

Sisukord

3



11



18



46



48



- 3 Espoo elamumess
- 6 Puit sisekujunduses
- 9 Interjöörirendid 2007
- 11 Sheffieldi talveaed
- 14 Kevadises Oslos puitu otsimas
- 17 Maailma pikim puitsild asub Saksamaal
- 18 Puitsillad Norras
- 20 NVF puitsildade konverentsist Norras
- 24 Norras valmis maailma tugevaim puitsild
- 26 Ehitiste keskkonnamõjusid on võimalik tuvastada ja vähendada
- 29 Puitkonstruktsioonide projekteerimisest, ehitamisest ja järelevalvest
- 34 Kas puithüparid jäidki EKE Tehnokeskuse algusaegadesse?
- 35 Puidust, puidupõhised ja teistest materjalidest komposiitkonstruktsioonid
- 42 Bordeaux' kohtuhoone
- 43 Rimini messikeskuse hoone
- 44 Villa Olby
- 45 Puit säästab
- 46 GIIK
- 47 Euroopa kuulsad puud
- 48 Draakonipuu

Väljaandja: Eesti Metsatööstuse Liit
Viljandi mnt 18a, 11216 Tallinn, tel 656 7643

Ajakirja väljaandmist toetab
Keskkonnainvesteeringute Keskus.

Vastutav väljaandja: Märt Riistop
Toimetaja: Ivo Pilve
Kujundaja: Mai-Liis Raidaru

lidne ja uudne

Uued ajad on andnud paljudele eestimaalastele võimaluse iidseid ehitismälestisi oma silmaga vaatamas käia. Ent vaevalt Parthenoni varemetes uitaval turistil torkab pähe, et sellelgi uhkel ehitisel oli kunagi katus, mida kandsid puidust talad. Aga võiks, sest siis ei tuleks mõttessegi väita, et suurte avade ja koormuste puhul pole terasele alternatiivi.

Parthenoni katuste suurim ava on 11 meetrit. Üle selle ei saanud minna suhteliselt lihtsa skeemi tõttu: puud lihtsalt ei kasva nii jämedaks. Aga juba sel ajal pidi Itaalia aladel olema meistreid, kes valdasid lihtsamate fermide tegemise oskusi, sest ehitised olid veelgi suuremad.

Neid oskusi arendati edasi ja rakendati paljude kirikute ehita-



Märt Riistop

misel. Santa Maria Maggiore basiilikas Roomas, ehitatud aastatel 432–440, on puitfermide pikkuseks 25 meetrit.

Tolle aja ehitusmeistritele oli puidu kasutamine loomulik: oli ju puit ainus materjal, mis suutis vastu võtta ka tõmbepinget. Betoonilegi tuleb tõmbepingete tõttu lisada terasarmatuur, aga kas puit pole mitte odavam ja keskkonnasõbralikum? Puidu ja betooni ning puidu ja terase koos kasutamise probleeme käsitleb Puuinfo selles numbris Tallinna Tehnikaülikooli professor Karl Õiger. Selgub, et needki variandid, mis praegustele ehitajatele uudsetena tunduvad, on tegelikult juba ammu järele proovitud, sealhulgas ka Eestis.

Loomulikult on vale väita, et midagi uut välja ei mõelda. Valisin selle artikli juurde kaks fotot, mõlemad puidust kaarega sildadest. Neist vanema, enne 1408. aastat (täpsemalt pole teada) valminud Spreueri sillal kahtlemata liimi ei kasutatud, tõenäoliselt on puidukihtide vahel lihtsad salapulgad. Võrdlus moodsa Leonardo da Vinci sillaga (teisel fotol) Norras peaks näitama, et liimpuidu kasutuselevõtt ei ole avardanud ainult tehnilisi võimalusi, vaid on andnud ka arhitektidele vabamad käed oma ideede ellurakendamiseks. Tehnilise poole pealt aga niipalju: kindlasti pole juhus, et suurima mõeldava koormusega silla materjaliks valiti just puit. Sellestki on meie ajakirjas juttu.

Ühesõnaga on puit samaaegselt nii iidne kui ka uudne materjal, mille laiemale levikule püüab Puuinfo kaasa aidata.

MÄRT RIISTOP,
Puuinfo vastutav väljaandja



Puit sisekujunduses

ELL-MAAJA RANDKÜLA

Meie interjöörides näeb üha rohkem puitu ja selle üle võib ainult rõõmustada. Veel mõni aeg tagasi tungisid kunstmaterjalid meie eluruumidesse erilise aktiivsusega: põrandale laminaat, PVC või sünteetiline vaipkate, seina kipsplaat, tuppä melamiinmööbel ja kõigele krooniks pakettaknad, millest ei pääse läbi ainuski värske õhuioon. Tulemus: staatiline elekter, vibratsioon, õhuniiskuse taseme kõikumine.

Ent tehiskeskonna pealetung pole ainult meie häda, sama kogetakse mujalgi. Probleemidest räägitakse siiski üha laiemalt ja otsitakse võimalusi, kuidas kahjulikke mõjusid leevendada. Oluliseks tasakaalustajaks ruumis on looduslikud materjalid, eeskätt puit.

Kuivõrd teadlikud on puidust inimesed, kes asuvad kodu sisustama? Sisearhitektid Jan Graps ja Ken Ruut, kes interjöörikujunduste kõrval projekteerivad puitmööblit ka oma firmale Incognito, ütlevad, et ökorahvaks on meid veel vara pidada, kuid nihkeid hoiakutes on juba märgata: kui pere budžett vähegi lubab, soovitakse ikka puitpõrandat ja -mööblit.

Põrand kui kujunduselement

Puitpõranda roll ruumis on viimasel ajal märgatavalt tugevnenud, sest puiduvalik on praktiliselt piiramatut. Kui kunagi tegid põrandast kunstiteose osavad meistrid, kes ladusid parketilipid põnevatesse mustritesse, siis praegu mängitakse puidu endaga: tuuakse välja materjali tekstuur ja toon nende täis ilus.

Loomulikult ei saa valikut langetades lähtuda vaid emotsioonidest – meeldib, ei meeldi. Silme ees tuleb hoida seegi, milline on üldine kujundusstiil.

Kindlasti ei kuulu heade hulka lahendus, kus mööbel ja põrand hakkavad omavahel konkureerima. Näiteks rikkalike kaunistustega antiikmööbel kaotab põranda võimsa puidumustri taustal oma võlust mõndagi, seepärast oleks õigem valida neutraalne hele puit (näiteks saar). Modernse minimalistliku sisustuse puhul on vastupidi: kauni tekstuuriga pruunikas pähkliparkett pehmendab minimalistliku mööbli kandilisust ja toob ruumi soojust.

Kooskõla, mis enamikel juhtudel häs-

ti töötab, on kontrastiprintsiip: tume põrand on heaks taustaks heledale mööblile, hele parkett seevastu joonistab selgelt välja tumedad mööblitükid. Väi-

keses ruumis annab parima tulemuse hele heledal. Valkjas puitmööbel samasugusel põrandal loob avarusetunde, kontrasti ja värvi saab sellesse tuua mõne

Hele heledal. Nii põrand kui puitmööbel on valgendatud saarepuidust.



Foto: Club 8



üksiku detailiga: patjadega diivanil, vaibaga, vaasiga riiulil.

Värvide kohta öeldakse, et need on nagu kameeleonid, mis muutuvad valguse-varju ning naabertoonide mõjul. Kõrgelthinnatud pöögi-parketi intensiivne tumekuldne läige helgib vastu ka ruumi teiselt esemetelt. Samasugune mõju on tihti eksootilistest puiduliikidest põrandatel. Näiteks jatoba ehk brasiilia kirsi sügav punakas-pruun helk «soojendab» kogu sisustust.

Omad ja võõrad

Kui räägitakse kodumaisest puidust: männist, kasest, saarest, tammest, tekib kohe tunne – nende väljanägemist, tekstuuri ja tooni ma ju tean. Ent vanad tõesed enam ei kehti. Puitu peitsitakse, valgendatakse, vanutatakse, õlitatakse, vahatatakse, töödeldakse leelise-ga, «kivipestakse» ja mida kõike veel.

Sisearhitektid Jan Graps ja Ken Ruut leiavad, et võimaluste avarumine puhub sisekujundusele uut tuult tiibadesse. Kui varem kuulus puidu pinnatöötlus suuresti tsunftisestest saladustest hulka – igal tiseril-mööbelsepal olid omad nipid –, siis praegu on kvaliteetsed peitsid ja muud puidutöötlemisvahendid kõigile kättesaadavad, tuleb vaid uurida katalooge ja valida välja viimistlusvahendi mark ja number. Näiteks tamme või saare ilusat tekstuuri saab esitleda laias tooniskaalas, alates valgest ja lõpetades mustaga, kusjuures puidu välimus muutub tundmatuseni. Suutsu-toni hall või sügavpruun tammeparkett mõjub väga eksklusiivselt, andes silmad ette nii mõnelegi eksootilisele väärispuidule.

Kuid meie põrandamaailmas on kindla koha sisse võtnud ka eksootika. Kuna kaugetest maadest pärit väärispuiduliike ja nende omadusi tuntakse meil suhteliselt halvasti, siis mõnest veidi lähemalt.

Interjööri ilmestab huvitav triibuline puiduspoon Zebrano. Kohvik Zebra Tallinnas.



Foto Jürgen Laos

Bambus on taim, mis kasvab põhiliselt Hiinas, Indias ja Jaapanis. Et bambusest saab suurepärase parketi, ei oska eestlased enamasti ette kujutada. Naturaalne bambuspõrand on helebeež või kollakas, kaunistatud põhitoonist veidi tumedamate juuspeente pikitriipudega, näha on ka bambuspuidu jätkukohad ehk sõlmed.

Eeben, mis pärineb Kagu-Aasiast, võib uhkeldada sajanditepikkuse kuulsusega. Raske, kõva, mustjaspruun või suisa must puit on olnud läbi aegade üks mööbelseppade meelismaterjale. Eriti kvaliteetseks peetakse Malaisias kasvatatud musta eebenit.

Eukalüptist, mille leviala on Austraalia ja Polüneesia, saadakse väärtuslikku tarbepuitu. Eriti kõrges hinnas on eukalüptiparkett – seda peetakse üheks tugevamaks parketiks maailmas. Mõnda eukalüptiliiki nimetatakse austraalia kummipuuks, sama nime kannab vahel ka sellest valmistatud põrandapuit.

Jatoba ehk brasiilia kirsi puitu hinnatakse kui eriti tihedat ja vastupidavat.

violetse värvuse ja dekoratiivse mustriga puitu, mida saadakse põhiliselt Lõuna-Ameerikast. Eriti väärtuslikuks peetakse Brasiilias kasvatatud jacaranda-puud. Mööblitööstuses on palisander kasutusel spoonina.

Tiikpuu ehk teka on Filipiinide tähtis eksportkaup. Puidu eripäraks on kõrge räni ja õli sisaldus, mis annab talle unikaalsed omadused: tiikpuu on kolm korda vastupidavam kui tamm, temast ei saa jagu niiskus ega putukad. Varem kasutati tiikpuud peaaesjalikult laevaehituses, praegu on hinnatud põrand- ja mööblimaterjal.

Wenge on meil üks populaarsemaid eksootilisi puiduliike. Jämeda koe ja ühtlaselt tumeda tooniga puit on tihe ning raskesti töödeldav, samas äärmiselt vastupidav, sealjuures ka niiskusele – ilmselt seepärast ongi wenge meie vanitubades lemmikmaterjal.

Mitmeid eksootilisi puiduliike kasutatakse ruumikujunduses spoonkilpidena seintel, esmajoones avalikes interjöörides: hotellides, ühiskondlikes hoonetes, meelelahutusasutustes jms.

Tema kodumaa on Kesk- ja Lõuna-Ameerika. Parketiks töödelduna võtab jatoba pind punakas-pruuni tooni, kuid «küpsed» aja jooksul tumedamaks.

Kookost teame esmajoonest materjalina, millest valmistatakse matet ja vaipu, kuid sellest tehakse ka parketti. Käiku lähevad sel juhul vanad, viljakandmise lõpetanud puud, mille puit on tugev ja tihe. Värviskaala varieerub kuldsest tumepruunini.

Mahagon pole omaette puuliik – nii nimetatakse tihedakoelist, punast või pruuni puitu, mida annavad erinevad, mitmel pool maailmas kasvavad troopilised puud. Kasutatakse põhiliselt spoonina.

Palisandriks kutsutakse tumepruuni või

Mööbel areneb koos tehnoloogiaga

Mööblist rääkides rõhutavad Graps ja Ruut, et suurimaks liikumapanevaks jõuks selles vallas on arenev tehnoloogia.

Loomulikult täispuitmööbel oli, on ja jääb. Samas seab meie tarbijale piirid ette hind, mistõttu kasutatakse odavamaid puiduliike. Andmaks mööblile hinnalise- mat ilmet, võetakse appi õhuke väärispuidust spoon. Samal põhimõttel valmistatakse ka spoonparketti, laudparketi odavamat (ja lühema elueaga) versiooni.

Naturaalse spooni kõrval kasutatakse üha laialdasemalt spetsiaalse tehnoloogia abil kokkupressitud puitfiibrit, mille pind on faktuurilt ja kujunduselt väga

lähedane originaalpuidule. Jälgendatakse eksklusiivset eebenit, palisandrit, wengeti ja teisi kalleid puiduliike. Materjal on meeldiv, sest tegu pole sünteetikaga, vaid tihedalt kokkupressitud puiduga, millel on samasugused struktuuriomadused ja soojus kui naturaalsel puidul. Võrreldes eheda puiduga, on tööstuslikul spoonil mõned eelisedki: on lihtsamini töödeldav, defektivaba, puuduvad oksakohad. Ja mis samuti oluline – on naturaalsest spoonist odavam, mis annab võimaluse kasutada seda ka suurtel pindadel.

Perspektiivne materjal on termopuit, mis oma tulemise võlgneb samuti tehnoloogiale. Kuna termotöötles kasutatakse vaid kuumust ja auru, jääb puit

ökoloogiliselt puhtaks. Termotöötlemisega saab anda kodumaisele männile, kasele ja tammele troopilise puidu välimuse, mistap neist tehtud mööbel või põrand on tõesti pilkupüüdev.

Mis suunas liigutakse? Kas õhus on midagi erilist? Jan Graps ja Ken Ruut rõhutavad taas tehnoloogia tähtsust. Näiteks pakutakse puitmööblile vaheldust kergetest õhulistest poolsünteetilis- test materjalidest sisustusega, millele laserlõikuse abil antakse pitsiline pind. Oma positsioone pole loovutanud ka toekas kilpmööbel, ja see on meeldiv uudis. Nagu sisearhitektid oma mööblis- ja Incognito arendades on kogenud, eel- lisatavad paljud lihtsat, selge vormi ja naturaalse ilmega puitmööblit. 

Interjöörirendid 2007

ELL-MAAJA RANDKÜLA

Rahvusvaheliste messide üheks eesmärgiks on suunata arenguid tööstuses ja juhtida tähelepanu olulisematele tendentsidele. Trendid, mida tutvustavad messikataloogid, on kokkuvõtte spetsialistide tulevikunägemustest, mis on koondatud ühte või teise teemasse. Frankfurdi messil esitleti neid nelja märksõna all.

Emotsionaalne puit

Lihtne, Skandinaavia disain ja põhjamaine karge stiil. Materjalid koduses ümbruses on soojad ja sõbralikud. Domineerivad pöök, tiikpuu ja palisander.

Naturaalse ilmega eheda puidu kõrval kasutatakse ka liim- ja tihendatud puitu. Pinnaviimistlustest tõuseb esile värvimine – traditsioonilise viimistlusteetodoi taaslustamine! Teiseks taotluseks on vana, kulunud ilme, mis justkui viitaks ökoloogilisele eluviisile ja kokkuhoidule. Oluline koht on rotang- ja bambusmööblil ning punutistel.

Inspiratsiooniallikatena nimetatakse 1950. ja 1960. aastate disaini, eriti Soome suurkuju Alvar Aalto loomingut.

Tekstiil toetab stiili naturaalsusega. Valikus on erineval viisil viimistletud vill, linane, puuvill, et tuua ruumi mitmekesisust. Mustrid on tagasihoidlikud: domineerivad peen graafiline joon, kitsad triibud ja väikesed ruudud, sekka motive Skandinaavia

käsitööst.

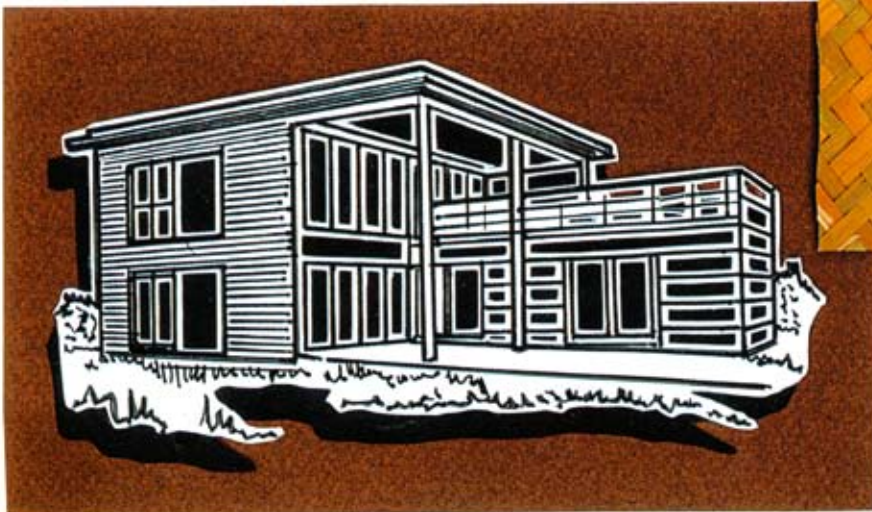
Värvid on looduslähedased ja mõjutatud puidu ja linase kanga naturaalsusest. Kooskõlad on pehmed, isegi udu- sed, jõudu annavad juurde eri toonitugevuses pruunid.

Kuna teistes teemades on puidu osakaal peaaegu olematu, siis esitame need kokkuvõtlikumalt.

Reflekteeriv metall

Põhiteemaks on metall ja klaas, nii arhitektuuris kui sisekujunduses. Üldmulje on jõuline, modernne ja industriaalne.

Metallmööbel esineb koos eksperimentaalsete kangastega. Domineerib





Joonistel:
Visioon interjöörirendist 2007
teemal «Emotsionaalne puit».

sünteetika, sageli kulla- või hõbedaläikeline, samuti võrk.

Eeskujud: Eileen Gray, Mies van der Rohe, Rem Koolhaas jt.

Värvitoonid on jõulised. Eriti tõuseb esile sinine, millele lisab intensiivsust puhas valge.

Elegants tekstiilis

Pehme ja mugav äraolemine luksuslike kangaste vahel. Stiil on särav, rikas ja küluslik: siid, vill ja nahk suurtel diivanitel ja lamatsitel.

Mustreid laenatakse *art deco*'lt ja muinasjutumaaailmast, detailidega, eriti vase- läikeliste ja kullatud metallist valgustitega tuuakse sisse 1970. aastate meeleolu.

Värvid on sügavad ja täis läiget.

Dünaamiline plast

Stiil neile, kellele meeldivad värvilised asjad ja kes suhtuvad oma ümbrusse huumoriga. Suurimaks mõjutajaks on 1960.–1970. aastad, vürtsiks sekka tipptehnoloogilist kodutehnikat ja isetehtud asju.

Segada võib kõike: plastmööblit, käsitööd Mehhikost, Aafrikast ja Hawaiilt, op- ja pop-kunsti, plakateid ja postreid, nipsasjakesi jne.

Värvid on lõbusad, elavad ja intensiivsed. 

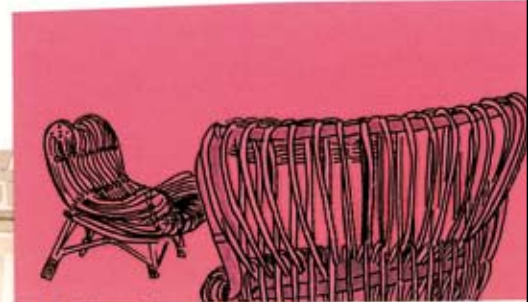




Foto I. Sheffieldi talveaeda jätkub nii sellest niisama lähikäitajaid kui ka seda põhjalikumalt uudistajaid.

Sheffieldi talveaed

MÄRT RIISTOP, autori fotod

Sageli arvatakse, et puit ehitusmaterjalina ei ole Inglismaal (v.a Šotimaal) eriti populaarne. Eks see keskeltläbi nõnda olegi, kuid olukord on muutumas. Aastail 1998...2004 puitkarkassmajade osakaal Inglismaal kahekordistus, jõudes 17%-ni sealse elamuehituses. Sel aastal kehtima hakanud hoonete kõrgemate soojapidavusnõuete tõttu prognoositakse, et puitkarkassi osakaal tõuseb edaspidigi 1...2% aastas. Valminud on ka hulk uudseid ja arhitektuurselt silmapaistvaid suuri puitehitisi. Ühel neist siin peatumeagi.

Tellija: Sheffieldi linnavalitsus
Arhitekt: Pringle Richards Sharratt Architects
Inseneritöö: Buro Happold
Mõõtmed: 70 m pikk, 22 m lai ning 21 m kõrge
Ehitusaeg: märts–detsember 2002
Maksumus: 5,5 miljonit Inglise naelsterlingit
Finantseerijad: Millennium Commission, Sheffieldi linnavalitsus ja English Partnership
Auhindu: 6, nende hulgas RIBA (Royal Institute of British Architects) auhind



Foto 2. Talveaiast pääseb otse vasakul paiknevasse Millennium Galleriesse. Neisse mõlemasse on sissepääs tasuta, pilet tuleb osta vaid galeriisse üles pandud erinäituste külastamiseks, need aga ei sulge läbipääsu galeriist.

Kiirelt muutuvast Eestis jäi aastatuhandevahetus üsna märkamatuks, vaieldi vaid selle üle, millal on õige hetk. Inglise aga otsustasid käima panna rahvusliku loterii ehk õnnemängu ja suunata sellest koguneva raha kõigi riigi kodanike õnnelikumaks muutmiseks.

