cilvēkam, ekotoksiskums, resursu patēriņš)	Tērauda atreizēja pārstrāde, atkārtota izmantošana
	Elektrības ražošanas procesu ietekme	Pārdomāta piegādātāju izvēle

4. DAĻA. APROBĀCIJAS REZULTĀTU APSPRIEŠANA UN SALĪDZINĀJUMS AR CITU PĒTĪJUMU DATIEM

Šajā nodaļā tiek apspriesti pētījuma rezultāti un salīdzināti ar literatūras datiem un citām publikācijām.

Mična un līdzautori [45] raksturo dilemmu vides pārvaldībā: tā izvirza nepieciešamību lēmumu pieņemšanā izskatīt daudzus aspektus, kas mudina atvieglot lēmumu pieņemšanu, vienkāršojot sistēmu. Pārmērīga sistēmas vienkāršošana, savukārt, var novest pie maldinošu priekšlikumu izstrādes. Jaunā ekodizaina metode sniedz risinājumu šai dilemmai – ķīmiskās ietekmes novēršanai izvirza būtiskāko kritēriju kopu, bet izvairās no sistēmas vienkāršošanas, atvieglējot lēmumu pieņemšanu ar viena skaitļa veidā izteikta rezultāta palīdzību, kā to dara atsevišķas daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metodes.

Daudzas ekodizaina metodes toksiskās ietekmes novērtēšanai izmanto dzīves cikla novērtējuma metožu raksturošanas faktoros, un vērtē iedarbību uz vidi un cilvēka veselību caur vidi, tomēr šāda pieeja nosedz tikai daļu no potenciāli bīstamajām vielām, turklāt neņem vērā tiešo iedarbību uz cilvēka veselību. Citas metodes izmanto ķīmisko vielu klasificēšanas un marķēšanas sistēmu, tādējādi nosedzot lielāku potenciāli bīstamo vielu daļu, bet neparedz iedarbības vērtēšanu. Promocijas darbā izstrādātā ekodizaina metode pārskata esošo ekodizaina metožu ķīmiskās bīstamības prioritizēšanas sistēmas, piedāvājot jaunu vērtēšanas sistēmu, apvienojot toksisko īpašību un iedarbības izvērtēšanu, nodrošinot labāku patērētāju veselības un vides aizsardzību no produktu sastāvā esošu toksisko vielu

nelabvēlīgās hroniskās iedarbības. Darba galvenā zinātniskā novitāte ir produktu sastāvā esošo vielu iedarbības uz patērētājiem un vidi vērtēšana, izmantojot ietekmes pakāpes.

