

PUITKARKASS-SEINTE TULEPÜSIVUSEST

TEKST JA PILDID: ALAR JUST

JOONISED: EUROKODEKS 5

Eurokoodeksi 5 osa 1.2 “Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Tulepüsivusarvutus” on uudne norm puitkonstruktsioonide tulepüsivuse määramiseks.

Puidu käitumist tulekahjuolukorras arvestatakse selles normis puidu söestumiskiirusega. Puidu söestumiskiirus on kindla suurusega ja ettearvatav. Erinevatel puitmaterjalidel aga on see näitaja erinev. Kaitsmata tugevussorteeritud saepuit söestub 0,65...0,8 mm/min.

Eurokoodeksi 5 osa 1.2 uudsusest tulenevalt ei leia sellest veel kõigi levinumate konstruktsioonide ning olukordade projekteerimispõhimõtteid. Näiteks uudse materjali, ristkihtpuidu tulepüsivuse arvutamisel ei saa tavalise saepuidu arvutuseeskirju rakendada. Ristkihtpuidus vahelduvad kandvad kihid mittekandvatega. Juhul, kui kandev kiht põleb ära, kukub ära ka mittekandev kiht. Seega on nulltugevusega ristlõike paksus suurem kui praegustes arvutuseeskirjades (7 mm).

Ristkihtpuidust on Londonisse ehitatud üheksakorruselise maja, millest on juttu ka käesolevas ajakirjas (vt lk 22).

Väga laialt levinud puitkonstruktsioon on tavaline karkass-sein, mis on kaetud kipsplaadiga ning mille postide vahel on isolatsioon. Selliste puitseinte (ja ka vahelagede) tulepüsivusarvutustes rakendatakse normi lisasid C, D ja E.

Kaetud konstruktsioonide söestumist tulekahjuolukorras iseloomustab joonis 1.

Sirge 1 sellel joonisel näitab kaitsmata puidu söestumist, mis toimub ühtlase kiirusega algusest lõpuni (mm/min).

Murdjoon 2 iseloomustab kaetud puidu söestumist, mida vaatleme lähemalt.

Plaadiga kaetud puidu söestumisest rääkides on tähtis teada järgmisi ajahetki: **söestumise algus** t_{cb} ja **kaitse tõrketekkeage** t_f .

Kuni ajani t_{cb} on puit kaitsstud ning söestumist katte taga ei toimu. Alates sellest hetkest algab söestumine, ent seni, kuni katteplaat jääb paigale, söestub puit plaadi taga aeglasemalt kui algselt kaitsmata olekus puit.

Kui saabub kaitsva plaadi tõrketekkeage t_f , st et plaat laguneb ja kukub ära, jõuame nn järelkaitsefaasi.

Puit, mis on plaadi taga aeglaselt söestunud, avaneb äkki tulele ja põleb sellest hetkest palju ki-

