

ISBN 978-9984-48-418-1

ISSN 2500-9915

**LATVIJAS BIOZINĀTŅU UN TEHNOLOĢIJU UNIVERSITĀTE
VIDES UN BŪVZINĀTŅU FAKULTĀTE**



**BŪVNIECĪBAS STUDIJU PROGRAMU
STUDENTU UN MAĢISTRANTU
ZINĀTNISKI PRAKTISKĀ KONFERENCE
BŪVNIECĪBA'2023**

2023.gada 20.jūnijā, Jelgavā

KONFERENCES ZIŅOJUMU TĒŽU KRĀJUMS

LBTU
Jelgava 2023

Būvniecības studiju programmu studentu un maģistrantu zinātniski praktiskā konference Būvniecība'2023: konferences ziņojumu tēžu krājums, Jelgava, 20. jūnijs, 2023/ atbildīgā par izdevumu Gusta S. / Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte (LBTU). Vides un būvzinātņu fakultāte (VBF). - Jelgava, 2023.

Programmas un zinātniskā komiteja

Andersons G., Dr.sc.ing., LBTU, Būvkonstrukciju katedra
Gusta S., Dr.oec., LBTU, Arhitektūras un būvniecības katedra
Šteinerts A., Dr.sc.ing., LBTU, Arhitektūras un būvniecības katedra
Ozola L., Dr.sc.ing., LBTU, Būvkonstrukciju katedra
Brencis R., Dr.sc.ing., LBTU, Arhitektūras un būvniecības katedra
Skadiņš U., Dr.sc.ing., LBTU, Būvkonstrukciju katedra
Štrausa S., Mg.sc.ing., LBTU, Arhitektūras un būvniecības katedra
Preikšs I., Mg.sc.ing., LBTU, Arhitektūras un būvniecības katedra
Pavārs M., Mg.sc.ing., LBTU, Arhitektūras un būvniecības katedra
Vikse I., Mg.oec., LBTU, Arhitektūras un būvniecības katedra

I LBTU VBF ARHITEKTŪRAS UN BŪVNICĪBAS KATEDRAS
SEKCIJA „BŪVNICĪBA”

Vilciņš Raivis, Brencis Raitis

STIKLA PAKEŠU IETEKME UZ STIKLA FASĀDES TEHNISKAJIEM
UN EKONOMISJAIEM RĀDĪTĀJIEM

THE EFFECT OF GLASS PANES ON THE TECHNICAL AND
ECONOMIC PARAMETERS OF THE CURTAIN WALL 7

Ķīvīte Rasma, Štrausa Silvija

UGUNSDROŠĪBAS PRASĪBAS LAUKSAIMNICĪBAS ĒKU UN BŪVJU
PROJEKTĒŠANĀ

FIRE SAFETY REQUIREMENTS FOR DESIGNING AGRICULTURAL
BUILDINGS AND STRUCTURES 8

Grābēns Kaspars, Gusta Sandra

BŪVNICĪBAS ATKRITUMU PĀRSTRĀDES IESPĒJAS LATVIJĀ
POSSIBILITIES OF RECYCLING CONSTRUCTION WASTE IN
LATVIA 11

II LBTU VBF BŪVKONSTRUKCIJU KATEDRAS
SEKCIJA „BŪVKONSTRUKCIJU RISINĀJUMI”

Berners Toms, Bokta Mareks

SIENU MŪRA BLOKU SALĪDZINĀJUMS
COMPARISON OF WALL MASONRY BLOCKS 15

Čuličoka Marta, Dandens Atis

KRUSTENISKI LĪMĒTU DĒĻU PĀRSEGUMU UN SIENU PANEĻU
ANALĪZE
ANALYSIS OF CROSS-LAMINATED TIMBER COVERS AND
WALL PANELS 17

Gārde Kate, Dandens Ais

STIEGROTA BETONA KĀPŅU LAIDU ANALĪZE
ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE STAIR FLIGHTS 19

Kačane Aleksandra, Skadiņš Ulvis

DIGITĀLĀS ATTĒLA KORELĀCIJAS METODES IZMANTOŠANA
KONSTRUKCIJU LABORATORISKAJOS PĒTĪJUMOS
APPLICATION OF DIGITAL IMAGE CORRELATION METHOD OF
STRUCTURES IN LABORATORY STUDIES 21

Kokorevičs Renārs, Neiburgs Arturs

DZELZSBETONA SIJAS OGLEKĻA DIOKSĪDA EMISIJU
OPTIMIZĀCIJA PIELIETOJOT PARAMETRISKOS ALGORITMUS
OPTIMIZATION OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS OF
REINFORCED CONCRETE BEAMS USING PARAMETRIC
ALGORITHMS 24

Kravale Evija, Grants Edvīns

NORMATĪVO PRASĪBU SALĪDZINĀJUMS KONSTRUKCIJĀM
EVAKUĀCIJAS NODROŠINĀŠANAI PUBLISKĀS BŪVĒS
COMPARISON OF REGULATORY REQUIREMENTS FOR
STRUCTURES FOR ENSURING EVACUATION IN PUBLIC
BUILDINGS 26

Kucins Krišjānis, Ozola Lilita

FORMMAIŅAS NESTSPĒJAS NODROŠINĀŠANAS METOŽU
SALĪDZINĀJUMS VAIRĀKSTĀVU PLATFORMAS TIPA KOKA
KARKASA MODUĻU ĒKAI
COMPARISON OF METHODS OF ENSURING THE RACKING
RESISTANCE CAPACITY FOR MID-RISE PLATFORM-TYPE
MODULAR TIMBER FRAME BUILDING 29

Norenbergs Kristaps, Ozola Lilita

DAĻĒJI STINGA L-TIPA KOKA ELEMENTU SAVIENOJUMA
DEFORMĀCIJU IZPĒTE APRĒĶINA SLODZES DIAPOZONĀ
STUDY OF L-TYPE SEMI-RIGID TIMBER JOINT DEFORMATIONS
IN THE RANGE OF DESIGN LOAD 32

Šinkus Vladimirs, Andersons Guntis

PĒTĪJUMS PAR STABVEIDA UN PLĀTŅVEIDA PAMATIEM
RESEARCH ON PILLAR AND SLAB FOUNDATIONS 34

Upnere Renāte, Grants Edvīns

KŪDRAS SUBSTRĀTA RAŽOŠANAS ĒKU UGUNSSLODZES
NOTEIKŠANA
DETERMINATION OF THE FIRE LOAD OF BUILDINGS
PRODUCING PEAT SUBSTRATE 36

Mārtiņš Pētersons, Ozola Lilita

MAINĪGOS MIKROKLIMATA APSTĀKĻOS ILGSTOŠI
EKSPLUATĒTAS KOKSNES STIPRĪBAS UN STINGUMA ĪPAŠĪBU
NOVĒRTĒJUMS
EXAMINATION OF THE STRENGTH AND STIFFNESS
PROPERTIES OF WOOD AFTER LONG-TERM USE UNDER
VARIABLE SERVICE CONDITIONS 39

Šnore Solvita, Skadiņš Ulvis

ŠĶIEDRU IETEKME UZ DZELZSBETONA SIJU DARBĪBU BĪDES
SLOGJUMĀ
EFFECT OF FIBRES ON SHEAR BEHAVIOR OF REINFORCED
CONCRETE BEAMS 42

I LBTU VBF ARHITEKTŪRAS UN BŪVniecības
KATEDRAS
SEKCIJA „BŪVniecība”

STIKLA PAKEŠU IETEKME UZ STIKLA FASĀDES TEHNISKAJIEM UN EKONOMISJAIEM RĀDĪTĀJIEM THE EFFECT OF GLASS PANES ON THE TECHNICAL AND ECONOMIC PARAMETERS OF THE CURTAIN WALL

Vilciņš Raivis

LBTU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības bakalaura studiju programmas “Būvniecība” students

Brencis Raitis

Dr.sc.ing., LBTU VBF Arhitektūras un būvniecības katedra

Abstract. The use of glass materials in building facades has been growing rapidly for at least 20 years. The main advantages of using glass are up to 80% natural light transmission, sound insulation, and easy cleaning during operation. As part of the research work, the goal is to find out how long during the building’s maintenance, it pays off to use a more expensive glass pane with three layers of glass, compared to a cheaper two-layer glass pane.

Ievads. Stikla materiālu izmantošana, ēku fasāžu apdarē, strauji pieaug jau vismaz 20 gadus. Galvenās stikla izmantošanas priekšrocības ir līdz 80% dabiskās gaismas caurlaidība, skaņas izolācija un tā vieglā uzkopšanas ekspluatācijas laikā. Pētnieciskā darba ietvaros, mērķis ir noskaidrot cik ilgā ēkas ekspluatācijas laikā, atmaksājas izmantot dārgāku stikla paketi ar trīs kārtu stiklu, salīdzinājumā ar lētāku divu kārtu stikla paketi.

Metodika. Atlasīti un izpētīti literatūras avoti par stikla paketes tehniskajām īpašībām, lai veiktu siltumtehnikos aprēķinus, uz kā pamata izdarīt secinājumus par izmaksu starpībām starp stikla pakešu veidiem.

Rezultāti. Noteikti siltumenerģijas zudumi stikla pakešu veidiem un papildus būvniecības izmaksas pieļaujot trīsstiklu paketi.

Secinājumi. Lai būvniecības izmaksu sadārdzinājumu, kas rodas izmantojot trīsstiklu paketi, atpelnītu ar siltuma enerģijas ietaupījumiem ēkas telpā, nepieciešami 20 gadi.

Izmantotā literatūra.

1. Schuco FWS 60 sistēma [skatīts 19.12.2022]. Pieejams: <https://www.schueco.com/us/architects/products/facades/mullion-transom-facades/fws-60>
 2. PressGlass Low-E stikli [skatīts 19.12.2022]. Pieejams: <https://www.pressglass.com/market-offer/glazed-units/low-emission-glass/>
 3. 01.06.2017. EN12631:2017 [skatīts 19.12.2022]. Pieejams: <https://www.iso.org/standard/66762.html>
 4. 23.05.2007 EN1999-1-3 Euroce 9: Design of aluminium structures [skatīts 19.12.2022]. Pieejams: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/11/en.1999.1.1.2007.pdf>
- Kopā 11 literatūras avoti.

UGUNSDROŠĪBAS PRASĪBAS LAUKSAIMNIECĪBAS ĒKU UN BŪVJU PROJEKTĒŠANĀ

FIRE SAFETY REQUIREMENTS FOR DESIGNING AGRICULTURAL BUILDINGS AND STRUCTURES

Rasma Ķīvīte

LBTU, Vides un būvzinātņu fakultāte (VBF), Profesionālās augstākās izglītības maģistra studiju programmas "Būvniecība" maģistrante

Silvija Štrausa

Asociētā profesore (Emeritus), Mg.sc.ing., LBTU VBF Arhitektūras un būvniecības katedra

Abstract. Every year, farmers suffer significant financial losses in agricultural fires, which affect the economy of Latvia. Inadequate requirements of Latvian legislation for fire protection of agricultural buildings, lack of fire-fighting water extraction points in rural areas, and the time between the discovery of a fire, notification to the State Fire and Rescue Service, and its arrival at the facility tend to be too long, which leads to the fact that it is no longer possible to save the buildings, therefore, the responsibility for fire safety remains with each farmer. Experience and research in other countries have shown that fires in agricultural buildings can be significantly reduced, often even with relatively simple measures and small financial investments. Therefore, a hypothesis was put forward for the master's thesis that by making changes to the fire safety requirements for agricultural buildings and structures and by replacing the fire load determination methodology with the standard LVS EN 1991-1-2 methodology in the Regulations Regarding Latvian Construction Standard LBN 201-15 "Fire safety of structures," the fire safety of agricultural buildings and structures would be improved, because currently the standard minimally affects the calculations of the fire load of the building, allowing to use already divided building categories according to the limits of fire loads.