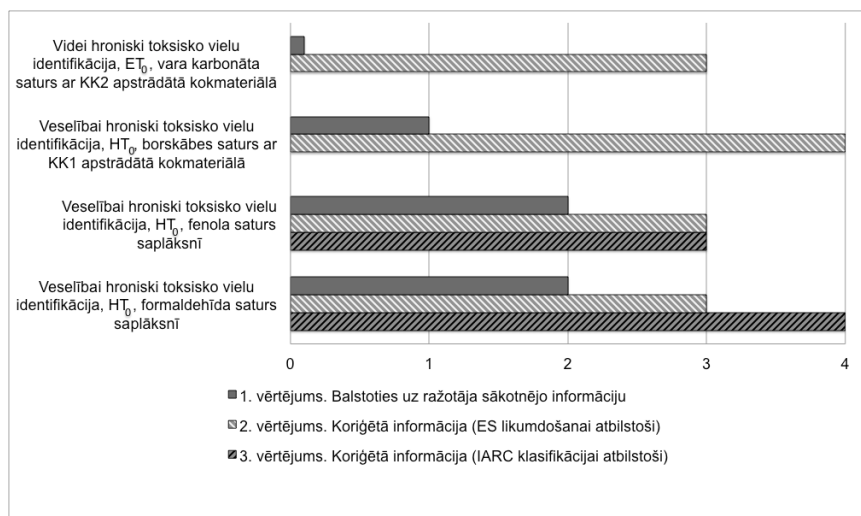
Metodes izmantošana identificēja vairākus būtiskus aspektus kokmateriālu izmantošanā, ko ir izcēlis arī Vernera un Rihtera veiktais kopsavilkums par DCN pētījumiem: augsto fosilo resursu patēriņu kombinētu kokmateriālu ražošanā [46] un impregnētas koksnes ekotoksikoloģisko ietekmi, tai pašā laikā Verners un Rihters nepiemin ar kombinēto kokmateriālu izmantošanu saistīto formaldehīda ietekmi uz patērētāju veselību, kas izpaužas produkta lietošanas laikā. Patērētāju veselība un iekštelpu vide parasti netiek vērtēta dzīves cikla novērtējuma projektos, bet promocijas darbā izstrādātā ekodizaina metode šo aspektu ietver, tādējādi nodrošinot spēcīgu ekodizaina produktu mārketinga argumentu: cilvēka (patērētāja) veselības saudzēšana. Salīdzinot promocijas darbā izstrādātās metodes rezultātā iegūtos ekodizaina priekšlikumus ar DCN metožu priekšlikumiem, var secināt, ka saplākšņa gadījumā abām metodēm bija līdzīgi rezultāti: vislielākā ietekme ir fenolsveķu ražošanai un izmantošanai. Skārda gadījumā promocijas darbā izstrādātā metode ņēma vērā tikai pašu metāla resursus, nevis metāla ieguvē izmantotos fosilos resursus.

Atbilstoši Boveas un Péreza-Belis [47] izveidotajai taksonomijai, ekodizaina instrumentam jāatbilst trim kritērijiem: vides aspektu integrācija agrīnā produkta projekta izstrādes stadijā, dzīves cikla pieeja, daudzu kritēriju integrācija. Promocijas darbā izstrādāto metodi ir iespējams izmantot agrīnos produktu attīstības etapos, ar nosacījumu, ka izmantojamie materiāli un ķīmikālijas ir zināmas vai prognozējamas, un saziņa piegādes ķēdē tiek uzsākta jau produkta projektēšanas procesā. Metode fokusējas uz divām dzīves cikla fāzēm: produkta izmantošana un dzīves cikla beigu fāze. Tomēr, atsakoties vai samazinot toksisku vielu izmantošanu produkta izstrādē, tiek samazināta šādu vielu plūsma visā piegādes ķēdē, tātad, netieši tiek ietekmēta arī izejmateriālu ražošana. Šeit piedāvātā pieeja atļauj integrēt arī citus vides aspektus.

Lai gan REACH regulu var uzskatīt par progresīvāko ķīmisko vielu regulējumu pasaulē, tā galvenokārt orientējas uz ķīmisko vielu un maisījumu izmantošanu, kuru risks jānovērtē pirms laišanas tirgū. Regula paredz, ka bīstamības un riska novērtējums tiek nodots tālāk pakārtotiem lietotājiem piegādes ķēdē drošības datu lapu un to papildinājumu veidā. Materiāliem un produktiem šāda prasība ir tikai īpašos gadījumos, tas ir, ja tie satur vairāk, kā 0,1% īpaši bīstamas vielas (SVHC) vai to kandidātus. Mūsdienās tirgus globalizācijas rezultātā liela daļa materiālu un produktu tiek saražoti ārpus Eiropas Savienības, un šai parādībai ir tendence pieaugt. Pretēji ķīmiskajām vielām un maisījumiem, attiecībā uz materiāliem un produktiem nav prasība apsvērt to ķīmiskos pieļaujamumus pirms laišanas tirgū, izņemot atsevišķās īpaši regulētas vielas, kā arī ķīmiskos pieļaujamumus rotaļlietās. Promocijas darbā izstrādātā ekodizaina metode var palīdzēt uzņēmumiem iegūt labāku pārskatu pār bīstamajām vielām tā produkcijā, uzlabojot saziņu piegādes ķēdē. Promocijas darbā izstrādātā metode veicina patērētāja tiesības zināt par iegādāto produktu ietekmi uz vidi un veselību. Ja tiktu nodrošināta informācija par materiālos sastopamajām īpaši bīstamajām vielām, kuru saturs pārsniedz 0,1 % un kas atbilst REACH regulas noteiktajiem SVHC kritērijiem (ne tikai SVHC kandidātiem), tiktu mazināta problēma, ko izceļ Braungarts un līdzautori [11], raksturojot ekoeftektivitātes pasākumu nepietiekošu kapacitāti samazināt toksisko ietekmi, proti, informācijas trūkumu par bīstamajām vielām, ko it īpaši saasina izvērstās un sazarotās materiālu piegādes ķēdes.