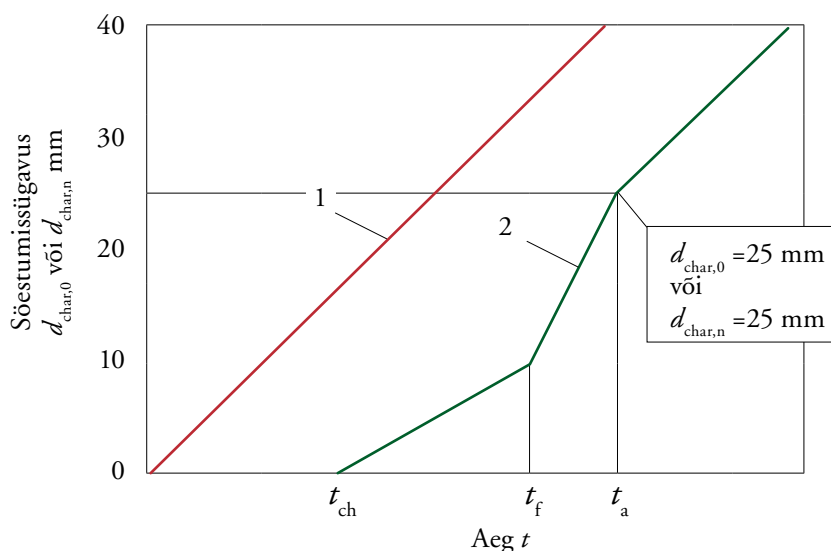


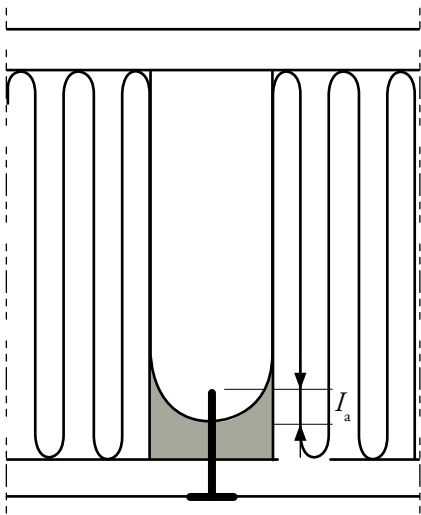
Joonis 1. Kaitsmata ja kaitsstud puidu söestumine.

remini kui algselt kaitsmata puit.

Suuremate ristlõigete puhul põleb puit sellise suurema kiirusega kuni 25 mm söestunud kihi saavutamiseni (aeg t_a), sealt edasi taas nn põhikiirusega (kaitsmata puidu põlemiskiirusega). Väiksemate ristlõigete puhul sellist 25 mm piiri pole.

Sellised on põhimõtted. Kuid Eurokoodeksi 5





Joonis 2. Kinnitus-
elemendi süvis-
tussügavuse
söestumine.

tulepüsivuse osa on niivõrd uudne, et projekteerimismeetodid on olemas ainult väheste enamlevinud olukordade puhuks. Lihtsalt – andmeid on veel liiga vähe.

Vaatleme kihtide kaupa, mis seina tulekahjus toimub. Liigume koos tulega seina sisse.

Esiteks **katteplaadid**.

Söestumise algus t_{ch} .

Kui tegemist on *puidupõhiste plaatidega*, siis on söestumise algus arvutatav järgmiselt:

$$t_{ch} = h_p / \beta_0,$$

kus h_p on plaadi paksus ning β_0 vastava puitmaterjali söestumiskiirus.

Puidupõhised plaadid söestuvad veidi kiiremini kui tavaline saepuit. Söestumiskiirus on üldiselt 0,9...1,0 mm/min, kuid sõltuvalt tihedusest ja paksusest võib ka sellest erineda.

Ühe- või kahekihilise kipslaatkatte taga on puidu söestumise algus arvutatav järgmiselt:

$$t_{ch} = 2,8h_p - 14,$$

kui kipsivuuk on alla 2 mm või polegi vuuki.

$$t_{ch} = 2,8h_p - 23,$$

kui plaatidevaheline vuuk on suurem kui 2 mm.

Kahekihilise kipslaatkatte puhul võetakse katte tingliku paksuse h_p arvutamisel tulepoolne kips arvesse täispaksusega ning teine kiht 50% paksuse ulatuses.

Tulekindla kipsi (EN 520, tüüp F) kasutamisel tulepoolse kihina võetakse teise kihi paksusest 80%.

Juhised söestumise alguse arvutamiseks on toodud ka kivivillplaatidest katte kohta. Kõigi muudest materjalidest katteplaatide puhul tuleb söestumise alguse aeg leida katsetega.

Ülaltoodud ajad tähistavad puitelemendi söestumise algust.