Ievads. Ik gadu lauksaimniecības ugunsgrēkos lauksaimnieki gūst būtiskus finansiālus zaudējumus, kas ietekmē Latvijas ekonomiku. Nepietiekamās Latvijas likumdošanas prasības lauksaimniecības ēku ugunsdrošībai, trūkstošās ugunsdzēsībai paredzētās ūdens ņemšanas vietas lauku teritorijās, un laiks no ugunsgrēka atklāšanas, paziņošanas Valsts ugunsdzēsības un glābšanas dienestam, un tā ierašanās objektā mēdz būt pārāk ilgs, kas noved pie tā, ka būves vairs nav iespējams glābt, līdz ar to atbildība par ugunsdrošību paliek katra lauksaimnieka ziņā. Cīņu valstu pieredze un pētījumi ir pierādījuši, ka lauksaimniecības ēku ugunsgrēkus var būtiski ierobežot, bieži vien pat ar salīdzinoši vienkāršiem pasākumiem un nelieliem finansiāliem ieguldījumiem. Tāpēc maģistra darbam tika izvirzīta hipotēze, ka veicot izmaiņas ugunsdrošības prasībām lauksaimniecības ēkām un būvēm, un aizstājot ugunsloadžu noteikšanas metodiku ar standarta LVS EN 1991-1-2 metodiku Latvijas būvnormatīvā LBN 201-15 "Būvju ugunsdrošība," tiktu uzlabota lauksaimniecības ēku un būvju ugunsdrošība, jo patreiz normatīvs

minimāli pieskaras būves ugunsšlodes aprēķiniem, atļaujot izmantot, jau iepriekš iedalītas kategorijas būvēm pa ugunsšlodzi robežām. Tā kā lauksaimniecības būves un ēkas tiek pieskaitītas pie speciālām būvēm, tad vispareizākais ir noskaidrot kādam mērķim un kādi materiāli tajās tiks izvietoti, lai varētu korekti noteikt objekta kopējo ugunsšlodzi, ievērtējot ienestās mainīgās ugunsšlodes.

Metodika. Maģistra darbā tiek veikts lauksaimniecības ēku ugunsgrēku statistikas datu un literatūras apskats, pamatā izpētot Latvijas būvnormatīvu LBN 201-15 “Būvju ugunsdrošība” noteikumus, to salīdzinot ar ugunsdrošības prasības citām valstīm. Pētnieciskajā daļā tika noteikts materiāla siltuma daudzums un degšanas jaudas Zemgales pļavās novāktam sienam un salmiem izmantojot skābekļa bumbas kalorimetru un konisko kalorimetru, lai rastu izpratni, par to radīto ugunsšlodzi uz lauksaimniecības ēkām un būvēm.

Rezultāti. Lauksaimniecības ēku ugunsgrēku statistikas datu apskatā ir apkopota informācija par lauksaimniecības ēku un būvju ugunsgrēku tendencēm Latvijā, un citur pasaulē. Latvijas būvnormatīvu LBN 201-15 “Būvju ugunsdrošība” salīdzinot ar citu valstu normatīvajiem dokumentiem, ir konstatētas nepilnības, kuras novēršot tiktu uzlabota lauksaimniecības ēku un būvju ugunsdrošība. Ar skābekļa bumbas kalorimetru noteiktās materiāla siltuma daudzuma vērtības pilnīgi sausam Zemgales pļavās novāktam sienam ir 18,19 MJ/kg un salmiem ir 17,96 MJ/kg, un iegūtie rezultāti ir izmantojami raksturīgo ugunsšlodzi aprēķiniem pēc standarta LVS EN 1991-1-2 pielikuma E metodikas.

Secinājumi. Apskatot lauksaimniecības ugunsgrēku statistikas datus, kuri norāda uz negatīvu tendenci, un zinot, ka pamatā lauksaimniecības ēkas atrodas nomaļās teritorijās, var secināt, ka pastāv risks, ka ugunsdzēsēji var nepaspēt ierasties Ministru kabineta noteiktajā laikā, kas norāda uz nepieciešamību lauksaimniekiem pašiem uzlabot ugunsdrošību. Būvnormatīvā LBN 201-15 izvirzītās ugunsdrošības prasības lauksaimniecības ēkām ir mīkstinošas, mazinot lauksaimniecības ēku un būvju ugunsdrošību, un aprēķina metodika ugunsšlodes noteikšanai ir pretrunā ar Eiropas standarta noteikto metodiku. Latvijas normatīvie akti neparedz īpašas prasības mājlopu evakuācijai un ugunsdrošībai ugunsgrēka laikā, ugunsdrošības prasības ir vērstas tikai uz cilvēka drošību. Tā kā siena un salma ugunsgrēki ir ar strauja uguns izplatīšanās tendenci, tad var secināt, ka šādi ugunsgrēki ir jāatklāj laicīgi, lai būtiski samazinātu ugunsgrēka radītās sekas.

Izmantotā literatūra.

1. <https://www.vugd.gov.lv/lv/gada-publiskie-parskati>
2. Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 201-15 “Būvju ugunsdrošība,” MK 2015.gada 30. jūnija noteikumi Nr. 333. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/275006-noteikumi-par-latvijas-buvnormativu-lbn-201-15-buvju-ugunsdroshiba> -, Resurss apskatīts 2023. g. 24. janvārī

3. NFPA 150 Fire Safety in Animal Housing, Facilities Code 2022, Pieejams: <https://link.nfpa.org/free-access/publications/150/2022>
 4. Fire protection in farm buildings, CFPA-E Guidelines No 17:2015 F, 2015, Pieejams: https://cfpa-e.eu/app/uploads/2022/04/CFPA_E_Guideline_No_17_2015_F.pdf
 5. The Building Regulations 2010, Fire safety, Approved document B, Volume 2: Buildings other than dwellings, 2019 edition incorporating 2020 and 2022 amendments
 6. Fire safety risk assessment: animal premises and stables, Home office, 2007. Pieejams: <https://www.gov.uk/government/publications/fire-safety-risk-assessment-animal-premises-and-stables>
 7. Dieal F., Rauch E., Palme R., Sauter-Louis C., Zeiler E. Exploring the Evacuation of Dairy Cattle at Night in Collaboration with the Fire Brigade: How to Prepare Openings for Swift Rescue in Case of Barn Fire. Animals, 2022, Pieejams: <https://doi.org/10.3390/ani12111344>
 8. Latvijas standarts LVS EN 1991-1-2 “1. Eiropas kodekss. Iedarbes uz konstrukcijām. 1-2. Daļa: Vispārīgās iedarbes. Uguns radītās iedarbes uz konstrukcijām”, 2007
 9. Pitts W. M, Ignition of Cellulosic Fuels by Heated and Radiative Surfaces, NIST Technical Note 1481, Building and Fire Research Laboratory, 2007 [Elektronisks resurss], Pieejams: <https://doi.org/10.6028/nist.tn.1481>
- Kopumā izmantoti 85 literatūras avoti.

ĪŪŅNĪCĪBAS ATKRĪTUMU PĀRSTRĀDES IESPĒJAS LATVIJĀ POSSIBILITIES OF RECYCLING CONSTRUCTION WASTE IN LATVIA

Grābēns Kaspars

LBTU, Vides un būvzinātņu fakultāte (VBF), Profesionālās augstākās izglītības maģistra studiju programmas "Būvniecība" maģistrants

Gusta Sandra

Dr. oec., LBTU VBF Arhitektūras un būvniecības katedra

Pavārs Mareks

Mg. Sc. ing., LBTU VBF Arhitektūras un būvniecības katedra

Abstract. Construction waste refers to waste resulting from the construction, renovation, and demolition of buildings, as well as surplus and damaged materials generated during the construction process or materials that are used temporarily on the construction site. Typically, construction waste from residential buildings contains concrete, wood, metals, plasterboard, oils, chemicals, and roofing materials. Much of the construction waste is currently landfilled, eliminating potential reuse material. It is possible to recycle the waste of several construction materials into new construction materials. Within the master's thesis, possible construction waste recycling processes and their final products are identified, the attitude of the industry participants regarding the sorting of construction waste and the use of recycled materials in construction is clarified, and the characteristics of recycled construction material and its production process are examined more closely.

Ievads. Par būvniecības atkritumiem tiek saukti atkritumi, kas radušies būvniecības, renovācijas un ēku nojaukšanas rezultātā, kā arī pārpalikumi un bojātie materiāli, kas radušies celtniecības procesā vai materiāli, kas būvlaukumā tiek izmantoti īslaicīgi. Parasti būvniecības atkritumi no dzīvojamām mājām satur betonu, koksni, metālus, ģipša paneļus, eļļas, ķīmikālijas un jumta apdares materiālus. Liela daļa būvniecības atkritumu šobrīd tiek noglabāti, tādējādi likvidējot potenciālu otrreiz izmantojamu materiālu. Ir iespējama vairāku būvniecības materiālu atkritumu pārstrāde jaunos būvmateriālos. Maģistra darba ietvaros tiek apzināti iespējamie būvniecības atkritumu pārstrādes procesi un to gala produkti, noskaidrota nozares dalībnieku attieksme par būvniecības atkritumu šķirošanu un pārstrādātu materiālu izmantošanu būvniecībā un tiek apskatītas tuvāk kāda pārstrādāta būvmateriāla īpašības un tā ražošanas process.

Metodes. Maģistra darba ietvaros tika veikts literatūras apskats, apskatot citu valstu pieredzi būvniecības atkritumu pārstrādes jomā un šobrīd Latvijā esošos atkritumu apsaimniekošanas kārtību. Otrajā maģistra darba daļā tika veikta būvniecības nozarē iesaistītu pārstāvju aptauja. Tika aptaujāti būvnieki, projektētāji, pasūtītāju pārstāvji, kā arī privātpersonas, kuras pēdējā laikā ir veikušas būvdarbus vai remontdarbus. Maģistra darba noslēdzošajā daļā tika tuvāk apskatīta viena konkrēta būvmateriāla – akmensvates pārstrādes procesa iespējas un eksperimentāli noteikta siltumvadītspēja pieciem dažādiem sasmalcinātās akmens vates paraugiem.

Rezultāti. Apskatot aptaujas rezultātus var secināt, ka Latvijas būvniecības nozare apzinās būvniecības atkritumu problemātiku un ir gatava iesākt pārmaiņas, lai ar nozares radītajiem atkritumiem rīkotos ar augstāku atbildības sajūtu. Šobrīd būvniecības atkritumu šķirošana tiek veikta nelielos apjomos, taču to, galvenokārt, varētu veicināt izmaiņas būvniecības atkritumu nodošanas tarīfos. Par pārstrādātu materiālu izmantošanu būvobjektos vairums atbild pozitīvi, bet gan labprāt izvairītos to darīt nesošajās konstrukcijās. Akmens vates eksperimentālie rezultāti norāda ka akmens vates atgriezumus sasmalcinot un iestrādājot kā beramo vati, šis materiāls nezaudē savus siltumvadītspējas raksturlielumus. Rezultāti gan tika iegūti pie salīdzinoši augsta iestrādes blīvuma – 60kg/m³, kas tika darīts, lai nodrošinātu precīzākus eksperimenta datus, taču, salīdzinot eksperimentā iegūtos datus ar tirgū pieejamo beramo vati, tiek secināts, ka siltumvadītspējas rādītāji ir ļoti tuvi.

Secinājumi.

1. Pasaulē ir vairāki veiksmīgi piemēri, kur būvniecības atkritumi tiek pārstrādāti jaunos būvmateriālos. To dara gan esošie būvmateriālu ražotāji pieņemot savu materiālu atgriezumus, gan ražotāji, kuri pieņem dažādus būvniecības atkritumus un pārstrādā jaunos materiālos.
2. Latvijas būvniecības nozare ir gatava sākt virzību uz apjomīgāku būvniecības atkritumu šķirošanu, veicināt ātrāku virzību uz šķirošanu var paplašinot šķiroto materiālu nodošanas iespējas un padarot to ekonomiski izdevīgāku.
3. Latvijas būvniecības nozare ir gatava izmantot būvniecībā materiālos, kuri ir ražoti izmantojot būvniecības atkritumus. Galvenokārt tas būtu pozīcijas, kuras nav nesošas. Šo virzīt varētu plašāks pārstrādāto materiālu piedāvājums un zemāka izstrādājumu cena.
4. Latvijā ir iespējams pārstrādāt būvniecības atkritumus jaunos materiālos. Labs piemērs ir akmensvate. Tās atgriezumi ir plaši sastopami, jo tās pielietojums Latvijas būvniecībā ir ļoti plašs. Ja to izdala atsevišķi no pārējiem būvniecības atkritumiem, tad tā ir viegli sasmalcināma un pielietojama kā beramā vate pārsegumu siltināšanai.
5. Sasmalcinot akmens vati, tā saglabā savas siltumvadītspējas īpašības, tādēļ tas ir labs pārstrādātais materiāls ko izmantot būvniecībā. Visu pārbaudīto paraugu siltumvadītspēja pēc sasmalcināšanas bija zemāka nekā ražotāja norādītā sākotnējam materiālam.