Arī par citām materiālu īpašībām galvenais informācijas avots ir saziņa piegādes ķēdē. Arī citi pētnieki izceļ piegādes ķēdes svarīgumu: Lutrops un Johansone [34] materiālu efektīgas izmantošanas nodrošināšanai iesaka pievienot produktam informāciju par tā reģenerācijas un pārstrādes iespējām.

Ekspperimentālā izpēte demonstrēja, ka piegādātāju sniegtajā informācijā bija būtiskas atkāpes no esošā zināšanu līmeņa par piegādāto produktu bīstamību, noklusējot patieso bīstamību. KK2 ražotājs nebija uzrādījis, ka vara bāziskais karbonāts klasificēts kā ūdens videi bīstama viela, tāpēc sākotnēji vērtējumā neparādās. Koriģētajā versijā, izmantojot klasificēšanu atbilstoši ES likumdošanai, kritērija vērtība ir 3 (sk. 12. attēlu).



12. att. Kritēriju sistēmas vērtējums, izmantojot ražotāju sniegtos datus un koriģētos datus, izmantojot komplekso informācijas verifikācijas shēmu.

Iespējams, ne vienmēr tā ir apzināta vēlme padarīt produktu pievilcīgāku, mazinot tā bīstamību, bet vienkārši saistīts ar novecojušas informācijas izmantošanu un nepietiekoši ātru informācijas atjaunināšanu. Tas arī saskan ar agrāk veiktiem pētījumiem par nepilnībām informācijas plūsmā piegādes ķēdē [48] un ķīmisko vielu profesionālo lietotāju mazo interesi par bīstamības informāciju [49]. Darbā veikta izpēte liecina, ka informācija par materiālu bīstamajām sastāvdaļām ir būtisks priekšnoteikums ķīmiskās ietekmes samazināšanai brīvprātīgu iniciatīvu rezultātā.

Vidi un veselību saudzējošo produktu pieaugošais tirgus noiets veicina brīvprātīgu ekodizaina pasākumu īstenošanu, pārsniedzot likumdošanas prasības. Ja sākotnēji patērētāji deva priekšroku galvenokārt bioloģiskās pārtikas izvēlei, šobrīd arī citu vidi un veselību saudzējošu produktu tirgus noiets pieaug, pat neskatoties uz atsevišķu produktu pieaugušo cenu [50]. Iespējamais skaidrojums ir veselības aspektu pieauguši vērtība patērētāju acīs un labākas zināšanas par produktu ietekmi uz veselību, ne tikai vides apziņa vien. Dažās produktu grupās patērētāji ar gatavi pirkti vidi saudzējošu produktu pat tad, ja tā cena par

50% pārsniedz tradicionālā produkta cenu [50]. Šī tendence iezīmē pieaugošas tirgus iespējas vidi un veselību saudzējošiem produktiem, kas nozīmē, ka ieguldījumi ekodizainā var atmaksāties. Sekojot šai attīstībai, atsevišķas vadošas uzņēmumu grupas deklarē atteikšanos no bīstamām vielām visā izejvielu un materiālu piegādes ķēdē. Promocijas darbā izstrādātās metodes izmantošana nodrošinātu šāda pasākuma izpildi.