Loodud Millenniumikomisjoni ülesandeks sai abistada omavalitsusi vana aastatuhande lõpu ja uue alguse tähistamisel. Toetuse maksimumsuuruseks määrati 50% projekti maksumusest.

Nüüdseks on millenniumiprojektide kaudu investeeritud ehitistesse ja keskkonnaprojektidesse 1,3 miljardit naelsterlingit ning sellesuunaline tegevus jätkub. Keskmiselt on rahvusloterii raha saanud iga kümnes taotlus.

Üks õnnelikust oli Sheffield, mille elanikele tundus, et pärast hiiglasliku Meadowhalli ostukeskuse valmimist äärelinnas 1990. aastal on elu nende linna südamest sootuks kadunud (Daily Telegraph, 14.01.03). Keskusesse kerkis küll uusi hooneid ja laiendati teid, ent rahva suhtumine oli leige. Seda väljendab hästi kas või raekoja juurdeehitusele antud hüüdnimi – Munakarp.

Et elu linna südamesse tagasi tuua,

Foto 3. Esimeste kasutusaastate järel ei ole lehis veel värvi muutnud, ajapikku hakkab puit ilmselt siiski hallikaks tõmbuma.





Foto 4. Liimpuidust kaared on eri kõrgusega. Seepärast on hoone välisvaadet võrreldud vahel ka looma selgrooga (vt ka foto 2).

käivitati ulatuslik programm, milles on keskne koht talveaial ja milles esimese ettevõtmisena nähti ette raekoja üsnagi uue (valmis 1970) ja suure betoonist li-sandi lammutamine.

Linnasüdame uues planeeringus seob talveaed selle kõrval paiknevat sama projekti toel ehitatud Millennium Galleryd, ülikooli kvartalit, raekoda ning Peace Gardensi parki. Talveaed on ka kohaks, kus saab puhata jalgu teel raudteejaama.

Talveaia ja Millennium Gallery arhitekti leidmiseks korraldati konkurss, mille võitjaks osutus vastloodud büroo Pringle Richards Sharratt Architects. Pärast konkursi võitja selgumist (1996) kulus esimese hoone Millennium Gallery valmimiseni (2002) siiski kuus aastat. Põhjuseks ikka raskused raha leidmisel. Valminuna aga pälvis galerii kohe Inglise betooniühingu auhinna ja 2003. aastal RIBA auhinna nagu talveaedki.

Michael Palin, üks Monty Pythoni kambast ja muudelgi aladel tuntud Sheffieldist pärit mees, nõustus olema talveaia ehituse patrooniks. Talveaia kohta on ta öelnud: «See on absoluutselt kaunis hoone. Mulle meeldib, et selles on kasutatud puitu. Meie linnades on kohutaval hulgal betooni ja seda toredam on, et see ehitus on puidust – näeb sellisena välja väga looduslik.»

Hiiglaslikud liimpuidust kaared on



Foto 5. Liimpuidu liiteid, nii omavahelisi kui muu struktuuri külge, on üsna palju, silma hakkavad need siiski vaid lähemal vaatlusel.

tehtud lehisest, sest eesmärgiks oli vältida puidu igasugust keemilist töötlemist, loobuti isegi pinna katmisest. Sisemiselt aga on Sheffieldi talveaed üsna kõrgtehnoloogiline kompleks: arvukad ventilaatorid, avatavad katted, kastmissüsteemid jms on ühendatud keerukasse süsteemi, mida ajapikku õpitakse otstarbekalt kasutama, et aastaajast sõltumata hoida galeriis püsivat sisekliimat. 

torid, avatavad katted, kastmissüsteemid jms on ühendatud keerukasse süsteemi, mida ajapikku õpitakse otstarbekalt kasutama, et aastaajast sõltumata hoida galeriis püsivat sisekliimat. 



Foto I. Gardermoeni lennujaama katus meenutab lennuki tiiba.

Kevadises Oslos puitu otsimas

MÄRT RIISTOP, autori fotod

Hõre lennuplaan venitas meie poolepäevase nõupidamise kahepäevaseks Oslos viibimiseks. Ametialasest kretinismist otsustasin vaba aja täita puitarhitektuuri otsides.

Puit jääb silma juba Oslosse saabudes, Gardermoeni lennujaamas. Tõsi, üldmulje lennujaamast on sama klaasine-betoonine nagu taoliste ehitistele omane, ent selle hoone hiidkattust kannvad liimpuitkonstruktsioonid peaksid peale inseneride ja arhitektide silma hakkama ka tavaturistidele. Ja see oligi Norra valitsuse ning puidutööstuse eesmärk: külalised peavad märkama, et nad on saanud riiki, kus puidust peetakse lugu ja seda osatakse kasutada.

Lennujaama hoonest põigiti üle ulatuvad liimpuidust sõrestikud pole erilised ai-

nult pikkuselt (136 m, toetuvad kolmele betoonpostile, pikim ava 54 m), vaid ka välimuselt. Tavapäraselt on liimpuittalad ristkülikukujulise ristlõikega, sest suurusel johtuvalt on nende töötlemine keerukamale profiilile üsna tülikas. Et aga Gardermoeni lennujaama visuaalne kontseptsioon lähtub lennuki tiiva kujust, siis on ka sõrestikele vineerist katte ja vöötalade servade töötlusega antud lennukitiiba meenutav välimus.

Gardermoeni lennujaam avati 1998. aastal ja peaks senini olema maailma suurim puitkonstruktsiooniga lennujaam:

hoone pikkus on 180 m ja laius 136 m. Ehitisse kulus liimpuitu ca 5000 m³ ning siseviimistluspuitu rohkem kui 400 m³. Üks põhjusi, miks valiti materjaliks just puit, oli lisaks eespool öeldule veel see, et sooviti kasutada ja edasi arendada Lillehammeri olümpiaks valminud suurte olümpiarajatiste ehitamise kogemust.

Liimpuidust on tehtud ka lennujaama külje all oleva Eidsvollsi raudteejaama peroonide varikatused (vt tagasisekas).

Oslo kesklinnas näeb puid palju, ent mitte puitu. Kuid ometi: nii mitmelgi ehitusplatsil selgus, et majade mittepuidune välimus võib olla petlik. Üsna levinud tundus seal olevat meetod, kus betoonist või terasest karkassile monteeritakse või ehitatakse kohapeal puitkarkassil välisseinad. Et välispinna katmiseks kasutatakse palju plaatmaterjale, mis viimistletakse värvi või krohviga, siis sageli polegi

Foto 2. Liimpuittalade servad on kumerad ja küljed kaetud 9 mm pak-
suse kasevineeriga. Ka siseviimistlu-
ses on kasutatud väga palju puitu ja
puidupõhiseid materjale.



Foto 3. Ehkki suurema osa nende majade fassaadist katab
puit, ei kipu see üldmuljes domineerima, vaid sobitub hästi
linnakeskuse miljöösse.



Foto 4. Tehases valmistatud puitkarkasspaneelid monteeritak-
se betoonkarkassi «sahtlitesse».

võimalik valmis majalt viiteid puidule leida. Eks oma osa mängi siin ka ümbruskond: üldilme seab majade välimusele piiranguid. Siiski, otse bussiterminali kõrvale rajatavas uues elamukvartalis oli leitud huvitav viis, kuidas puitu fassaadil eksponeerida (vt foto 3).

Foto 4 on hästi näha, kuidas toimub tehases valmistatud seinapaneelide montaaž. Paneelid ulatuvad seinast pisut välja ja nende vahele pannakse soojustus, et vältida betoonkarkassi servade ulatumist välispinnale, mis tekitaks külmasildu. Paneele ei kinnitata karkassi külge jäigalt: elastsed vaheelemendid väldivad müra kandumist ühest ruumist teise läbi külgnevate konstruktsioonide.

Linnakeskusest eemal on puitmaju muidugi palju. Oslo väikemajade välisilmes on aga nii mõndagi Tallinna eramuist erinevat. Eelkõige torkas silma, kui palju kasutatakse lihtsaid, profilhööveldust mitte nõudvaid vooderdusviise, näiteks kattelaudist (foto 5) ja laevaparda plangutust meenutavat ülekattega laudist (foto 6), milles saab tarvitada profileerimata laudu. Kogu pind on peensaetud, seega püsib värv fassaadil hästi. Et hööveldada pole samuti vaja, on ka hind ilmselt soodsam.

1998. aastal valminud Skøyeni kool on pikk ja üsna suur, põrandapinda on seal tervenisti 6749 m², ning koosneb omavahel galeriidega ühendatud väiksematest plokkidest. Niisugusena sobib kool aedlinna miljösse hästi, kerkimata teravalt esile. Kui mitte eriti tähelepanelikult ringi vaadata, on lihtne koolist seda märkamata mööda kõndida, sest tänavajoonest jääb hoone üsna kaugele krundi sisse. Tänavaaäres on parkla. Ehkki liiklus pole seal suur, aitab seegi laste turvalisust tõsta. Väikesed eraldi asetsevad õppeplokid tagavad privaatsama õpikeskkonna ja aitavad lärmakamaid vanuserühmi rahulikemaist pisutki isoleerida. 



Foto 5. Uute majade fassaadid on sageli tõrvavärviga tumedaks värvitud, mida kinnitab ka sel fotol nähtav kattelaudist.



Foto 7. Kooli hooned on ühendatud galeriidega.



Foto 6. Skøyeni kooli nelja väiksema, eraldiseisva hoone seintel on vineeri uuristatud kujutistest ja roostetanud terasest taiesed.

Maailma pikim puitsild asub Saksamaal

Tänavu 4. augustil avati Ida-Saksamaal Tüüringis Ronneburgi linna lähedal maailma pikim – 240 meetri pikkune puitsild. Oma lainja kuju järgi sai see 25 meetri sügavust kuristikku ületav sild kohalike elanike seas korraldatud konkursil nimeks Draakoni saba. Kolme kaarega silla suurim kõrgus on 25 meetrit.

Draakoni saba (*Drachenschwanz* – sks k lohesaba) asub 2007. aastal avatavas Ronneburgi looduspargis. Silla projekteeris Müncheni arhitekt Richard J. Dietrich, kes on juba varasemast tuntud mitme huvitava puit- ja terassilla autorina. 1989. aastal sai Dietrich Euroopa Glulami auhinna parima liimpuidust konstruktsiooniga ehitise eest.

Ronneburgi silla ehitas Holzindustrie GmbH+Co.KG, kellele see oli esimene nii mahukas rajatis. Silla ehituseks kulus 1100

tihumeetrit puitu ja 1,7 miljonit eurot.

Algul kavatseti Ronneburgi rajada 300 m pikkune teraskonstruktsiooniga ripsisild, kuid puidust variant osutus tunduvalt odavamaks. Saksa ehitusjärelevalve andis Ronneburgi sillale oma kõrgeima kvaliteedijärgu 1,5.

Tuleval aastal on Ronneburg koos naabruses asuva Geraga Saksa aiandusfestivali korraldaja ning loodetakse, et sild, mis ühendab kaht eriilmelist maastikku, kujuneb peo üheks suuremaks

Fotod: toimetuse arhiiv



vaatamisväärsuseks, mis meelitab külastajaid kohale kogu Euroopast. Raadiojaama MDR kinnitusele on sild ka läbi Tüüringi kulgeva jalgrattatee osa. 



Puitsillad Norras

Foto: Otto Kleppe



Flisa maantee-sild

Ehitusaasta: 2003

Pikkus: 196 m

Laius: 9 m

Suurim sildeava: 70,34 m

Maailma pikim puidust maantee-sildade sildeava

OTTO KLEPPE, Norra Maanteeamet, autori fotod

Norras pakub puit muudele sillaehitusmaterjalidele arvestatavat alternatiivi. Suurim probleem, millega ehitajatel tuleb selle materjali puhul kokku puutuda, on eelarvamused.

Kümme protsenti kõigist aastail 2000...2003 ehitatud sildadest Norras on tehtud puidust. Enamik neist asub Ida-Norra keskosas, kuid viimasel ajal on mitu uut silda rajatud ka rannikulähedastesse piirkondadesse.

Norras on puit läbi aegade olnud üks levinumaid ehitusmaterjale, sest seda leidub kõikjal. Puitu on ka kerge töödelda ning suhteliselt väikesest massist hoolimata on tegu siiski ülimalt vastupidava materjaliga. Keskajal ehitati puidust näiteks nii elumaju kui ka kirikuid.

Veel 1902. aastal oli Ida-Norras 85% kõigist sildadest valmistatud puidust (varem oli puitsildade osakaal tõenäoliselt veel suurem). Ülejäänud 15% olid teras-, kivi- ja betoonsillad. Seejärel hakkas puitsildade arv järsult vähenema.

Sellel, et puit kui sillaehitusmaterjal 1990. aastatel taas populaarseks muutus, oli mitu põhjust. Just sel ajal lükati kogu riigis käima Põhjamaade puitsildade projekt. Puitu kasutati põhimaterjalina ka 1994. aasta taliolümpiamängude Lillehammeri staadioni ehitamisel. Enamik tol ajal kasutusele võetud tehnoloogiaid oli küll pärit teistest riikidest (eelkõige USA-st), kuid neid hakati täiendama ja edasi arendama. Selle tõestuseks on näiteks plaatsildade ehitusel kasutatavad pingelamellplaadid, puitdetailide uued ühendusmeetodid ja niiskustõrjesüsteemid.

Alates 1995. aastast on Norras valminud 23 puidust jalakäijate silda (kõik riigi toetusel) ja 24 maantee-silda, sh maailma pikima avaga puidust maantee-sild.

Lisaks nendele on puitsildu rajanud Norra raudtee, kohalikud omavalitsused ja mõned eraettevõtted. Ja kõik need sillad kannavad regulaarset liikluskoormust.

Norras on levinud viit tüüpi puitsillad: plaatsillad, konsoolidega talasillad, raam-, kaar- ja sõrestiksillad.

Plaatsildade ehitus on lihtne ja odav. Norras kasutatakse seda skeemi peamiselt maantee-sildade puhul, mille ava pikkus ulatub kuni 7 meetrini. Plaat-silla puitpaneelid ühendatakse terasvarbadega, mis ühtaegu pinguldavad sildeehitise konstruktsiooni. Pikemate sildade puhul kasutatakse puitpaneelide asemel suurema paksusega lamineeritud liimpuitpaneele. Norras väljatöötatud pingelamellplaadide tehnoloogiat võib võrrelda pingbetoonkonstruktsioonide omaga.

Plaatsilla terasest pingutusvardaid tuleb uuesti pingutada iga 15 aasta järel. Juhul kui plaadi tugevdamiseks kasutatakse liimpuidust talasid, mis paiknevad meetrite vahedega ja moodustavad T- või karpristolõike, võib plaadi sil-



Kjærøra jalgteesild

Ehitusaasta: 2001

Pikkus: 120 m

Suurim sildeava: 91 m

Maailma suurim puidust jalgteesildade sildeava



Evenstadi maantee-sild

Ehitusaasta: 1996

Pikkus: 180 m

Laius: 6,5 m

Sildevaad: 5 x 36 m

deavaks saavutada 20 meetrit või veelgi enam.

Raamsillad on maantee-sildade seas kõige levinumad. 20...45 m ava puhul on see hinna seisukohalt optimaalseim lahendus. Kaarsilla ava võib olla kuni kaks korda pikem. Nii raam- kui plaat-sildade puhul kasutatakse ühesuguse konstruktsiooniga sõiduosa, mille pea-kandurid paiknevad viiemeetriste intervallidega. Norra pikim kaarsild – 70 m avaga Tynseti sild – on just seda tüüpi.

Puidust sõrestiksillad on enamasti kal-limad, võrreldes muude konstruktsioo-niskeemidega, ning seda peamiselt kan-durite ja tugitarindite sidemete rohkuse tõttu. Kuid isegi sellele vaatamata suudab puit võistelda teiste ehitusmaterjalidega. Sõrestiksilla sõiduosa konstruktsioon ei erine muust materjalidest sildade omast. Tuule poolt tekitatud pingeid on võima-lik kompenseerida täiendavate terasest tugede abil. Norra pikima sõrestiksilla ava pikkus on 70,3 m.

Puitsildade detailid valmistatakse te-hastes ja nende kokkupanekuks kulub kohapeal vähe aega. Tiheda liiklusega piirkondades ja riikliku tähtsusega tee-del on see lisaeliseks.

Norras on tavaks puitsildade konst-ruktsooni mitte varjata, vaid vastupidi just esile tõsta. Puidust sild on esteetili-selt kena ning sobib ideaalselt looduses-se. Muidugi tuleb looduslikust materja-list sildade puhul omistada suuremat tä-helepanu vastupidavusele.

Norra teedeameti ettekirjutuse koha-selt tuleb sillad ehitada vähemalt saja-aastase «garantiiga», kusjuures nende hooldus peab olema võimalikult odav. Erandiks ei ole ka puitsillad.

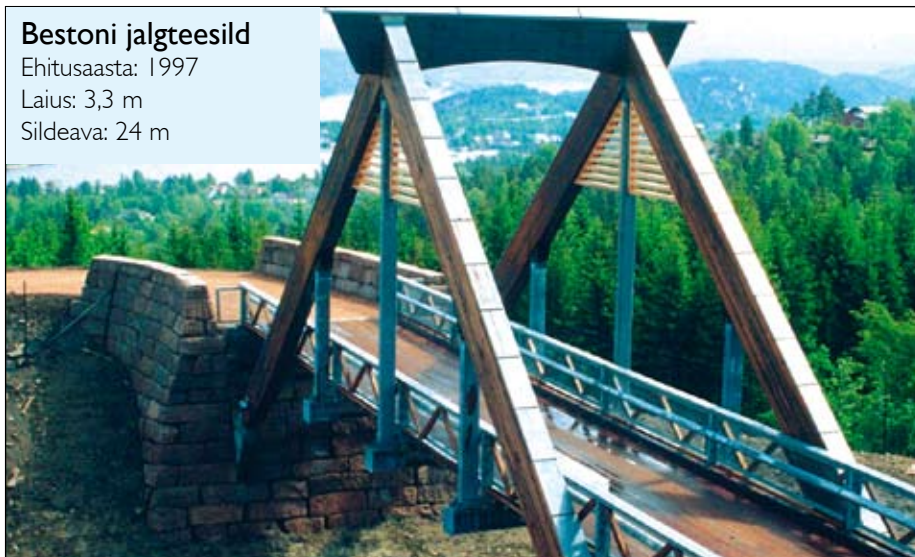
Puidu vastupidavuse tõstmiseks kasu-tatakse nii konstruktiivseid meetmeid kui keemilisi kaitsevahendeid. Kõik ho-risontaalsed puitpinnad kaitstakse vask-plaatidega ja ülejäänud spetsiaalsete kee-miliste kaitsevahenditega (enamasti kre-o-soodiga). Mõnikord kaetakse vaskplaatide-ga ka külgmised vertikaalpinnad. Vask peab vastu üle saja aasta, sama võib

Bestoni jalgteesild

Ehitusaasta: 1997

Laius: 3,3 m

Sildeva: 24 m



Silla käsipuu ja valgustus.

väita ka kreosoodiga töödeldud puitpin-dade kohta.

Puitsilla saja-aastase eluea kindlustami-ne on keeruline väljakutse, mille nimel tehakse pidevalt uuringuid ning viiakse läbi varemehitatud sildade vaatlusi.

Norra kogemuste põhjal võib väita, et ehituspuidu niiskusesisaldus kõigub aasta lõikes üllatavalt vähe, umbes 2%. Seni kasutatud meetmete tulemusena ei ületa sillakonstruktsioonide niiskusesi-saldus 11%. Kuna lagunemisprotsess

algab alles 20% juures, võib väita, et senised meetmed mõjuvad just nii, nagu on ette nähtud.

Hinna juurde tagasi pöördudes: Nor-ras on puitsillad teras- ja betoonsildade-ga täiesti konkurentsivõimelised ning seda tunnistavad ka kohalikud ehituset-tevõtjad. Mõnikord otsustatakse puidu kasuks ka muudel kaalutlustel, kuid kõi-ki kulused arvestades on puidu kasuta-mine väga sageli kõige odavam lahendus. 

NVF puitsildade konverentsist Norras

RAGNAR PABORT, autori fotod



Flisa sild Norras.

Eelmisel aastal toimus Norras Hamari linnas Põhjamaade teedeasotsiatsiooni (NVF – *Nordisk Vejteknisk Forbund*) ja Norra Maantee-deameti korraldatud konverents puitsildade teemal. Sellest võtsid osa peamiselt Põhjamaade spetsialistid, kuid väga palju oli ka külalisi Baltimaadest. Kaugeim külaline oli kohale tulnud Austraaliast.

Konverentsi eesmärgiks oli tutvustada inseneridele, arhitektidele ja teistele spetsialistidele viimaseid saavutusi ja uudiseid puitsildade vallas, samuti vahetada kogemusi ja teadmisi. Pärast sisukate ettekannete kuulamist käidi tutvumas ka Hamari lähiumbruse puitsildadega. Põhjamaades on puitsildade osakaal näiteks Eestiga võrreldes suur. Aastail 2000...2003 ehitatud Norra maantee-sildadest moodustavad puitsillad kümme protsenti.

Peamiseks miinuseks puidu valikul silla konstruktsiooniks peetakse seda, et puit pole nii vastupidav kui teras või betoon. Kuid Põhjamaades ja ka mujal te-

hakse kõvasti tööd, et seda aegunud arvamust ümber lükata. Puit on terase ja betooniga nii hinna kui ka vastupidavuse poolest igati konkurentsivõimeline. Järgnevalt lühidalt konverentsil kajastust.

Puitsildade ajalugu

Esimesteks puitsildadeks võib lugeda üle veekogude kukkunud puid. 800 aastat eK ehtasid puitsildu peamiselt pärslased, babüloomlased, kreeklased, roomlased ja hiinlased. Paljud sillad rajati maadevallutamise käigus sõjavägedele.

