



PĀRSKATS

par Meža attīstības fonda atbalstīto pētījumu

Pētījuma nosaukums:

"Ti-ReX" – "Ietvars reģenerēto kokmateriālu pārdomātai stāvokļa novērtēšanai, lai pagarinātu ilgdzīvojošu koksnes izstrādājumu kalpošanas laiku, izmantojot nesagraujošu testēšanu un automatizētu datu pēcapstrādi"

Līguma Nr.:

24-00-S0MF11-000004

Izpildes laiks:

15.04.2024.-15.04.2027.

Pētījuma vadītājs:

Aivars Vilguts

VALMIERA 2025

KOPSAVILKUMS

Projekta vispārējais mērķis ir veicināt aprites ekonomikas principu ieviešanu koka būvniecības nozarē, izstrādājot uzticamus instrumentus atkārtoti izmantojamās konstrukciju koksnes kvalitātes un drošības nodrošināšanai. Mērķis ir novērst šīs koksnes nonākšanu enerģētiskajā reģenerācijā vai zemas pievienotās vērtības pārstrādē, tā vietā veicinot tās atkārtotu izmantošanu. Mērķa sasniegšanai tiks izstrādāta un validēta stratēģija plaša mēroga negraujošajiem mērījumiem un testēšanai. Projekts ir strukturēts sešās darba pakās, kur katra sniedz specifisku ieguldījumu kopējā mērķa sasniegšanā:

WP1 izstrādā uzticamu un praksē pielietojamu ietvaru koksnes stāvokļa novērtēšanai, balstoties uz nedestruktīvajām un destruktīvajām testēšanas metodēm, nodrošinot augstu precizitāti un reproducējamību.

WP2 izstrādā atvērtas pieejas metodi mērījumu datu apstrādei, pielāgojumu dažādām koku sugām un lietojuma scenārijiem, ar validāciju, salīdzinot ar komerciāliem risinājumiem.

WP3 piemēro izstrādāto metodoloģiju praktiskā gadījuma izpētē, lai demonstrētu tās lietojamību, ieviešanas efektivitāti un rezultātu uzticamību reālā būvniecības vidē.

WP4 veic pieejamības un plūsmu analīze demontētam kokmateriālam un vides ietekmes novērtējumu potenciālajiem ietaupījumiem, novadot vairāk konstrukcijām atbilstošu kokmateriālu atkārtotai izmantošanai dažādās Eiropas Savienības valstīs. Rezultējošie indikatori un metodoloģija kalpos kā rīki lēmumu pieņemšanai gan politikas veidotājiem, gan būvniecības industrijas profesionāļiem, kuri iesaistās koncepta un projektēšanas stadijās.

WP5 nodrošina projekta rezultātu izplatīšanu dažādām mērķgrupām — zinātniekiem, inženieriem, būvniecības nozares uzņēmumiem, kokrūpniecības un mežsaimniecības pārstāvjiem, kā arī plašākai sabiedrībai — izmantojot pielāgotus komunikācijas kanālus.

WP6 fokusējas uz efektīvu projekta vadību, sadarbojošos līderību (co-leadership) un intelektuālā īpašuma tiesību pārvaldību.

Visas darba paketes kopā veicina pāreju uz augstas pievienotās vērtības koksnes atkārtotu izmantošanu, stiprinot klimata draudzīgas būvniecības prakses, resursu efektivitāti un aprites ekonomikas principu ieviešanu būvniecības nozarē.

Vidzemes Augstskolas galvenā iesaiste norit WP4, 5 un 6, bet paredzēta zināšanu pārnese arī WP3 ietvarā.