Metodes izmantošana atkarīga no tā, vai tā sniedz informāciju, kas izskaidro klientiem produkta pievienoto vērtību. Bledas un Valentas simulācija [51] demonstrē, ka tikai tie patērētāji, kas saņem izskaidrojošu informāciju par vidi saudzējoša produkta sniegumu, to izvēlēties. Promocijas darbā izstrādātā metode nepiedāvā vienu indikatoru, bet uzlabo dzīves cikla inventarizācijas datus. Izmantojot šo metodi, uzņēmums var reklamēt sevi, pierādot piegādes ķēdes pārvaldības ieviešanu, atsakoties no kancerogēnu, mutagēnu, reproduktīvajai sistēmai toksisku vielu klātbūtnes produkcijā.

SECINĀJUMI

Izstrādāta jauna ekodizaina metode, kas papildina esošās ekodizaina stratēģijas toksiskās ietekmes samazināšanas jomā. Jaunā metode integrē zinātniskā ķīmiskā riska novērtēšanas detaļu metožu pamatprincipus ekodizainam piemērotākā formā, izmantojot bīstamības identificēšanu ar GHS klasifikācijas kodu palīdzību un ietverot arī iedarbības novērtēšanas rangu, kā arī materiālu otrreizējas izmantošanas un pārstrādes aspektus. Metode izmantojama produktu izstrādes procesā projektēto produktu izvērtēšanai un ekodizaina risinājumu meklēšanai. Ekodizaina metodes lietošanai jāizmanto piegādes ķēdē esošā informācija, to kritiski izvērtējot, tādējādi veicinot saziņu piegādes ķēdē un materiālu deklarāciju izmantošanu kā būtisku informācijas nesēju līdztekus drošības datu lapām.

Darbā izstrādātā metode paredzēta ķīmisko vielu ietekmes, ko patērētāju veselībai rada produktu sastāvā iekļauto ķīmisko vielu izdalīšanās, novēršanai. Globāli harmonizētās sistēmas ķīmisko vielu klasifikācijas kodu izmantošana nosedz ievērojami lielāku skaitu potenciāli kaitīgo vielu, kā dzīves cikla ietekmes novērtēšanas metožu raksturošanas indikatori, kas pieejami tikai salīdzinoši nelielam kaitīgo vielu skaitam, un neņem vērā patērētāju veselībai svarīgus iedarbības ceļus.

Promocijas darba novitāte ir produkta sastāvā esošo ķīmisko vielu toksiskuma izvērtēšana saistībā ar produkta dizainu un dzīves ciklu – produkta izmantošanu un tālāko pārstrādi, reģenerāciju vai noglabāšanu, kad nolietais produkts nonāk atkritumu plūsmā.

Pārbaudot krāsas pārklājuma kā ekodizaina risinājuma efektivitāti, lai aizkavētu kaitīgo vielu izdalīšanos, secināts, ka krāsas pārklājuma efektivitāte mainās atkarībā no kaitīgo vielu sastāva. Tāpēc, izmantojot krāsas pārklājumu kā ekodizaina risinājumu, lai samazinātu produkta lietošanas laikā izdalīto kaitīgo ķīmisko vielu ietekmi, ieteicams katru gadījumu izvērtēt atsevišķi.