18. sajandil sai puitsildade areng sisse uue hoo, sest just siis toimus edasimineku inseneriteaduste vallas. Juhtivateks insenerideks olid toona vennad Grubenmannid Šveitsist, kes konstrueerisid hulga märkimisväärsed sildu. Puitu kasutati sillamaterjalina usinalt ka USA-s. Samal ajal võeti kasutusele kaarelementidest ja sõrestiksillad.

Tänu tööstuse ja transpordi arengule 19. sajandil kasvas nõudlus sildade jä-

rele veelgi. 20. sajandil võttis sildade konstruktsioonis juhtiva rolli üle teras ja silla dekil raudbetoon, kuid edasi arenesid ka puitsillad: võeti kasutusele liimpuit ja puidukaitsevahendid. 1960. ja 1970. aastate vahel hakati silla konstruktsioonides kasutama liimpuitu ja dekil pingelamellplaati. Tänu sellele on puitsildade arv iga aastaga suurenenud.

Puitsillad – 100 aastat kasutusiga?

Puitsilla kasutusea pikendamine on väga oluline, sest puit kui materjal on tundlik niiskusele ja teistele ilmastikumõjudele. Norras on puitsildade kaitseks ilmastiku eest kasutusel hulk meetmeid. Näiteks silla kandeelementide pinnad kaetakse otsese vee eest (metall- või vahetatav puitkate), kuid ülejäänud pinnaosad püütakse jätta nii vabaks kui võimalik. Eesmärgiks on, et konstruktsioonielemendid ei oleks otsese vihma käes ja samas saaks niiskus puidust takistusteta välja kuivada.



Pingelamellplaadist dekiga sild.

Kui inseneritöö, ehitus ja materjalid on tasemel, peavad puitsillad vastu kaua. Väga oluline on sõlmede konstrueerimine. Näiteks on hea kasutada puidu sisse süvistatud terasplaate ja tüübleid: sellised sõlmed kannavad hästi edasi jõudu- sid ja on samas kaitstud ilmastiku eest. Uuem lahendus sildade puhul on pinge- lamellplaadid – terasvarrastega pinguta- tud ja hõõrdele töötavad massiivpuidust plaadid, mida kasutatakse ka hoonete vahelagedes.

Pingelamellplaat koosneb serviti ase- tatud plankudest, mis on kokku tõm- matud nendega risti asetsevate terasvar- rastega. Varraste läbimõõt on tavaliselt

16 mm ja nende vaheline samm 50...60 cm. Vardad läbivad plankudes olevaid avasid ja on pingestatud jõuga 130 kN. Varraste otstes on ankrulapid diameetriga 20 cm. Aja jooksul tõmbe- jõud varrastes väheneb ja stabiliseerub umbes 30...50% vahel esialgsest. Iga 15 aasta järel tehakse järeldpingestamine. Oluline on ka see, et plaat oleks kaitstud otsese vihma eest.

Kõige tähtsam tegur puidu pika eluea saavutamises on kaitse niiskuse eest. Üldjuhul kaitstakse silla konstruktsioo- ne niiskuse eest kahel viisil: abikonst- ruksioonidega ja keemiliselt. Näiteks kaetakse silla kandeelemendid eespool

mainitud vaskplaatidega, mille kasutus- iga on pikem kui sada aastat. Keemili- selt kaitstakse silla elemente CCA või kreosoodiga immutamise teel. Keemilisi töötlusviise on teisi. Üldiselt jäetakse sillaelementide küljed katmata, kuid äärmuslikes ilmastikutingimustes tuleb need lisaks keemilisele kaitsele katta ka nagu sillaelementide pealmised pinnad.

Puitsildade keemiline kaitsemine

Norra vanemad puitsillad on enamikus kaitstud CCA-meetodil (*copper, chro- mium and arsenic salts* – vase, kroomi ja arseeni soolad), uuemad sillad on kreosoot-immutusega. 2002. aastast valitseb Norras CCA-töötluste tugev vastuseis, kuid vaatamata selle kasutatakse seda si- iamaani. Arutatakse, et ehk tuleks muuta CCA ainult vasesooli sisaldavaks tööt- luseks, kuna see on kõige keskkonnasõb- ralikum. CCA-töötlustega sildade kasu- tuseaks arvestatakse 100 aastat.

Oslo lähedal asuva Leonardo silla lamelle pole metallisooladega töödel- dud, vaid nende pind on kaetud vett hülgava peitsiga. Sellise silla kasutuseaks arvatakse olevat 40 aastat.

Kreosootimmutuse puhul on prob- leemiks kreosoodi väljumine puidust, mistõttu puidu pinnale tekivad silla



Silla kandeelemendid on kaitstud vaskkatte ja külgmiste laudadega.



Rena sild ehitusjärgus.

esteetilist väljanägemist halvendavad kreosoodilaigud. Rootsist katsetati kolme erinevat kreosoodioli ja 12 erinevat töötlemisprotsessi, kuid enamik katsekehi «veritses» kreosoodiolist ikka edasi.

Peale CCA ja kreosootimmutuse on ka alternatiivseid puidu töötlemise viise, näiteks kombineeritud töötused: Royal-töötus, Ultrawood, alküüd/akrüül-baasil peitsid.

Puitsildade arengust Lätis

Vanim teadaolev puitsild Läti aladel asus 9.–10. sajandil Araiši järve kindluse juures. Silla jäänused leiti arheoloogiliste uuringute käigus. Sild, samuti selle dekiosa koosnes ümarpalktaladest ja toetus puitvaiadele. Paneb imestama lätlaste kõrge insenerinduse tase sel kaugel ajal. Esimese suurema parvsiilla üle Daugava jõe Riia lähisteles lasi ehitada Rootsi kuningas Karl XII enne Riia ründamist 1702. aastal. See sild oli kasutusel 1710. aastani.

Puitsildade kuldaeg oli Lätis 19. sajandi lõpust kuni Teise maailmasõjani. Sõjas paljud sillad hävitati ja need asendati ajutiste sõrestik-puitsildadega. Tänapäeval on Läti maanteeameti hallata 23 puitsilda, kuid neid ei saa võrreldagi enne Teist maailmasõda ehitatutega. Kuna Lätis on levinud arvamus, et puitsillad on võrdlemisi väikese kandevõimega ja nende kasutamisega lühike, siis ehitatakse puidust sildu üha vähem.

90ndatel hakkas puidutööstus taas arenema – tulid uued tehnoloogiad, kaitsevahendid ja võeti kasutusele liimpuit. Lootust on, et see mõjutab positiivselt ka puitsildade rajamist Lätis.

Rena sild – maailma tugevaim puitsild?

Sild asub umbes 60 kilomeetri kaugusel Lillehammeri linnast ida pool Rena jõel. Sild toetub liimpuitsõrestikule ja selle raudbetoondekil on kaks vastassuunalist sõidurada. Sild on projekteeritud Norras kehtivate normide ja NATO standardite järgi, sest silda kasutatakse ka sõjaväearsenali veoks, see tähendab, et sild peab kandma koormust massiga 109 tonni, mis asetseb üksteisest 30 m kaugusel. Kriitiline koormusolukord sillale tekib, kui 109-tonnine tanki transpordiveok kohtub täislastis maanteeveokiga. Projekterijatele ja ehitajatele teadaolevalt ühtegi teist nii suurt koormust taluvat puitsilda maailmas pole. 

Rena sillast kirjutab järgmises artiklis silla autor arhitekt Rune Abrahamson.

Kokkuvõte on tehtud NVF konverentsi ettekannete põhjal

- * *Traditions in Timber Construction.* Erik Aasheim, Norsk Treteknisk Institutt
- * *Chemical protection.* Fred G. Evans, Norsk Treteknisk Institutt
- * *Timber bridges – 100 years service life?*

Andmeid Rena silla kohta

Mõõtmed

- * Pikkus 158 m (koos pealesõitudega 168 m)
- * Laius 6,7 m
- * Avasid 6 (pikim neist 45 m)
- * Sõrestiku ülemine vöö 495 × 500 mm
- * Sõrestiku alumine vöö 495 × 567 mm
- * Sõrestiku diagonaalid 355 × 367 mm
- * Raudbetoondeki paksus 180 mm, monoliitne + 130 monteeritav betoondekk

Kasutatud materjalid

- * Liimpuit 250 m³
- * Betoon 1000 m³
- * Sarrusteras 170 t
- * Teras 60 t
- * Happekindel terastüübel 10 744 tk

Miks kasutati silla ehitamiseks puitu?

- * Teras ja puidu erikaalu arvestades on materjalid võrdse tugevusega.
- * Ruumala arvestades on puit sama tugev kui betoon.
- * Puit oli põhiehitusmaterjal ka Rena sõjaväebaasi ehitamisel.
- * Puitsillad konkureerivad hinna poolest teras- ja betoonsildadega.
- * Tänapäeva puitsildade kasutamisega on pikk.
- * Puit on loodussõbralik ja kena välimu-sega.
- * Puitsild harmoneerub ümbritseva met-samaastikuga.

Rena silla projekteeris Norra firma

SWECO. Ehitus kestis 2003. aasta jaanuarist 2004. aasta augustini. Enne lõplikku versiooni kaaluti mitut varianti: gerber-tüüpi, jätkuv- ja kaarsõrestik, ning mitut asukohta.

Kõik liimpuitelemendid valmistas Moelveni liimpuidutehas. Silla nn ujuv dekiosa toetub puitsõrestiku ülemisele vööle ja moodustab poole silla massist. Sillas kasutati puitu süvistatud terasplaate ja tüübleid. Puitu immutati kreosoodiga.

Otto Kleppe, The Norwegian Directorate of Public Roads

- * *Rena Bridge – The world's strongest timber bridge?* Rune B. Abrahamson, SWECO AS
- * *Development of Timber Bridges in Latvia.* Ainars Paeglītis, Inženierbuvē Ltd

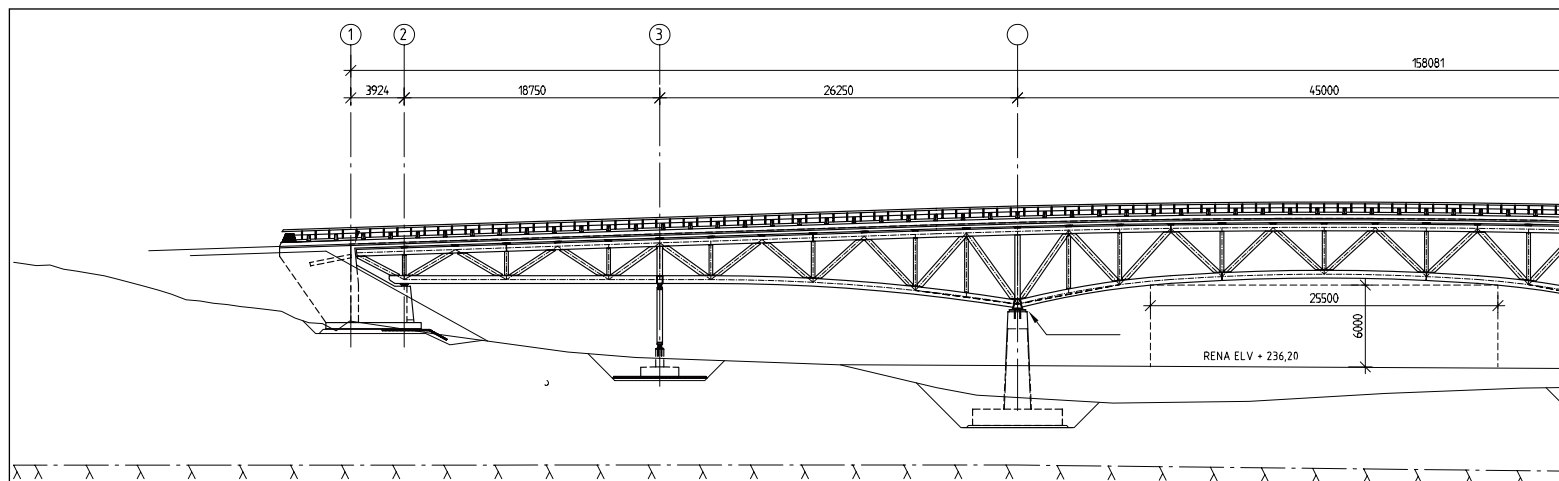
Norras valmis maailma tugevaim puitsild

RUNE ABRAHAMSEN, Sweco Grøner

2002. aastal tellis Norra kaitseministeerium ehitusfirmalt SWECO Grøner silla, mida mööda pääseks Oslost 180 km kaugusel kirdes asuvale polügoonile. Kuna polügoon ja sellest mööduv Rena jõgi asuvad keset metsa, tuli sild tellija soovil ehitada puidust.



Foto: Rune Abrahamssen



SWECO Grøner on puitehitistega tegelnud juba kümme aastat. Esialgne projekt Rena sillast valmis neil 2004. aastal, kuid et sõjavägi esitas täiendavaid nõudmisi, muudeti projekti mitu korda. Ehitatav sild tuli ühtaegu vastavusse viia nii Norra maanteeametiga nõuete kui ka NATO standardiga STANAG 2021. Viimase kohaselt peab sild kandma kuni 109 tonni kaaluvaid tanke, mis liiguvad üksteise järel 30-meetriste vahedega. Kuna kahe sõidurajaga silda kasutavad ka tavasõidukid, tuli arvestada veelgi suurema koormusega: et sild peaks vastu ka näiteks siis, kui kohakuti satuvad tank ja 60-tonnine järelhaagisega veoauto. Nii suure kandevõimega silda polnud seni kusagil maailmas veel ehitatud.

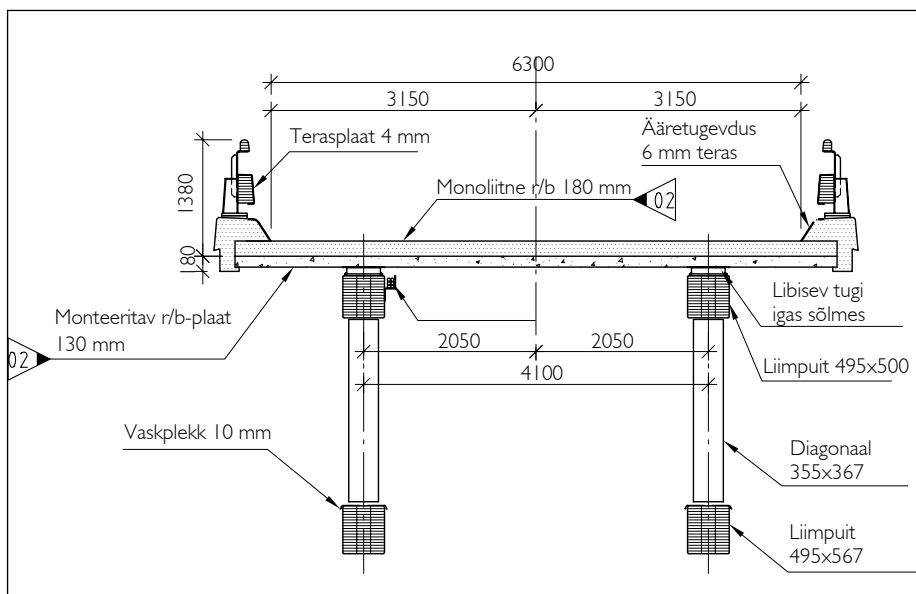
Projekt kiideti lõplikult heaks 2005. aasta algul ning sild valmis sama aasta novembris. Ehitusmaksumuseks kujunes 21 miljonit Norra krooni (2,65 miljonit eurot).

Konstruksioon

Kõik silla kandurid on valmistatud liimpuidust (GL 36c). Sillal on kuus kaart, neist pikim 45-meetrise avaga. Sõrestik koosneb kuni 30-meetristest elementidest, sest kuni nii pikki ehitusmaterjale on lubatud Norra maanteedel transportida.

Sõrestiku elemendid on ühendatud sissefreesitud terasplaatide ning poltidega. Seda meetodit on Norra sildade ehitusel kasutatud alates 1995. aastast ja seni on see end väga hästi õigustanud: lisaks muudele eelistele jäävad ühenduselemendid sel viisil ka varju – esteetiline efekt.

Üksikdetailid olid enne paikapanekut kahekordselt immutatud. Esmalt immutati lamellid vaske sisaldava ainega, seejärel immutati valmis kandureid kestvu-



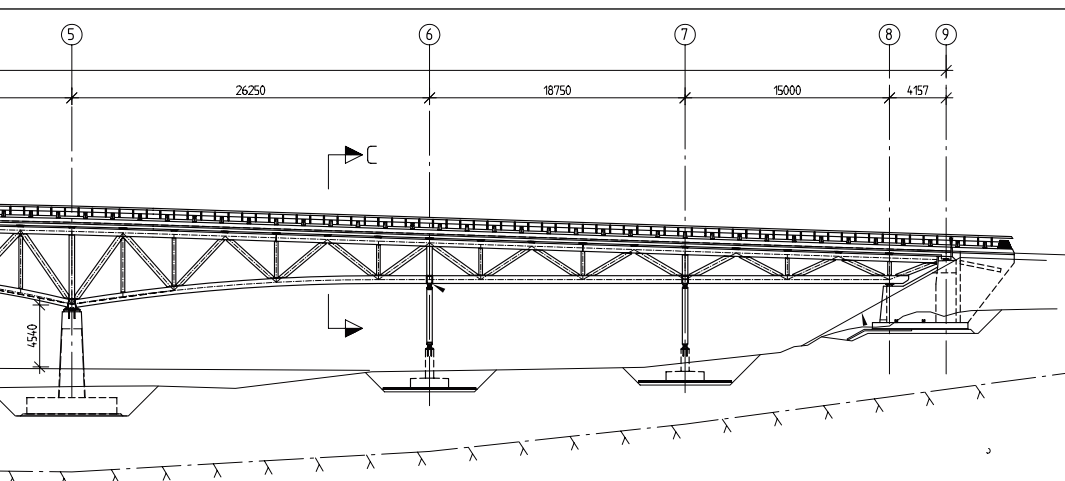
se suurendamiseks kreosoodiga. Niisugune moodus tõstab puidu vastupidavust ilmastiku suhtes, ühtlasi vähendab silla edaspidiseid hoolduskulusid.

Silla sõidutee osa on valmistatud be-

toonist – see peab tankiroomikutele kõige paremini vastu. Silla pikkuse tõttu ei saanud puitsõrestikku ühendada betoonkattega vahetult, sest puidu ja betooni paisumistegurid on selleks liiga erinevad. SWECO Grøneri insenerid leidsid aga väga originaalse lahenduse: nn ujuv sillaplaat on ristsuunas kinnitatud terasklambritega ning pikisuunas saab see tugele libiseda. Lisaks sellele on kandurid varustatud sidevarrastega, mis aitavad koormust jaotada suuremale pinnale.

Silla jõesambad on valmistatud betoonist. Nende paigaldamiseks tuli selle jõesäng laiusest kuni 50 protsendi ulatuses sulgeda. Enne seda uuriti täiendavalt, kas niisugune lahendus ei tõsta veetaset ega suurenda sillasammaste vundamendi erosiooni.

Andmeid Rena silla kohta vaata lk 22.



Ehitiste keskkonnamõjusid on võimalik tuvastada ja vähendada

TANEL ESPERK,
Tartu Ülikooli
keskkonnatehnoloogia
magistrant

Igasugune inimtegevus mõjutab vähemal või rohkemal määral keskkonda. Üheks suurimaks inimseoseliseks keskkonnamõjutajaks võib pidada ehitustegevust. Seetõttu on tarvis hinnata ehitamisega kaasnevaid keskkonnamõjusid ning leida lahendusi, kuidas koormust keskkonnale vähendada. Tähtis on seejuures meeles pidada, et ehitiste mõjutab keskkonda kogu oma eluea jooksul. Üks hoone kõiki eluetappe arvestav keskkonnamõjude hindamise meetod on elutsükli analüüs ehk olelusringi hindamine.

Ehitussektoris kulutatakse palju energiat ja tekib hulgaliselt jäätmeid

Ehitamise ja ehitiste kasutamise ajal tarvitatakse suur hulk energiat. Näiteks Rootsis kulutab ehitussektor 30...40% kogu riigis kulutatavast energiast. Inglismaal on see näitaja ligikaudu 50% lähedal. Seejuures on oluline teadvustada, et ehitusest pärinevad emissioonid on otseselt seotud energia tarbimise hulgaga ja sõltuvad kütuse koostisest. Näiteks kütuste põletamisel eralduval süsinikdioksiidil on oluline roll kasvuhooneefekti tekitajana, vääveldioksiid ja lämmastikoksiidid on seotud teise globaalse keskkonnaprobleemi – hapestumise suurenemisega. Vääveldioksiid ja lämmastikoksiidid on toksilised ka inimesele.

Tõsised keskkonnasaastajad on ka jäätmed. Seda eelkõige tulenevalt nende suurest prügilasse ladestamise osakaalust ja väikesest taaskasutusse võtmisest. Eestis moodustab ehitussektorist pärinev jäätmete kogus 7% kogu riigis tekkivatest jäätmetest. Jäätmete tekke valdkondi arvestades on ehitussektor teisel kohal, järgnedes põlevkivi tootmise ja töötlemise sektorile, kust pärineb 75% Eestis tekkivatest jäätmetest (Leevik ja Liiver, 2004).

80...90% energiast kulutatakse hoone kasutamise ajal

Uuringutes hoonete mõjust keskkonnale on pikka aega olnud põhirõhk majade kasutusfaasi analüüsil. See on igati

mõistetav, sest on leitud, et keskmiselt 80...90% kogu hoonetes vajaminevast energiast kulub just nende kasutusfaasi jooksul. Seega peaks ehitama väiksema energiakuluga hooned, mis on saavutatav parema ja läbimõeldud projekteerimise kaudu.