Izmantotā literatūra.

1. Rockwool UK recycling service. A circular approach to construction, ROCKWOOL Limited, 2020
2. LafargeHolcim recycles C&DW into new sustainable building materials. Pieejams: <http://www.circulary.eu/project/lafargeholcim-demolition-waste/>
3. Developing circular economy across activities. Saint-Gobain. Pieejams: <https://www.saint-gobain.com/en>

4. How to Recycle Polystyrene Insulation. Greenmax. Pieejams: <https://www.greenmax-machine.com/How-To-Recycle-Polystyrene-Insulation.html>
 5. Baumanis G., Zorica J., Korjakins A., Bajare D., Processing of Gypsum Construction and Demolition Waste and Properties of Secondary Gypsum Binder. Pieejams: <https://www.mdpi.com/2313-4321/7/3/30>
 6. Improving and using recycled gypsum. Knauf. Pieejams: <https://www.knauf.co.uk/about-us/news/2020/06/08/18/25/improving-and-using-recycled-gypsum>
 7. What is Stone Wool – Rock wool - Definition. Nick Connor <https://www.thermal-engineering.org/what-is-stone-wool-rock-wool-definition/>
 8. Construction industry's waste circulation problems in Latvia. Gusta, Sandra; Pavārs Mareks; Grābens Kaspars, Latvia, 2023. Pieejams: <https://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2023/Papers/TF069.pdf>
 9. Atkritumu apsaimniekošanas likums. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/221378-atkritumu-apsaimniekosanas-likums>
- Kopumā izmantoti 20 literatūras avoti.

II LBTU VBF BŪVKONSTRUKCIJU KATEDRAS
SEKCIJA „BŪVKONSTRUKCIJU RISINĀJUMI”

SIENU MŪRA BLOKU SALĪDZINĀJUMS COMPARISON OF WALL MASONRY BLOCKS

Berners Toms

LBTU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības bakalaura studiju programmas "Būvniecība" students

Bokta Mareks

Mg.sc.ing., vieslektors, LBTU Būvkonstrukcijas katedra

Abstract. Nowadays, various materials are used in constructions of masonry, so the question arises as to what are the reasons and advantages or disadvantages of the material that makes one or another material to be chosen. The work evaluates and examines one of the most common and popular materials - aerated concrete, expanded clay and ceramic blocks, as well as silicate blocks and compares them. General information about these four selected materials and their technical parameters, installation technology and an economic comparison were reviewed in order to be able to determine the advantages and disadvantages of the materials as objectively as possible.

Ievads. Mūsdienās būvniecībā mūru konstrukcijās tiek izmantoti dažādi materiāli, līdz ar to rodas jautājums, kas ir tie iemesli un materiāla priekšrocības vai trūkumi, kas liek izvēlēties vienu vai otru materiālu. Darbā izvērtēti un aplūkoti vieni no izplatītākajiem un populārākajiem materiāliem – gāzbetona, keramzīta un keramiskie bloki, kā arī silikāta bloki un veikts to salīdzinājums. Apskatīta vispārēja informācija par šiem četriem izvēlētajiem materiāliem un to tehniskie parametri, iestrādes tehnoloģija un veikta ekonomiskā salīdzināšana, lai pēc iespējas objektīvāk varētu novērtēt materiālu priekšrocības un trūkumus.

Metodika. Darbā tiek apskatīti un raksturoti izvēlētie celtniecības bloki un to pielietojums būvniecībā, kā arī veikts savstarpējs salīdzinājums. Aprēķinātas teorētiskās kopējās izmaksas mūra konstrukcijas sienai uz m², ņemot vērā, ka ēkas ārīsenai jānodrošina Latvijas būvnormatīvam LBN 002-19 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika" prasības.

Rezultāti. Lai izvērtētu celtniecības blokus veikts savstarpējs salīdzinājums:

- Salizturības rādītājiem;
- Izmaksu salīdzinājumam uz 1 m² nodrošinot siltumcaurlaidības koeficientu URM;
- Ūdens un mitruma absorbcijas rādītājiem;
- Bloku spiedes stiprībai un svaram;
- Skaņas izolācijai.

Secinājumi. No izmaksu viedokļa līderis ir keramisko bloku siena – KERATERM 25, kuru nepieciešams papildus siltināt ar 15 cm siltumizolācijas slāni. Plaši tiek izmantoti individuālo ēku celtniecībā, kā arī augstā spiedes stiprība 15 MPa ļauj materiālu izmantot arī daudzstāvu dzīvojamā ēku būvniecībā. Bloku caurumotā struktūra lieliski absorbē skaņas izplatīšanos, tādēļ KERATERM blokus ir iespējams arī izmantot sabiedrisko ēku būvniecībā. Keramiskie bloki mūsu klimatiskajos apstākļos ir vieni no

piemērotākajiem mājas būvniecībai. Tas izgatavots no dabīga materiāla – māla, kas spēj ātri izvadīt mitrumu, labi un ātri ventilējas, un no tiem būvētas sienas ir arī drošas namu iedzīvotāju veselībai, jo spēj nodrošināt labu mikroklimatu iekštelpās. Lai gan siltumnoturība keramikas blokiem ir līdzīga, piemēram, gāzbetona blokiem, keramiskajiem materiāliem to blīvuma dēļ ir augsta termiskā stabilitāte un inerce. Tas nozīmē, ka šis materiāls labi uzkrāj siltumu un to atdod atpakaļ lēni, ļaujot telpās dabiski uzturēt optimālu temperatūru visos gadalaikos. Vasaras karstākajos mēnešos telpas, kuras netiek atvēsinātas ar kondicionieri, nepārkarsīs tik strauji, kā, piemēram, vieglo konstrukciju mājas.

Izmantotā literatūra.

1. SIA ‘MV project’. (2009) Būvdarbu izcenojuma katalogs. Rīga: Rīgas celtniecības koledža.
2. BOUROC mājaslapa. [skatīts 10.12.2022]. Pieejams: <https://bauroc.lv/>
3. Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 002-19 “*Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika*”: MK 2019.gada 1.janvāra noteikumi Nr. 280. [skatīts 08.12.2022]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/307966-noteikumi-par-latvijas-buvnormativu-lbn-002-19-eku-norobezojoso-konstrukciju-siltumtehnika>
4. Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 201-15 “*Būvju ugunsdrošība*”: MK 2015.gada 1.jūlija noteikumi Nr. 333. [skatīts 08.11.2022]. Pieejams: [https://likumi.lv/ta/id/275006-noteikumi-par-latvijas-buvnormativu-lbn-201-15-buvju-ugunsdrošiba-](https://likumi.lv/ta/id/275006-noteikumi-par-latvijas-buvnormativu-lbn-201-15-buvju-ugunsdrošiba)
5. SOLBET mājaslapa. [skatīts 10.12.2022]. Pieejams: <https://www.solbet.pl/>
6. Wikipedia mājaslapa. [skatīts 13.12.2022]. Pieejams: https://en.wikipedia.org/wiki/Autoclaved_aerated_concrete#Manufacturing
7. WEBER mājaslapa. [skatīts 13.12.2022]. Pieejams: <https://www.lv.weber/ka-izveleties-sev-piemerotakos-fibo-blokus-lai-uzbuvetu-maju>
8. ARKO mājaslapa. [skatīts 13.12.2022]. Pieejams: <http://arkom.lv/produkti/>
9. PROF.LV mājaslapa. [skatīts 13.12.2022]. Pieejams: <https://prof.lv/>
10. KERATERM mājaslapa. [skatīts 14.12.2022]. Pieejams: <https://keraterm.lv/>

KRUSTENISKI LĪMĒTU DĒĻU PĀRSEGUMU UN SIENU PANEĻU ANALĪZE

ANALYSIS OF CROSS-LAMINATED TIMBER COVERS AND WALL PANELS

Čuličoka Marta

LBTU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības bakalaura studiju programmas “Būvniecība” pilna laika studente

Dandens Atis

Mg.sc.ing., vieslektors, LBTU VBF Būvkonstrukciju katedra

Abstract. Cross-laminated Timber (CLT) is an industrially produced multi-layer solid wood panel. CLT consists of boards perpendicularly placed and glued together in the plane. They are primarily intended as elements of load-bearing walls, coverings, and roofs in all types of structures, and also tend to be used as interior elements (in the manufacture of stairs or furniture). CLT is a sustainable material because it consists of wood, which is a renewable resource. Due to the fact that these panels are prepared at the factory according to the dimensions and cutouts, they can be assembled relatively quickly on-site at the site, leaving a minimum amount of waste and reducing construction time. Panels of CLT are about two times lighter than expanded clay concrete blocks and about five times lighter than reinforced concrete. This makes their transportation to the construction site cheaper and moving them during assembly requires less equipment and human resources.

Ievads. Krusteniski līmētu dēļu paneļi (no angļu valodas Cross-laminated Timber (CLT)) ir industriāli ražots vairāku slāņu masīvkoka panelis. CLT sastāv no plaknē perpendikulāri novietotiem un salīmētiem dēļiem. Tos primāri paredz kā slodzi nesošo sienu, pārsegumu un jumtu elementus visa veida būvēs, kā arī tos mēdz izmantot kā interjera elementus (kāpņu vai mēbeļu ražošanā). CLT ir ilgtspējīgs materiāls, jo sastāv no koksnes, kas ir atjaunojams resurss. Pateicoties tam, ka šie paneļi tiek sagatavoti rūpnīcā atbilstoši izmēriem un izgriezumiem, tos var salīdzinoši ātri samontēt uz vietas objektā, atstājot minimālu atkritumu daudzumu un samazinot būvniecības laiku. Krusteniski līmētu dēļu paneļi ir aptuveni divas reizes vieglāki nekā keramzītbetona bloki un aptuveni piecas reizes vieglāki nekā stiegrots betons. Tas padara to transportēšanu uz būvobjektu lētāku un pārvietošana montāžas laikā prasa mazāk iekārtu un cilvēkresursu.

Metodika. Veikts literatūras apskats, konstruēti CLT pārsegumu un sienu paneļi atbilstoši normatīvu un standartu nosacījumiem, analizēti CLT paneļi datorprogrammā RF-LAMINATE, veikts praktisks eksperiments, kura laikā tika veikta slodzes pārbaude trim CLT paneļu paraugiem. Apstrādāti un analizēti iegūtie eksperimentālie dati, kā arī sagatavotas pārsegumu paneļu laiduma un šķērsriezuma augstuma un sienu paneļu biežuma un augstuma tabulas un grafiki.

Rezultāti. CLT paneļa ar izmēriem 3000x500x120 mm noteiktā teorētiskā nestspēja ir 51.6 kN. Pie šādas slodzes paneļa teorētiskā izliece ir $w=38.2$ mm. Veicot šāda izmēra paneļa analīzi

programmā RF LAMINATE, pie teorētiskās nestspējas 51.6 kN, programmā aprēķinātā izliece $w=37.7$ mm.

Nestspēja, kas iegūta eksperimentāli F_{max} ir robežās no 57.9 līdz 60.1 kN. Parauga eksperimentālā nestspēja pārsniedz teorētisko nestspēju robežās no 12-17 %.

Secinājumi. Ņemot vērā to, ka krusteniski līmētu dēļu paneļi būvniecībā ir zināmi jau aptuveni 30 gadus un tiem ir daudz pozitīvu īpašību, tie nav pieprasītākie un biežāk izmantotie materiāli nesošo konstrukciju būvniecībā.

CLT paneļi salīdzinājumā ar betonu vai tēraudu ir videi draudzīgāks un vieglāks materiāls, kā arī šī materiāla ražošanā netiek radīts liels atkritumu apjoms un to montāžai nepieciešams mazāks būvniecības laiks.

Lai rosinātu projektētājus, kā arī pasūtītājus izmantot šo materiālu būvniecībā, īpaši publisku projektu būvniecībā, būtu nepieciešama plašāka informācija par CLT paneļu īpašībām, priekšrocībām, kā arī trūkumiem.

Izmantotā literatūra.

1. Borgstrom E., Frobel J. (2019) The CLT Handbook. CLT structures – facts and planning. Stockholm. p.188
 2. RF-LAMINATE. Design of Laminated surfaces. Program Description (2016). Germany. p. 97
 3. LVS EN 1991-1-1. 1.Eiropas kodekss - Iedarbes uz konstrukcijām. 1- 1.daļa: Vispārīgās iedarbes. Būvums, pašsvars, ēku ekspluatācijas slodzes.
 4. LVS EN 1995-1-1. 5.Eiropas kodekss. Koka konstrukciju projektēšana. 1- 1.daļa: Vispārīgi. Vispārīgie noteikumi un noteikumi būvēm.
- Kopā 10 literatūras avoti.