Nii puitplaatide kui tavalise kipsplaadi (tüüp A) puhul tähistab söestumise algus ka plaadi tõrketekkega, st et teoreetiliselt seda faasi, kus puit söestub aeglaselt ja plaat veel püsib, ei ole.

Tulekindlatel kipsplaatidel (tüüp F, EN 520) on sees kiud, mis hoiavad neid kõrgetel temperatuuri-

del kauem koos.

Plaatide tõrketekke aeg t_f sõltub tulekindlate kipsplaatide puhul kinnitite süvistussügavuse söestumisest või plaadi enda termilisest lagunemisest.

Söestumiskiiride jõudmine kinniti süvistussügavusele on lihtsalt arvutatav. Kui puit on kogu kinniti ulatuses söestunud, siis see enam plaati ei hoi. Selle arvutamiseks on Eurokoodeksis antud meetodika.

Plaadi termilise lagunemise aja peab andma tootja, kuna eri tootjate materjalid on erinevad. Kui aga seda tootjalt küsida, selgub tihti, et selliseid näitajaid pole neil kusagilt võtta.

Tulekindla kipsplaadi vastavust tootestandardile kontrollitakse katsega, mis ei kesta termilise lagunemiseni. Seega ei anna selline tootestandard piisavat infot materjali kasutamiseks tulekindlates puitkonstruktsioonides (ja ilmselt mitte ainult seal).

Praegu on üldkasutatavad ainult ühe tootja toodete andmed. Põhjamaade käsiraamatust "Brand-säkra trähus 2" võib leida Eurokoodeksi 5 osa 1.2 kasutamiseks Gyproci 15,4 mm paksuse tulekindla kipsplaadi tõrketekke aegu.

Kõigi teiste tootjate plaadipaksuste kohta andmed puuduvad ning tootjad ei ole kahjuks huvitatud neid andma. Kindlasti aga ei ole eri tootjate toodang ühtmoodi võrreldav, isegi mitte sama paksuse korral.

Seinapaneel tules.
Keskel karkassi-
post. Vasakul on
kipsplaat lange-
nud, paremal pü-
sib.



Mida siis teha?

Eurokoodeksi 5 osa 1.2 Soome rahvuslikus lisas on antud F-tüüpi kipslaadi t_f väärtus, eeldades, et plaadi paksus on 15 mm. Termilisest lagunemisest tulenev $t_f = 50$ min seintes ning $t_f = 30$ min vahelagedes.

“Brandsäkra trähus 2” annab ühe kihi Gyproci 15,4 mm plaadi termilise lagunemise ajaks t_f seintes 65,6 minutit ning vahelagedes 35 minutit. Kuid näiteks Kesk-Euroopas ja ka meil laialt levinud 12,5 mm paksuste tulekindlate kipsplaatide kohta andmed puuduvad. Neil juhtudel tuleks teha katsed, mis on kallid ja töömahukad.

Eesti suurimad puitmajatootjad AS Kodumaja ning AS Matek on selliseid katseid oma tüüp-konstruktsioonide puhul teinud. Kõige konservatiivsem (ja juriidiliselt korrektne) võimalus on mitte arvestada plaadi kaitsvat efekti ning lugeda plaadi tõrketekkeaeg võrdseks söestumise algusajaga $t_f = t_{cb}$. Loomulikult tähendab see lisakulusid.

Ent liigume koos tulega läbi seina edasi.

Isolatsioon

on järgmine komponent puitkarkass-seinas.

Karkassipostide ja vahelaetalade söestumiskiirused eri faasides on järgmised:

$$\beta_2 = k_s k_2 k_n \beta_o \quad \text{perioodil } t_{ch} \leq t \leq t_f$$

$$\beta_3 = k_s k_3 k_n \beta_o \quad \text{perioodil } t \geq t_f$$

kus k_s ja k_n on ristlõike kuju ning nurkade söestumist arvestavad tegurid, mille rakendamisel taandatakse ristlõike söestumine ühest küljest mõjuvaks, et oleks lihtsam arvutada. Need tegurid on samad kogu söestumise vältel.