SAĪSINĀJUMI

LCA – *Life cycle assessment* – dzīvescikla aprēķini

LCC – *Life cycle cost calculation* – dzīvescikla izmaksu aprēķini

MFA – *Material flow analysis* – materiālu plūsmu analīze

WP – *Work package* – darba paka

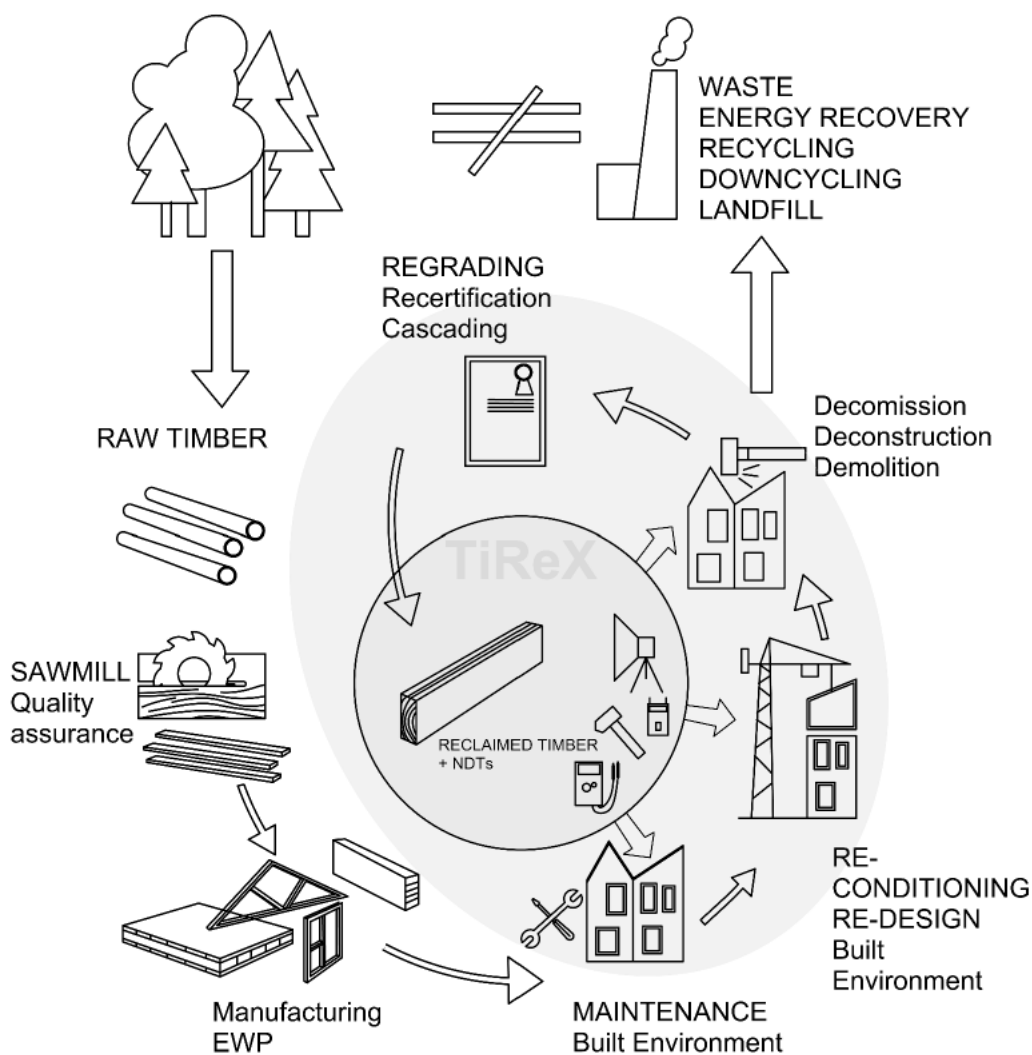
SATURS

Kopsavilkums	1
Ievads	5
Projekta tvērums	7
Testēšana	7
Materiālu plūsmu kartēšana un dzīvescikla aprēķini	9
Projekta komunikācija	10
Izmantotā literatūra	12