STIEGROTA BETONA KĀPŅU LAIDU ANALĪZE

ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE STAIR FLIGHTS

Gārde Kate

LBTU, Vides un būvzinātņu fakultātes, būvniecības studiju pilna laika studiju piektā kursa studente

Dandens Atis

Mg.sc.ing., vieslektors, LBTU VBF Būvkonstrukciju katedra

Ievads. Kāpnes ir nozīmīga būves konstrukcija, kas dod iespēju lietotājiem pārvietoties starp būves stāviem, kā arī evakuēties gadījumā, ja ir iestājusies ārkārtas situācija. Stiegrota betona kāpnēm ir virkne priekšrocību salīdzinot ar tērauda un koka kāpnēm, kā piemēram, ekspluatācijas ilgums un ugunsizturība. Nereti arhitekti izmanto kāpnes, lai padarītu būvi interesantāku. Viens no risinājumiem ir zāģzobu (sawtooth) kāpņu laidī.

Abstract. A staircase is an important structure that allows users to move between the floors of the structure, as well as to evacuate in the event of an emergency. Reinforced concrete stairs have a number of advantages over steel and wooden stairs, such as service life and fire resistance. It is not uncommon for architects to use stairs to make the structure more interesting. One of the solutions is sawtooth ladder spans.

Metodika. Veikts literatūras apskats, konstruēti stiegrota betona kāpņu laidī atbilstoši normatīvu un standartu nosacījumiem, Analizēti stiegrota betona kāpņu laidī datorprogrammā Dlubal RFEM, pielietojot galīgo elementu metodi. Salīdzināti iegūtie rezultāti. Formulēti secinājumi un priekšlikumi. Sagatavotas laiduma un šķērsriezuma augstuma tabulas un grafiki.

Rezultāti. Šķērs spēka vērtības: Excel – 10.50 kN; Līniju (1D) modelim – 10.22 kN; Plakņu (2D) modelim – 9.66 kN. Lieces momenta vērtības: Excel – 4.73 kNm; Līniju (1D) modelim – 4.73 kNm; Plakņu (2D) modelim – 4.75 kNm. Nepieciešamais stiegrojuma laukums: Excel – 1.37 cm²; Līniju (1D) modelim – 1.37 cm²; Plakņu (2D) modelim – 1.37 cm².

Secinājumi.

1. Salīdzinot rezultātus starp aprēķiniem datorprogrammā Excel un modelēšanas rezultātiem datorprogrammā Dlubal RFEM, kurā tika veidoti līniju (1D) un plakņu (2D) galīgo elementu modeļi, būtiska atšķirība netika iegūta.
2. Aprēķinu un modelēšanas rezultāti jāpārbauda, izgatavojot paraugus un veicot sloģošanas pārbaudes laboratorijā.

Izmantotā literatūra.

1. Būvju vispārīgo prasību būvnormatīvs LBN 200-21
2. Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 201-15 "Būvju ugunsdrošība"
3. LVS EN 1990 Eirokodekss. Konstrukciju projektēšanas pamatprincipi.

4. LVS EN 1991-1-1. 1. Eirokodekss. Iedarbes uz konstrukcijām. 1-1. daļa: Vispārīgās iedarbes. Blīvums, pašsvars, ēku ekspluatācijas slodzes.
5. Reynolds E. C., Steedman C.J., Threlfall J.A., (2008) Reynolds`s Reinforced Concrete Designer`s Handbook ELEVENTH EDITION. Abington: Taylor & Francis. 401 p.
6. A cement and concrete industry (2006) „How to design concrete structures using Eurocode 2”. Blackwater, Camberley: The Concrete Centre
7. LVS EN 1992-1-2 2.Eirokodekss. Betona konstrukciju projektēšana. 1-2. daļa: Vispārīgie noteikumi. Ugundrošu konstrukciju projektēšana.
8. Zāģzobveida kāpnes [Elektroniskais resurss] - <https://aqso.net/work/1104mhl-cuna-house-private-residence-in-lorqui/5621-the-exposed-concrete-stairs>
9. LVS EN 1992-1-1 2. Eirokodekss. Betona konstrukciju projektēšana. 1-1.daļa: Vispārīgie noteikumi un noteikumi ēkām.

DIGITĀLĀS ATTĒLA KORELĀCIJAS METODES IZMANTOŠANA KONSTRUKCIJU LABORATORISKAJOS PĒTĪJUMOS APPLICATION OF DIGITAL IMAGE CORRELATION METHOD FOR STRUCTURAL LABORATORY TESTS

Aleksandra Kačane

LBTU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības bakalaura studiju programmas “Būvniecība”

Ulvis Skadiņš

Asociētais profesors, Dr. sc. ing., LBTU VBF Būvkonstrukcijas katedra

Annotation. The first chapter analyzed the literature on the digital image correlation method, providing information on the inventors of the method, and its progress over time from its inception to the present day.

The second chapter describes the research experiment carried out in the University's Research Laboratory. Summaries and analyses of the results. Conclusion and presentations are made.

Ievads. Mūsdienās konstrukciju drošums tiek novērtēts ar datorprogrammām, kuru pamatā ir galīgo elementu metode un dažādi matemātiskie materiālu modeļi. Šos modeļus nepieciešams kalibrēt ar laboratorijas testiem. Tradicionāli laboratorisko pārbaužu laikā tiek fiksēts sloģošanas spēks un deformācijas atsevišķos konstrukciju punktos. Lai teorētiskos modeļus varētu izvērtēt precīzāk, laboratorijas testiem būtu nepieciešami tādi deformāciju mērījumi, kas dod informāciju par visu konstrukciju. Tādu iespēju dod digitālā attēlu korelācijas metode (DIC). Šī metode reģistrē visas pikseļu savstarpējās izmaiņas paraugu uzņēmumos testa laikā. Tādējādi ir iespējams reģistrēt deformāciju, izlieču un plaisu veidošanos jebkurā parauga vietā un sloģošanas proces laikā. Lai šo metodi varētu pilnvērtīgi izmantot laboratorijas testos, ir jāveic iegūto rezultātu salīdzinājums ar tradicionālajiem deformāciju devējiem konkrētos paraugu punktos.

Metodika. Eksperimentu veicam LBTU Būvkonstrukciju Zinātniskajā laboratorijā. Eksperimenta galvenais uzdevums bija liela izmēra betona paraugu sloģošanas un deformācijas analīze ar DIC metodi un rezultātu salīdzinājums ar citām metodēm. Eksperimenta gaitā tika slogots trīs slāņu šķiedru betona sienas panelis. Sienai izveidots izolācijas slānis no putuplasta. Sienas izmēri – augstums 2 metri, platums 0.3 metri. Sienu novieto vertikāli uz sloģošanas stenda. Sloģošana tika veikta ar Form+Test firmas ražoto ALPHA 10-3000 iekārtu, ar sloģošanas kapacitāti 3000 kN. Mērījumi tika veikti ar vairāku ierīču palīdzību – ar HBM firmas ražotiem Quantum X datu uztvērējiem un induktīvajiem pārvietojuma devējiem ar mērījuma diapazonu $\pm 1.0\text{mm}$. Relatīvās deformācijas tika mērītas ar HBM līmējamiem

tenzorezistoriem ar bāzes garumu 20mm. Digitāla attēlu uzņemšanai tika izmantota kamera Nikon D5200 spoguļkameru ar AF-S DX 18-1055mm VR objektīvu. Eksperimenta gaitā tika filmēts vai/un ar noteikto laika intervālu fotografēts apgaismots paraugs. Paralēli tika veikti uzņēmumi ar viedtālruna iPhone 12Pro kameru. Kameras un viedtālruna fiksēšanai tika izmantots statīvs.

Rezultāti. Attēlu analīzi veicu ar GOM Correlate programmatūras palīdzību. Pateicoties GOM Correlate, var iegūt mērījumu datus no attēliem un videomateriāliem. Šādi videomateriāli var nodrošināt precīzus dinamisko procesu ierakstus un individuālu analīzi. Programmatūra analizē deformācijas, pārvietojumus, ātrumus, paātrinājumus, rotācijas un daudz ko citu. GOM Correlate Pro izmanto digitālo attēlu korelāciju un punktu izsekošanas algoritmus, lai izmērītu 3D koordinātas ar *subpixel* precizitāti un sekotu tam laika gaitā. Kustības un deformācijas var fiksēt un novērtēt 3D telpā. Veicot bilžu un video analīzi gan no mobila telefona, gan no Nikon D5200 kameras, analīzei izmantoju Nikon kameras fotogrāfijas. Uzņemtais video ilgst 38 minūtes un fails ir pārāk liela izmēra, lai analizētu video GOM Correlate programmatūrā. Diemžēl ļoti daudz faktoru ietekme kvalitatīvu datu iegūšanu – apgaismojums, kameras izvietojums, eksperimenta norises laika ilgums un kartība. Eksperimenta gaita apgaismojums tika izvietots neveiksmīgi – gaisma no prožektora atspīdēja slogošanas stenda metāla balstos un slikti ietekmēja bilžu kvalitāti. Kamera bija novietota pārāk tālu no slogota parauga, ka arī kadrā bija liekie priekšmeti, kas traucēja GOM Correlate fokusēties tieši uz sienas paraugu. Pēc fotogrāfiju analīzes, varam secināt, ka tā ir sliktas kvalitātes lai veiktu tālāko deformācijas procesa analīzi. Rezultātus no GOM Correlate programmatūras iegūt neizdevās.

Secinājumi.

Iegūtie dati dod priekšstatu par digitālās korelācijas metodes pielietošanu laboratoriskajos pētījumos. Būtu jāturpina pētījumu precīzāku rezultātu/datu iegūšanai. Grūti apstrādāt pārāk lielo parauga gabarītus. Precīzākajiem rezultātiem jāveic mazākā izmēra parauga slogošana (piemēram, sija, kubs). Bilde tika uzņemtas neprecīzi. Jāizvairās no atstarojošiem, ka arī liekiem priekšmetiem bilžu/video uzņemšanas brīdī.

Izmantotā literatūra.

1. Publikācija “*Review of Development and Application of Digital Image Correlation Method for Study of Stress–Strain State of RC Structures*”. Pieejama: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/19/10157/htm>
2. Grāmata “*Image Correlation for shape, motion and deformation measurements, Basic concepts, Theory, and Applications*”, Michael A. Sutton, Jean-Jose Orteu, Hubert W. Schreier, publicēta 2009. gadā. Pieejams:

https://books.google.se/books?hl=ru&lr=&id=AlkqMxpQMLsC&oi=fnd&pg=PA1&ots=5WkUbgYB-N&sig=OB2LxaLIZoXX1QJHF1ccbLyLIik&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

3. Materiāli par parauga virsmas plankumainības metodēm. Pieejams: <https://correlated.kayako.com/article/38-speckle-pattern-fundamentals>
4. Paraugu testēšanas video ar GOM Correlate programmatūru. Pieejams: <https://www.youtube.com/watch?v=yxOdLlwp3TU>
5. Publikācija “*Use of digital image correlation to connect fracture curves and sectional analysis for the structural design of polyolefin fiber reinforced concrete elements*”. Pieejama: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061822007231?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=7802f3c8fe887a69

DZELZSBETONA SIJAS OGLEKĻA DIOKSĪDA EMISIJU OPTIMIZĀCIJA PIELIETOJOT PARAMETRISKOS ALGORITMUS OPTIMIZATION OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS OF REINFORCED CONCRETE BEAMS USING PARAMETRIC ALGORITHMS

Kokorevičs Renārs

LBTU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības
bakalaura studiju programmas “Būvniecība” students

Neiburgs Arturs

Mg.sc.ing., vieslektors, LBTU VBF Būvkonstrukcijas katedra

Abstract. Society's standard of living increases every year, as a result of which we consume more and more energy and natural resources, and we rarely think about what kind of world we will leave behind to future generations. Realizing that development has an ecological limit, one must be ready to seek and accept solutions to continue and ensure development in the long term. This is achieved by trying to reduce the amount of greenhouse gases, and waste in the environment and conserving natural resources. Sustainability also applies to the construction industry, which causes one of the greatest damages to the environment, destroying biodiversity, generating large amounts of solid waste, waste and causing environmental pollution. One of the biggest contributors to CO₂ emissions in the construction industry is the production of Portland cement, which is a part of concrete. Researching alternatives to cement production methods and substitutes for Portland cement has great potential for reducing CO₂ emissions produced by the construction industry.