Isolatsiooni kaitsvat mõju iseloomustavad tegurid k_2 ja k_3 .

Katteplaadi olemasolul on tegur **k_2 sama nii kivi- kui klaasvillisolatsiooni** puhul. Erineva katteplaadi vuugi asukoha jaoks on erinevad tegurid.

Pärast katteplaadi eemaldamist on situatsioon erinev. Järelkaitsetegur k_3 on praeguses Eurokoodeksis antud ainult kivivillast soojustuse mõju arvestamiseks.

Klaasvilla kohta ütleb Eurokoodeks, et kui katteplaat on varisenud, siis loetakse ka puitposti ning seega kogu seina kandevõime ammendatuks(!). See kehtib ka uudse suure tulekindlusega klaasvilla kohta.

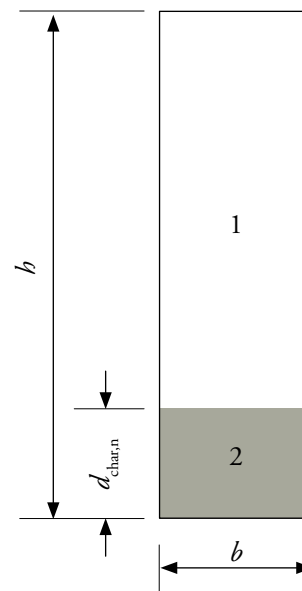
Kõigi teiste isolatsioonide (nt tselluvill) mõju arvestamiseks tulekahjuolukorras, ka kaetud olukorras, on ainus võimalus teha katseid. Ka need katsed on kallid ja töömahukad, aga kui need teha, võib siiski saavutada ökonoomsemaid konstruktsioone enne, kui Eurokoodeks tõhusat täiendust saab.

Loomulikult on kõige lihtsam kasutada puitseinas paksu tulekindlat kipsplaati, mille puhul seina sees toimuvat arvutama ei peagi, aga inseneril ei pruugi sellest head tunnet jääda.



Võrdluskatse tulemus: vasakpoolne osa oli isoleeritud klaasvillaga ja parempoolne sein osa tühikutega.

Joonis 3. Teoreetiline jääkristlõige. Taandatud ristkülikristlõikeks, mis söestub ühest küljest.



Tühikutega sein

Kui sein või vahelagi on tühikutega, st postide või vahelaetalade vahed on tühjad, siis on tegu olukorraga, mille arvutuseeskirjad leiab Eurokoodeksi 5 osa 1.2 lisast D.

Kipsplaat peab sellise seina tulepoolsel küljel vastu kauem kui isolatsiooniga seinas. See on seletav väiksemate temperatuuridega kipsplaadi taga, kuna pole isolatsiooni. Tavalise 12,5 mm kipsplaadi puhul on vahe ca 3 minutit.

Kui kate on langenud, siis hakkab pruss põlema kolmest küljest. Sealjuures on põlemiskiirus katmata puidu põlemisega võrreldes kahekordne. Tegur $k_3 = 2$.

Tühikutega sein on kindlasti nõrgem ja väiksema tulekahjukandevõimega kui analoogne klaasvillaga soojustatud sein juhul, kui käsitleme olukorda pärast katte tõrketekkeage. Samas on praeguses Eurokoodeksis neist kahest eeskirjad vaid tühikutega seina jaoks.

Kogu eelnenud seinte jutt kehtib ka puittalade ja isolatsiooniga/tühikutega vahelagede kohta. Vahelagede kateplaatide tõrketekkeajad on väiksemad, kuna plaadid kukuvad raskusjõu mõjul varem alla.