Metode ietver prasību labākai saziņai piegādes ķēdē par materiālu un ķīmikāliju sastāvu, jo pie pašreizējās ķīmisko vielu daudzveidības testēšana ir mazvarbūtīga. Eksperimentālā izpēte apstiprināja pieņēmumu, ka ekodizaina risinājumu izstrādē būtiska ir izejvielu piegādātāju sniegtās informācijas, tas ir, drošības datu lapu un materiālu deklarāciju, kvalitātes pārbaude. Tā prasa sistemātisku, pakāpenisku pieeju, ko piedāvā ekodizaina metode: informācijas izvērtēšanas shēmu, kas kombinē dažādus informācijas avotus un tos kritiski salīdzina, tostarp izmantojot biotestus un ķīmiskās analīzes.

Izstrādātā metode risina dilemmu: nepieciešamību pieņemt izsvērtus lēmumus nepietiekošas informācijas apstākļos.

LITERATŪRAS AVOTI (TIKAI KOPSAVILKUMĀ MINĒTIE)

- 1 **Human health risk assessment toolkit: chemical hazards**, IPCS project on the Harmonization of Approaches to the Assessment of Risk from Exposure to Chemicals, WHO, 2010, p.88.
- 2 **Binetti at al, 2008, Binetti R. et al**, Exponential growth of new chemicals and evolution of information relevant to risk control, 2008, *Ann Ist Super Sanita*, 44 (1), p. 13-15
- 3 **Allanou R. et al.**, Public availability of data on EU high production volume chemicals - Part 2, *CHIMICA OGGI (Chemistry today)*, July-August, p. 59-64
- 4 **Irigaray P. et al.**, Lifestyle-related factors and environmental agents causing cancer: an overview, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2007, 61 (10), p. 640-658
- 5 **Hwang H.M. et al.**, Occurrence of endocrine-disrupting chemicals in indoor dust, *Science of The Total Environment*, 2008, 404 (1), p. 26–35
- 6 **Fridén U.E. et al.**, Chlorinated paraffins in indoor air and dust: Concentrations, congener patterns, and human exposure, 2011, *Environment International*, 6. p.
- 7 **Fuglei E. et al.**, Environmental contaminants in arctic foxes (*Alopex lagopus*) in Svalbard: Relationships with feeding ecology and body condition, *Environmental Pollution*, Issue 146, 2007, p. 128-138
- 8 **Vorkamp K., et al.**, Levels and trends of persistent organic pollutants in ringed seals (*Phoca hispida*) from Central West Greenland, with particular focus on polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), 2008. *Environment International*, 34 (4), p. 499-508
- 9 **HELCOM, 2011**, Helsinku Komisija, Baltijas jūras stāvoklis, Bīstamās vielas, [tiešsaiste] [skatīts 14.04.2011]. Pieejams: <http://www.helcom.fi>
- 10 **Meadows D.H. et al**, Limits to Growth: The 30-Year Update, Chelsea Green Publishing Company, White River Junction, Vermont, 2004, p.325
- 11 **Braungart M. et al.**, Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design, 2007, *J. of Cleaner Production*, 15 (13-14), p. 1337-1348
- 12 **Niederl-Schmidinger A., Narodoslowsky M.**, Life Cycle Assessment as an engineer's tool?, 2008, *J. of Cleaner Production*, 16, p. 245- 252
- 13 **GHS**, Globally Harmonized System of classification and labelling of chemicals, United Nations, New York and Geneva, 2000, p.431, GHS - ķīmisko vielu klasificēšanas un marķēšanas globāli harmonizētā sistēma, [tiešsaiste] [skatīts 24.01.2011]. Pieejams: <http://www.unece.org>
- 14 **ISO 14040:2006**, Environmental management - Life cycle assessment -Principles and framework, Geneva, Switzerland: International Organisation for Standardisation, 2006
- 15 **Technical Guidance Document** in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment Part I, EC, Joint Research Centre, EUR 20418 EN/2, Printed in Italy, 2003, p. 311; [tiešsaiste] [skatīts 30.01.2011]. Pieejams: <http://ecb.jrc.ec.europa.eu>
- 16 **Karlsson R., Luttrupp C.**, EcoDesign: what's happening? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue, *J. of Cleaner Production*, Volume 14, Issues 15-16, 2006, p. 1291-1298
- 17 **Adu I.K., et al.**, Comparison of methods for assessing environmental, health and safety (EHS) hazards in early phases of chemical process design, 2008, *Process Safety and Environmental Protection*, 86 (2), p. 77-93
- 18 **Knight. P, Jenkins J.O.**, Adopting and applying eco-design techniques: a practitioners perspective, 2009, *J. of Cleaner Production*, 17 (5), p. 549-558