Ievads. Sabiedrības dzīves līmenis ar katru gadu pieaug, kā rezultātā patērējam arvien vairāk enerģijas un dabas resursus, un pavisam reti aizdomājamies par to, kādu pasauli mēs atstāsim pēc sevis nākamajām paaudzēm. Apzinoties, ka attīstībai ir ekoloģiska robeža, jābūt gataviem meklēt un pieņemt risinājumus, lai turpinātu un nodrošinātu attīstību ilgtermiņā. Tas tiek panākts, mēģinot samazināt siltumnīcefekta gāzes, atkritumu daudzumu vidē un saglabājot vides resursus. Ilgtspējība tiek attiecināta arī uz būvniecības industriju, kas nodara vienu no vislielākajiem kaitējumu videi, iznīcinot bioloģisko daudzveidību, veidojot lielu daudzumu cieta atkritumu un radot vides piesārņojumu. Viens no lielākajiem CO₂ izmešu radītājiem būvniecības nozarē ir betona sastāvā esošā portlandcementsa ražošana. Izpētot kādi ir alternatīvi cementa ražošanas metodēm un aizstājēji portlandcementam, pastāv liels potenciāls uz būvindustrijas saražoto CO₂ emisiju samazināšanu.

Metodika. Atlasīti un izpētīti literatūras avoti, izstrādāts algoritms programmas Rhino 3D parametriskajā rīkā Grasshopper dzelzsbetona sijas aprēķinam un veikts sijas CO₂ izmešu aprēķins vairākiem betonā esošā cementa alternatīviem.

Rezultāti. Sijai ar parastā portlandcementsa betonu CO₂ emisijas ir 430.8 m³, betonam ar 35% pucolānu - 334.8 m³, betonam ar 30% vieglajiem pelniem – 357.6 m³, betonam ar 50% izdedžiem - 254.4 m³.

Secinājumi. Parametriskās projektēšanas rīks Grasshopper ir veiksmīgs projektēšanas procesa atvieglotājs. Tā plašās pielietojuma iespējas sniedz ātru rezultātu, palīdz izvērtēt vairākus scenārijus īsā laika posmā un spēj apvienot gan projektēšanu, gan teorētiskos aprēķinus uzskatāmāk. Pie pareizas integrēšanas darba vidē, ar tā palīdzību var gūt produktīvākus rezultātus.

Būvniecības process ir cieši saistīts ar CO₂ izmešu pieaugumu. Betona ražošana ir viena no sfērām, kur jau ir izpētīts, ka pastāv iespēja šo emisiju apjoma samazināšana izmantojot alternatīvus materiālus pie cementa ražošanas.

Izmantotā literatūra.

1. Transporta attīstības pamatnostādnes 2021.-2027.gadam un “Fit for 55” pakotnes iespējamā ietekme uz Latvijas transporta sektora attīstību. Satiksmes ministrijas veidots materiāls.
2. Ieteikumi videi draudzīgas būvniecības veicināšanai. Apstiprināts Latvijas Republikas Ministru kabineta 2008. gada 22. decembra sēdē
3. “Ilgtspējīga būvniecība” [Elektronisks resurss] - https://zalasmajas.lv/wp-content/uploads/storie/editor/File/Ilgtspējiga_buvnieciba.pdf
4. Raksts “The Reality of Green Cements” [Elektronisks resurss] - <https://mcsmag.com/the-reality-of-green-cements/>
5. Raksts “Parametric design” [Elektronisks resurss] - https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.028cf77d-63ab46a2-c21f79a8-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Parametric_Landscapes

Kopā 14 literatūras avoti.

NORMATĪVO PRASĪBU SALĪDZINĀJUMS KONSTRUKCIJĀM EVAKUĀCIJAS NODROŠINĀŠANAI PUBLISKĀS BŪVĒS COMPARISON OF REGULATORY REQUIREMENTS FOR STRUCTURES FOR ENSURING EVACUATION IN PUBLIC BUILDINGS

Kravale Evija

LBTU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības bakalaura studiju programmas “Būvniecība” studente

Grants Edvīns

Mg.sc.ing., vieslektors, LBTU VBF Būvkonstrukcijas katedra

Abstract. The number of possible fire scenarios in any built environment can be very large, not all of them can even be identified. This large number of scenarios must be reduced to a small amount in order to be able to analyze it. The development of a fire and the evacuation time are significantly influenced by human activity. This influence can be both positive and negative. The fire scenario includes fire origin (place, cause), growth phase, final development phase, extinguishing phase, as well as possible smoke and fire propagation paths. When analyzing fire scenarios, the potential consequences must be taken into account. In the scenarios that examine the development of the fire, the engineer must assess the number of escape routes, their availability, and what consequences the location/position of the fire will have on their availability. The fire resistance of constructions, which is determined by the Latvia building code and the European Standard, provides for an available evacuation time, but the available and actually necessary evacuation time may differ.

Ievads. Iespējamo ugunsgrēku scenāriju skaits jebkurā apbūvētā vidē var būt ļoti liels, visus nav iespējams pat noteikt. Lai varētu analizēt, šis lielais scenāriju kopums jāsamazina līdz nelielam. Ugunsgrēka attīstību un evakuēšanās laiku būtiski ietekmē cilvēku darbība. Šī ietekme var būt kā pozitīva, tā negatīva. Ugunsgrēka scenārijs sevī ietver ugunsgrēka izcelšanos (vieta, iemesls), augšanas fāzi, galējo attīstības fāzi, dzēšanas fāzi, kā arī iespējamās dūmu un uguns izplatīšanās ceļus. Analizējot ugunsgrēka scenārijus, jāņem vērā iespējamās sekas. Scenārijos, kas apskata ugunsgrēka attīstību, inženierim jānovērtē evakuācijas ceļu skaits, to pieejamība, kādas sekas uz to pieejamību radīs ugunsgrēka izcelšanās vieta/pozīcija. Konstrukciju ugunsizturība, ko nosaka Latvijas būvnormatīvs un Eiropas Standarts paredz, lai tiktu nodrošināts pieejams evakuācijas laiks, bet pieejamais un reāli nepieciešamais evakuācijas laiks var atšķirties.

Metodika. Atlasīti un izpētīti literatūras avoti, izveidoti vairāki analītiski modeļi simulāciju datorprogrammā “Thunderhead engineering – Pathfinder”, kur tika ņemta vērā būves lietotāju uzvedības specifika. Apstrādāti un analizēti iegūtie dati.

Rezultāti. Programma, kur tika izstrādāti simulēti evakuācijas scenāriji, uzrādīja, ka tikai evakuācijas ceļu un izeju gabarītu limitēšana ir nepietiekama, lai adekvāti novērtētu evakuācijas laiku un uz tā pamata izvīzītu prasības būvkonstrukcijām. Tomēr Daudzfunkcionālas ēkas “INO centrs” būvkonstrukciju ugunsnoturības pakāpes ir pietiekošas, lai nodrošinātu evakuācijai nepieciešamo laiku ar drošuma rezervi.

Secinājumi. Ēkas nesošo konstrukciju ugunsizturības pakāpes ir izvēlētas korekti. Katra no simulācijām uzrādīja, ka evakuēšanās laiks sastāda līdz 25 minūtēm, tātad, ja konstrukciju ugunsizturības pakāpe būtu 30 minūtes, tā varētu izrādīties nepietiekama, jo kā jau noskaidrots simulācijas rezultāti nav pilnīgi, tie neievērtē vēl svarīgus aspektus.

Latvijā ugunsgrēku statistika ir izstrādāta ļoti skopi, tā nav saskaņota ar būvniecības un projektēšanas procesu, tas, savukārt, neļauj izdarīt objektīvus secinājumus par degšanas riskiem un projektēto risinājumu efektivitāti. Šī iemesla dēļ netiek pilnvērtīgi nodrošināta ugunsdzēsības, ugunsdrošības, ugunsaisardzības un būvniecības nozaru saskaņota attīstība.

Simulācijas programma, kur tika izstrādāti simulēti evakuācijas scenāriji, pierāda, ka nevar aprobežoties tikai ar evakuācijas ceļu un izeju gabarītu limitēšanu, lai pilnvērtīgi novērtētu evakuācijas laiku un uz tā pamata izvīzītu prasības būvkonstrukcijām. Šo iespējams uzlabot, ja normatīvā ieviestu regulējumu par analītisku evakuācijas analīzes rīku lietošanu sarežģītām ēkām, tas ļautu pilnvērtīgāk novērtēt risinājumu efektivitāti.

Izmantotā literatūra.

1. Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 201-15 "Būvju ugunsdrošība" [Elektronisks resurss] - <https://likumi.lv/ta/id/275006-noteikumi-par-latvijas-buvnormativu-lbn-201-15-buvju-ugunsdroshiba>
2. Vispārīgie būvnoteikumi / MK noteikumi Nr .500 [Elektronisks resurss] – <https://likumi.lv/ta/id/269069-visparigie-buvnoteikumi>
3. Conference proceedings - Interflam 2007, 11th International Fire Science & Engineering Conference: Royal Holloway College, University of London, UK, 3 -5th September 2007
4. INSTA TS 950, Fire Safety Engineering - Comparative method to verify fire safety design in buildings. February 24, 2015
5. Gwynne S.M.V., Boyce K.E. Engineering Data / SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 5th Edition – New York: Springer,2016 – p. 2429-2551.

6. ISO/TR 16738:2009, Fire-safety engineering - Technical information on methods for evaluating behavior and movement of people. 2009-08
7. Society of Fire Protection Engineers / Guide to Human Behavior in Fire 2nd Edition-New York: Springer,2018
8. ISO 16732-1:2012, Fire safety engineering - Fire risk assessment - Part 1: General. 2012-02

Kopā 11 literatūras avoti.

FORMMAIŅAS NESTSPĒJAS NODROŠINĀŠANAS METOŽU SALĪDZINĀJUMS VAIRĀKSTĀVU PLATFORMAS TIPI KOKA KARKASA MODUĻU ĒKAI

COMPARISON OF METHODS OF ENSURING THE RACKING RESISTANCE CAPACITY FOR MID-RISE PLATFORM TYPE MODULAR TIMBER FRAME BUILDING

Krišjānis Kucins

LBTU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības bakalaura studiju programmas "Būvniecība" 5. kursa students

Ozola Lilita

Profesore, Dr.sc.ing., LBTU VBF Būvkonstrukcijas katedra

Abstract. Platform-type modular wooden frame mid-rise buildings are a successful solution in the construction of energy-efficient, modern and ergonomic residential buildings. This type of building construction is widely used in Scandinavian countries, but no platform-type modular timber frame building with 5 or more floors has yet been built in Latvia. The research paper deals with one of the challenges in the construction of mid-rise platform-type modular timber frame buildings – methods of ensuring the racking resistance capacity. Racking resistance capacity calculation of a 5-story platform-type modular timber frame building is performed, providing racking resistance capacity using of: 1) timber frame wall diaphragm panels, 2) CLT wall panels, 3) timber frame wall diaphragm panels in combination with CLT wall panels. The analysis is performed with the aim of determining the most advantageous method from the point of view of material consumption.

Ievads. Vairākstāvu platformas tipa koka karkasa moduļu ēkas ir veiksmīgs risinājums, lai nodrošinātu energoefektīvas, modernas un ergonomiskas dzīvojamās ēkas. Šāda veida ēku būvniecība tiek plaši pielietota Skandināvijas valstīs, bet Latvijas teritorijā vēl nav realizēta neviena platformas tipa koka karkasa moduļu ēkas būvniecība ar 5 vai vairāk stāviem. Pētnieciskajā darbā tiek risināts viens no izaicinājumiem vairākstāvu platformas tipa koka karkasa moduļu ēku būvniecībā – ēkas formmaiņas nestspējas nodrošināšana. Tiek veikts 5 stāvu platformas tipa koka karkasa moduļu ēkas formmaiņas nestspējas aprēķins, nodrošinot formmaiņas nestspēju ar: 1) koka karkasa sienu diafragmas paneļiem, 2) CLT sienu paneļiem 3) koka karkasa sienu diafragmas paneļiem kombinācijā ar CLT sienu paneļiem. Aprēķins tiek veikts ar mērķi noteikt no materiālu patēriņa viedokļa izdevīgāko metodi.