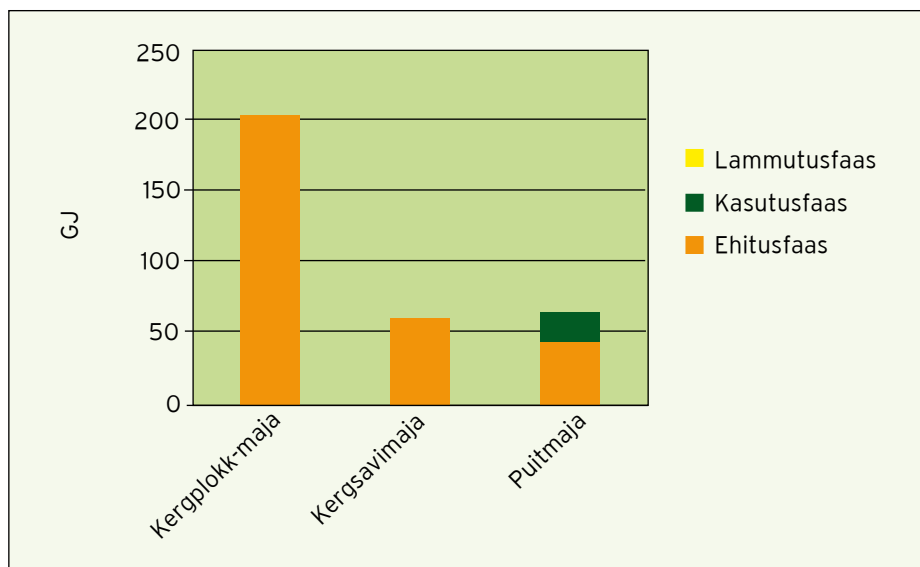
Et saada põhjalikum ülevaade, tuleks kasutusfaasi kõrval arvestada ka mõjudega, mis kaasnevad ehitusmaterjalide tootmise ja hoonete ehitamise ning lammutamisega.

Tinglikult võib hoone elutsükli jaotada kolmeks: ehitus-, kasutus- ja lammutusfaasiks. Ehitusfaasis kulutatava energia osakaal hoone elutsüklist varieerub mõnest protsendist 15 protsendini. Lammutusfaasi mõju keskkonnale on kõige väiksem, moodustades vähem kui 1% hoone elutsükli jooksul

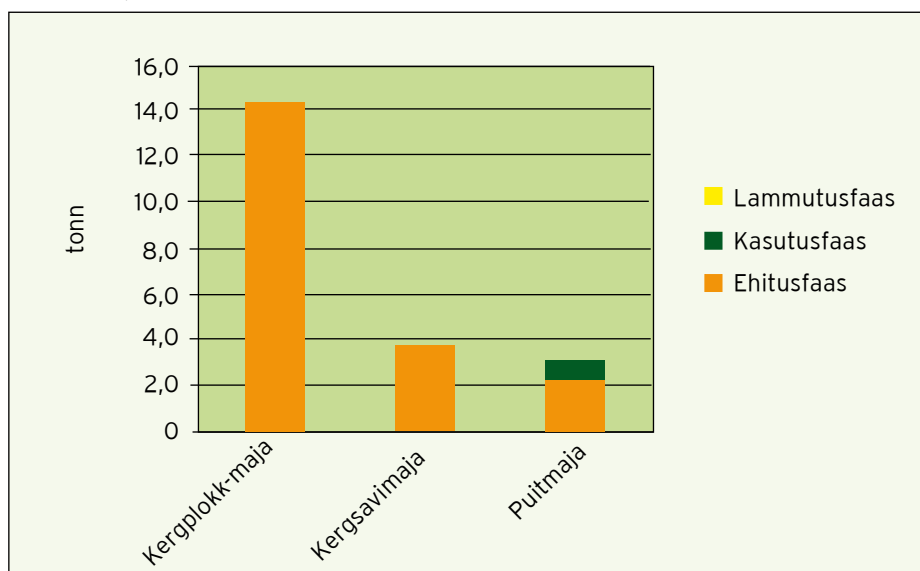
Tabel 1. Ehitusmaterjalide energiasisalduse väärtused Austraalias, Hiinas, Rootsis ja Eestis, ühik MJ/kg.

Materjal/Riik	Austraalia (1996)	Hiina (2000)	Rootsi (1998)	Eesti (2005)
Kips	2,9	8,6	5,0	5,0
Klaasvill	-	14	11	10
Puit	3,4	5,2	3,0	2,1
Tellis	2,5	2,5	2,0	2,3
Tsement	5,6	7,8	-	6,0

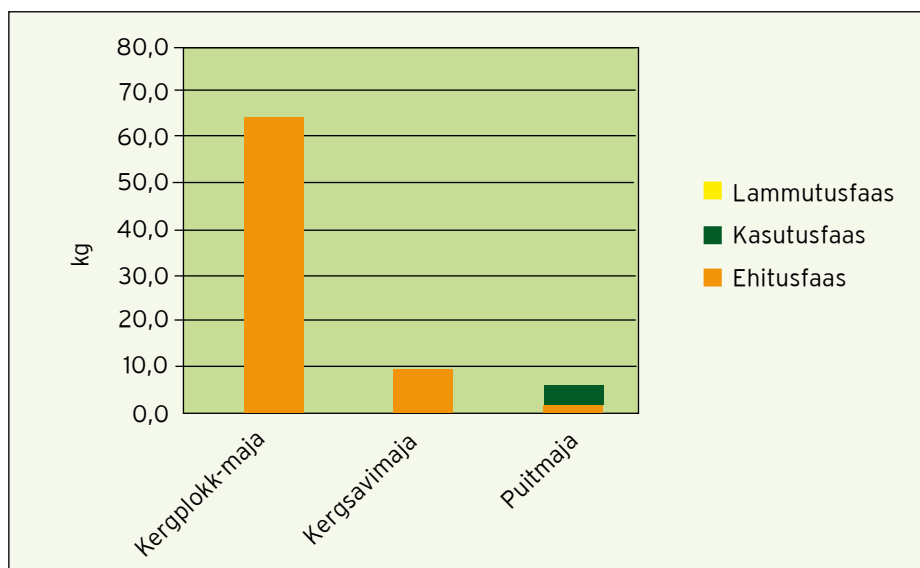
Allikas: Austraalia - <http://www.greenhouse.gov.au/yourhome/technical/pdf/fs31.pdf>, 1996;
Hiina - Chen et al, 2000; Rootsi - Haraldsson, 1998; Eesti - Esperk, 2005



Joonis 1. Kolme majatüübi välisseina primaarenergiasisaldus (GJ) elutsükli jooksul.



Joonis 2. Kolme majatüübi välisseina elutsükli jooksul kaasnev CO₂ emissioon (tonnides).



Joonis 3. Kolme majatüübi välisseina elutsükli jooksul kaasnev SO₂ emissioon (kg).

kasutatavast energiast. Samas sõltub maja iga elutsükli järk eelmisest. Näiteks ehitamisel kasutatavate materjalide omadustest ja karkassi lahendustest oleneb nii hoone kasutusfaasis kütteks/jahutamiseks kui ka lammutusfaasis kulutatav energia kogus. Seetõttu tuleb hoone ehitusmaterjalidele pöörata erilist tähelepanu.

Ehitusmaterjalide energiasisaldus varieerub riigiti

Hoonete projekteerimisel ja ehitamisel on väga tähtis materjalide valik. Siit tekib küsimus: milliseid ehitusmaterjale eelistada?

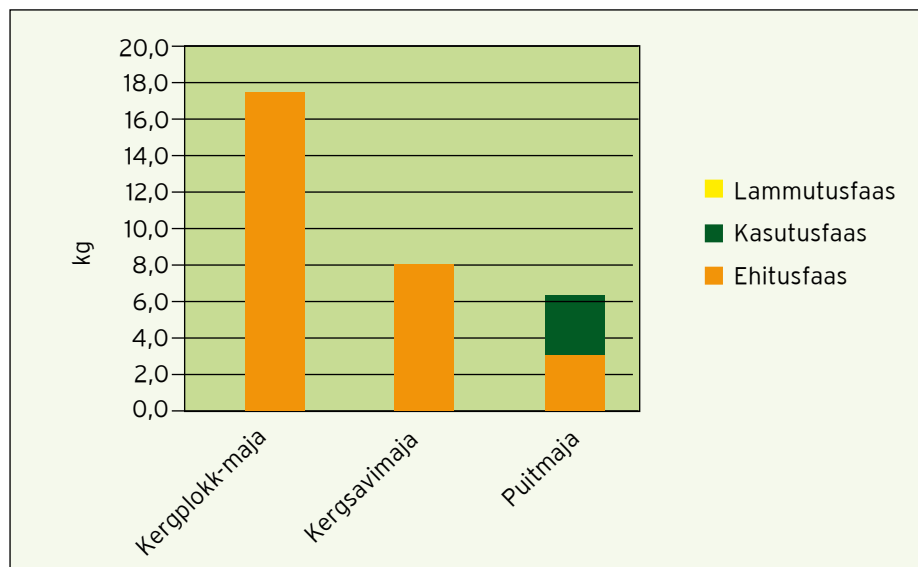
Loodussõbralikkuse vaatepunktist on olulisteks näitajateks materjalide tootmiseks kulutatav energia ehk primaarenergia. See hõlmab materjali tootmise kogu energiakulu: alates toormaterjali saamiseks kulutatud energiast ja lõpetades toote ehituspaika transportimisega. On leitud, et samade ehitusmaterjalide energiasisaldus riigiti varieerub, sõltudes näiteks tootmisel kasutatava tehnoloogia efektiivsusest ja kasutatavast kütusest (vt ka tabelit 1).

Keskkonnamõjusid saab tuvastada olulusringi hindamise kaudu

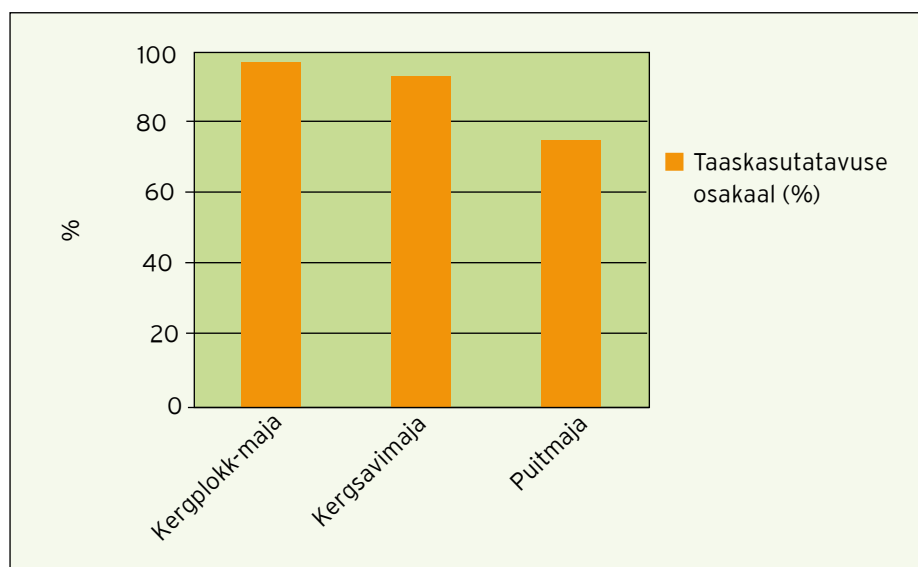
Hindamaks üldist hoonete keskkonnamõju, tuleks analüüsida kõiki maja eksisteerimise etappe ehk viia läbi elutsükli analüüs ehk olulusringi hindamine.

Olulusringi hindamine on vahend selgitamiseks välja toodete keskkonnamõjusid kõigis etappides, alates toormaterjali saamisest ning materjalide tootmisest, lõpetades nende kasutamise ja käibelt kõrvaldamisega. Selles vaadeldakse erinevaid keskkonda mõjutavaid tegureid nii piirkondlikul kui ka globaalsel tasandil, nagu energia kulu ja õhusaastest mõjutatud kliima soojenemist jne. Sisuliselt on olulusringi hindamisel võimalik arvesse võtta lõputu hulka tegureid, näiteks arvestada inimese tervist ja heaolu või majanduslikke aspekte. Seega sõltuvad analüüsis hinnatavad väärtused otseselt tellija või koostaja soovist.

Kolme välisseina tüüplahenduse, kergkruusplokk-, kergsavi- ja puitseina olulusringi hindamisel keskenduti nende eluea jooksul kulutatava energia ning sellega kaasneva CO₂, SO₂ ja NO_x koguste leidmisele. Samuti arvutati välja



Joonis 4. Kolme majatüübi välisseina elutsükli jooksul kaasnev NO_x emissioon (kg).



Joonis 5. Kolme majatüübi välisseina taaskasutatavate ja komposteeritavate materjalide osakaal (%) kogu välisseina massist.

taaskasutatavate (hõlmab materjalide korduvkasutust ja/või kasutamist täitematerjalina) ja/või komposteeritavate ehitusmaterjalide osakaalud. Hinnatavate välisseinte suuruseks oli 185 m², mis vastab keskmisele (150 m² põrandapindalaga) Eestis levinud ühepereelamu välisseina pindalale.

Selgus, et kõige väiksema negatiivse keskkonnamõjuga on kergsavimaja välisseinatüüp (vt jooniseid). Oluline on seejuures märkida, et kergsavisein pole igas elutsükli etapis kõige keskkonnasõbralikum, vaid ainult kõiki elutsükli etappe koos arvestades.

Puitmaja välisseinas kasutatakse materjale väiksemas koguses kui kergsavimaja välisseinas, mistõttu on ka ehitamiseks ja lammutamiseks vajaminevad

energiakogused ja eralduvate emissioonide hulk väiksemad. Suur osa puitmaja välisseina keskkonnamõjudest tuleneb aga ülevärvimise vajadusest kasutusfaasis.

Kergplokkmaja välissein on üldjuhul kõige vähem keskkonnasõbralik. Samas, materjalide taaskasutamise potentsiaal on suurim just neil: peenestatud kergplokke saab kasutada täiteainena.

Niisiis on oluline, et toodete keskkonnamõjude võrdlemisel arvestataks võimalikult paljusid erinevaid aspekte. Ka antud uurimuse järeldused pole lõplikud: alati on võimalik lisaks energiakulule, emissioonidele ja taaskasutatavusele leida aspekte, mille keskkonnamõjusid hinnata.

Keskkonnasõbralikud ehitusmaterjalid vähendavad keskkonnamõjusid

Keskkonnasõbralikkuse aspektist on oluline ehitiste energiasalduse vähendamine. Näiteks kasutades välisvoodri tegemiseks telliste asemel, mille tootmine on üsna energiamahukas, linaõlivärviga kaetud laudu, on võimalik hoone energiakulu vähendada 1,5 korda. Siinjuures on arvestatud ka puidu ja tellise soojus-erijuhtivusi. Ka keskkonnasõbralike värvidega saab ehitiste energiakulu vähendada. Näiteks kasutades alküüdvärvi asemel linaõlivärvi või rootsi punast, on võimalik vähendada energiakulu 16%.

Tänapäeva ühiskonnas kahjuks ei piisa ainult soovist kasutada keskkonnasõbralikke tooteid. Loodussõbralikumate ehitusmaterjalide tootmisel ja kasutamisel tuleb paratamatult arvestada majandusliku poolega ning leida kompromiss toote hinna ja keskkonnasõbralikkuse vahel.

Soovitusi ehitusmaterjalide tootmise ja hoonete kasutamiseks kaasnevate negatiivsete keskkonnamõjude vähendamiseks.

- * Keskkonnasõbralike ehitusmaterjalide tootmisel vältida suure negatiivse keskkonnamõjuga lisamaterjalide kasutamist.
- * Ehitusmaterjalide tootmisel eelistada alternatiivenergiat ja/või keskkonnasõbralikke kütuseid (puit, maagaas).
- * Hoonete ehitamiseks kasutada väikese energiasaldusega ja taaskasutatavaid/komposteeritavaid ehitusmaterjale.
- * Majade värvimiseks eelistada keskkonnasõbralikke värve (linaõlivärv, rootsi punane värv). 

Kasutatud kirjandus:

Chen, T. Y., Burnett, J., Chau, C. K., 2000. Analysis of embodied energy use in the residential building of Hong Kong. *Energy* 26: 323 - 334

Esperk, T., 2005. Eesti väikeelamute välisseina elutsükli analüüsi võrdlus. *Bakalaureusetöö, Tartu Ülikool, 43 lk*

Haraldsson, H., 1998. Is ecological living in Sweden different from conventional living? Master Thesis. University of Lund, 62 pp

Leevik, M. & Liiver, M., 2004. 2003. aasta Eesti jäätmekäitluse ülevaade. Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehno-keskus, Tallinn, 87 lk

<http://www.greenhouse.gov.au/your-home/technical/pdf/fs31.pdf>, 1996

Puitkonstruktsioonide projekteerimisest, ehitamisest ja järelevalvest

ELMAR JUST, tehnikakandidaat. Fotod: Alar Just

Puitkonstruktsioonidele esitatavad olulised nõuded:

- * mehaaniline vastupanuvõime ja stabiilsus,
- * ohutus tulekahju korral.

Esimese nõude täitmiseks peab kandekonstruktsioon olema projekteeritud ja ehitatud nii, et selle ehitamise ja kasutamise ajal oleks tagatud nende tugevus ja stabiilsus ning deformatsioonid jääksid lubatavatesse piiridesse. Teise nõude kohaselt tuleb projekteerida ja ehitada selliselt, et tule lahtipääsemisel oleks tagatud kandekonstruktsioonide kandevõime spetsifitseeritud ajaperioodil.

Projekteerimisest

Nii puitkonstruktsioonide projekteerimisel kui ka ehitamisel tuleb silmas pidada puidu füüsikalisi ja mehaanilisi omadusi. Alljärgnevalt teeme veel kord juttu olulisematest teguritest, mis ehitustegevuses kipuvad kahe silma vahele jääma.

Niiskus

Niiskus mõjutab olulisel määral puidu füüsikalisi-mehaanilisi omadusi ja on peamine puidu tugevust mõjutav parameeter. Seetõttu on puidu standardites käsitletud materjalide tugevus- ja jäikusomadusi 12% niiskuse juures, et neid saaks omavahel adekvaatselt võrrelda.

On üldteada, et puidu niiskusesisalduse muutumisega kaasneb puitdetaili mahumuutus. Puidu maksimaalne niiskus kõigub suurtes piirides: värskest raiutud puidu niiskus on 50...100%, kauemat aega vees seisnud puidu niiskus läheneb aga juba 200%-le.

Vee hulga suurenedes puidu tugevus väheneb, eriti paindel ja survel, vähem nihkel ja väga vähe tõmbel ning löökoormusel. Kuna puidu niiskus on väga

oluline, siis pööratakse sellele ka suurt tähelepanu. Niiskuseprotsendist lähtuvalt jaguneb puit järgmiselt:

- * absoluutselt kuiv puit (niiskuseprotsent 0, kuivatatud 100...105 °C juures);
- * toakuiv puit (niiskuseprotsent 8...13% puidu kuivkaalust);
- * õhukuiv puit (15...20%);
- * poolkuiv puit (20...25%);
- * toores puit (>25%, sellist puitu ehituskonstruktsioonides kasutada ei tohi).

Ehituspuidu niiskusesisaldus peab olema vahemikus 8...20%. Eriti rangelt tuleb seda jälgida liimpuidu korral.

Mahumuutus

Õhu käes annab niiske puit soodsate ilmastikutingimuste korral endast vee ümbritsevale keskkonnale, niiskes keskkonnas hakkab kuiv puit endasse vett imema.

Niiskusesisalduse muutudes 0...30% puit mahus kas paisub või kahaneb. Seesjuures ei deformeeru puit kõigis suundades ühesuguselt. Okaspuidu täielikul kuivamisel on pikisuunaline lühenemine 0,1...0,3%, ristikiudu ja radiaalsuunas 3...5%, tangentsiaalsuunas 6...10%.

Suur niiskusesisalduse muutus võib rikkuda näiteks sulundtarandi: kui 150 mm laiusega voodrilaua niiskusesisaldus väheneb 30%-lt 10%-ni, siis tõmbub laud laiuses kokku 9 mm ja lauad tulevad sulunditest välja. Kuna puidu mahumuutus pole kõikides suundades ühesugune, võib puittoode kõverduda ja praguneda.

Kõrgete temperatuuride juures kunstlikult kuivatatud puidu hügrokoopsus on mõnevõrra väiksem. Puidu hügrokoopsust saab vähendada ka immutamise teel või puidu pinna katmisega sünteetiliste vaikudega.

Tembeldatud (markeeritud) puit (punase värviga C16, rohelise värviga C24)



Puidu mahumass (tihedus)

Mahumass (tihedus) – vaatamata sarnastele erimassidele, on puidu mahumassid liigiti erinevad. Meil levinumatel puiduliikide mahumassid on keskmiselt järgmised: mänd 530, kuusk 460, tamm 720, kask 640, saar 680, haab 340 kg/m³.

Mahumass sõltub niiskusesisaldusest. Suurema mahumassiga puit on sama niiskusesisalduse korral tugevam.

Puidu tihedust ja seega kvaliteeti saab hinnata aastaringide arvu järgi tüve ristlõike radiaalsuunas. Kandekonstruktsioonides kasutatava puidu aastarõngaste keskmine laius peab sõltuvalt puidu tugevusklassist olema maksimaalselt 6...10 mm.

Puidu kestustugevus

Kui koormata üks seeria ühesuguseid proovikehasid pikemaks ajaks erinevate koormustega, siis purunevad need eri ajavahemike järel (mida suurem koormus, seda kiiremini puruneb). Seejuures on võimalik, et osa proovikehi ei purunegi. Nii saame määrata puidu kestustugevuse. Seega on kestustugevus puidu piirtugevus, mille juures proovikeha ei purune, ükskõik kui kaua teda ei koormataks.

Lühiajalisel koormamisel säilitab puit elastsuse ja konstruktsioonides tekkinud suhteliselt väikesed deformatsioonid suures osas taastuvad. Pikaajalisel koormamisel sama koormusega deformatsioonid süvenevad ning reeglina ei taastu. Seega tekivad puidus taastuvad (elastsed) ja jääkdeformatsioonid (plastsed), mida tuleb ka projekteerimisel arvestada.