- 19 **ECMA 341**, Ekodizaina integrācija produktu izstrādē, ECMA-rūpniecības asociācija (Informācijas un saziņas tehnoloģija, elektronika patērētājiem) (Information and Communication Technology, Consumer Electronics), [tiešsaiste] [skatīts 14.03.2010]. Pieejams: <http://www.ecma-international.org/publications/standards/Standard.htm>
- 20 **The Oeko-Tex Standards**, [online] [accessed 10.02.2012]. Accessible: <http://www.oeko-tex.com>
- 21 **BASTA**, IVL Swedish Environmental Research Institute & the Swedish Construction Federation, [online] [accessed 14.09.2011]. Accessible: <http://www.bastaonline.se>
- 22 **Nissen N.F.**, Entwicklung eines ökologischen Bewertungsmodells zur Beurteilung elektronischer Systeme, Doctoral Dissertation, Technical University of Berlin, Department of Electrical Engineering, 2001, p. 202
- 23 **Wenzel H. et al.**, *Environmental Assessment of Products*, Volume 1: Methodology, Tools and Case Studies in Product Development, 1997, p. 564
- 24 **Lithner D. et al.**, Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition, 2011, *Science of the Total Environment*, 409 (10), p. 3309-3324
- 25 **Ahrens A. et al.**, *Guidance for the use of environmentally sound substances, For producers and Professional users of chemical products relevant to the aquatic environment, Part one, Five steps for the evaluation of environmental risks*, Publisher: Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt), Germany, 2003, p. 66
- 26 **ECOIT**, [tiešsaiste] [skatīts 14.04.2011]. Pieejams: PRé Consultants, <http://www.pre.nl/content/about-pre>
- 27 **Idemat**, Delft Tehniskā universitāte, [tiešsaiste] [skatīts 14.04.2011]. Pieejams: <http://www.idemat.nl/>
- 28 **Huang H. et al.**, Materials selection for environmentally conscious design via a proposed life cycle environmental performance index, 2009, *The International J. of Advanced Manufacturing Technology*, 44 (11-12), p. 1073-1082
- 29 **Rosenbaum R.K., et al.**, USEtox—the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment, 2008. *Int. J. of Life Cycle Assessment*, 2008, 13 (7), p. 532-546
- 30 **Meijer A. et al.**, Human Health Damages due to Indoor Sources of Organic Compounds and Radioactivity in Life Cycle Impact Assessment of Dwellings Part 1: Characterisation Factors, 2005. *Int. J. of Life Cycle Assessment*, 10 (5), 2005, p. 309 – 316
- 31 **Cho K.T.**, Multicriteria decision methods: an attempt to evaluate and unify, 2003, *Mathematical and Computer Modelling*, 37, 2003, p. 1099-1119
- 32 **Harmonized classification and labeling of certain hazardous substances**, Annex VI, table 3.2 of regulation REACH, EC No 1272/2008 (online) (accessed 15.04.2011). Accessible: <http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/index.php?PGM=cla>
- 33 **EK Nr. 1907/2006**, EPP Regula (2006. gada 18. XII), kas attiecas uz ķīmikāliju reģistrēšanu, vērtēšanu, licencēšanu un ierobežošanu (REACH) (OV L 396/1-850, 30.12.2006.)
- 34 **Johansson J., Luttrupp C.**, Material hygiene: improving recycling of WEEE demonstrated on dishwashers, 2009, *J. of Cleaner Production*, 17 (1), p. 26-35
- 35 **Iakovou E. et al.**, A methodological framework for end-of-life management of electronic products, 2009, *Resources, Conservation and Recycling*, 53 (6), p. 329–339
- 36 **Cerdan C. et al.**, Proposal for new quantitative eco-design indicators: a first case study, 2009, *J. of Cleaner Production*, 17 (18), p. 1638–1643
- 37 **Mathieux F. et al.**, ReSICLED: a new recovery-conscious design method for complex products based on a multicriteria assessment of the recoverability, 2008, *J. of Cleaner Production*, 16 (3), p. 277-298