Metodika. Noteiktas faktiskās vēja slodzes uz katru no formmaiņas nestspēju nodrošinošajām sienām. Pēc iegūtajām iedarbēm veikts koka karkasa

diafragmas sienu nestspējas aprēķins programmā MS Excel un CLT paneļu aprēķins programmā Dlubal RFEM. Noteikts formmaiņas nestspējas nodrošināšanai nepieciešamo kokmateriālu patēriņu katrai no metodēm.

Rezultāti. Lai nodrošinātu ēkas formmaiņas nestspēju ar koka karkasa sienu diafragmas paneļiem, kas no vienas puses apšūti ar 12 mm saplāksni, aprēķinā kopā ar moduļu ārsienu paneļiem papildus jāiekļauj 27 iekšsienu paneļi. Ēkas formmaiņas nestspējas izmantošana 89.4%. Nodrošinot ēkas formmaiņas nestspēju ar 90 mm bieziem 3 slāņu CLT paneļiem maksimālā paneļa nestspējas izmantošanas pakāpe sasniedz 99%. CLT un koka karkasa kombinācijas metodē maksimālā nestspējas izmantošanas pakāpe 98%.

Secinājumi. Visas trīs apskatītās metodes spēj nodrošināt 5-stāvu platformas tipa koka karkasa moduļu ēkas formmaiņas nestspēju. Augstākā nestspējas izmantošanas pakāpe 99% tiek sasniegta ēkas formmaiņas nestspēju nodrošinot ar 90 mm bieziem 3 slāņu CLT paneļiem.

No materiāla patēriņa viedokļa izdevīgākā metode ir koka karkasa sienu diafragmas paneļu un CLT sienu paneļu kombinētā metode. Koka karkasa sienu izgatavošanai nepieciešami 8.08 m³ C24 stiprības klases kokmateriālu un 122.0 m² 12 mm biezuma saplākšņa. CLT paneļu izgatavošanai nepieciešami 13.42 m³ C24 stiprības skujkoku zāģmateriālu.

Izmantotā literatūra.

1. Ozola L. *Koka būvkonstrukciju aplēse un konstruēšana*. 3. izdevums. Koriģēts Jelgava: 2018. 380 lpp.
2. Jones A., Woodard A. *Mid-rise Timber Building Structural Engineering* Melbourne:2020. 280 lpp.
3. LVS EN 1995-1-1:2005 /NA:2012 5. Eirokodekss: Koka konstrukciju projektēšana. 1-1.daļa: Vispārīgi. Vispārīgie noteikumi un noteikumi būvēm. Nacionālais pielikums
4. Gagnon S., Karacabeyli E. *Canadian CLT Handbook* Kanāda: 2019. 810 pp.
5. Casagrande D., Rossi, S., Sartori, T., Tomas, R. *Proposal of an analytical procedure and a simplified numerical model for the elastic response of single-story timber shear-walls/* Construction and Building Materials, Volume 102, Part 2, January 2016, Pages 1101-1112
6. The Institution of the Structural Engineers TRADA. *Manual for the design of timber building structures to Eurocode 5*. Londona:2007. 406 pp.
7. Seaders P., Miller, T.H., Gupta R. *Performance of Partially and Fully Anchored Wood Frame Shear Walls Under Monotonic, Cyclic & Earthquake Loads* 2009 Forest Products Journal 59(5):42-52
8. Boem I., Gattesco N. *Stress distribution among sheathing-to-frame nails of timber shear walls related to different base connections: Experimental*

tests and numerical modeling Construction and Building Materials
Volume 122, 30 September 2016, Pages 149-162

9. Kallsner B., Girhammar U. A. *Analysis of fully anchored light-frame timber shear walls—elastic model* Materials and Structures Volume 42, pages301–320 (2009)

Kopā 10 literatūras avoti.

DAĻĒJI STINGA L-TIPA KOKA ELEMENTU SAVIENOJUMA DEFORMĀCIJU IZPĒTE APRĒĶINA SLODZES DIAPOZONĀ

STUDY OF L-TYPE SEMI-RIGID TIMBER JOINT DEFORMATIONS IN THE RANGE OF DESIGN LOAD

Norenbergs Kristaps

LBTU, Vides un būvzinātņu fakultāte (VBF), Profesionālās augstākās izglītības bakalaura studiju programmas “Būvniecība” students

Ozola Lilita

Profesore, Dr.sc.ing., LBTU VBF Būvkonstrukciju katedra

Abstract. In the research work, the development of the deformations in semi-rigid connections of wooden elements under design load is studied. For the purpose of the study, four types of connection model series, differ both in the type of connectors used and in their placement. For each model series, the theoretical load-bearing capacity is calculated in accordance with LVS EN 1995-1-1. Models are experimentally tested under static load up to the design load level.

Ievads. Pētnieciskā darbā tiek pētīti daļēji stingu koka elementu savienojuma deformācijas aprēķina slodzes diapazonā. Pētījuma mērķim tiek sagatavoti četru veidu savienojumu modeļu sērijas, kas atšķiras gan pēc pielietoto savienotājlīdzekļu veida, gan pēc to izvietojuma. Katrai modeļu sērijai tiek aprēķināta teorētiskā nestspēja saskaņā ar

LVS EN 1995-1-1. Modeļi tiek eksperimentāli pārbaudīti statistiskā slogojumā aprēķina slodzes diapazonā.

Metodes. Daļēji stinga koka elementu L-tipa savienojuma teorētiskās nestspējas noteikšanai tiek pielietota analītiska metode saskaņā ar 5. Eirokodeksu LVS EN 1995-1-1. L-tipa savienojuma darbības izpētei tiek pielietota eksperimentālā metode, slogošanas režīmu pieņemot saskaņā ar harmonizēto Eiropas standartu LVS EN 26891. Tiek sagatavotas divas L-tipa savienojumu modeļu grupas, katrā grupā pa 2 sērijām (kopā 4 sērijas). Eksperimentu datu statistiskās apstrādes rezultātā ir noteiktas savienojumu deformācijas aprēķina slodzes diapazonā.

Eksperimentu rezultāti. Momentsavienojuma stingumu palielina pretbīdņi, kas sadala bīdes spēku uz plašāku koksnes zonu un samazina savienotājlīdzekļu iespīšanas koksnē. Eksperimentu dati liecina, ka pretbīdņis mijiedarbībā ar tērauda tapu veido stingāku elementa savienojumu nekā tapveida savienojums, bet mijiedarbības raksturs ir atkarīgs no savienotājlīdzekļu savstarpējā izvietojuma. 45T sērijas paraugiem grafiski noteiktais pārvietojums skrūvēs ir 1 mm pie pārvietojuma slodzes pielikšanas punktā 20 mm. 90T sērijas paraugiem attiecīgi minētie lielumi ir 2.5mm un 30mm; 45D sērijas paraugiem- 1.4 un 25 mm; 90D sērijas paraugiem- 2.0 un 40 mm, kas liecina par pārmērīgi lieliem pārvietojumiem aprēķina slodzes diapazonā.

Secinājums.

1. Pēc iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka L-tipa momentsavienojumos ar mehāniskajiem savienotājlīdzekļiem (skrūvēm, pretbīdņiem), pilnu aprēķina nestspēju nav droši izmantot, jo koksnes anizotropisko īpašību dēļ pārvietojuma robežvērtībatiek sasniegta pie bīdes spēka vērtības, kas ir krietni zemāka par aprēķina vērtību. . Kopumā var secināt, ka L-tipa koka elementu savienojumu pietiekamu stingumu var nodrošināt izmantojot aptuveni 60% no aprēķina nestspējas.

Izmantotā literatūra.

1. Porteous, J., Kermani, A. Structural timber design to Eurocode 5. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2013.- 624 p.
2. Sandhaas, C., Munch-Andersen, J., Dietsch, P. Design of. Connections in Timber Structures: A state-of-the-art report by COST Action FP1402/WG3. Shaker Verlag Aachen, 2018.- 332 p.
3. EN 1990:2002. Eurocode - Basis of structural design
4. ISO 898-1:2013. Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel.
5. Ozola, L. Koka būvkonstrukciju aplēse un konstruēšana. 3. izdevums, koriģēts, papildināts. Jelgava 2018.- 380 lpp.
6. LVS EN 1995-1-1. 5. Eirokodekss: Koka konstrukciju projektēšana. 1-1. daļa: Vispārīgi. Vispārīgie noteikumi un noteikumi būvēm.
7. LVS EN 338:2016. Konstrukciju kokmateriāli. Stiprības klases.
8. Timber Engineering. Step 1. Edited by H.J.Blaß, P.Aune, B.S.Choo, R.Görlacher, D.R.Griffiths, B.O.Hilson, P.Racher, G.Steck. Netherlands: Centrum Hout, 1995.- 472 p.

PĒTĪJUMS PAR STABVEIDA UN PLĀTŅVEIDA PAMATIEM RESEARCH ON PILLAR AND SLAB FOUNDATIONS

Šinkus Vladimirs

LBTU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības bakalaura studiju programmas “Būvniecība”

Andersons Guntis

Asociētais profsors (Emeritus), Dr.sc.ing., LBTU VBF Būvkonstrukcijas katedra.

Abstract. Vladimirs Šinkus, Research on pillar and slab foundations. Scientific research work in the professional higher education program "Construction". – Jelgava, LBTU, Faculty of Environment and Civil Engineering, Department of Structural Engineering.-2022.- 29 pages.

In the first chapter, the analysis of literature sources on the use of pillar and slab foundations in construction is carried out.

The second chapter calculates the volumes of reinforcement, concrete, and earthworks, and presents summary of results, analysis, and conclusions.

The scientific research work contains an explanatory article on 29 pages, 12 tables, and 22 pictures.

Ievads. Ēkas pamati ir viens no svarīgākajiem posmiem tās būvniecībā. No kvalitatīvas pamatu izbūves ir atkarīgs turpmākais ēkas būvniecības process, tās ekspluatācija un ilgmūžīgums. Stabveida pamati ir salīdzinoši vienkāršs risinājums un to izmanto vietās, kur nevar izveidot lentveida vai plātņveida pamatus. Stabveida pamatus izgatavo no betona un dzelzbetona. Konstruktors aprēķina nepieciešamās slodzes un tiek uzzīmēts stabveida pamatu plāns. Ja stabveida pamati tiek ierīkoti zem kolonnām, tad ēku sienu balstīšanai ierīko pamata sijas. Plātņveida pamati tiek bieži izmantoti ēku celtniecībā. Plātņveida pamati vienmērīgi uzņem ēkas slodzi un tie ir īpaši piemēroti gruntīs ar mazu nestspēju un tie pasargā komunikācijas no sala ietekmes. Viena no šo pamatu priekšrocībām ir vienkāršotas pazemes daļas hidroizolācijas tehnoloģijas. Monolītā konstrukcija, kas būvēta no ūdensizturīga betona, ir labs šķērslis gruntsūdeņiem un mitrumam. Būtiski, lai pamati ir stabili un netiek pieļauta pamatu izcilāšana, pretējā gadījumā tas var radīt problēmas ēkas konstrukcijā.

Par pamatu pētnieciskajam darbam ir ņemts diplomprojekts “Sporta halle Skaistkalnē”.

Darba mērķis ir noteikt izdevīgāko pamatu risinājumu starp plātņu veida pamatiem un stabveida pamatiem.

Izstrādājot šo darbu, tiek izvirzīta hipotēze- Stabveida pamati ir ekonomiskāki nekā plātņu veida pamati.

Metodika. Tika analizēti betona, stiegrojuma un zemes darbu izmaksas un apjomi. Tika noteiktas plātņveida un stabveida pamata kopējās izmaksas. Apstrādāti un analizēti iegūtie dati.

Rezultāti. Stabveida pamatiem, aprēķinot visus betona apjomus (grīdas, pamatu, pamatu sijas) ieguva 162,6 m³, kas ir par 60% mazāk nekā plātņveida pamatiem. Stiegru daudzums stabveida un plātņveida pamatiem būtiski atšķiras, tā kā plātņveida pamatiem ir jāierīko stiegrojums ne tikai grīdā, bet arī jāliek papildstiegrojums ap kolonnām un vietās, kur ir padziļinājums, līdz ar to stiegru apjoms būtiski pieaug. Ierīkojot stabveida pamatus, stiegru apjoms samazinās par 2,7 reizēm, salīdzinājumā ar plātņveida pamatiem. Rēķinot zemes darbu apjomus, plātņveida pamatu apjoms ir gandrīz uz 50% mazāks, salīdzinājumā ar stabveida pamatiem. Zemes darbiem netika rēķinātas izmaksas.