Tõmme

Vigadeta männipuidu tugevuspiiriks piki kiudu saadud tõmbel on normaaltingimustes 100 N/mm². Tõmmet iseloomustab plastse deformatsiooni puudumine. Puidu looduslikud vead vähendavad tugevust oluliselt, põhjustades ristlõikes sisemise ekstsentrilisuse ja pingete kontsentratsiooni. Eriti ohtlikud on oksakohad, mis paiknevad elemendi servadel.

Tõmbetugevus ristikiudu (tingituna materjali anisotroopsusest) on 20...25 korda väiksem kui pikikiudu: vastavad normsuurused erinevad kuni 45 korda. Siit järeldub, et väga suur osa puidu vigadest on seotud puidu kaldkiulisusega, mida materjali valikul tuleb kindlasti arvestada.



Näited efektiivsest konstruktiivsest kaitsest – puit saab tõhusalt välja kuivada.

Surve

Puidu vead avaldavad tugevusele survele vähem mõju kui tõmbel. Survepurunemisel tekib puidus tugevamate ja jäigemate kiugruppide väljanõtkumine: need surutakse pehmetesse kevadpuidu kihitidesse. Survel esinevad puidus suured plastsed deformatsioonid, mistõttu habrast purunemist ei teki.

Paine

Puidu keskmine paindetugevus standardisel katsekehal on 60...70 N/mm². Seega jääb paindetugevuse väärtus tõmbe ja surve vahele. Elastsusmoodul (jäikusomadus) on sama mis tõmbel.

Puidu vead võivad tugevust vähendada umbes poole võrra, moodustades normikohaste puidust proovikehade paindetugevusest 45...50%. Seetõttu tuleb alati jälgida, et puidu tõmbetooni satuks vigu vähem.

Surve ristikiudu (muljumine)

Puidu tugevus survele ristikiudu on tunduvalt väiksem kui pikikiudu – deformatsioonid on nii suured, et proovikeha võidakse piltlikult kokku suruda. Seetõttu kujutab surve ristikiudu endast tinglikku suurust, mida piiratakse deformatsiooniga.

Nihe (lõige)

Puidu nihe võib tekkida puidu tasapinnas piki- ja põikikiudu, samuti kiudude suhtes nurga all.

Projekteerimisstandardid

Praegu on Eesti Vabariigis puitkonstruktsioonide projekteerimiseks kasutusel järgmised standardid:

- * EVS 1995-1-1:2005 Üldised juhendid ja hoonete juhendid
- * EVS-EN 1995-1-1:2005 Eurokoodeks 5: Puitkonstruktsioonide projekteeri-

mine. Osa 1-1: Üldist. Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks (ilma rahvuslike lisadeta)

* EVS 1995-1-2:2003 Tulepüsimine, mis põhineb standardil ENV 1995-1-2:1994

* EVS 1995-2:2003 Puitsillad, mis põhineb standardil ENV 1995-2:1997

Märgitud standardid on välja töötatud eurokoodeksite programmis, kus puit kuulub eurokoodeks 5 alla. Esimene komplekt eurokoodekseid ilmus 1980. aastate lõpus. 1990. aastatel avaldati eurokoodeksid Euroopa eelnormi ehk ENV standarditena. Siinkohal olgu öeldud, et eelmise aasta septembris ilmunud Eesti standard EVS 1995-1-1:2005 on sisuliselt EPN 5.1.1 korrigeeritud variant. Esimene eurostandard (EN) ehituskonstruktsioonide projekteerimiseks ilmus aprillis 2004.

Puitkonstruktsioonide kohta on standardiamet Eesti standardiks üle võtnud järgmised standardid, milles on võrreldes praegu kasutatavatega olulisi erinevusi:

* EVS-EN 1995-1-2:2005 Eurocode 5 (ilma rahvuslike lisadeta): Design of timber structures – Part 1-2: General – Structural fire design; üle võetud EN 1995-1-2:2004 (inglisekeelne);

* EVS-EN 1995-2:2005 Eurocode 5: Design of timber structures – Part 2: Bridges (ilma rahvuslike lisadeta); üle võetud EN 1995-2:2004 (inglisekeelne).

Siinkohal tuleb märkida, et need üle võetud standardid justkui on Eesti standardid, aga ei ole ka. Nimelt peavad rahvuslikud standardid olema soovitatavalt rahvuskeeles ning kindlasti sisaldama rahvuslikke lisasid. Praegu on EVS-EN 1995-1-1 rahvuslik lisa ettevalmistamisel. Samas ei välista see uute standardite kasutamist projekteerimisel.

Koos nimetatutega tuleb puitkonstruktsioonide projekteerimisel kasutada standardeid EVS-EN 1990:2002 Eurokoodeks. Ehituskonstruktsioonide projekteerimise alused ja EVS-EN 1991-1-1:2002 Eurokoodeks 1: Ehituskonstruktsioonide koormused.

Ka puitkonstruktsioonide projekteerimisel tuleb lähtuda konstruktsioonile mõjuvatest koormustest ja valitud arvutusskeemist.

Keerulisemate konstruktsioonide puhul on ette tulnud tõsisemaid vigu staatilistes arvutustes. See ei puuduta ainult puitkonstruktsioone. Näiteks ei osata arvestada tuule mõju mastidele ja torni-

dele, tornmajadele jne. Üha arenev arvutustehnika on andnud meile rida programme konstruktsioonide arvutamiseks. Kahjuks projekteerijad ei süvene alati programmi sisse, mistõttu projektides esineb konstruktsioonide tugevuse ja stabiilsuse hindamisel tõsisemaid vigu. Omamata ettekujutust konstruktsioonis esinevast pingedeformatsiooni olukorrast, arvatakse, et programm arvutab kõike. Liialt enesekindlad ollakse programmide kasutamisel, oma vigu (loe: teadmatust) ei taheta tunnustada. Taoline tendents on omane osale noortele teaduskraadiga (magister, doktor) projekteerijatele, kel pole veel suuremate avariidega kokkupuudet olnud.

Kurb on seejuures fakt, et mõned ametkonnad ei usalda vabariigis kõrgelt tunnustatud inseneride märkusi ja tellivad/ostavad uued ekspertiisid, peites eelmised arvamused lausahtlisse. See aga on sisuliselt vigu teinud projekteerija varjamine. Sellise käitumise üheks põhjuseks arvan olevat lepingutega paika pandud ehitustähtjad. Meil tegutseb ju suur hulk «ehituseksperthe», arvan isegi, et rohkem kui advokaate! Kerkivad küsimused, kas ebapädevate projekteerijate liigne ja vale enesekindlus võib lõpuks viia inimohvriteni ja kas sellise tegevuse ees silma kinni pigistav tellija võtab endale moraalse vastutuse?

Et taolisi vigu vältida, tuleb projekteerijat hoolikalt valida. Eesti on väike, iga kolmas on kellegi tuttav või tuttava tuttav. Minu ettepanek oleks keerukate konstruktsioonide korral, või ainult staatiliste arvutuste teostamiseks, tellida arvutused kahelt teineteisest sõltumatult firmalt või vastavat ala tundvalt spetsialistilt.

Samas on rõõmustav, et meil on ehitusfirmasid, kes suhtuvad projektides esitatud konstruktsioonidesse loomulikul ja teevad ka ise parandusi või tellivad neid usaldusväärselt projekteerijalt. Selleks tehtud lisakulutused tasuvad end enamasti kuhjaga ära.

Tuleb öelda, et projekteerimisel kasutatavad standardid pole samamoodi kohustuslikud nagu omal ajal SNiP-normid. Kuna aga oleme Euroopa ruumis ja paljud projekteerivad ka väljapoole Eestit, siis mingeid ühtseid eeskirju peaks siiski kasutama. Euroopas on nendeks EN-id. Venemaal aktsepteeritakse SNiP-norme, millega peame arvestama sinna projekteerides. Kuna standard ei ole kohustuslik, siis võib Eestis kasutada ka SNiP-i kohast arvutusmetoodikat. Et

vältida hilisemaid arusaamatusi, tuleks projekteerimislepingus fikseerida standard, mille järgi hoone projekteeritakse.

Projektile eksperti valides tuleks tellijal kindlasti uurida, kas ekspert on antud projektis kasutatud normides pädev. On ette tulnud juhtumeid, et ekspert arvutab EN-standardi järgi projekteeritud puitkonstruktsioone SNiP-i kohaselt. Selle tagajärjel, näiteks, ei ole konstruktsiooni elemendi tugevus tagatud, sest kahe nimetatud normi arvutusmetoodikates on oluline vahe. Esiteks: puidu osas baseerub EN puidu tugevusklassidele, milliseid vastava standardi kohaselt on okaspuidul näiteks 12, SNiP-i järgi aga ainult 3. Siit selgub, et EN annab üldiselt ökonoomsema konstruktsiooni, kuna kasutatakse vastavate standardite järgi sortitud puitu. Teiseks: EN toetub rohkem projekteerija teadmistele, oskustele ja kogemustele. Kui näiteks SNiP nõuab surutud elemendi saleduseks $\lambda = 120$, siis EN otsest saledusarvu ei esita, kuid nõuab vastava tingimuse täitmist, olgugi et saledus kujuneb suuremaks SNiP-i nõuetest. Kolmandaks: liidete arvutus on EN-i järgi palju täpsem, aga tänu sellele on tulemuseks taas ökonoomsem lahendus. SNiP aga esitab lisaks arvutusele oma piirnõuded, mis tihti osutuvad sõlmede korral konstruktiivseteks nõueteks. Samas ei alahinda ma SNiP-norme: teatud probleeme saab nende abil lahendada paremini, näiteks põrandate vibratsiooni arvutus. Muuseas, uus EVS-EN 1995-1-1:2005 annab meile selles osas uut metoodikat.

Normide teema võib ühe lausega kokku võtta nii: eurokoodeksid on täpsemad ja annavad puitkonstruktsioonidele üldjuhul väiksema varu kui SNiP-normid, asetades projekteerijale suurema vastutuse.

Ehitamisest

Puitkonstruktsioone kasutatakse üha enam, põhiliselt väikemajade, aga samuti ühiskondlike ning põllumajanduslike hoonete ehitamisel. Kiiduväärne on, et Eestis korraldatakse parima puitehitise konkurssi.

Vähem kasutatakse puitkonstruktsioone sildade ehitamisel. Vahest on selle põhjuseks konkursside ebaaus korraldus. Võimalik, et kõigi asjaolude kokkulangemisel oleks näiteks uus Sauga jala-käijate sild Pärnus tehtud liimpuidust. Konkursi võitis aga metallkonstruktsiooniga sild, mis on hoopis teistsuguse

kandeskeemiga, kui konkursi tingimused ette nägid. Kurb, kui keegi kuskil komisjonis algingimusi oma äranägemise järgi muudab. Kokkuvõttes sai Pärnu silla arvatavasti odavamalt, kuid seda esialgsete tingimuste elimineerimisega. Kas lihtsalt ebaaus mäng või kartus puidu ees?

Kõigele vaatamata leidub siiski tellijaid ja ehitajaid, kes on rajanud looduskauinitesse kohtadesse sobivaid liimpuidust sildu. Ühe näitena võiks esile tuua mullu septembris valminud 34 m sildega Lükati suusasilla Pirital (tellija linnaosa valitsus, ehitaja AS Järeppinge).

Puithoonete ehitamisel võib küllalt sageli täheldada, et ehitaja kasutab kandekonstruktsioonideks sortimata puitu, mis seejuures on ebakvaliteetne ja suure niiskusesisaldusega. On esinenud juhtumeid, kus puitkonstruktsioone pole sademete eest kaitstud, mille tagajärjel on puit talvel lausa jääga kattunud. Kui hiljem «avastatakse», et puit on siiski liiga niiske, siis püütakse maja karp kiiresti kokku saada ja soojaks kütta. Kiire kuivamise tõttu tekivad aga puidus sisepinged, edasi praod, lubamatult suured läbipaistvused jms kahjustused.

Võimalike veapõhjuste ahela algus võib peituda juba projektis. Selles tuleb määrata kandekonstruktsioonide puitmaterjali tugevusklass. See tähendab, et tohib kasutada ainult tembeldatud (markeeritud) puitu, mis on tiheduse, okste, kiudude suuna jmt järgi sortitud ning mis eriti oluline – kuivatatud vastava niiskusesisalduseni. Ehitaja kohustus on vaid puitu ilmastiku eest kaitsta. Kui ehitaja projektikohast puitmaterjali ei kasuta, siis ei ehita ta projekti järgi ning vastutab tehtu eest.

Teinekord on puidust kandeelendid valmistatud koorimata puidust. Tõsi, selle vea teevad sagedamini isehakanud ehitajad. Koorimata puit on soodne pinnas puidukahjurite eluks ja arenemiseks ning niisugust puitmaterjali pole lubatud eelneva keemilise tötluseta kasutada. Aga heast ehitustavast kinni pidades on see rumalus välistatud.

Puidu looduslik kestus ning vastupidavus seen- ja putukkahjustustele sõltub tema liigist ning bioloogilistest näitajatest. Maltspuit on üldiselt väiksema vastupanuvõimega ja kahjustub kergemini. Lülipuit on vastupidavam.

Nii ehituspuitu kui ka puitkonstruktsioone kahjustavad mitmesugused putukad, alustades hävitustööd juba tõukudena. Tõsisemad puitu kahjustavad pu-



Puiduseentest kõige kahjulikum on majavamm.

tukad on toonesepad ehk puukoid ja majasikud. Puukoide tõugud hävitavad elamu palke, sarikaid, poste jne, süües neisse korrapäratuid käike. Majasiku tõugud kahjustavad ainult okaspuitu.

Tõukude olemasolu saab kindlaks teha puidu pinnale tekkivate aukude – putukate lennuavade järgi: puukoide omad on ümmargused ja majasikkudel elliptilised.

Eesti standardi EVS 806:2002 «Puidu visuaalse tugevussortimise reeglid» kohaselt ei ole ühegi puidu tugevusklassi korral koor lubatud (muu hulgas ka putukahjurid). Puidust kandekonstruktsioonid/elementid (näiteks talad, sõrestikud, laudised jt) tuleb projekteerida ja ehitada tugevussorditud saematerjalist. Tugevussorditud materjali eeliseks on kvaliteedi garantii: puuduvad ehituspuidu vead ja haigused.

Järelevalvest

Puitehitiste tellija ei pruugi puitkonstruktsioonide õige projekteerimise ja ehitamisega kursis olla. Seepärast tuleks ehitustööde kvaliteedi kontrollijaks tellida järelevalvet. Kahjuks ei ole ka ehituse järelevalvet alati tasemel. Puitehitiste korral arvatakse, et kes vähegi naela oskab seinu lüüa, see ongi puitehituse spetsialist valmis.

Sageli ei ole järelevalvet puidu tugevusklassidest ja tembeldatud puidust midagi kuulnudki (ometi on need projektis kirjas). Olgu siinkohal märgitud, et Eesti saetööstused sorteerivad puitu põhiliselt kahte tugevusklassi: C16 ja C24, ja need on kaubandusvõrgus ole-

mas. Kokkuleppel saetööstusega on võimalik saada ka puitu tugevusklassiga C18. Nii otsustati koostöös saetööstusega ülalmainitud Eesti standardi EVS 806:2002 väljatöötamisel.

Tembeldatud puit on markeeritud puiduühik sortimismärgistusega. Sortimisstandardi kohaselt peab igal puiduühikul olema püsiv sortimismärgistus, mis peab sisaldama

- * tugevusklassi;
- * puidu liiki;
- * kuivatusmeetodit;
- * tootjat;
- * sortimisstandardit.

Järelevalvet tehes ei ole ülearune meele pidada, et puitmaterjalide tugevus sõltub suuresti ka puidu vigadest, nagu oksad, koonilisus, keerd kasv jm. Alljärgnevalt ongi lühidalt esitatud olulisemad puidu vead, mida tuleb kvaliteetse ehituspuidu juures vältida ning millele sortimisel tähelepanu pöörata.

Puidu vigadeks loetakse kõiki nähte, mis kahjustavad tema tugevust, rikuvad struktuuri ja välimust või raskendavad töötlemist. Ehituspuidu vead tulenevad saagimisvigadest (mõõtehälve, tööriista ebatäpsus), kuivamisest (kaardumine, kõmmeldumine, külje kõverdumine, serva kõverdumine) ja puitmaterjali enda vigadest (oksad, praod ja kasvuvead).

Oksad

Oksad vähendavad tõmbe- ja paindetugevust, vähem kahjustavad survetugevust, samas aga nihketugevust suurendavad. Lisaks raskendavad oksakohad puidu töötlemist.



Näide halvasti lahendatud konstruktiivsest kaitsest: konstruktsioonile kogunev prahht takistab konstruktsiooni kuivamist ja loob kasvupinnase puidu mädanemiseks.

Praod

Kõige levinumad on välispraod, mis asetsevad ristlõikes radiaalselt. Need tekivad puidu ebaühtlasel kuivamisel. Sisemised praod (radiaal- ja ringpraod) tekivad kasvavates puudes tugeva tormi üleelamisel või märja puidu külmumisel.

Kasvuvead

Kasvuvead rikuvad puidu siseehitust. Enamlevinud on keerdkasv, salmilisus (puukiud on segi), sissekasv (tekib puu koore vigastuse korral), kaksiktüvi (kaks puutüve on kokku kasvanud), ekstsentriline südamik (aastarõngad on ühel pool paksemad), ebanormaalne koonilisus (tüvi peeneneb liiga järsku), külmalõhed, kõverkasv, voldiline tüvi jne. Reeglina on need nähud ebasoovitavad, kuna ebaühtlustavad struktuuri.

Kui projektis pole puidu niiskusesisaldus ja tugevusklass ette kirjutatud, siis valivad ehitajad, kasutades ära ehitusjärelvalve kohatist nõrkust, enamasti kuivatamata saematerjali, sest see on odavam. Ning kauplused müüvad seda, mida turg nõuab. Kehvem on ju odavam! Suuremad puidukauplused müüvad paralleelselt ka kuivatatud ning tugevussorditud puitu.

Selles suunas, et tekiks nõudlik ehitusjärelvalve ja projekteerijad esitaksid projektides andmed kasutatava puidu kohta, teeb tööd ka Eesti Puiinfo.

Järelevalve peaks endale teadvusta-

ma, et tingituna normide ja standardite mittetundmisest kasutavad ehitajad suure niiskusesisaldusega puitu, kuigi see on ükskõik millise ehitusnormi järgi lubamatu. Tellija suhtes on see lausa kuritegu: ehitaja loob teadlikult tingimused bioloogiliste kahjustuste tekkimiseks puitkonstruktsioonides, rääkimata tugevus- ja jäikusomaduste vähendamisest.

Puit kestab sajandeid, kui teda hoida kuivana. Katmata puit on vastuvõtlik elavatele ja mitteelavatele kahjustajatele, mis mõjutavad tema struktuuri. Elutud füüsikalised tegurid, nagu kuumus, kulumine, ultraviolettkiirgus ning tugevad kemikaalid, vähendavad puidu tugevust aegamööda. Nimetatud füüsikalised mõjurid võivad mõnel juhul olla märkimisväärsed, kuid suurimat riski kujutavad endast siiski bioloogilised, elavad tegurid, näiteks seened, bakterid ja putukad – need võivad tekitada puidus tõsiseid kahjustusi suhteliselt lühikese aja jooksul.

Mädanikku põhjustavad seened jagunevad kolme rühma:

- * metsaseened (esinevad peamiselt kasvavatel puudel);
- * laoseened (kahjustavad puitu kuivamisperioodil, rikuvad sinise ja halli värvusega vaid puidu välimuse, tugevust ei vähenda);
- * majaseened (kõige ohtlikumad, sest lõhuvad rakuseinu ja puit võib muutuda täiesti pudedaks massiks; samuti

on majaseened ohtlikud majaelanikele, sest nendest tekkiv tolmu on tugev allergeen), mis jagunevad omakorda päris majaseeneks, valgeks majaseeneks ja kilejaks majaseeneks.

Sinetust või mädanemist põhjustavad seened hakkavad arenema puidu niiskusesisaldusel üle 20%.

Puidu ilmastikupüsivust saab parandada puidu niiskumist vältivate konstruktiivsete abinõudega, kuid sellest alati ei piisa. Ainus tõhus puidu mädanemisvastane abinõu on keemiline töötlus.

Tugevussortimisstandardi kohaselt tuleb puitu sortida 20% niiskuse juures. Puidu maksimaalne niiskus ei tohi ületada 24%.

Väga tähtis on vältida vee kogunemist põhitarinditesse ja hoida need kuivana. Näiteks peab jälgima, et peatalad oleksid kaitstud otseste sademete eest, ühendussõlmed detailide vahel korralikult isoleeritud jne. Takistada tuleb ka otsest veelimist betoonvundamendist. Sõlmede läbimõtlemine konstruktiivse kaitse eesmärgil väärib alati kõrgendatud tähelepanu.

Väga oluline on puidu piirkõrvalekalde puitelemendi sirgusest. Liimpuidul ei tohi see ületada 1/500 ja saematerjalil 1/300 pikkusest. Selle nõude eiramine võib elementides tekitada külgsuunalist ebastabiilsust.

Kokkuvõtlikult

- * Puitkonstruktsioonide valmistamisel tuleb hoolikalt jälgida puidu füüsikalisi ja mehaanilisi omadusi mõjutavaid tegureid, peamiselt niiskust ja puidu vigu.
- * Märja puidu kasutamine ehituses on kuritegu: see loob eeldused bioloogiliste kahjustuste tekkeks, millega kaasneb puidu füüsikaliste ja mehaaniliste omaduste langemine.
- * Kandvates puitkonstruktsioonides tuleb kasutada kuivatatud ja tugevussorditud puitu.
- * Puidust kandekonstruktsioonid tuleb valmistada projektikohase tugevusklassiga.
- * Saetööstustest tuleb nn tembeldatud saematerjal garanteerib, et puit on kuivatatud ja vastab markeeringul esitatud tugevusklassile.
- * Puidu kestuse võti on konstruktiivne kaitse.
- * Hoolikalt tuleb valida projekteerijaid, ehitajaid ja eksperte. 

Kas puithüparid jäidki EKE Tehnokeskuse algusaegadesse?

