



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Instituudi nimetus

**HAAPSALU UKSETEHASE AS EI30
TULETÕKKEUKSE SISSEMURDMISKINDLUSE
PARENDAMINE**

**ASSESSMENT OF THE BURGLAR RESISTANCE
CAPABILITIES AND DEVELOPMENTS OF THE EI30 FIRE
RESISTANCE DOOR**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Merilin Serg

Üliõpilaskood 204062 MATM

Juhendaja: Toivo Tähemaa

Tallinn 2022

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"....." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Merilin Serg

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Haapsalu Uksetehase AS EI30 tuletõkkeukse sissemurdmiskindluse parendamine, mille juhendaja on Toivo Tähemaa

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

_____ (kuupäev)

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

TalTech Mehaanika ja tööstustehnika instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Merilin Serg 204062

Õppekava, peeriala: MATM02/18 Tootearendus ja tootmistehnika

Juhendaja(d): Dotsent, Toivo Tähemaa, 5091918, Alar Niidas, 55546968

Konsultant: Rene Serg, arendusdirektor, Haapsalu Uksetehas AS

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Haapsalu Uksetehase AS EI30 tuletõkkeukse sissemurdmiskindluse parendamine

(inglise keeles) Assessment of the burglar resistance capabilities and developments of the EI30 fire resistance door

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Olemasoleva ukse sissemurdmiskindluse parendamine
2. Sissemurdmiskindluse eelkatse
3. Katseraami projekteerimine

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teema tutvustus, ülevaade, katsetoodika läbitöötamine	28.02.22
2.	Siseribi materjalide katsetamine ja valik	21.03.22
3.	Turvaelementide valik ja majandusanalüüs	04.04.22
4.	Eelkatse ja katsetulemuste analüüs	18.04.22
5.	Katseraami projekteerimine	12.05.22
6.	Lõputöö vormistamine	23.05.22

Töö keel: Eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: 23.05.2022

Üliõpilane: Merilin Serg ".....".....20.....a
/allkiri/

Juhendaja: Toivo Tähemaa
Alar Niidas ".....".....20.....a
/allkiri/

Konsultant: ".....".....20.....a
/allkiri/

Programmijuht: ".....".....20.....a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÕNA	7
Lühendite ja tähiste loetelu.....	8
1. SISSEJUHATUS.....	9
2. ÜLEVAADE VARGUSTEST ELURUUMIDESSE	10
2.1 Varavastased kuriteod Eestis.....	10
2.2 Sissetungimisviisid	11
2.3 Sissemurdmiskindlus.....	11
2.4 Eluruumide varguste ülevaate kokkuvõte.....	12
3. TÄIUSTATAVA TOOTE KIRJELDUS	13
3.1 Täiustatava ukse konstruktsioon.....	13
3.2 Tulepüsivus.....	13
4. PUITLENGIS TURVAUKSE TURUANALÜÜS	15
4.1 Olemasolevad lahendused.....	15
4.1.1 Rubner Türen Srl.....	15
4.1.2 Viljandi Aken ja Uks.....	16
4.1.3 Daloc.....	16
4.2 Turuanalüüsi kokkuvõte	17
5. SISSEMURDMISKINDLUSE KATSEMETOODIKA.....	18
5.1 Staatiline koormamine.....	19
5.2 Dünaamiline koormamine	22
5.3 Manuaalne sissemurdmiskatse	23
5.4 Katseteetoodika kokkuvõte	24
6. LOODAVA TOOTE PARAMETRITE MÄÄRAMINE	26
7. SISERIBI MATERJALIDE VALIK	27
7.1 Siseribi materjalide ülevaade.....	28
7.2 Siseribi materjalide katsetamine EN 310:2002 järgi	28
7.2.1 Paindekatse katse käik.....	29
7.2.2 Paindekatse tulemused	30
7.3 Siseribi materjalide valik.....	32
7.4 Siseribi materjalide valiku kokkuvõte	33
8. TURVAELEMENTIDE VALIK	34
8.1 Lukuraami valik.....	34
8.2 Sobiva lukuraami valimine	37
8.3 Vasturaua valik	39
8.4 Hingede valik	40
8.5 Turvaelementide valiku kokkuvõte.....	42

9. TURVAKLASSI LISAKULUD BAASTOOTE HINNALE	44
9.1 Siseribi hinna kalkulatsioon	44
9.2 Arendatava turvaukse hinnavõrdlus baastooteaga	45
10. ARENDATAVA TURVAUKSE EELKATSE	47
10.1 Eelkatse järeldused	50
11. KATSESTENDI PROJEKTEERIMINE	52
11.1 Projekteeritava katserakise parameetrite määramine	52
11.2 Katserakiste lahenduste analüüs	53
11.3 Katserakise lõpplahenduse projekteerimine	54
11.4 Projekteeritud katseraami tugevusanalüüs	56
11.4.1 Tugevusanalüüsi tulemused	57
11.5 Katsestendi projekteerimise kokkuvõte	58
KOKKUVÕTE	59
SUMMARY	60
KASUTATUD KIRJANDUS	61