Secinājumi. Zinātniski pētnieciskā darba izvirzītā hipotēze ir apstiprinājusies, jo stabveida pamati ir ekonomiskāki nekā plātņveida pamati. Aprēķinot stabveida un plātņveida pamatu apjomus, secinu, ka stabveida pamatu izbūve ir 1,9 reizes lētāka nekā plātņveida pamatu izbūve.

Plātņveida pamatu izbūvei ir nepieciešams liels betona un stiegru apjoms, kuru ražošanai ir nepieciešama liela energoietilpība, kas būtiski piesārņo apkārtējo vidi.

Stabveida pamati ir vairāk dabai draudzīgi, jo to materiālu ražošanai ir nepieciešams patērēt mazāk energoietilpības.

Plātņveida pamatiem ir paaugstinātas stiprības īpašības un to ierīkošana ir samērā vienkārša.

Izmantotā literatūra.

1. How to build a concrete slab foundation in a proper way [skatīts 2022. gada 20 decembrī]. Pieejams: <https://houseunderconstruction.com/foundation/how-build-concrete-slab-foundation-proper-way>
2. Plātņveida pamatu izbūve un būvniecības izmaksu aprēķināšana [skatīts 2022. gada 20 decembrī]. Pieejams: <https://hausbau.lv/pamati/>
3. Виды и этапы строительства столбчатых фундаментов [skatīts 2022. gada 20 decembrī]. Pieejams: <https://stroychik.ru/fundament/stolbchatyj-fundament>
4. Пошаговая инструкция строительства столбчатого фундамента своими руками [skatīts 2022. gada 20 decembrī]. Pieejams: <https://st-par.ru/info/fundamenty/poshagovaya-instrukciya-stroitelstva-stolbchatogo-fundamenta-svoimi-rukami/>
5. Laiviņš E., Rosihins J. (1970) Grunšu mehānika, pamatnes un pamati rūpniecības un civilajā celtniecībā. Rīga: Zvaigzne. 273 lpp.

Kopā 13 literatūras avoti.

KŪDRAS SUBSTRĀTA RAŽOŠANAS ĒKU UGUNSSLODZES NOTEIKŠANA

DETERMINATION OF THE FIRE LOAD OF BUILDINGS PRODUCING PEAT SUBSTRATE

Upnere Renāte

LBTU, Vides un būvzinātņu fakultātes, Profesionālās augstākās izglītības maģistra studiju programmas “Būvniecība” maģistrante

Edvīnds Grants

Mg.sc.ing., LBTU VBF Būvkonstrukcijas katedra

IEVADS

Pētnieciskā darba mērķis ir apskatīties kāda ugunsslodze rastos, izceļoties ugunsgrēkam kūdras substrādes rūpnīcā. Zinot, to, ka kūdrai piemīt pašai aizdegšanās, jebkāda kūdras stāvokli, var nebūt izteikti redzamas liesmas. Kūdrai pietiek gruzdēt grēdas iekšpusē, lai izceltos ugunsgrēks. Lai noteiktu ugunsslodzi nepieciešams apskatīt kā kūdra uzvedās degšanas iekārtās mehāniski to aizdedzinot, un novērtēt kā paraugs reaģē, un noteikt kāds ir kūdras sadegšanas siltums. Vienā no mērījumiem tiek apskatīts, kā kūdra atkarībā no tās veida aizdegās. Pētnieciskā darba ietvaros tiek apskatīta tērauda kopne.

Darba mērķis: Noskaidrot, kāda ir kūdras substrāta ražošanas ēku ugunsslodzes.

Darba uzdevums:

1. Apskatīt, iespējamo kūdras ugunsslodzes rašanos, un novērst iespējamās ātrās konstrukcijas sabrukšanu darbinieku evakuācijas laikā un paildināt reakcijas laiku, lai darbinieki izkļautu no ēkas.
2. Veikt kūdras testēšanu konusa kalorimetrā un bumbas kalorimetrā.
3. Aprēķināt siltuma zudumus kūdrai.
4. Aprēķināt masas zudumu.

Hipotēze: Tērauda kopni būs nepieciešams papildus apstrādāt papildus ar ugunsdrošu pārklājumu, lai palielinātu tērauda kopnes izturību ugunsgrēku rašanās laikā.

ABSTRACT.

The purpose of the research work is to look at a fire load that would result from a fire at a peat sub-treatment plant. Knowing that the peat has self-ignition, any state of peat, may not be a distinctly visible flame. The peat has enough to grizzle inside the stack for a fire to break out. In order to determine the fire load, it is necessary to look at how the peat behaved in the combustion installations by mechanically igniting it and to evaluate as a sample the reaction and determine the heat of the combustion of the peat. One measurement looks at how the peat caught fire, depending on its type. The steel bus is being examined as part of the research.

Purpose of the work: to find out what the fire loads of the peat substrate production buildings are.

Terms of reference:

1. Look at, the likely occurrence of peat fire load, and prevent the possible collapse of the rapid structure during employee evacuations and prolong response times for staff to be kicked out of the building.
2. Perform peat testing on the calorimeter of the cone and the calorimeter of the ball.
3. Calculate heat losses for peat.
4. Calculate mass loss.

Hypothesis: The steel bus will require additional treatment with a fire-resistant coating to increase the strength of the steel bus when fires occur.

Rezultāti.

$m=$	0,80	sadeģšanas efektivitāte, %
$d_{q1}=$	1,16	
$d_{q2}=$	1,00	
Ugunsgrēka aktivizācijas risks atkarībā no riska		
$d_{n1}=$	0,61	ja nav sprinkleri
$d_{n2}=$	0,70	atkarībā no ūdens avotiem (skaita)
$d_{n3}=$	0,87	atkarībā no dūmu dekoriem
$d_{n4}=$	0,73	atkarībā no dūmu dekoriem
$d_{n5}=$		trauksmes pārraide uz depo
$d_{n6}=$		brigāde ugunsdzēsēju
$d_{n7}=$		brigāde ugunsdzēsēju
$d_{n8}=$	1,00	piekļuves drošie ceļi
$d_{n9}=$	1,00	manuālais ugunsdzēsības aprīkojums
$d_{n10}=$	1,50	dūmu un karstuma izvadīšanas sistēma
Kopējais= $$	0,406782	
Aprēķina vērtība (vienas telpas ugunsziedzei)		
$q_{f,d}=$	6,06	MJ/kg

SECINĀJUMI.

1. Kūdras paraugu aptuvenais mitrums ir 47,5% un pie šāda sadeģšanas siltums ir 9,07MJ/kg (EKO kūdra) un pie 52,6% mitruma sadeģšanas siltums ir 6,45 MJ/kg(KKS kūdrai).
2. Attiecīgi gruzdošajiem ugunsgrēkiem noteicošais ir masas zuduma ātrums. Tas vidēji ir 6,2 g/(s*m2), (EKO) un 6,1 g/(s*m2), (KKS), kas

ļauj aptuveni aprēķināt viena ugunsgrēka ilgumu, ja zināms kopējais kūdras daudzums. Tas ļauj arī izrēķināt cik MJ/kg*min.*m² var vispār atbrīvoties, jo vienā sekundē no viena m² var sadegt tikai 6,2 g kūdra (EKO) un 6,1g kūdras(KKS).

3. No šī izriet, ka LBN 201-15, 25.1 punkts, kas nosaka, ka visas kūdras apstrādes ēkas vai telpas ir uzskatāmas par sevišķi lielas ugunsbīstamības ēkām (10352,01 > 1200 MJ/m²) neatbilst patiesībai. Ugunsbīstamība ir tiešā veidā atkarīga no kūdras maisījuma veida, daudzuma un materiāla mitruma saturu visā ražošanas procesā un iespējams gruzdēšanas ātruma. Piedevām kūdras noliktavās kūdra ir jāuzglabā porcijās, lai aizdegšanās gadījumā, pats novietošanas veids limitē ugunsgrēka izmēru. Tas varētu būt ļoti lietderīgi, jo kūdrai ir tendence turpināt gruzdēt ar mazu jaudu, maz dūmot, tādēļ kūdras ugunsgrēka izcelšanos varētu būt grūti konstatēt.
4. Gruzdēšanas laikā izdalītā enerģija, kas ir lielāka par 30 kW/m² ir pietiekama, lai aizdedzinātu degtspējīgus konstrukciju materiālus, tādēļ būtu jāparedz ugunsdrošības atstarpes starp uzglabājamo materiālu un degtspējīgām konstrukcijām un apdares materiāliem, lai nebūtu tieša kontakta un tādējādi samazinātu konstrukciju bojājumu iespējamību.
5. Pareizs ugunsstodzes noteikšana, ļauj ekonomēt ugunsizturības risinājumu uz konstrukcijām.
6. Izdalītā siltuma daudzuma grafiki uzrāda īsu uzliesmojumu pašā aizdegšanās sākumā (nodeg sausās materiāla spuriņas uz tā virsmas) un tad nostabilizējas vidēji zem 40 kW/m², kas liecina, ka materiālam nav prognozējama aizdegšanās, bet gan gruzdēšana ar salīdzinoši viendabīgu izdalītās enerģijas daudzumu

Izmantotā literatūra.

1. Interesanta informācija. [skatīts 2022.gada 20.decembrī]. Pieejams: http://www.latvijaskudra.lv/lv/kudra/interesanta_informacija/
 2. Latvijas universitāte: Kas ir kūdra. [skatīts 2022.gada 20. decembrī]. Pieejams: <https://www.lu.lv/vpp/arhivs/zeme/kudra/parkudru/>
 3. Rein G, Cohen S, Simeoini A (2009) Carbon Emissions from Smouldering Peat in Shallow and Strong Fronts, Proceedings of the Combustion Institute, pp 32.
 4. Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 201-15 "Būvju ugunsdrošība": MK 2015. gada 30.jūnija noteikumi Nr.333. [skatīts 2022.gada 15. decembrī]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/275006-noteikumi-par-latvijas-buvnormativu-lbn-201-15-buvju-ugunsdroshiba->
 5. V. Babrauskas (2016) Ignition handbook. P. 900-901.
 6. Reaction to fire tests – heat release, smoke production, and mass loss rate-part 1: heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement ISO 5660-1:2015.
- Reaction to fire tests for products – Determination of the gross heat of combustion (calorific value). ISO 1716:2002.

MAINĪGOS MIKROKLIMATA APSTĀKĻOS ILGSTOŠI EKSPLUATĒTAS KOKSNES STIPRĪBAS UN STINGUMA ĪPAŠĪBU NOVĒRTĒJUMS

EXAMINATION OF THE STRENGTH AND STIFFNESS PROPERTIES OF WOOD AFTER LONG-TERM USE UNDER VARIABLE SERVICE CONDITIONS

Pētersons Mārtiņš

LBTU, Vides un būvzinātņu fakultāte (VBF), Profesionālās augstākās izglītības maģistra studiju programmas “Būvniecība” maģistrants

Ozola Lilita

Profesore, Dr.sc.ing., LBTU VBF Būvkonstrukciju katedra

Abstract. The Master's thesis contains a review of the literature on the structure of wood at the microscopic and macroscopic levels in order to better understand the mechanical properties of wood. The strength and stiffness properties of wood are analyzed, including the factors affecting them, emphasizing the duration of the load effects. In the experimental part, the mechanical properties such as modulus of elasticity (MOE), bending strength (or modulus of rupture), shear strength, and compression strength perpendicular to the grain direction of wood were tested in short-term static loading conditions. Samples of pine (*Pinus sylvestris*) wood specimens were obtained from the intermediate floor beams of a dismantled building. The building has been in use since 1900 and the beams have not been altered or reinforced. It has been found that the experimentally determined stiffness properties are characterized by low values of the MOE, simultaneously with a higher bending strength class, as predicted according to the MOE.