KÜSIMUSTELE VASTAB TTÜ ehitiste projekteerimise instituudi vanemteadur **ELMAR JUST**



Foto: Ivo Pilve



Foto: Alar Just

Võru kultuurimaja Kannel laululava puidust hüpar.

EKE Tehnokeskust teati paarkümmend (rohkem või vähem) aastat tagasi tõelise ehitustehnoloogia arenduskeskusena. Muu hulgas tegeldi seal liimpuitkonstruktsioonide väljatöötamise ja puitkoorikutega. Mida silmapaistvat võiks neist aegades meenutada?

Tolleaegne EKE (Eesti kolhoosiehitus) süsteem, nii imelik kui see ka pole, võimaldas tegelda uute materjalide ja konstruktsioonide väljatöötamise ning evitamisega ilma igasuguse riikliku plaanita.

EKE Tehnokeskuse insenerid uurisid ja töötasid välja liimpuidust kandekonstruktsioone, mille järgi PI EKE Projekt projekteeris maaehitusele väetisehooldaid, heinaküüne, maakoolide võimalaid, kolhooside keskusehooneid jm. Samuti uuriti puitkoorikute (kahe- ja kolmekihiliste liimitud ja naelutatud puithüparite) tööd ja lahendati nende ehitamisega seotud probleeme. Uurimistulemuste alusel koostati PI EKE Projekti projekt-lahendused ruudukujulise põhiplaani väikese tõusuga puithüparitest.

EKE Tehnokeskuse spetsialistid olid ka ehitajatele abiks hüperboolse paraboloidpinna ehitamisel. Näiteks ehitati nende kaasabil hüparite grupist Põlva lähedale kauplus-söökla. Tolleaegsesse Öitsengu kolhoosi (praegune Essu mõis) keskusse rajati

kaheksast hüpargrupist klubi saali kate. Omapärane oli see kate selle poolest, et sinna rajati suure tõusuga hüparid, mille ehituseks meil sisuliselt kogemus puudus.

Kes olid puitkoorikute vallas pioneerid? Millega tegelevad need teadlased praegu, sealhulgas teie?

Puitkoorikute vallas olid Eestis pioneerideks nüüdsed manalamehed insenerid Märt Vaik ja Vello Hütsi ning praegune TTÜ professor Karl Õiger. Hiljem hakati puithüparite eksperimentaaluuringute tegelemise Tallinna Polütehnilises Instituudis eesotsas professor Heinrich Lauulu ja dotsent Anatoli Lavroviga (kes uuris veel ka puidust konoidkoorikuid). Saatus, tõesti, viis mindki nende hulka.

Puidust hüparkoorikutega ei tegele neist teadlastest enam keegi, sest nõudlus puudub – võimalik, et kardetakse ehitustehniliselt keerukat ehitist (sadulpind). Eestis on praegu võib-olla pisut üle paarikümne puithüpari ja need on põhiliselt rajatud kas ühiskondlike hoonete või laululavade varikatustena (näiteks Toilas ja Võrus). Muide, Eesti esimene puitkoorik ehitati Tallinna Jaani Seegi kiriku kõrvale 1970. aastal ja see ka lammutati esimesena.

Käesoleval ajal tegelen katselaboris

ehituskonstruktsioonide ja -materjalide katsetamisega ning õpetan tudengitele puitkonstruktsioone.

Kuidas võiks iseloomustada EKE Tehnokeskuse ja praeguste puitkonstruktsioonide väljatöötajate vahelist sidet. EKE Tehnokeskuse OÜ eksisteerib ka praegu, kuid kas sama jõulise arendusfirma?

Puitkonstruktsioonidele pühendunud EKE Tehnokeskuse insenerid jagavad praegu oma teadmisi, kogemusi ja oskusi uuele põlvkonnale mitmes projekteerimisfirmas. Omavaheline side päriselt kadunud pole. Kahju aga on sellest, et nõrgenenud on ehitajate ja projekteerijate koostöö, eeskätt ökonoomsemate lahenduste otsimisel. Eesmärgiks on teenida palju ja lihtsalt, mistõttu uude konstruktsioonide uurimine ja väljatöötamine on jätud tagaplaanile. Just siia võiksid kuuluda mainitud hüparid ja muud tüüpi puitkoorikud ning miks mitte ka koorikattega kuppelkonstruktsioonid.

Milline perspektiiv on teie arvates puitkoorikutel Eestis praegu?

Nii kaua, kui kestab suure kasumi tagaajamise tuhin, on puitkoorikute perspektiiv peaaegu olematu. ☹

Puidust, puidupõhised ja teistest materjalidest komposiitkonstruktsioonid

KARL ÕIGER, Tallinna Tehnikaülikooli professor

Viimastel kümnenditel on komposiitmaterjalide ja -konstruktsioonide valmistamisel ja kasutamisel ehituses saavutatud märkimisväärsed tulemused. See on kaasa toonud muudatusi ka traditsioonilise projekteerimise põhimõtetes. Tarvitan siinjuures komposiitkonstruktsiooni mõistet teataval määral ebalevalt, sest ka kirjanduses ei ole see päris selgelt ja üheselt veel välja kujunenud. Võiks vaadelda kahte suunda:

- 1) komposiitmaterjalid (süsinikkiu, klaaskiu, aramiidi või kevlari jne baasil), neist valmistatud üksiktooted (torud, profiilid, plaadid) ja läbinisti komposiitmaterjalidest elementidest komplekssed konstruktsioonid;
- 2) konstruktsioonelemendid: eri materjalidest (metall, betoon, puit, ka komposiitmaterjalid) valmistatud osadest koosnevad komposiitsüsteemid, mis töötavad koormuse all nii, et eri materjalidest osad ei muutu üksteise suhtes domineerivaks.

Konstruktsioone, kus kasutatakse armeeringuvardaid, komposiitkonstruktsioonide hulka üldiselt ei loeta, ehkki materjalid töötavad selles komposiidi moel. Ka raudbetoonist põranda (lae) plaadid teraskarkassil ei tööta tavaliselt koos selle karkassiga ja seega ei määra kogu konstruktsiooni klassifikatsiooni.

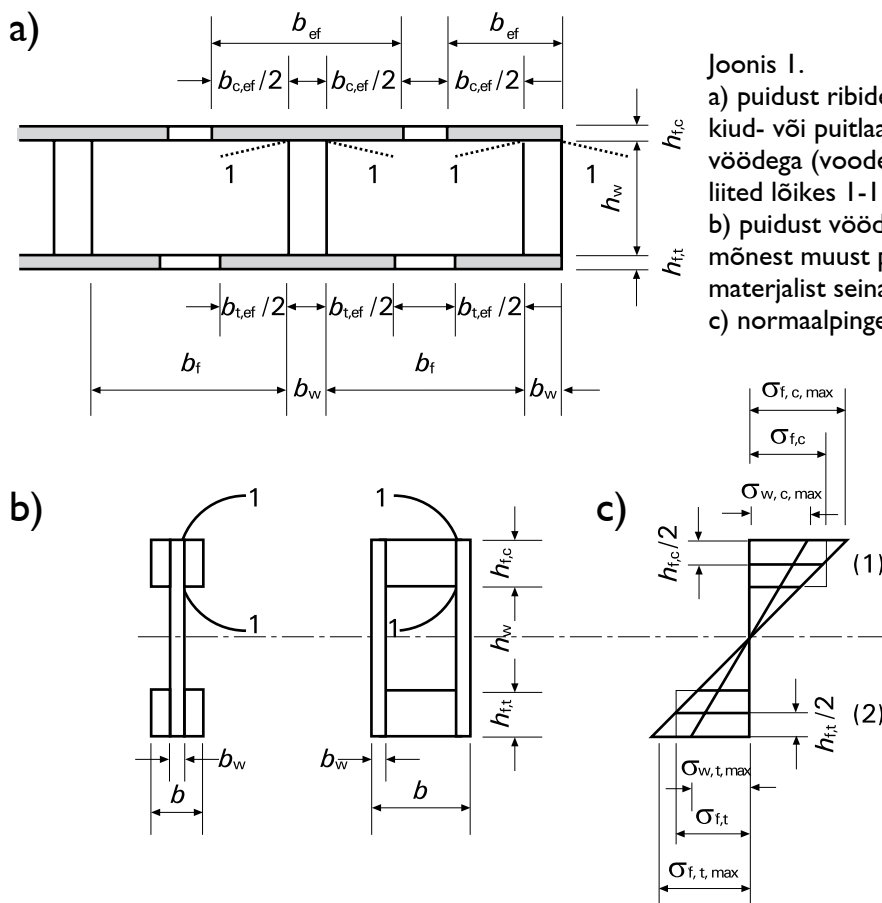
Käesolevas artiklis üritan analüüsida puidust ja puidupõhistest elementidest ning teistest materjalidest, nagu plast, betoon/raudbetoon või teras, omavahel liidetud ja koormuse kandmisel koos töötavate (nt terasega sarrustatud puittalad) komposiitkonstruktsioonide valmistamise ja kasutamise võimalusi. Tavaliselt on sellised konstruktsioonid

koostatud nii, et iga materjal töötab just temale soodsamalt otstarbekamal viisil. Teine eesmärk on saada lõppkokkuvõttes ühes või teises mõttes efektiivsem (materjalikulu, maksumus) lahendus. Artikli maht võimaldab käsitleda kõiki selle keeruka konstruktsioonitüübiga seotud küsimusi siiski vaid põgusalt.

da kõiki selle keeruka konstruktsioonitüübiga seotud küsimusi siiski vaid põgusalt.

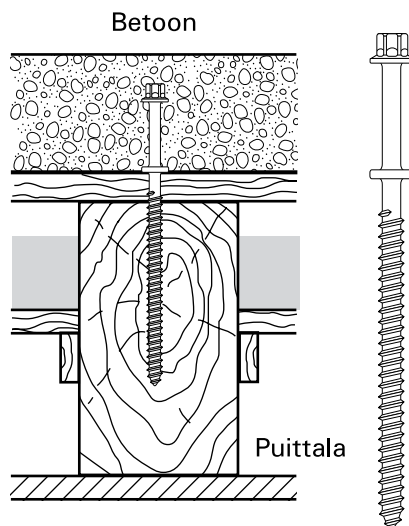
Millistest konstruktsioonidest on juttu?

Komposiitkonstruktsiooniks võime mõõndustega nimetada mis tahes liitkonstruktsiooni, kus on kokku liidetud kas erinevatest või ka samast materjalist elemendid. Materjalid on erinevate mehaaniliste või füüsikaliste omadustega, tugevamad neist jäävad raskemini koormatud piirkondadesse ja nõrgemad vähem koormatud piirkondadesse. Vahel nimetatakse selliseid konstruktsioone ka komplekskonstruktsioonideks.

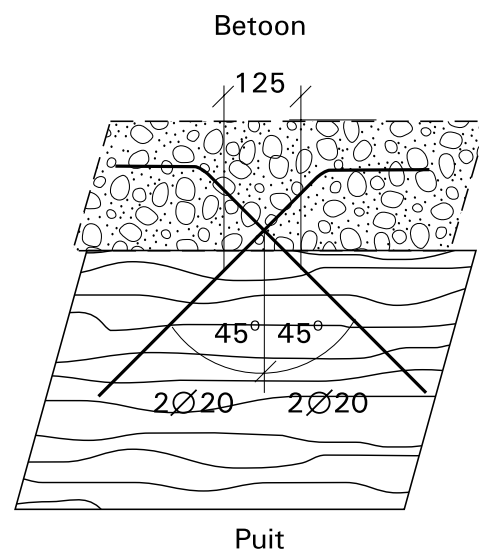
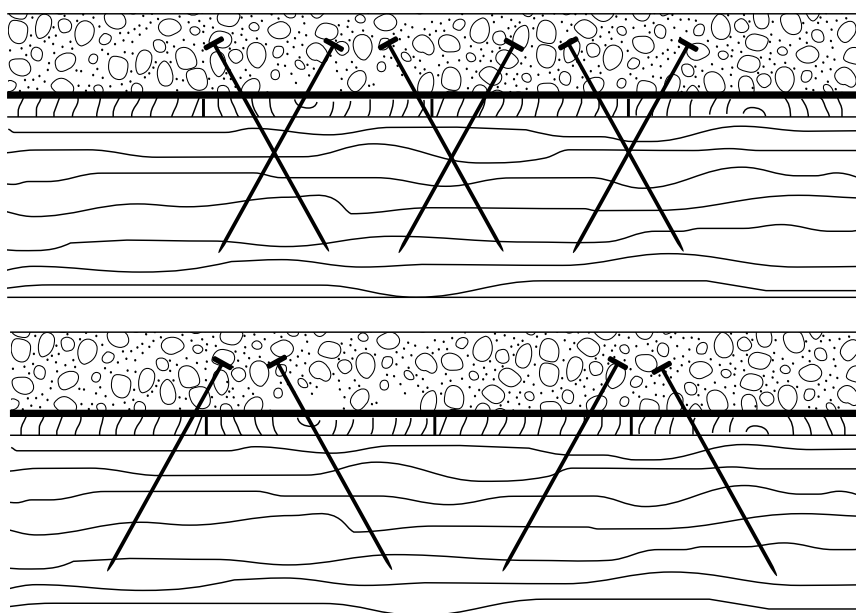


Üsna hiljuti on kasutusele tulnud mõiste hübriidkonstruktsioon, kuid sel puhul pole alati selgelt formuleeritud, millega on tegelikult tegu. Üldiselt peaks hübriidkonstruktsioon olema selline, kus põhikonstruktsioon töötab ühte tüüpi konstruktsioonina (nagu raam, kaar, koorik, rippkatus jne) ja selle osad omakorda teist tüüpi konstruktsioonina. Näiteks võib tuua ruumilise koorik- või võlv-tüüpi katusekonstruktsiooni, mis koosneb *tensigrit*-tüüpi osadest (surutud-tõmmatud varrastest).

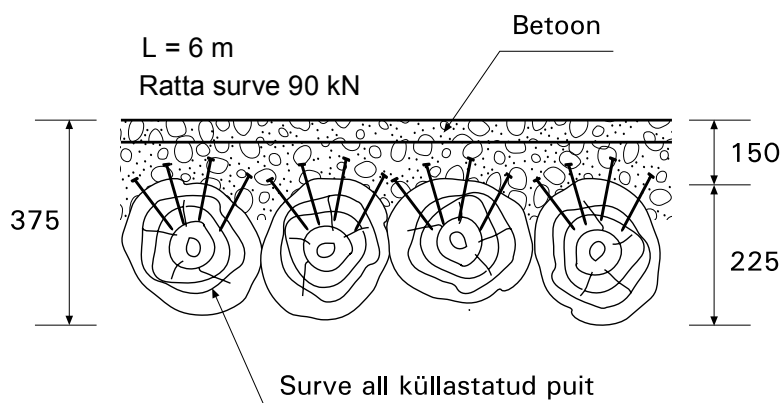
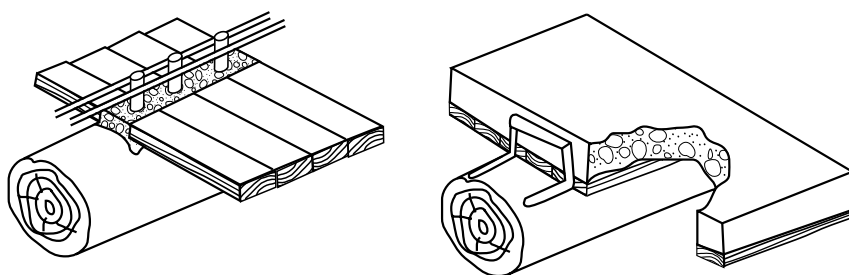
Alljärgnevalt käsitlen komposiitkonstruktsioone, milles üks materjal on puit. Joonistel 1...14 on esitatud mõned enam kasutatavate konstruktsioonide skeemid.



Joonis 2. Puittaladega ja betoon (raudbetoon) plaadiga komposiitne laekonstruktsioon. Joonisel näidatud spetsiaalkruvide asemel võib kasutada terastorust valmistatud ja puittalasse puuritud pesadesse kinnitatud nihkesidemeid. Esitatud lahendus sobib hästi vana puittaladega vahelae kandevõime tõstmiseks.



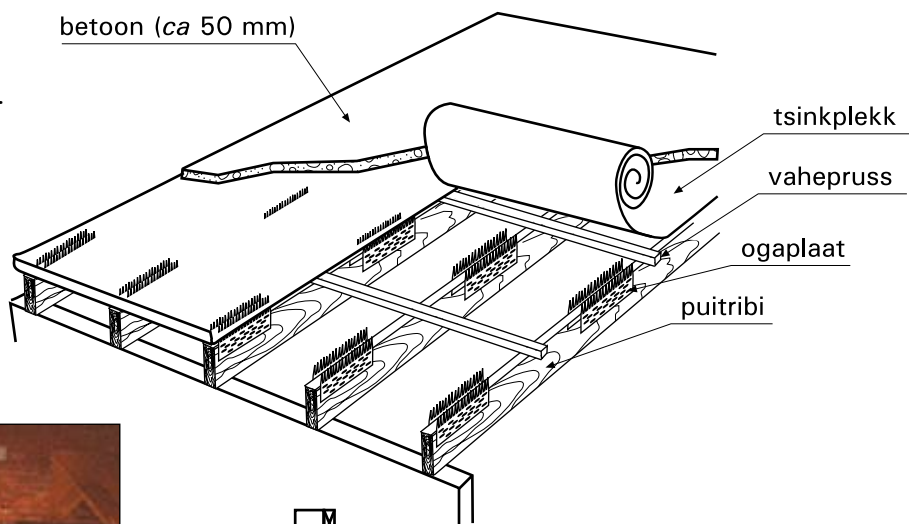
Joonis 3. Puit-betoonkonstruktsiooni võimalik terassidemete lahendus.



Joonis 4. Puidust-betoonist komposiitkonstruktsioonis lihtsalt valmistatav väikeseavalise silla avakandur. Sidemeks on kasutatud suuri naelu.

Joonis 5. Spetsiaallogaplaatidest sidemetega puit-betoonvahe(katus)lae paneel.

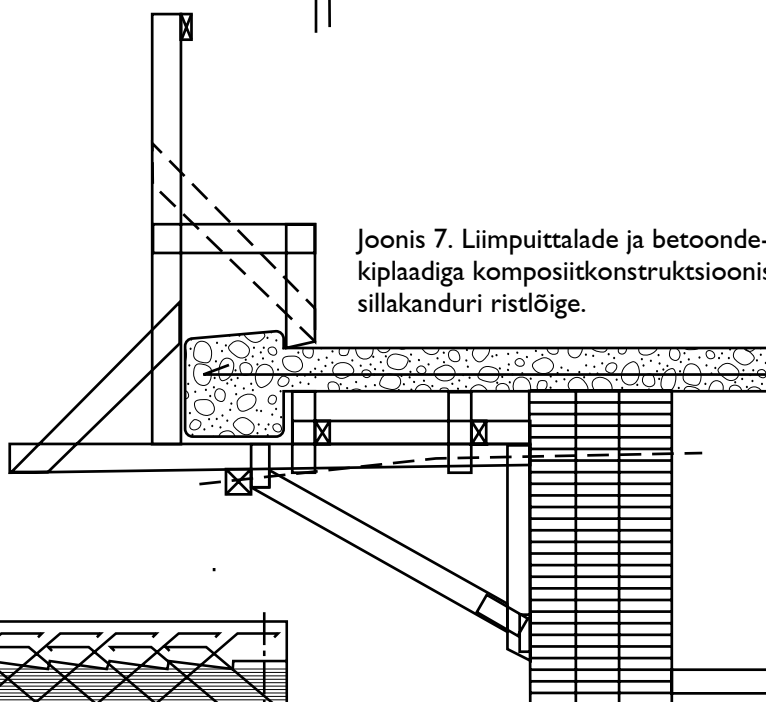
betoon (ca 50 mm)



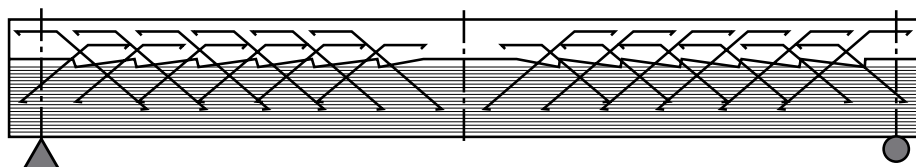
Joonis 6. Spetsiaallogaplaatidest sidemetega puit-betoonpaneeli katsetamine TTÜ laboris.



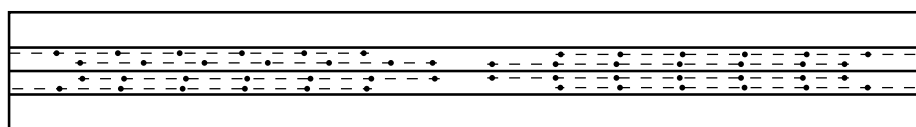
Joonis 7. Liimpuittalade ja betoondekipladiga komposiitkonstruktsioonis sillakanduri ristlõige.