Puidu arvutustugevus

Viimasena vaatleme puitposti ennast. Puidu söestumist on ülalpool käsitletud, kuid seinapostide puhul on veel üks tähtis moment: söestumata **puidu tugevus ei ole tulekahju ajal sama, mis tervel puidul!**

Suhteliselt väikese ristlõikega puitpostid võivad tulekahjus tervenisti läbi kuumeneda. Seetõttu rakendatakse seinapostide arvutamisel **vähendatud tugevus- ja jäikusomaduste arvutusmeetodit**.

Erinevus suurte ristlõigete puhul levinud *efektiivristlõikemeetodist* seisneb selles, et ristlõikes söestunud osale ei leita täiendavalt nn nulltugevusega tsooni (tavaliselt 7 mm) ning tugevust ja jäikust vähendatakse tulekahjuolukorras oluliselt.

NB! Efektiivristlõikemeetodit ei tohi kasutada väikese ristlõikega seinapostide ja vahelagede arvutamisel!

Palju andmeid on puudu ka Eurokoodeksi 5 listast E, mis käsitleb puitseinte arvutamist eraldavale funktsioonile.

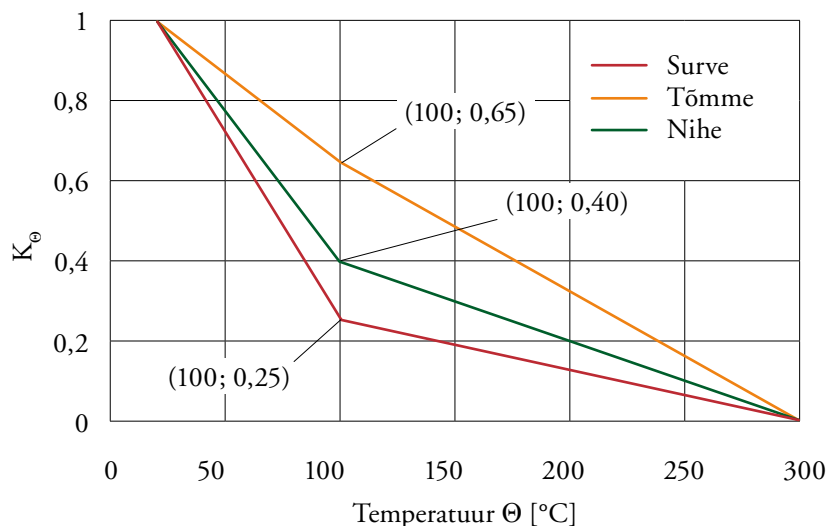
Kokkuvõtteks Quo vadis?

Materjalide termilise lagunemise ajad ja muud nende tehnilised näitajad peavad tulema tootjalt. Kui Eurokoodeks muutub aastal 2010 kogu Euroopa Liidus kohustuslikuks, siis tootjad ei saa enam sellest nõudest lihtsalt mööda vaadata.

Töö klaasvillsoojustusega puitseinte arvutuseeskirjade väljatöötamiseks Eurokoodeksi 5 jaoks käib ja suur osa sellest tehakse Eestis Eesti Metsatööstuse Liidu (Märt Riistop), AS Kodumaja (Elar Vilt) ja AS Resand (Alar Just) juhtimisel.

Töö on osa Euroopa uurimisprojektist FireIn-Timber, mis hõlmab teadusasutusi ja puidutööstusi üheksast riigist.

FireInTimber projekti lõppedes 2010. aasta kevadel on põhilise projekterijaid huvitava tulemina kavas välja anda puitkonstruktsioonide tulepüsivuse projekteerimise käsiraamat, mis täidab palju valgeid laike praeguses Eurokoodeksi 5 osas 1.2 ning täiendab seda oluliselt. Senikaua tuleb suhtuda positiivselt sellesse, mis on juba olemas.



Joonis 4. Tugevuse sõltuvus puidu temperatuurist.

Vahelaetalad on kivivillaga kaitsitud. Suuremad ristlõiked kaitsset ei vaja.

Katsepaneeli kustutamine pärast tulekahju.