EESSÕNA

Käesoleva magistritöö teema kujunes välja koostöös Haapsalu Uksetehase AS-iga. Teema osutus valituks olemasoleva EI30 tuletõkkeukse edasiarenduse eesmärgil. Magistritöö käsitleb põhjalikult sissemurdmiskindluse katsemetoodikat, siseribi materjalide ja turvaelementide valikut ning katsestendi projekteerimist. Praktilise töö osana sooritatakse parendatud EI30 tuletõkkeuksele sissemurdmiskindluse eelkatse.

Soovin tänada Haapsalu Uksetehase AS-i arendusdirektorit Rene Sergi asjalike juhenduste ning suunamise eest.

Täna Tammer OÜ-d abistamisel eelkatse läbiviimisel. Lisaks soovin tänada Tallinna Tehnikaülikooli poolset juhendajat Toivo Tähemaa'd, kes andis omapoolset nõu lõputöö valmimisel.

Lühendite ja tähiste loetelu

EI30 – terviklikkuse klassifikatsioon vastavalt standardile EN 13501-2:2016 [1], EI30 näitab, et see uks on testitud tulepüsivuse ja soojusisolatsiooni suhtes 30 minutit

5. Klassi turvalukuraam – EN 12209:2016 järgi eristatakse kaheksat erinevat turvalisuse ja puurimiskindluse klassi. Klass 5 on suur turvalisus koos puurimiskindlusega [2].

HDF plaat – (inglise keeles *high density fiberboard*) on puitkiudplaadi ja -laastplaadi vahepealne tüüp. Peeneksjahvatatud puiduosakesed surutakse kõrge surve all kokku. Tulemuseks on tihe ja suhteliselt ühtlase koostisega kiudplaat [3].

RC1-RC6 – sissemurdmiskindluse resistentsuse klassid, klassifikatsioon vastavalt standardile EN 1627:2021 [4].

Rw40dB – otsese õhuheli isolatsiooniindeks R_w (dB), laboratoorselt määratud arv, mille abil hinnatakse õhumüra isolatsiooni ehitise ruumide vahel. R_w määratakse vastavalt standardi EN 14351-2 järgi [5]

Rühma 1 toode – EN 1627 standardi järgi toode, millel on massiivne ja jäik ukseleht ja/või avanev element [4]

Rühma 2 toode – EN 1627 standardi järgi toode, millel on massiivne ja jäik ukseleht või avanev element ning mille avanemiseks kasutatakse ühtlast liikumist [4].

Vastupidavus rünnakule klass C – EN 1303:2015 järgi on kindlaks määratud viis vastupidavusklassi puurimise ja mehaanilise rünnaku suhtes. Klass C on 3 minutiline vastupidavus puurimise suhtes; vastupidavus mehaanilise rünnaku suhtes [6].

1. SISSEJUHATUS

Magistritöö eesmärgiks on täiustada olemasoleva tuletõkkeukse EI30/Rw40dB konstruktsiooni ja paigaldust selliselt, et sissemurdmiskindluse klassid RC2 ja RC3 oleksid saavutatavad. Sissemurdmiskindluse mõiste on Eesti turul suhteliselt uus, kuid Rootsi turul kehtib regulatsioon, mis määrab, et kõik elamute, korterite ja eramajade välisüksed peavad vastama RC3 turvaklassile. Käesolevas töös parendataval tuletõkkeuksel sissemurdmiskindluse klass puudub. Selle jaoks tuleb läbi mõelda realiseeritavad lahendused ja materjalid, mis võimaldaks antud klasse saavutada.

Haapsalu Uksetehase kliendid asuvad peamiselt Põhjamaades, seal hulgas ka Eestis. 2020nda aasta seisuga jääb umbes pool toodetud uuest ja akendest Eestisse. Ehitusturu kõrgete nõudmistega kaasas käimiseks testitakse ettevõttes uksi järjest paremate helipidavuse näitajate saavutamiseks kui ka tulepüsivusaja pikendamiseks. Klientide poolt on üha enam uuritud ka sissemurdmiskindluse sertifikaadi olemasolu, mis hetkel ustel puudub.

Sellest võib järeldada, et sissemurdmiskindlate uste järele nõudlus on olemas.

Haapsalu Uksetehast eristab konkurentidest see, et teadlikult on end turustatud pigem kui projektidele suunatud uste tootjat, mitte masstoodangu tarnijat. Projektide hulgas on näiteks hotelle, koole, haiglaid ja ka kortereid, eramuid jne [7].