IEVADS

Esošo ēku vai to sastāvdaļu atkārtotai izmantošanai pašlaik ir vislielākais potenciāls samazināt oglekļa emisijas būvniecības nozarē un ierobežot pieprasījumu pēc jaunām izejvielām. TiReX projekta mērķis ir uzlabot būvniecības nozares ilgtspēju, dodot iespēju plaši izmantot nesošās koka konstrukcijas vai nu sākotnējā ēkā ar tādu pašu vai mainītu pielietojuma veidu, vai arī citās ēkās, kā jaunu konstruktīvo elementu. Koka elementiem ēkās var būt vairāki mērķi, piemēram, nestspēja, stabilizācija, uguns izplatīšanās ierobežošana, siltuma un skaņas izolācija, kā arī estētiskais izskats. Ar šiem mērķiem saistītās materiāla īpašības laika gaitā var mainīties, jo ēka ir pakļauta dažādiem un mainīgiem apstākļiem. Gaisa mitruma svārstības ietekmē mitruma saturu koksnē, radot mehāniskus un bioloģiskus bojājumus daudzu ciklu laikā, sēnīšu veidošanos vai pat puvi un sairšanu, un ilgstoša slogošana var izraisīt koka konstrukcijas saraušanos, šļūdi, stiprības zudumu un plaisu veidošanos. Mainīgie klimatiskie parametri palielina nenoteiktību attiecībā uz ekspluatācijas laiku un konstrukciju noturību, kas ir saistīta ar ilgtermiņa izturību. Pirms kokmateriālus var atkārtoti izmantot nesošās detaļās, jāpārbauda attiecīgie konstrukcijas un ugunsizturības rādītāji, jo ilgtspējības prasības nevar apdraudēt drošību. Šobrīd vēl ir jāizstrādā praktiska metode visaptverošam koka stiprības novērtējumam, jo uz doto brīdi šādas metodes praksē nav pieejamas, lai laika gaitā nolietotās koka konstrukcijas atkal varētu atgriezt aprītē.

Šī projekta galvenais mērķis ir izstrādāt atvieglotas procedūras, lai novērtētu un dokumentētu atkal izmantojamo kokmateriālu stāvokli, kas ļauj tos atkārtoti izmantot saskaņā ar pašreizējiem Eiropas projektēšanas standartiem, nodrošinot aprites ekonomikas pāreju kokmateriālu būvniecības nozarē, sk. 1. attēlu. Projekts paplašinās zināšanas atkal izmantojamo kokmateriālu stāvokļa novērtēšanā, izmantojot optimālu vairāku atlasītu nesagraujošu testēšanas metožu kombināciju un automatizētu kokmateriālu pielāgotu datu apstrādi un vizuālo apstrādi. Projekta iegūtie rezultāti tiks apkopoti, izmantojot Eiropas apstiprinātus atklātos pētniecības žurnālus un datu bāzes ar atvērtu licenci "*open access*", lai pavērtu ceļu jaunām resertifikācijas procedūrām un standarta izstrādei. Dotajā brīdī nav pieejami starptautiski vai Eiropas standarti, kas attiektos uz atkal izmantojumu kokmateriālu veikspējas novērtējumu un klasifikāciju.



1.Attēls: Kokmateriāla dzīves cikls no iegūšanas līdz atkal izmantošanai.

Lai atkal izmantotu kokmateriālu, kurš jau reiz ir pildījis savas funkcijas ir nepieciešama jauna pieeja materiālu īpašību noteikšanā. Būvniecību un adaptīvu atkal izmantošanu ierobežo kvalitātes novērtēšanas procedūru trūkums, kas samazina risku nozarei. Tāpēc ir nepieciešams atkārtotas sertifikācijas process, kura pamatā ir ticama, atkārtojama un iespējama atkal izmantojamu kokmateriālu stāvokļa novērtēšanas metodika. Projekta TiReX projekta galvenie mērķi ir šādi:

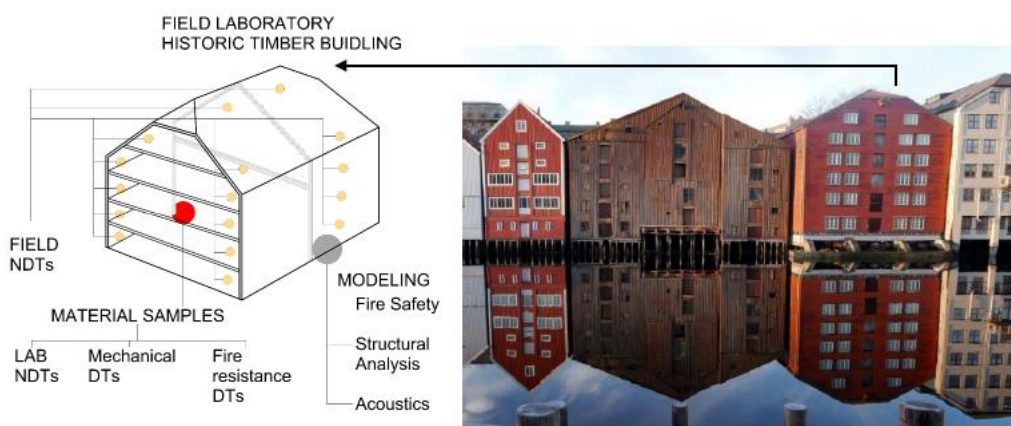
- Nesagraujošo materiālu testu (NMT) kopuma identificēšana, kas ir vispiemērotākie visaptverošai un efektīvai stāvokļa novērtēšanai (t.i., blīvums, stingums, stiprība, ugunsizturība, defekti, mitruma saturs, šķiedru virziens) koksnē, kuras ir iespējamas izmantot būvobjektā, kā arī laboratorijas apstākļos.
- Procedūru izstrāde datu pēcapstrādei no NMT, lai iegūtu visaugstāko informācijas precizitāti un savienotu riska, kā arī ticamības apjomu no testētajiem datiem.