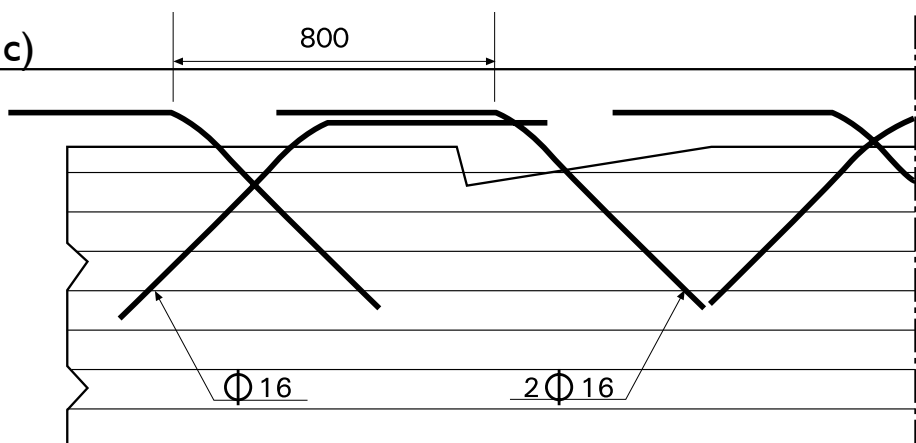
a)



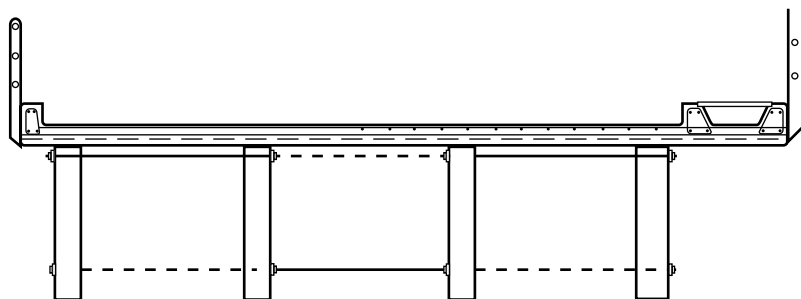
b)



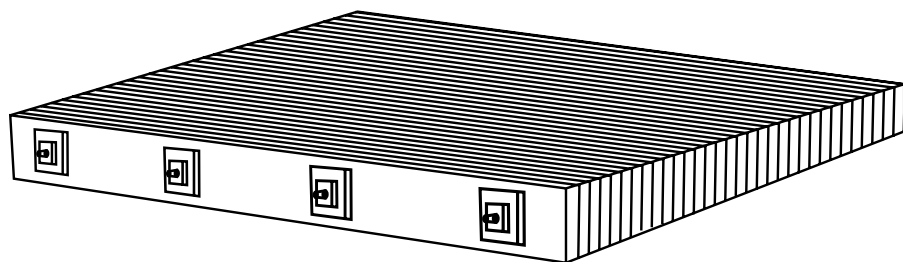
c)



Joonis 8. Betoonplaadi ja liimpuittala nihkesidemete võimalik lahendus, a) kanduri külgsaade, b) pealtvaade, c) võimalik lahendus toe piirkonnas.



Joonis 9. Üks puit-betoonisilla lahendusi, dekikonstruktsioonis on kasutatud puitlamell-plaati.



Joonis 10. Külgsuunas eelpingestatud puitlamellplaadi konstruktsioon.



Joonis 11. Sisseliimitud profileeritud varrastega armeeritud liimpuittala.

Komposiitkonstruktsioonide eelistest ja kasutusvõimalustest

Nagu juba märkisin, koostatakse komposiitkonstruktsioonid üldiselt nii, et iga materjal töötaks just temale soodsamal või otstarbekamal viisil. Kui näiteks tegu on puit-betoonkonstruktsiooniga, siis betoon peaks asuma elemendi selles tsoonis, kus mõjuvad suurimad survepinged (survejõud), ja puit selles tsoonis, kus mõjuvad tõmbe- ja paindepinged. Samas on sillakonstruktsiooni puhul survetsoonis asuv betoon- või raudbetoonplaat ühtlasi hea dekikonstruktsioon.

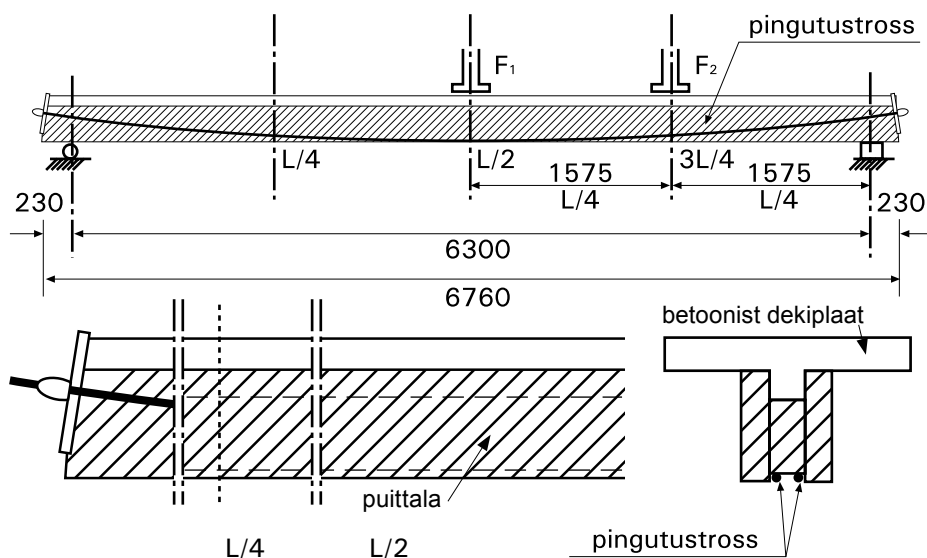
Üks ökonoomne, suhteliselt suure kandevõimega ja kerge (lae)paneeli lahendus on puitribidest ja vineerist, puitkiud-, puitlaastplaatidest või plastist vöödega (vooderdisega), samuti puidust vöödega ja vineerist või mõnest muust puidupõhisest materjalist seinaga talad.

Joonisel 2 esitatud lahendust on soodne (lihtne) kasutada vana puittalade vahelae kandevõime tõstmiseks. Väga lihtsa, oma jõududega ehitatava väiksemate avadega silla lahendus on esitatud joonisel 4.

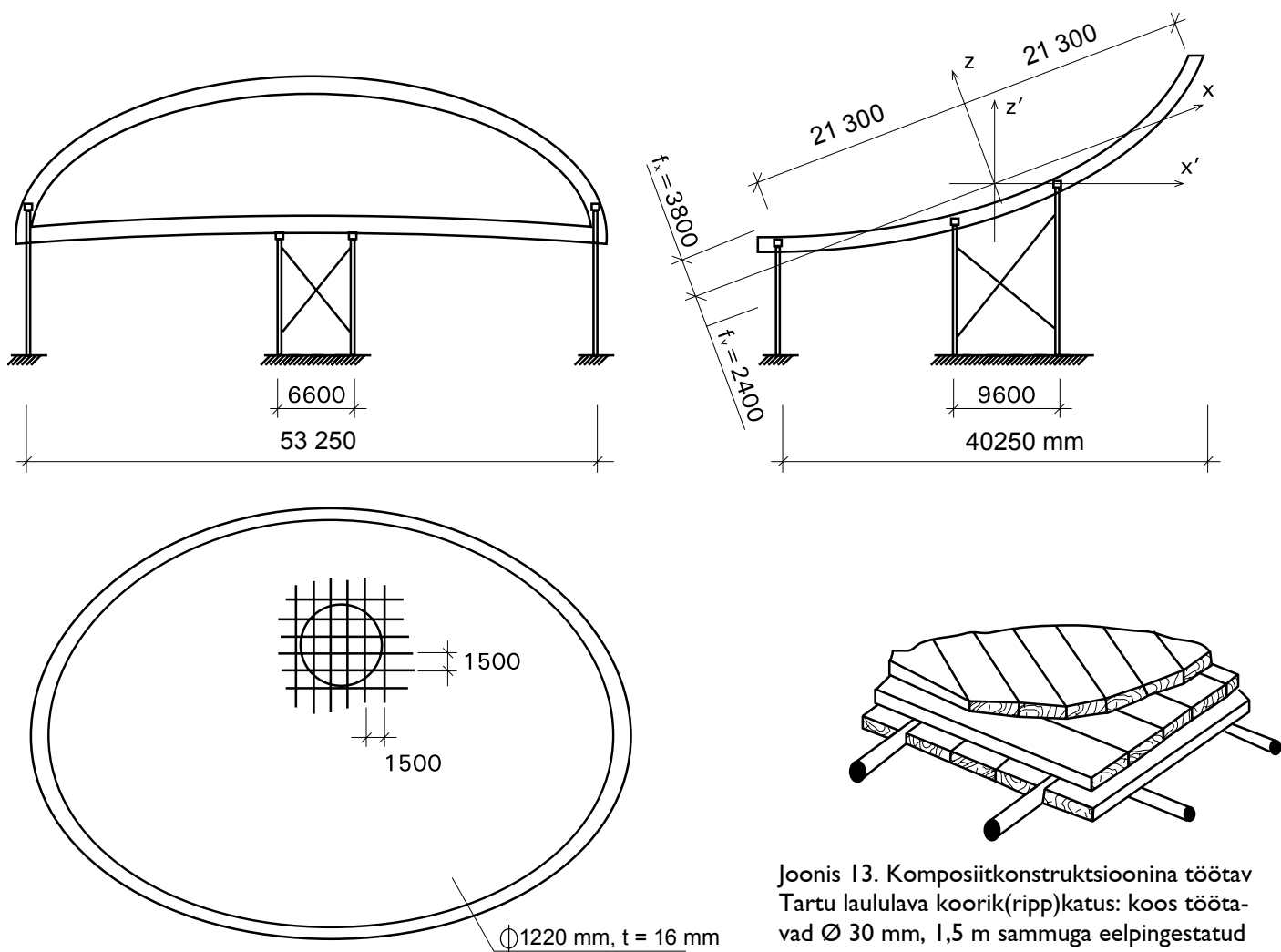
Komposiitkonstruktsiooniga puittalade (ja laudise) üheks eeliseks võib kujuneda asjaolu, et need võivad olla pealebetoneeritavale ja muudele pealtehtavatele ehitustöödele piisavaks alusstruktuuriks, nii et lisa(ajutist)tugistikku ei ole vaja.

Üks soodne tehases valmistatav puidust-betoonist vahe- või katuslaepaneeli konstruktsioon on esitatud joonistel 5 ja 6. Selle konstruktsiooni eelised /3/:

- 1) kui puidust vahelae puhul kaasnevad alati heliisolatsiooniprobleemid, siis selle lahendusega saab neid oluliselt vähendada: heliisolatsiooniks vajalik tihedus ja osaliselt ka paneeli mass on tagatud;
- 2) paneeli mass 100...150 kg/m² on umbes pool betoonpaneeli omast;
- 3) soodne kandeava: 6...8 m, kergete liimpuidust talade puhul isegi 12 m;
- 4) lihtsasti lahendatavad tavaliste puittalade niiskusprobleemid; betoon



Joonis 12. Komposiidina töötav terasvarrastega eelpingestatud liimpuidust liittala, kasutatav näiteks sillatalana.



Joonis 13. Komposiitkonstruktsioonina töötav Tartu laululava koorik(ripp)katus: koos töötavad $\varnothing 30$ mm, 1,5 m sammuga eelpingestatud terasvarrastest võrk ja kolmekihiline puitkoorik. Kontuuriks on kohati betooniga täidetud 1220 mm läbimõõduga terastoru.



Joonis 14. Tartu laululava koorik(ripp)katuse katmine PVC-kattega.

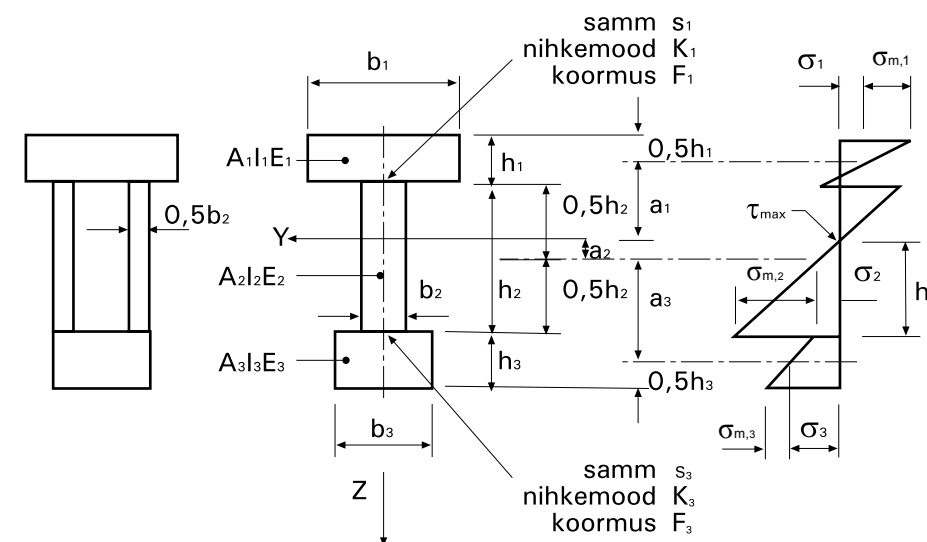
on niiskuskindel ja hea kinnitusalus hüdroisolatsioonile (vannitoad, saunad jne);

- 5) on soodne ka lamekatuste paneelide valmistamiseks;
- 6) betoonalus on suhteliselt väikeste deformatsioonidega ja seetõttu hea kõikvõimalike põrandakattematerjalide paigaldamiseks ja tööks;
- 7) sobib ka ripplae kinnitamiseks alt (nt kipsplaadid);
- 8) ei esine tavalisele puitpõrandale omast nagingemist;
- 9) suhteliselt lihtne on teha ka eelrõusuga elemente;
- 10) paneel on liitkonstruktsioon (komposiit), kus puit võtab vastu tõmme ja painet ning betoon survet. Võrreldes puittaladega (ribidega) on kandevõime 2...3-kordselt ja jäikus 5...10-kordselt suurem. TTÜ-s läbiviidud katsetes 6 m avaga (3 tala 220×60 mm, betoonplaat 50 mm) oli purustav koormus üle 12 kN/m^2 ;
- 11) kerge on konstrueerida ja teha köetavat põrandat, paigaldada kõikvõimalikke torusid, juhtmeid jms.

Puit-betoonisildade eelistena võib lisada veel järgmisi asjaolusid:

- saab ehitada kiiremini kui lihtsalt monoliitbetoonist või raudbetoonist;
- pole vaja raketisi, tänu millele kulud vähenevad, silla talad saab kohe paika panna ja ehitusega edasi minna;
- pole terrassildadega kaasnevaid korrosiooniprobleeme;
- lihtne remontida või vajadusel demonteerida.

Joonisel 11 esitatud sisseliimitud profileeritud varrastega armeeritud liimpuitala kandevõimet /9/ võib tala sama kõrguse puhul tõsta normaalse armeeringu korral 30...40%. Samas niisuguse tala valmistamine on ligikaudu 10% töömahukam. TTÜ ehitusteaduskonnas oleme teinud katseid taladega (valmistatud Põlva liimpuidutehases), mille tõmmatud tsoonis saavutas armatuurteras voolupiiri, ilma et oleks esinenud liimvuugi purunemist või armatuurvarraste nihet tala otstes. Huvitav on märkida, et vaatamata sellele, et katsetala oli pikka aega (ligi 20 aastat) seisnud juhuslikes ja niisketes kohtades, oli ta säilitanud oma kandevõime ja sarrusterase nake ei olnud vähenenud. Selliseid talasid on otsustabekohane kasutada kohtades, kus ehi-



Joonis 15. EVS 5-1-1 (vt lisa B) esitatud arvutusskeem.

tuskõrgus on piiratud, kuid samas mõjuvad koormused on suured.

Joonisel 12 esitatud eelpingestatud liimpuidust liittala /5, 6, 7/ kandevõime ja jäikus kasvavad oluliselt. Samas tuleb tunnistada, et TTÜ-s läbiviidud katsed liimpuitala paraboolsesse kanalis paigaldatud eelpingestusvardaga ei andnud oodatud tulemusi. Üks põhjus on selles, et pingestades niisuguse vardaga tala otsest, varda eelpingejõud tala keskel hõõrde tõttu oluliselt kahaneb (kuni 3-kordselt), kui see varras või tross ei ole just plasttorus ja õli sees. Teine negatiivne asjaolu on see, et kui eelpingejõudu ehitises järelpingestamisega ei korrigeerita, siis kaob puidu järeldeformatsioonide (roome) tõttu märkimisväärne osa (30...50%) eelpinge efektist.

Joonisel 13 ja 14 on esitatud Tartu laululava komposiitkonstruktsioonis katust. Kõigepealt paigaldati terasvarrastest vähese eelpingestusjõuga võrk, mis sai «raketiseks» kolmekihilise puitkooriku ehitamisel. Lõpptulemusena töötavad nii terasvarrastest võrk kui kolmekihiline puitkoorik koos. Ja kui algselt kandis puitkoorik umbes 2/3 ja terasvarrastest võrk 1/3 koormusest, siis pikema aja jooksul toimub puitkooriku järeldeformatsioonide tõttu koormuste ümberjaunemine nii, et kumbki osa kannab umbes 50% koormusest.

Komposiitkonstruktsioonide projekteerimisest

Komposiitkonstruktsioonide arvutamine on mitmes mõttes problemaatiline, sest arvesse tuleb võtta tegelikkuses küllaltki

suurtes piirides muutuvaid parameetreid, nagu deformatiivsete sidemete liuge-moodulit ja erinevate materjalide elastsusparameetreid, millest lõpptulemus sõltub oluliselt. Samuti ei ole kasutada laiemalt tunnustatud arvutusprogramme. Puitkonstruktsioonide standardites EVS 1995-1-1 (lisa B) ja EVS 1995-2:2003 on küll esitatud meetodid ja eeskirjad selliste konstruktsioonide arvutamiseks, kuid kahjuks esineb selliseid valemid, mida otse tuletada ei saa. Kohati on ka skeemid halvasti loetavad.

Allpool on esitatud standardi EVS-EN 1995-1-1:2005 lisa B toodud arvutusskeem ja valemid. Skeemil märgib kriips-punkt-joon iga liidetava elemendi raskuskeset läbivat joont. Y-telg on kogu komposiittala ristlõike nulljoon, mille kaugus keskmise elemendi nulljoonest, s.o a_2 määratakse valemiga B6. Kui Y-telje asukoht on määratud, arvutatakse a_1 ja a_3 . Siinkohal tulebki märkida, et valem B9 annab liite vuugis suurema nihkepinge kui teoreetiliselt (lineaarse teooria kohaselt) arvutades tuleb, kuid nähtavasti on normi tegija, arvestades arvutuste ebamäärasust, tahtnud saada tulemusi tagavara kasuks (kohati liiga paljugi, nii et liite dimensioonid kipuvad tulema liiga suured). Puitsildade standard /vt 2/ esitab lisaks skeemi (vt jn 16) ja lubab teataval juhul võtta liite tugevuse EVS-EN 1995-1-1:2005-ga võrreldes 20% suuremana ja liite jäikuse 100% suuremana. Kui aga betooni ja puidu vahele jääb mingi mittekonstruktiiivne vahekiht, siis tuleks liite tugevus- ja jäikusparameetrid määrata spetsiaalse arvutuse või katsete abil.

Komposiitjala jäikus

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^3 (E_i I_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2) \quad \text{B.1}$$

Ühikuta suurus

$$\gamma_i = \left[(1 + \pi E_i A_i s_i / (K_i l^2)) \right]^{-1}$$

kui $i=1$ ja $i=3$ B.5

$$a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (b_1 + b_2) - \gamma_3 E_3 A_3 (b_2 + b_3)}{2 \sum_{i=1}^3 \gamma_i E_i A_i} \quad \text{B.6}$$

$K_i = K_{ser,i}$ kasutuspiiriseisundi arvutustes;
 $K_i = K_{u,j}$ kandepiiriseisundi arvutustes

Normaalpinged määratakse valemitega

$$\sigma_i = \frac{\gamma_i E_i a_i M}{(EI)_{ef}} \quad \text{B.7}$$

$$\sigma_{m,i} = \frac{0,5 E_i b_i M}{(EI)_{ef}} \quad \text{B.8}$$

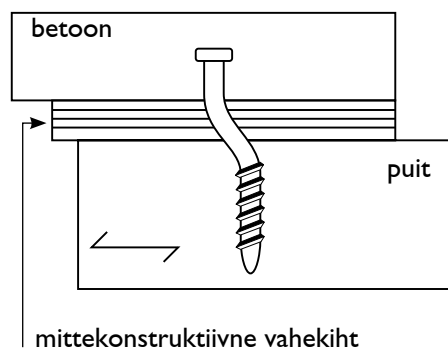
Maksimaalne nihkepinge

$$\tau_{2,max} = \frac{\gamma_3 E_3 A_3 a_3 + 0,5 E_2 b_2 h_2^2}{b_2 (EI)_{ef}} V \quad \text{B.9}$$

Liite koormus

$$F_i = \frac{\gamma_i E_i A_i a_i s_i}{(EI)_{ef}} V \quad \text{(B.10)}$$

kus $i = 1$ ja 3 , asjaolule vastavalt
 $s_i = s_i(x)$ on kinnituselementide vahekaugus



Joonis 16. Puitsilla normides EVS 1995-2:2003 esitatud nihkesideme töötamise skeem

Esitatud arvutusvalemeid võib kasutada ka selliste liitkonstruktsioonide arvutamisel nagu laudadest koostatud kolmekihilised paneelid, näiteks hoonete jäikusdiafragmad, paindele töötavad plaadid jne. Silmas peetakse peamiselt üksteisega risti asetsevate kihtidega omavahel kokku liimitud kihte. Juhul, kui paindemoment mõjub äärmiste kihtide laudade suunas ja keskmise, äärmistega ristiasuvas suunas lauakihi suhtes mõjub nihkejõud risti keskmise kihi laudade suunaga, kuid kiududega paralleelsel pinnal, on keskmise lauakihi suhtes tegu uutes normides käsitletava nihkejõuga ehk nihkepingetega, millist inglise keeles nimetatakse *rolling shear*. Varasemates normides seda probleemi sel määral ei käsitletud. Küsimusega on tegeldud mitmel pool, näiteks Saksamaal Cottbusis Brandenburgi Tehnikaülikoolis (vt /8/), kus uuriti sellise nihke puhul kuusepuidust materjali käitumist (nii tugevust kui nihkemoodulit) ja leiti, et kirjeldatud purunemine (keskmises lauakihis) toimub üldiselt hapralt ja aastaringide joonel.