2. ÜLEVAADE VARGUSTEST ELURUUMIDESSE

Käesolevas peatükis antakse lühiülevaade vargustest eluruumidesse Eesti justiitsministeeriumi andmete näitel, kirjeldatakse Eestis enamlevinud sissetungimisviise ja selgitatakse sissemurdmiskindluse mõistet.

2.1 Varavastased kuriteod Eestis

Varavastased kuriteod moodustavad registreeritud kuritegudest suurima osa, kuid nende arv ja osakaal on alates 2011. aastast järjekindlalt vähenenud [7]. Registreeritud vargused eluruumist aastatel 2015-2019 on toodud joonisel 2.1 [8].



Joonis 2.1 Registreeritud vargused eluruumist aastatel 2015-2019 [8]

Joonisel 2.1 on näha, eluruumist varguste arvu langustrendi, kus aastal 2015 aastal oli varguseid eluruumist kokku 1639 ja aastal 2019 vastavalt 608 vargust. Langustrendi põhjenduseks on politsei välja toonud mitmeid aspekte. Üheks nendest on töötuse vähenemine ning paremad majanduslikud võimalused oma vara kaitsmiseks omanike poolt.

Justiitsministeeriumi andmete põhjal leidis üle poole 2019. aasta sissemurdmistest aset korterites [8]. Sellest võib järeldada, et korteri uste turvalisus on üldiselt madalam kui eramute ustel.

2.2 Sissetungimisviisid

Sisse tungimiseks peetakse sisenemist viisil, mis ei ole ette nähtud õiguspäraseks sisenemiseks, näiteks avatud akna kaudu. Ka eluruumi sisenemine näiteks suletud, kuid lukustamata ukse lahti lükkamisega on sissetungimine [9].

Põhiosa varguseid pannakse toime vaba sissepääsu teel, samasse kategooriasse jäävad ka lahtised aknad ja lukustamata ukсед. Vähenema on hakanud sissemurdmised uste ja akende ning lukkude lõhkumise teel [8].

Varasemalt kasutuses olnud nõukogude aegsed lukud või muud ebakvaliteetsed lukud, mida müüakse reeglina odava hinnaga, on valmistatud kergelt purunevast materjalist. Ukseluku lõhkumiseks kasutatakse nii tavalisi tööriistu nagu haamer, kruvikeeraja, kang, mutrivõti kui ka spetsiaalselt lukulõhkumiseks kohandatud tööriistu. Samuti lihtsalt lõigatakse kettassaega ukselukk uksest välja või puuritakse läbi [9].

Eestis on olnud ka juhtumeid, kus sissetungimist kirjeldatakse ukse lõhkumise teel. Ukse lõhkumine seisneb selles, et lõigatakse läbi ukse hinged ja tõstetakse uks eest ära, spetsiaalse tõstekangi taolise riistaga, eraldatakse uks koos ukseraamiga seinast [9].

2.3 Sissemurdmiskindlus

Avatäidete nagu näiteks ukсед ja aknad, sissemurdmiskindluse nõuete tagamiseks tuleb järgida standardi EN 1627 "Uksed, aknad, rippfassaadid, võred ja luugid. Sissemurdmiskindlus. Nõuded ja liigitus" nõudeid. Uusim versioon standardist on EN 1627:2021, mis on standardi EN 1627:2011 ümbertöötlus ja asendab seda.

Standardis on kokku kuus klassifikatsiooni, mida nimetatakse turvaklassideks.

Turvaklassid 1 kuni 3 iseloomustavad tavalise või juhust kasutava sissemurdjaga rünnet. Puudub ihaldusväärne eesmärk, mida edukas rünne täita võiks. Ei kasutata ülemäärast jõudu ning kasutatavad tööriistad on tavalised käsitööriistad ning kangid. Sissemurdjad väldivad nende klasside puhul müra ja ebavajalikku riski. Kõrge vastupidavustase viib sageli ründe lõpetamiseni.

Turvaklassid 4 kuni 6 seonduvad kogemuste ja oskustega sissemurdjaga, kellel on teadmine ja ihaldusväärne eesmärk, mida edukas rünne täita võiks. Müra pole oluline tegur ja ajakulu pärast muret ei tunta. Tavaliselt on tegemist organiseeritud kuritegevusega [4].

2.4 Eluruumide varguste ülevaate kokkuvõte

Käesolevas peatükis anti lühiülevaade varavastastest kuritegudest Eestis. Leiti, et varavastased kuriteod on alates 2015. aastast pidevalt languses olnud. Lisaks kirjeldati Eestis enam levinud sissetungimisviise ja sissetungimisel kasutatavaid tööriistu.