- Izstrādātās metodikas testiem reālā koka konstrukcijā 5 stāvu koka biroja ēkas adaptīvai atkal izmantošanai. Šo metodiku testēt uz papildus ēkām un novērtēt tās efektivitāti.
- Noteikt apritīguma (atkal izmantošanas) potenciālu, pamatojoties uz ilgtermiņa koksnes izstrādājumu potenciālu un aprites cikla novērtēšanas procedūru.
- Dokumentācijas un atkārtotas sertifikācijas vadlīniju izstrāde atkal izmantotiem kokmateriāliem kā pamats Eiropas standartizācijai.

PROJEKTA TVĒRUMS

TESTĒŠANA

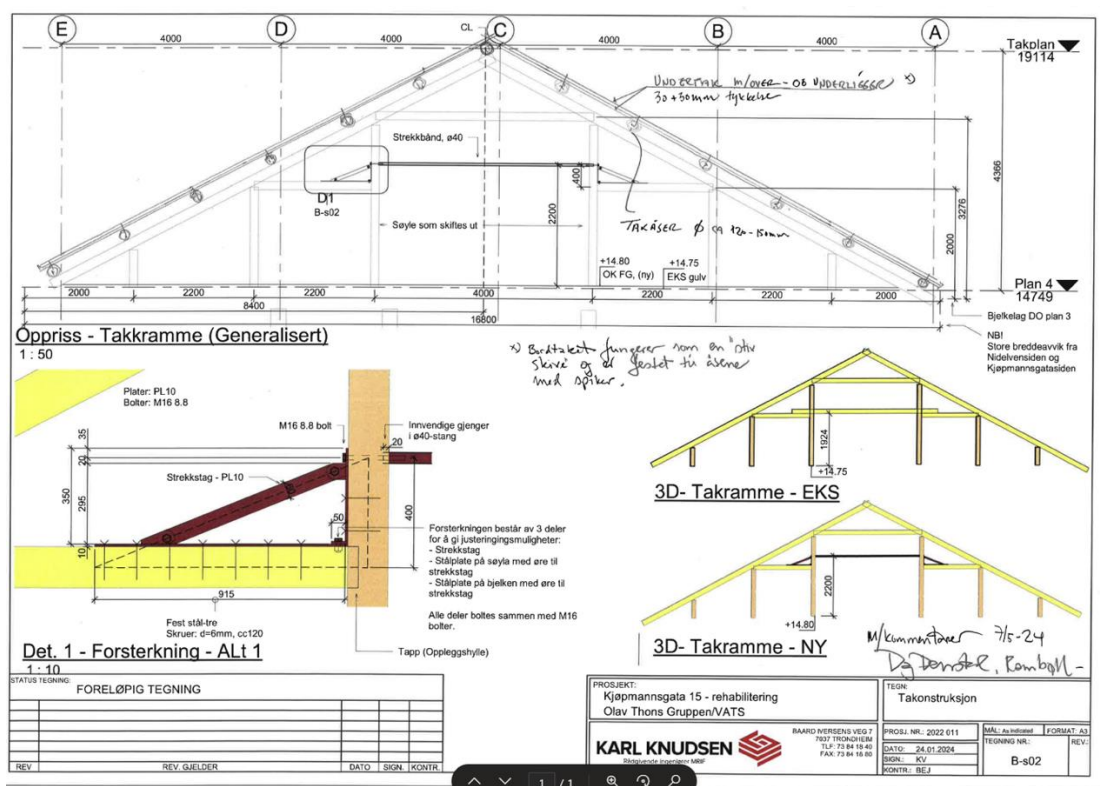
Būvlaukuma testēšana reālas būves apstākļos, skatīt 2.attēlu. Būvlaukuma testēšana ietver sevī paraugu lauka mērījumus un laboratorijas mērījumus, kas ņemti no vēsturiskas koka būves, kura atrodas Norvēģijā, Trondheimā būvēta 1857. gadā. Vidzemes Augstskolas komanda piedalās šīs būves testēšana ar praktisku pieredzi un koordināciju mērījumu veikšanā un rezultātu analizēšana. Būves testēšanas galvenais mērķis ir izstrādāt NMT metodiku atkal izmantošanai. Dotajā brīdī notiek rezultātu iegūšana un papildus dati nav pieejami.