Ievads. Lēmums par ēkas pārbūvi primāri izriet no tehniskā stāvokļa uzlabošanas aspekta, kas visbiežāk tiek plānots, kad ēkas galveno nesošo elementu nestspēja un stabilitāte ir samazinājusies vai pat nesošā konstrukcija nonākusi līdz pirmsavārijas stāvoklim. Sekundāri aspekti varētu būt ēkas lietošanas veida maiņa, telpu pārplānošana vai pielāgošana lietošanas vajadzībām. Neatkarīgi no pārbūves mērķa, pirms jebkāda veida projektēšanas vai būvniecības ieceres uzsākšanas neatņemama sastāvdaļa ir ēkas tehniskā apsekošana, kas nepieciešama kvalitatīva būvprojekta izstrādei. Attiecībā uz koka nesošajiem elementiem problemātiska ir tieši mehāniskās stiprības rādītāju noteikšana, ko koka konstrukcijām praktiski var pārbaudīt tikai ar graužošām metodēm. Negraujošās metodes koka konstrukciju izpētē Latvijā ir maz pielietotas. Nepamatoti zemi koksnes stiprības raksturvērtību pieņēmumi ir kritisks lēmums, kā sekas ir vēsturiskās koksnes norakstīšana un būtisks izmaksu pieaugums būvniecības projektā, kas savukārt lielā mērā balstīts uz projektētāja pieņēmumiem un pieredzi. Līdz ar to maģistra darbam tiek izvirzīta hipotēze, ka ilgstoši ekspluatētas koksnes stiprības un stinguma īpašības ir līdzvērtīgas mūsdienās izmantojamai būvkonstrukciju koksnei.

Metodes. Maģistra darba eksperimentālajā daļā veikta ilgstoši ekspluatētas koksnes mehānisko īpašību noteikšana. No demontētas ēkas pārseguma sijām iegūti priedes (*Pinus sylvestris*) koksnes paraugi. Ēka tikusi ekspluatēta kopš

1900.gada. Kopumā tika sagatavoti 126 paraugi, kam tika noteiktas sekojošas mehāniskās īpašības: stiprība liecē, stiprība spiedē perpendikulāri šķiedru garenvirzienam, stiprība bīdē perpendikulāri šķiedru garenvirzienam un elastības modulis liecē. Mehānisko īpašību raksturošanai izmantotas atšķirīgas testēšanas metodes, lai verificētu rezultātus: statistiskais slogojums atbilstoši LVS EN 408, dinamiskā (vibrāciju) metode atbilstoši ASTM E1876. Visiem paraugiem veikta vizuālā novērtēšana atbilstoši LVS EN 14081-1 un LVS EN 1310. Koksne raksturojas ar platām gadskārtām.

Eksperimentu rezultāti. Rezultātu analīzē un to izvērtējumā veikta eksperimentāli iegūto datu statistiskā apstrāde atbilstoši LVS EN 14358. Eksperimentāli iegūtās stiprības un stinguma īpašību vērtības salīdzinātas ar LVS EN 388 definētajām vērtībām piemērojot atbilstošo modifikācijas faktoru mainīgiem mikroklimata apstākļiem saskaņā ar LVS EN 1995-1-1. Izvērtēta eksperimentāli iegūto stiprības un stinguma īpašību savstarpējā korelācija un sakarības ar blīvumu, kā arī salīdzinājums ar LVS EN 384 definētajām empīriskajām sakarībām koksnes mehānisko īpašību raksturošanai. Eksperimentāli noteiktās elastības moduļa vērtības ir salīdzinoši zemas, jo pēc stiprības raksturvērtības liecē koksne atbilst augstākai stiprības klasei.

Secinājumi.

1. Eksperimentāli noteiktā koksnes lieces stiprības raksturvērtība ir 11 MPa, kas ir par 27% zemāka nekā zemākās stiprības klasei C14. Elastības moduļa vidējā vērtība (4143 MPa) ir 1.71 reizes zemāka nekā elastības modulis stiprības klasei C14.
2. Piemērojot eksperimentāli noteiktajai lieces stiprībai un elastības modulim ilgstošas slodzes un mitruma efekta koeficientu k_{mod} no LVS EN 1995-1-1, ir iespējams prognozēt, ka sākotnējā koksnes stiprība liecē ir atbilstoša C20 klasei, t.i., $f_{m,k}=20.94$ MPa.
3. Piemērojot ilgstošas slodzes un mitruma efektu koeficientu k_{def} no LVS EN 1995-1-1 eksperimentāli noteiktajam elastības modulim, ir iespējams prognozēt, ka sākotnējā vidējā vērtība atbilst C14 stiprības klases koksnei, t.i., $E_{mean}=7421$ MPa.
4. Izvērtējot sakarības starp koksnes stiprību un stingumu, un to ietekmējošajiem faktoriem, vāja korelācija tika konstatēta starp koksnes stiprību liecē un elastības moduli (korelācijas koeficients $r=0.5$).
5. Izvirzītā hipotēze apstiprinājās, ilgstoši ekspluatētas koksnes stiprības un stinguma īpašības ir līdzvērtīgas mūsdienās izmantojamai būvkonstrukciju koksnei, ja tā raksturojas ar zemu koksnes stiprības klasi (C14).

Izmantotā literatūra.

1. Morozovs, A., Irbe, I., Bukšāns, E., Koksnes ķīmiskā pārstrāde un aizsardzība.- Jelgava: LLU, Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts, 2018.–172 lpp.
2. Dinwoodie, J.M., Timber, its nature and behavior. Second edition. – London: E&FN SPON, 2010. – 257 p.

3. Green, D.W., Winandy, J.E., Kretschmann D.E. Mechanical Properties of Wood. Madison: Forest Products Laboratory, 1999. – 463 p.
4. Ozola, L. Koka būvkonstrukciju aplēse un konstruēšana. Jelgava, 2018. – 380 lpp.
5. Thelandersson, S., Larsen, H.J. Timber Engineering. John Wile & Sons LTD, England, 2003. – 446 p.
6. Līpiņš, L. Koksnes mācība. Jelgava, 2021. – 168 lpp.
7. Faherty, K.F., Williamson, T. G. Wood Engineering and Construction Handbook. 3rd Edition. USA, 1998. – 928 p.
8. Thelandersson, S., Larsen, H.J. Timber Engineering. John Wile & Sons LTD, England, 2003. – 446 p.
9. Denzler, J.K., Glos, P. Determination of shear strength values according to EN 408. Mater Struct 40, 79–86 (2007). <https://doi.org/10.1617/s11527-006-9199-4>
10. An Investigation of the Duration of Load of Structural Timber and the Clear Wood. Forests. Wu Q, Huo L, Zhu E, Niu S, Wang H. China, 2021. – 12 p.
11. ASTM E1876. Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Impulse Excitation of Vibration. Kopumā izmantoti 63 literatūras avoti.

ŠĶIEDRU IETEKME UZ DZELZSBETONA SIJU DARBĪBU BĪDES SLOGOJUMĀ

EFFECT OF FIBRES ON SHEAR BEHAVIOR OF REINFORCED CONCRETE BEAMS

Šnore Solvita

LBTU VBF profesionālās augstākās izglītības maģistra studiju programmas “Būvniecība” maģistrante.

Skadiņš Ulvis

Asociētais profesors, Dr.sc.ing., LBTU VBF Būvkonstrukciju katedra

Abstract. Along with the development of FEM analysis software in recent years, it is possible to carry out simulations of the bearing capacity of fiber concrete structures. However, the main challenge for performing such simulations is defining the material models of fiber reinforced concrete (FRC). The most important parameters in the design of FRC are the direct tensile strength and the determination of the tensile function, which characterises the residual tensile strength in crackin stage. This study investigates the influence of the assumed tensile properties of FRC on the analytical results in case of beams subjected to shear failure. The obtained results are compared with experimental tests of full scale beams. The study shows that the use of inverse analysis with standard tests with notched prisms can lead to incorrect input data and consequently to wrong predictions.

Ievads. Līdz ar GEM datorprogrammu attīstību pēdējo gadu laikā, iespējams veikt šķiedru betona konstrukciju nestspējas simulācijas. Tomēr galvenais izaicinājums, šādu simulāciju veikšanai ir šķiedru betona īpašību definēšana programmā. Svarīgākie parametri šķiedru betona projektēšanā ir materiāla stiepes stiprība un stiepes funkcijas noteikšana, kas ļautu prognozēt šķiedru betona elementa darbību pēc raksturīgās plaisas izveidošanās. Jaunākie pētījumi (Lehmann un Głodkowska) liecina, ka šķiedru izmantošana tradicionālo aptveru vietā, lai izpildītu minimālās prasības šķērspēku uzņemšajam stiegrojumam, varētu būt efektīvāka, jo vienlaikus ar bīdes nestspējas nodrošināšanu, tiek palielināts arī elementu stingums.

Metodika. Izmantojot nelieneāro GEM aprēķina programmu ATENA tiek mēģināts noteikt dzelzsbetona siju bez šķērspēku uzņemošā stiegrojuma darbību bīdē. Materiālu īpašības datorprogrammā tiek uzdotas pēc šķiedru betona kubu un prizmu kontrolparaugu testu rezultātiem. Materiāla modeļa funkcija stiepē pēc plaisu veidošanās tiek noteikta, veicot inverso analīzi prizmu lieces testiem. Datorsimulācijās iegūtie rezultāti salīdzināti ar reālajiem siju slogošanas eksperimentu datiem – sešām pilna mēroga sijām ar dažādu šķiedru daudzumu un garumu. Darbā pielietotā digitālā attēlu

korelācijas (DIC) metode siju deformāciju pētīšanai, sniedz vizuālus datus par siju izlieču pieaugumu un plaisu attīstību dažādos sloģojuma posmos.

Rezultāti. GEM aprēķina programmā sijām, kurām tika izmantots šķiedru betons prognozētais bīdes sabrukums iestājas agrāk un pie mazākas pieliktās slodzes, taču prognozētais siju stingums sākuma stadijā ir lielāks, nekā to varēja novērot eksperimenta gaitā. Savukārt betona sijām bez šķiedrām, tika prognozēta augstāka sijas nestspēja un lielāka kritiskā slodze, nekā tas tika novērots reālajos testos.

Sijām bez šķiedrām slīpo plaisu attīstība ir strauja un sabrukums iestājas drīz pēc slīpās plaisas izveidošanās. Sijām ar šķiedrām novērojams nestspējas pieaugums arī pēc slīpās plaisas izveidošanās. Pievienojot betonam šķiedras, palielinās betona sijas bīdes nestspēja. Maksimālais pieliktais spēks sijām ar šķiedrām ir 1.9...3 reizes lielāks, nekā bez šķiedrām. Pievienojot betonam tērauda šķiedras, pieaug liektas šķiedru betona sijas stingums un samazinās izliece. Slodzes diapazonā no 0 līdz 130 kN sijām ar šķiedru daudzumu 0.5% no tilpuma izliece ir par 24.18 % mazāka nekā sijām bez šķiedrām. Ja šķiedru daudzums ir 1.0% no tilpuma, sijas izlieces ir par 31.02% mazākas.

Secinājumi. Nelineārie aprēķini prognozē līdzīgu siju sabrukumu (sabrukums no bīdes), bet ar atšķirīgu slīpo plaisu raksturu sijām ar atšķirīgiem pievienoto šķiedru daudzumiem. Prognozētajās slodžu – pārvietojuma līknēs nav novērojama tik liela šķiedru ietekme, kā eksperimentālajos paraugos. Nelineārie aprēķini šķiedru ietekmi ņem vērā caur stiepes funkciju, kas iegūta ar inverso analīzi. Atsevišķos gadījumos iegūtā rezultātu nesakrītība liek domāt, ka ar inverso analīzi var iegūt arī tādas stiepes funkcijas, kas neraksturo patiesās materiāla stiepes īpašības.

Izmantotā literatūra.

1. Lūsis, V.; Annamaneni, K.K.; Kononova, O.; Korjakins, A.; Lasenko, I.; Karunamoorthy, R.K.; Krasnikovs, A. Experimental Study and Modelling on the Structural Response of Fiber Reinforced Concrete Beams. Appl. Sci. 2022, 12, 9492.
2. Zhang F. et al. Shear strength prediction for steel fiber reinforced concrete beams without stirrups. Engineering Structures 127 (2016) 101-116.
3. Lehmann, M.; Głodkowska, W. Shear Capacity and Behaviour of Bending Reinforced Concrete Beams Made of Steel Fibre-Reinforced Waste Sand Concrete. Materials 2021, 14, 2996.
4. Arslan G., Keskin R. S. O, Ulusoy S. An experimental study on the shear strength of SFRC beams without stirrups. Journal of Theoretical and Applied Mechanics 2017;55(4):1205–1217

Kopā 23 izmantotās literatūras avoti.