- 38 **Otto K.N., Wood K.L., *Product Design, Techniques in Reverse Engineering and New Product Development*, Prentice Hall, 2001, p.1061**
- 39 **Guinee J.B. (ed), *Life cycle assessment—an operational guide to the ISO standards*, 2002. Centre of Environmental Sciences (CML), Leiden University, Kluwer Academic Publishers, 692**
- 40 **IARC Monographs on the evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, The International Agency for Research on Cancer (IARC), [online] [accessed 11.07.2011]. Accessible: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/PDFs/index.php>**
- 41 **Everitt, B.S., *Cambridge Dictionary of Statistics*, West Nyack, NY, USA: Cambridge University Press, 2002. p 300.**
- 42 **LVS EN ISO 17294-2:2005, Ūdens kvalitāte - Induktīvi saistītās plazmas (ICP-MS) maspektrometrijas lietošana - 2.daļa: 62 elementu noteikšana, LVS/STK/25 Vides kvalitāte**
- 43 **SimaPro 7.2.2., datorprogramma, © PRé Consultants, Niderlande**
- 44 **Fammler H. et al., "Ķīmikāliju riska pārvaldība uzņēmumos", „Managing Chemicals Risks in Enterprises”, Rokasgrāmata profesionālajiem ķīmikāliju lietotājiem, “Jelgavas Tipogrāfija”, ISBN Nr: 9984-9679-9-9, Latvija, 2003**
- 45 **Michna J. et al., Management of energy and environment conservation: current methodical problems, 2011, Latvian J. of Physics and Technical Sciences, 1 p.28-41, Doi: 10.2478/v10047-011-0003-z**
- 46 **Werner F., Richter K., A Literature Review, Wooden Building Products in Comparative LCA, 2005, *International J. of Life Cycle Assessment*, 10 (5), 2005, p. 309 – 316**
- 47 **Bovea M.D., Pérez-Belis V., A taxonomy of eco-design tools for integrating environmental requirements into the product design process, 2011. *J. of Cleaner Production*, In Press, Corrected Proof, Available online 23 July 2011**
- 48 **„European Classification and Labelling Inspections of Preparations, including Safety Data Sheets“, Final report, 64 pages, [tiešsaiste] [skatīts 03.07.2011]. Pieejams: <http://hesa.etui-rehs.org>**
- 49 **Hinks J. et al., Views on chemical safety information and influences on chemical disposal behaviour in the UK, 2009, *Science of the Total Environment*, 407, p. 1299–1306**
- 50 **Green Retail Trends in Europe 2010, Research Report, Prepared by Centre for Retail Research. Nottingham, pp. 39**
- 51 **Bleda, M., Valente, M. Graded eco-labels: a demand-oriented approach to limit pollution, 2009. *Technol. Forecasting and Social Change*, 76 (4), 512-524**

Jana SIMANOVSKA

Ekodizaina metode ķīmisko vielu nevēlamas ietekmes uz vidi un cilvēku veselību
samazināšanai produkta dzīves ciklā

Promocijas darba kopsavilkums

Metiens 90 eks.

Iespiests SIA "Elpa-2" Gutenbergs druka, Mūku ielā 6, Rīga, LV-1050
2012