2.Attēls: Būves testēšana.

No 2024. līdz 2025. gadam notiek nesošas kopnes nestspējas noteikšanas testi ar negraujošajām metodēm, skatīt 3.attēls. Kopējais ēkas un kopnes laidums ir 16 metri. Kopnes testēšana notiek ar slodzes iekāršanu kopnē un izlieču mērīšanu pie attiecīgas slodzes. Šādā veidā nosakot kopnes nestspējas un stinguma īpašības, kas reizē arī korelē ar atsevišķu koka elementu mehāniskajām īpašībām.

Nākamais posms kopnes nestspējas īpašību noteikšanā ir mazu koka paraugu ņemšana no kopnes kokmateriāla un to testēšana laboratorijas apstākļos, lai novērtētu, mērījumu precizitāti būvlaukuma apstākļos.



3.Attēls: Testējamās kopnes rasējumi.

Paralēli notiek arī atsevišķu kokmateriālu testēšana no trim dažādiem reģioniem/klimatiem. Tiek veikti dažāda veida testi – negraujošie, daļēji graujošie, mehāniski graujošie un ugunsizturības testi. Galvenās aktivitātes ietver eksperimenta izstrādi, aprīkojuma iegādi, paraugu iegūšanu, testēšanas procedūru un rezultātu dokumentēšanas veidnes izveidi, kā arī plānoto testu veikšanu. Mērķis ir padziļināt izpratni par atgūtās koksnes stiprības klasifikāciju un uzvedību uguns ietekmē. Tiek pielietotas iepriekš atlasītas NMT metodes, izmantojot tās uz statistiski reprezentatīva koksnes paraugu kopuma no dažādām Eiropas valstīm. Katram paraugam vispirms tiek veikts NMT tests, kam seko mehāniskie un uguns testi, lai iegūtu visaptverošus datus korelācijas analīzei, testu optimizācijai un materiāla atlases stratēģijas uzlabošanai.

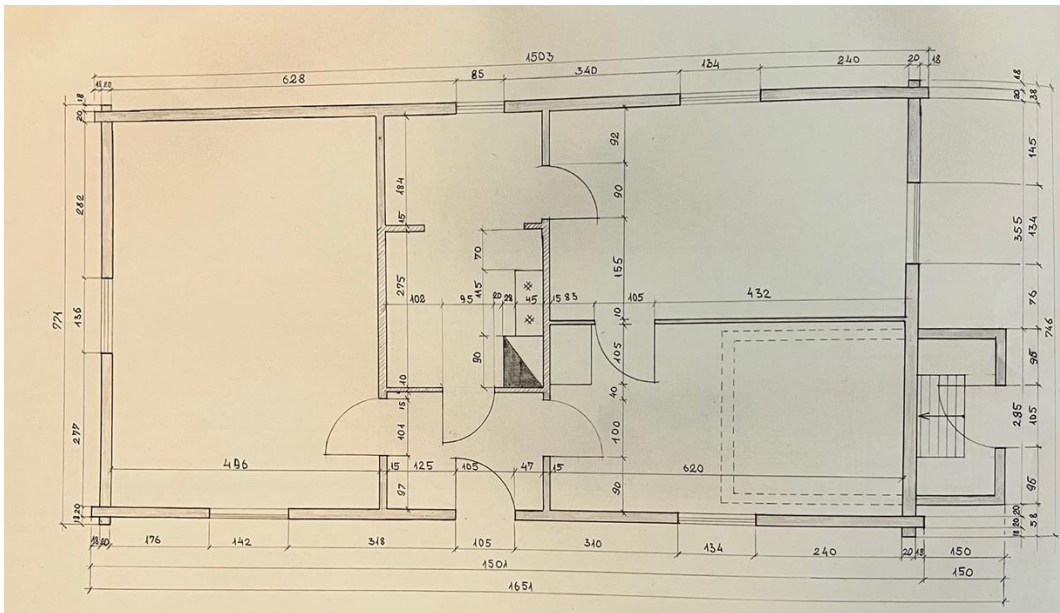


4.Attēls: Darba pakas sanāksme Polijā, Varšavā, kur partneri kopīgi veic NMT testu.