Kokkuvõte

Puidust ja puidupõhistest elementidest ning teistest materjalidest omavahel liidetud ja koormuse kandmisel koos toimivatel komposiitkonstruktsioonidel on tavaliste puitkonstruktsioonidega võrreldes hulk eeliseid, sest iga komposiidis osaleva materjali saab panna tööle tema omadustele sobival viisil, näiteks betoon survele, puit tõmbele ja paindele ning teras tõmbele ja löikele. Seega kokkuvõttes saab komposiitkonstruktsioonide valmistamisel ja kasutamisel säästa materjali ning saavutada samade parameetrite juures suurem kandevõime ja jäikus, samuti minimeerida vajadust mittekohalike materjalide järele. Sageli õnnestub elementide koostööd arvestades vähendada konstruktsiooni massi või lihtsustada nende valmistamist. Näiteks puidust talade ja raudbetoonist dekiplaadiga silla puhul langeb ära raketiste ja tellingute vajadus. Eriti lihtne on renoveerimisel tõsta vana puitlae kandevõimet ja muid ekspluatatsiooniomadusi.

Kasutatud kirjandus

1. EVS-EN 1995-1-1:2005, Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldist. Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks
2. EVS 1995-2:2003, Puitkonstruktsioonid. Osa 2: Puitsillad
3. TP Laata, Naulalevylattia, jossa on puu - ja betonilattian edut. Insinööritoimisto Tuomo Poutanen KY
4. Risto Mäkipuro, Aarne Jutila, Analyzing Methods of a composite Girder containing wood, Nordic Timber Bridge Project, Wood-concrete Composite Bridges, Helsinki University of Technology Laboratory of Bridge Engineering, 1999
5. Sami Nopponen, Aarne Jutila, Wood-Concrete Composite Bridges, Nordic Timber Bridge Project, Wood-concrete Composite Bridges, Helsinki University of Technology Laboratory of Bridge Engineering, 1999
6. Sami Nopponen, Aarne Jutila, Wood-Concrete Composite Bridges, Nordic Timber Bridge Project, Formwork and Falsework construction, Helsinki University of Technology Laboratory of Bridge Engineering, 1999
7. Jarmo Tommola, Lauri Salokangas, Aarne Jutila, Wood-Concrete Composite Bridges, Nordic Timber Bridge Project, Test on shear Connectors, Helsinki University of Technology Laboratory of Bridge Engineering, 1999
8. Dr.-Ing. Andreas Schwar, Successive failure behaviour of glued multilayered timber structures subjected to high rolling shear stress into the cross lying boards layers, loeng seminaril TTÜ-s, juuni 2006
9. K. Öiger, E. Just, A. Just Experimental and Theoretical Analysis of Reinforced Glulam Beams, Proc. IABSE Conference, Lahti 29-31.8.2001
10. K. Öiger, Analysis and Realization of Composite Roof Shells, International Symposium on Theory, Design and Realization of Shell and Spatial Structures, Extended Abstracts, IASS 2001, Oct 9-13, 2001, Nagoya, Japan, pp. 414-415, CD with full papers.

Bordeaux' kohtuhoone

Kui Pariisi sümboliks peetakse Eiffeli torni, siis kuulsa veinitootmiskeskuse Bordeaux sümboliks on kaheksa aastat tagasi valminud kohtuhoone (Tribunal de Grande Instance à Bordeaux). Selle eripäraks on asjaolu, et on ehitatud põhiliselt puidust.

Kuna 25 000-ruutmeetrise põrandapinnaga kohtumaja asub Bordeaux' katedraali ja raekoja vahetus läheduses, pidi arhitekt garanteerima, et tulevane ehitus ajalooliste hoonete taustal liialt silma ei torkaks. Arhitektuurifirma Richard Rogers Partnership valitud lahendus ongi inspireeritud Bordeaux' katedraali gooti stiilist, kuid põhineb moodsatel materjalidel ja ehitusvõtetel.

Kohtuhoone koosneb seitsmest koonekujulisest kuplist, mis katavad üsni kuid saale. Nii kuplite kandekonstruktsioonid kui aluskate on puidust. Hoone keerulist geometriat järgivalt on väliskattteks diagonaalselt asetatud punasest seedrist lauad. Kandurid on liimpuidust, mida omakorda tugevdavad ringikujulised vineerist liistud. Kuplid on kaetud vaskplaatidega.

Hoone sisemus põrandast alates ja laega lõpetades on samuti puidust, loomulikult ka mööbel.

Kohtuhoone on orienteeritud nii, et selle siseruumidesse pääseks maksimaalselt päikesevalgust ning soojuskadu ööl oleks minimaalne. Soojuskadusid aitavad vähendada ka ruumide õõnsad põrandatalad. Saalide kuju soodustab hoone loomulikku ventilatsiooni.

Kohtuhoone katus on lainjas ja kuplid ristlõikes elliptilised. Selliste vormide väljatöötamiseks kasutati moodsat digitaalset arvutitarkvara. Hoone tugikonstruktsioonid projekteeriti spetsiaalse arvutisüsteemi abil, mis võtab arvesse kasepuidu ja moodsate lõikeseadmete iseärasusi. Samas on osa tugikonstruktsioonide detaile kavandatud traditsiooniliste meetoditega ja kohalikud käsitöölised valmistasid need tavaliste meetoditega. 

Fotod: Nordic Timber Council



Rimini messikeskuse hoone

Fotod: Nordic Timber Council

naga näitusesaali on ehitatud ühise kaarhalli skeemi järgi. Kaared toetuvad raudbetoonist tugisammastele, kaare ulatus on 60 ja kõrgus 10 m. Sambaid ühendab sõrestik, milles liimpuitribid kulgevad diagonaalselt. Aukartustäratava ristlõikega ribid (16×70 cm) on ca 3,5 m pikad. Iga saali katus toetub 1280 ribile. Kuna ribid on võrdlemisi lühikesed, ei tekkinud nende transportimisega probleeme, mida suuremate puitkonstruktsioonide puhul esineb üsna sageli.

Liimpuidust sõrestik on omakorda kaetud puitpaneelidega, mis aitavad hajutada pikisuunas mõjuvat koormust. Vertikaalsuunas mõjuva koormuse hajutamiseks on betoonist tugisambaid kohati tugevdatud eelpingestatud terasvarrastega. Piki katuseserva kulgeb betoonsammastele toetuv terasest täiendav tugitala.

Liimpuitribide metallist ühenduselemendid on väljastpoolt peaaegu täielikult puiduga kaetud. Ehitajate arvestuste kohaselt peab see moodus tulekahju puhkemise korral kindlustama, et metall kuumusele vähemalt pool tundi kauem vastu peaks.

Ühenduselemendid ise on traditsioonilise konstruktsiooniga, mille puhul poldid ulatuvad läbi nii puidust kui metallplaatidest. Samas kasutati antud juhul võtet, mis kiirendas sõrestiku montaaži: kõigepealt kinnitati metallplaadid keermeteta poltidega puitelementide külge, seejärel ühendati metallplaadid suuremate poltidega ühenduselementide külge. Ehituse lihtsustamiseks kasutati ka ühesuguse konstruktsiooniga ühenduselemente.

Näitusesaali sõrestiku monteerimiseks pandi üles kaarekujulised tellingud, mida pärast iga sektsiooni valmimist külgsuunas edasi nihutati. Puidust kattepaneelid asetati kohale kohe pärast sõrestiku montaaži. Tellingud toetasid ka hüdraulilisi tungraudu, mille abil ühenduselementide asendit reguleeriti.

Sama ehitusskeemi kasutati messikeskuse aatriumi ja keskuse keskel asuva kupli puhul. Eriti keeruline oli kupli ehitus, mis pandi kokku üheksast segmendist ja ühendati omavahel käsitsi. Tulemuseks on õhuline konstruktsioon, mis näib olevat täiesti monoliitne.

Itaalia ekspertide arvates meenutab Rimini messikeskus 1960. aasta olümpiamängudeks Rooma rajatud Nervi staadioni, kuid vahe on selles, et staadioni põhiehitusmaterjaliks on raudbetoon. 

Aadria mere kaldal asuvas Rimini linnas valmis 2001. aasta aprillis messikeskus Nuova Fieri di Rimini, mille kogupindala on 460 000 ruutmeetrit. Näituseruumid võtavad sellest endale 130 000 ruutmeetrit.

Messikeskuse konverentsiruumides on kohti seitsmesajale inimesele.

Rimini messikeskuse autor, Hamburgi ehitusfirma Van Gerkan, Marg und Partners on sama tüüpi hooneid ehitanud mitmesse Saksa linna. Antud juhul otsustas arhitekt professor Volkwin Marg kasutada nn Zollingeri katust. See süsteem võimaldab kombineerida fassadi elegantse väljanägemise materjalide

efektiivse ja ratsionaalse kasutamisega.

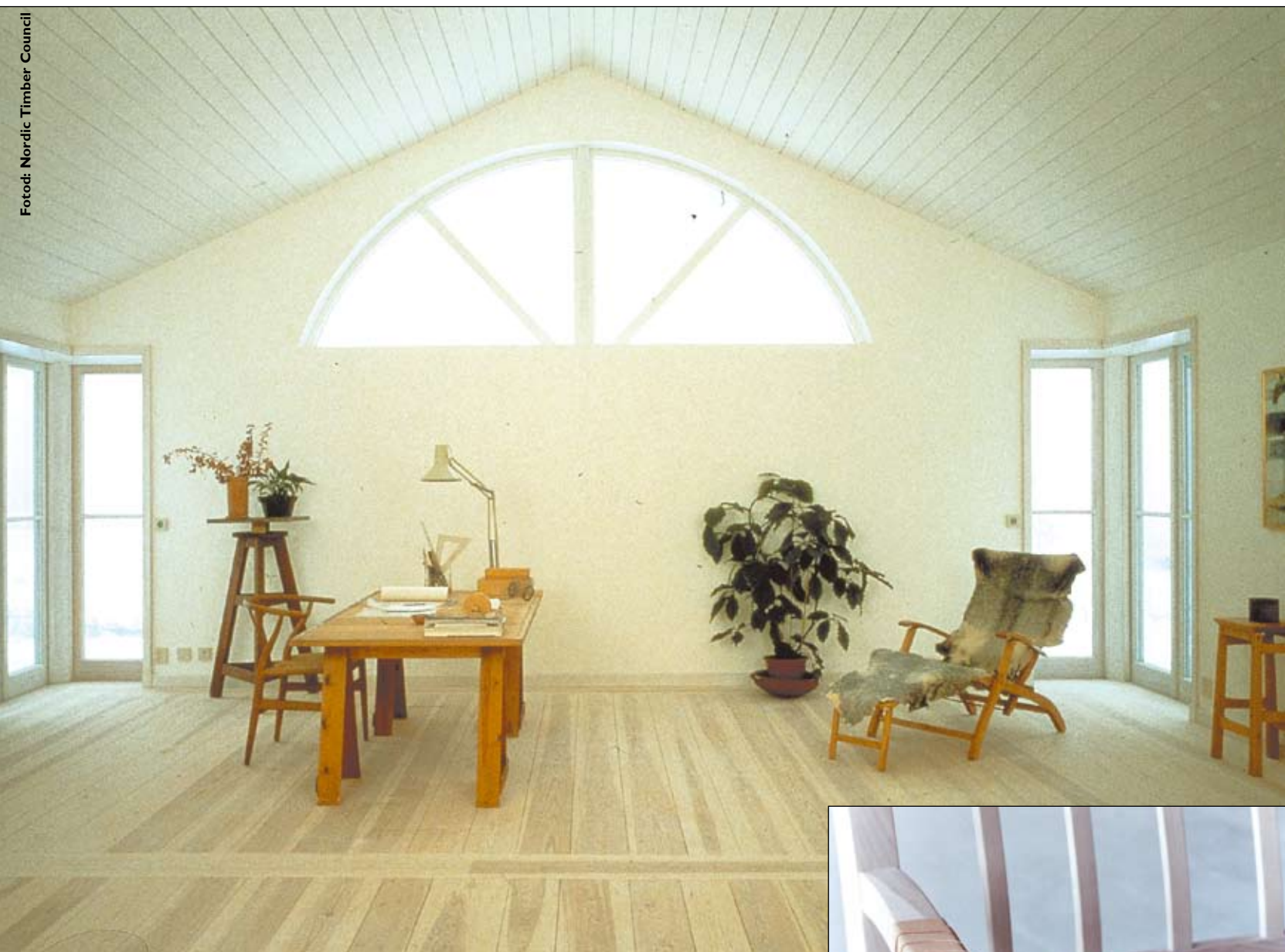
Tegu on väga suure objektiga – iga näitusesaali põrandapind võrdub jalgpalliväljaku omaga ja kokku on neid kaksteist. Lisaks sellele asub Rimini seisimiliselt aktiivses piirkonnas, mistap ehitist peab olema maksimaalselt maavärinakindel. Kokku kulus messikeskuse rajamiseks 7000 m³ puitu, sellest 6600 m³ näitusesaalistele.

Kõik 6000-ruutmeetrise põrandapin-

Villa Olby

Kerstin Olby on üks Rootsi kuulsamaid mööblidisainereid. Oma Ljunghemis (Lõuna-Rootsis) asuva suvila projekti tellis ta elukutseliselt arhitektilt, kes antud juhul pidi kliendi arvamusega arvestama rohkem kui tavaklientide puhul. Sageli on sellise koostöö tulemusena valminud hooned väliselt originaalsed, kuid elamiseks ebamugavad. Stockholmi arhitektil Torsten Askergeril õnnestus seda vältida.

Fotod: Nordic Timber Council



1987. aastal valminud Villa Olbys võib kergesti märgata mitme eri stiili mõju, kuid samas pole ühegagi neist üle pingutatud. Saja viiekümne meetri suuruse pindalaga suvila on kujundatud põhjamaiselt spartalikus stiilis, mis rootslastele on tuttav «vanast heast Gustavi ajast». Selline valik peegeldab omaniku keskkonnasõbralikku hoiakut ning väldib ühtlasi materjalide liigset kulutamist.

Kõik põrandad on valmistatud puna-

sest liimpuidust, kusjuures põrandalauad asetsevad nii nagu õlgmatid Jaapani majades. Radiaatorite asemel on väikese võimsusega põrandaküttesüsteem.

Mööbel on valmistatud kodumaistest materjalidest, sealjuures sissekäigu kaunistamiseks on kasutatud kahte eri tooni lubjakivi. Aknad on suured ja ulatuvad enamikus ruumides laest põrandani. Nii on hoones igal aastaajal võimalikult hea loomulik valgustus.

Puit säästab

REFEREERINUD MÄRT RIISTOP

Üldjuhul usutakse, et puitmaja on kivimajast odavam. Ent küsimus, kui palju odavam, jääb tavaliselt vastusetta. Erinevate majade maksumust ongi tülikas võrrelda, sest raske on leida kahte maja, mis erineksid teineteisest vaid põhimaterjali poolest. Enamasti on veel muidki erinevusi, mille mõju on sageli suuremgi kui see, kas seinad on puust või kivist.

Seepärast on Tallinna Tehnikaülikoolis professor Roode Liase juhendamisel valminud Kristjan Toominga bakalaureusetöö üsna huvitav. Tooming võrdleb selles kahe võimalikult sarnase, puitkasshoone ja kergkruusaplokkidest seinte ning betoonist vahelaega maja ehituskulusid EKE-NORA andmebaasi abil. Majade kasulik pind oli 118 m² ja konstruktsioon lähtus ET-kartoteegi tüüplahendustest.

Paraku on töö lõppjärelusena kirjas:

«Uurimistöös koostatud eelarvete põhjal võib järeldada, et sarnaste lahendustega hoonete puhul on tekkiv hinnavahe võrdlemisi väike, moodustades ligi 6% kogu ehitustööde maksumusest. Koostatud eelarvete põhjal võis järeldada, et erinevate konstruktsioonelementide kasutamisel ei olnud tekkiv majanduslik efekt piisavalt suur ning oli isegi pigem võrdne hoonete eelarvete koostamisel arvestatava vea suurusega (5...10%). Tekkinud majanduslik efekt oli ka väike seetõttu, et enamus hoone ehituskulusid olid kattuvad ega sõltunud konstruktsioonide erinevustest.»

«Väike» hinnavahe oli siiski tervelt 112 730 krooni ning tekkis kandetarinidite osas (vt tabel 1, mõlemad tabelid Kristjan Toominga bakalaureusetööst).

Nagu tabelist 1 nähtub, on erinevused puidu kasuks tunduvalt üle võimaliku vea (5... 10%).

Kristjan Tooming:

«Seinte rajamise juures on puitmaja odavam peamiselt tänu materjalide hinnale ja töömahukusele. Seinakonstruktsioonide püstitamise kiirus ja materjalide hinnaerinevus toovad kaasa rahalise kokkuhoiu ligi 60% ning fassaadi viimistlemine värvitud puitlaudisega kujuneb kaks korda odavamaks kui soojustuse katmine õhekrohviga.

Puitmaja vahelae rajamine on üle kolme korra odavam kui betoonist vahelae ehitamine. Hinnavahe tuleneb peamiselt töö mahust ning materjalide maksumusest. Puidust vahelae hinnaelise annab betoonpaneelide kõrge hind ning nende monteerimisel kaasnevad muud lisatööd (näiteks elementide monolitiseerimine).

Puitmaja siseseinte pinnakatted on ligi 10% ja lagede pinnakatted ligi 31% kallimad kui kivimajal. Seda tänu vajadusele katta puitkonstruktsioonid enne viimistlustööd täiendavalt karkassi ja kipsplaatkattega. Kivipindasid seevastu on võimalik viimistleda kohe pärast tasandustööd. Viimased on aga odavamad kui pindade katmine kipsplaatkattega.

Puitmaja aluspõrandad vahelagedel on ligi 6% odavamad kui kivimajal. Hinnavahe tekib sellest, et sulundiga ehitusplaadi maksumus on väiksem kui betoonist tasanduskihi valamine.»

Huvitav on võrrelda puit- ja kivimaja töömahukust (tabel 2), millest nähtub, et kivimaja vajab tervelt 27% rohkem töötunde. Puitmaja jaoks on välja toodud ka tööjõukulude osatähtsus kogukuludes erinevate konstruktsioonelementide ehitamisel. Välisseinal on see 24%, vahelael 35% ja katusel 27%. Tõenäoliselt on tööjõukulu osatähtsus kivimaja puhul isegi suurem ja kasvab lähitulevikus veelgi (töös kasutati Eesti Statistikaameti andmeid 2006. aasta 1. kvartali ehituse brutopalkade kohta). 

Allikas: Kristjan Tooming. Puidu kasutamise efektiivsus elamute ehituses. Tallinna Tehnikaülikool, Ehitusökonomika ja juhtimise õppetool. Juhendaja professor Roode Liias. Tallinn 2006. Kood EP-J50LT.

Tabel 1

Rühma nr	Ehituskulude pea- ja põhikulurühmad	Puitmaja EEK	Kivimaja EEK	Vahe EEK	Vahe %
3	Kandetarindid, sh	184 376	319 980	135 605	73,5
32	Kandvad ja välisseinad, sh	127 453	202 872	75 419	59,2
328	Seinte fassaadikatted	40 381	84 508	44 127	109,3
33	Vahe- ja katuslaed	26 922	87 108	60 186	323,6
5	Ruumitarindid ja pinnakatted, sh	334 040	311 166	-22 874	-6,8
53	Siseseinte pinnakatted	116 124	104 218	-11 905	-10,3
54	Lagede pinnakatted	54 648	37 833	-16 814	-30,8
56	Põrandad ja põrandakatted	95 913	101 758	5 846	6,1
	Kokku	518 416	631 147	112 731	21,7

Tabel 2

Rühma nr	Ehituskulude pea- ja põhikulurühmad	Puitmaja inimtundi	Kivimaja inimtundi	Vahe inimtundi	Vahe %
32	Kandvad ja välisseinad	250	493	243	97,1
328	Seinte fassaadikatted	242	387	145	60,0
33	Vahe- ja katuslaed	155	188	33	21,6
53	Siseseinte pinnakatted	486	602	116	23,9
54	Lagede pinnakatted	374	277	-97	-26,0
56	Põrandad ja põrandakatted	89	73	-16	-18,2
	Kokku	1 596	2 020	424	26,6



Draakonipuu

SANDER KINGSEPP

Draakonipuu (*Dracaena*) on nime saanud paksu punaka mahla järgi, mida keskajal kergeusklikele ehtsa lohevere pähe müüdi. Vahemere- maades kasutatakse sedasama taime ammustest aegadest lakkide ja värnitsa valmistamiseks. Meie kliimas kasvab draakonipuu ainult toataimena.

Agaaviliste sugukonda kuuluvaid draakonipuid on üle neljakümne liigi, millest enamik kasvab Aafrikas, mõned Lõuna-Aasias ja üks Kesk-Ameerikas. Välimuse järgi jagunevad nad kaheks üsna erinevaks perekonnaks: jämeda tüve ja laiade lehtedega taimi meenutavad puud, mis kasvavad kuivades kõrbe- piirkondades (nende hulka kuulub nt harilik draakonipuu – *D. draco*), ja märksa madalamad põõsakujulised, sileda tüve ja pehmete painduvate lehtedega taimed, mida leidub rohkesti vihmametsades. Toataimedena on populaarne just teine perekond (nt *D. sanderiana*).

Harilik draakonipuu on levinud lähistroopikas, sh Kanaari ja Roheneeme saartel, Madeiral ja Lääne-Marokos. See



liik võib kasvada kuni 12 m kõrguseks, kusjuures tema paksud lehed moodustavad tiheda vihmavarjukujulise ladva. Harilik draakonipuu kasvab küllaltki aeglaselt (meetrikõrguseks keskmiselt 10...15 aastaga), kusjuures nende iga on aastarõngaste puudumise tõttu raske määrata. Kõige vanem seda liiki puu kasvab Tenerife saarel Icod de los Viñoses. Kohalike elanike arvates on 16 m pikkune ja 6 m läbimõõduga *D. draco* vähemalt kolm tuhat aastat, teadlaste

arvates aga ainult 650 aastat vana.

Madagaskarilt pärinev punasetriibuliste lehtedega draakonipuu (*D. marginata*) on pinnase ja kastmise suhtes üsna vähenõudlik. USA kosmoseagentuuri NASA uurimuses soovitatakse kontori- ruumidesse just seda taime, sest see vähendab formaldehüüdi hulka õhus. Teine vähenõudlik liik, lint-draakonipuu (*D. sanderiana*), mida samuti toataimena kasvatatakse, on rahvasuus tuntud ka õnnetoova bambusena. 🍀