MATERIĀLU PLŪSMU KARTĒŠANA UN DZĪVESCİKLA APRĒĶINI

Vides analīzes darba paka ir viena no galvenajām, kur ir liela mēroga Vidzemes Augstskolas iesaiste. Darba pakas uzdevumi ietver dzīves cikla novērtējumu (LCA), materiālu plūsmas analīzi (MFA) un dzīves cikla izmaksu analīzi (LCC). Tās mērķis ir izstrādāt dzīves cikla analīzes pieeju koksnes atkārtotai un kaskadētai izmantošanai būvniecības sektorā. Galvenais uzdevums ir kvantificēt koksnes produktu krājumus ēkās projekta partneru valstīs, novērtēt alternatīvu koksnes atkārtotas izmantošanas (kaskādes) scenāriju ietekmi uz vidi un ekonomiku, atbalstīt koksnes izstrādājumu kalpošanas laika pagarināšanu un veicināt to plašāku apriti būvniecībā. Darba pakas ietvaros tiek identificēta atkārtoti izmantojamas koksnes pieejamība un sniegtas vadlīnijas optimālajam kalpošanas laikam no vides un izmaksu efektivitātes skatpunkta, ņemot vērā dažādus dzīves cikla beigu scenārijus, tostarp daudzpakāpju pārstrādi “*multi-cycling*”. Esošie pētījumi norāda, ka ēku kalpošanas laika pagarināšana ir efektīvākais ilgtermiņa oglekļa uzglabāšanas risinājums (Hill et al., 2022), un ka atkārtota koksnes izmantošana kaskādē uzlabo gan vides rādītājus, gan resursu efektivitāti (Niu et al., 2021; Risse et al., 2017). Kaskādes izmantošana var arī veicināt vērtības radīšanu, nodrošinot iespējas otrreiz izmantot blakusproduktus un atkritummateriālus (Ranta et al., 2020). Lai gan potenciāls ir būtisks, kaskādes pieejas ieviešana ir bijusi ierobežota dažādu šķēršļu dēļ — tostarp par atgūtās koksnes kvalitāti un pieejamību, reglamentējošo aktu nesaskaņotību un tirgus trūkumu.

Vidzemes Augstskola strādā pie ForsetValue ietvarā InFutUReWood projektā izstrādātās metodoloģijas adaptēšanas Latvijas kontekstam, ņemot vērā vispārēju statistikas trūkumu par Latvijas vēsturisko un mūsdienu būvniecību, koka ēku apjomu un sadalījumu reģionos. Projekta pirmajā gadā tika apzināta iztrūkstošā statistika un izvēlēta pieeja standarta ēku kartēšanai, par atskaites punktu izvēloties koka ēkas no 1850. līdz 1940. gadam. Šajā periodā lielākoties sastopamas guļbūves, kurām, atkarībā no novietojuma pilsētā vai lauku reģionā, iespējams noteikt arī aptuvenu telpu plānu un no tā izrietošo kokmateriāla aptuveno apjomu uz vienu ēku. Okupācijas gadu koka būvniecība netiks apskatīta trūkstošo izejas datu dēļ. Jaunāko laiku statistika par koka būvēm tiks balstīta koka ēkās, kas ir publiska rakstura būves un koka ēku ražotāju datus, kas nesniegs pilnvērtīgu pārskatu, taču palīdzēs iegūt aptuvenus datus par koka karkasa un krusteniski līmētu koka panelu (CLT) ēkām. Šobrīd notiek ēku rasējumu ievākšana un analīze (5. Attēls).



5.Attēls: Foto no Vidzemē esošas guļbūves stāvu plāna.

Nākamajā posmā paredzētas LCA un LCC analīzes, lai salīdzinātu vienpakāpes un daudzpakāpju kaskādes modeļus — sākot no demontāžas līdz atkārtoti izmantoto izstrādājumu kalpošanas cikla beigām “*cradle-to-grave*”.

PROJEKTA KOMUNIKĀCIJA

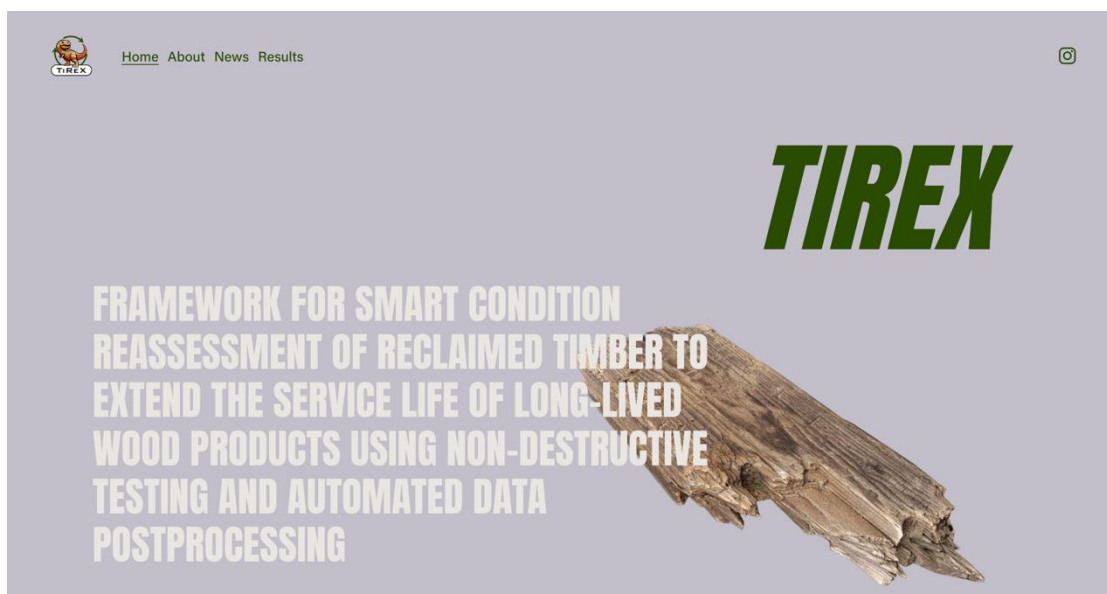
Vidzemes Augstskola projekta ietvarā ir atbildīga par projekta vietnes izveidi un uzturēšanu. Lai apgūtu komunikācijā izmantojamās metodes projektiem, kam ir augsts sarežģītības līmenis, augstskolas komanda piedalās ForestValue2 organizētās darbnīcās (6.

Attēls). Darbnieku mērķis ir iemācīt dalībniekiem izvērtēt savu projektu mērķauditoriju, spēt vienkāršot projekta rezultātus populārzinātniskā valodā, kā arī spēt prezentēt projektu citu jomu ekspertu vidū, lai meklētu starpdisciplināras sadarbības.



6.Attēls: Partneru dalība projektu komunikācijas darbībā.

Projekta pirmajā gadā tika izveidota projekta vietne ar galvenajām sadaļām un projekta aprakstu. Tā pat vietne sagatavota projekta nodevumu augšupielādei, informācijai par dažādiem projekta pasākumiem un interesantiem aspektiem. Vietnes izveidošanai izmantota platforma *Squarespace* uz kuras bāzes veidota individuāla tipa projekta vietne (7. Attēls). Šobrīd notiek vietnes satura papildināšana, lai apmeklētājiem būtu iespēja ne tikai attēlos, bet arī 3D formātā apskatīt testēto kokmateriālu.



7.Attēls: <https://www.tirex.info/> vietnes sākuma skats.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

Hill, C., Hughes, M., and Gudsell, D. (2021) Environmental Impact of Wood Modification. *Coatings*, 11, 366.

Niu, Y., Rasi, K., Hughes, M., Halme, M. and Fink G. (2021). Prolonging life cycles of construction materials and combating climate change by cascading: The case of reusing timber in Finland. *Resources, Conservation & Recycling* 170 (2021) 105555.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105555>

Ranta, V., Keranen, J. and Aarikka-Stenroos, L. (2020). How B2B suppliers articulate customer value propositions in the circular economy: Four innovation-driven value creation logics. *Industrial Marketing Management* 87, 291-305