Avatäidete nagu näiteks aknad ja ukсед sissemurdmiskindluse parendamiseks on välja töötatud standard EN 1627:2021, kus kirjeldatakse kuute erinevat turvaklassi. Turvaklassid 1 kuni 3 iseloomustavad tavalise või juhust kasutava sissemurdja rünnet ning turvaklassid 4 kuni 6 seonduvad kogemuste ja oskustega sissemurdjaga.

Järgnevates peatükkides keskendume turvaklassidele 1-3 ning vaatleme hetkelist turuolukorda ja standardis EN 1627:2021 kirjeldatud katsemeetodeid.

3. TÄIUSTATAVA TOOTE KIRJELDUS

Selles peatükis tutvustatakse antud töös käsitletava täiustatava ukse kasutusvaldkonda, konstruktsiooni ning tuletõkkekindluse terminoloogiat.

Antud töös parendatakse Haapsalu Uksetehase tule- ja helikindlat ust EI30/Rw40dB. Tegemist on kõige populaarsema uksega ettevõtte tootevalikust, mis on kasutuses sisetingimustes hotellitubade ja korterite välisustena ning tuld tõkestavate sektsioonide vaheustena.

3.1 Täiustatava ukse konstruktsioon

Tule- ja helikindel uks EI30/Rw40dB uks koosneb kuuest põhidetailist, milleks on

- 1) Ukseleht paksusega $a = 62$ mm, mille pinnaks on 6 mm HDF plaat. Ukse sisemuses on kipsplaat ning kivivill. Ukselehe siseribid on liimpuidust ning standardmõõdus ukselehe M10 massiks on $m = 59$ kg.
- 2) Leng paksusega $a = 42$ mm, sügavus $b = 92$ mm, mitmelamellisest sõrmtapitud liimpuidust.
- 3) Lävepakk kõrgus $h = 20$ mm, alumiiniumist kulutusliistuga
- 4) Tihendus silikoontihend ukselehes, paisuv tuletõkkehend lengis
- 5) Lukustus, mille saab klient valida vastavalt tellimusele
- 6) Hinged on horisontaal- ja vertikaalsuunas reguleeritavad turvahinged, 3 tk

3.2 Tulepüsimine

Tuleohtuse temaatika ning seadlusandlikud sätted on tõuke saanud realselt ajaloos toimunud traagilistest sündmustest. Enamik tuleohutuslaseid õigusakte kehtestati suure tulekahju või suure hulga inimesi hukutanud õnnetuste tagajärjel.

Tulepüsimine on hoone konstruktsiooni või selle osa võime säilitada tulekahju korral ettenähtud aja jooksul nõutud kandevõime, terviklikkus ja soojusisolatsioonivõime, mis on määratud standardtulekatsel [10]. Katsetamise teel saadud tulepüsimispiirid on kinnitatud vastavate sertifikaatidega. Tuletõkkeüksed on üks komponent, mida kasutatakse tuletõkke sektsioonide moodustamisel.

Tulepüsimiskatsete tulemus on teatav tulepüsimise tase, mis on esitatud tulepüsimise väärtusena. Standardi EN 13501-2 punktis 5.2 on määratletud olulisemad nõuded terviklikkusele (E) ja isolatsioonile (I).

Terviklikkus (E) näitab kestust minutites, mille jooksul katsekeha teostab eraldusfunktsiooni vatitupsu süütamata, hoiab ära tule tungimise läbi avade ja

summutab tule. Katsekeha võib läbi lasta soojuskiirgust ning temperatuuri tõusuid tulevälisel küljel ei mõõdeta [11].

Soojusisolatsioon võime (I) näitab kestust minutites, mille jooksul katsekeha täidab eraldusfunktsiooni, mille puhul katsekeha pinna tulevälisel poolel keskmine temperatuur ei tõuse üle 140 °C. Üksikutes punktides mõõdetult ei tohi temperatuur ületada 180 °C. Ukselengi lubatud temperatuuri tõus on 360 °C [11].

Antud töös parendatava ukse tulepüsivusklass EI30 tähendab kaitset tule leviku, kuumuse ja leegi leviku eest 30 minutit. Uksel olemasolevat sertifikaati ei muuda kehtetuks mittetuleohtlike poolfabrikaatide lisamine, küll aga nende eemaldamine. Näiteks tuletõkketihendi eemaldamine, mis võimaldab ukselehe kuumusest põhjustatud deformatsiooni käigus leegil tulla läbi ukselehe ja lengi vahele tekkinud pilu [12]. Uksele uuendusi tehes peab siintoodud tingimusi hoolega jälgima, et tulekindluse sertifikaat säiluks tasemel EI30.

4. PUITLENGIS TURVAUKSE TURUANALÜÜS

Turuanalüüsi käigus uurime Eesti ja Euroopa uksetootjate puitlengiga puituksi, millel on sissemurdmise sertifikaat olemas. Lähemalt uuritakse uste turvaelemente nagu näiteks lisalukud, turvatihvtid ja montaažiavade paigutust.

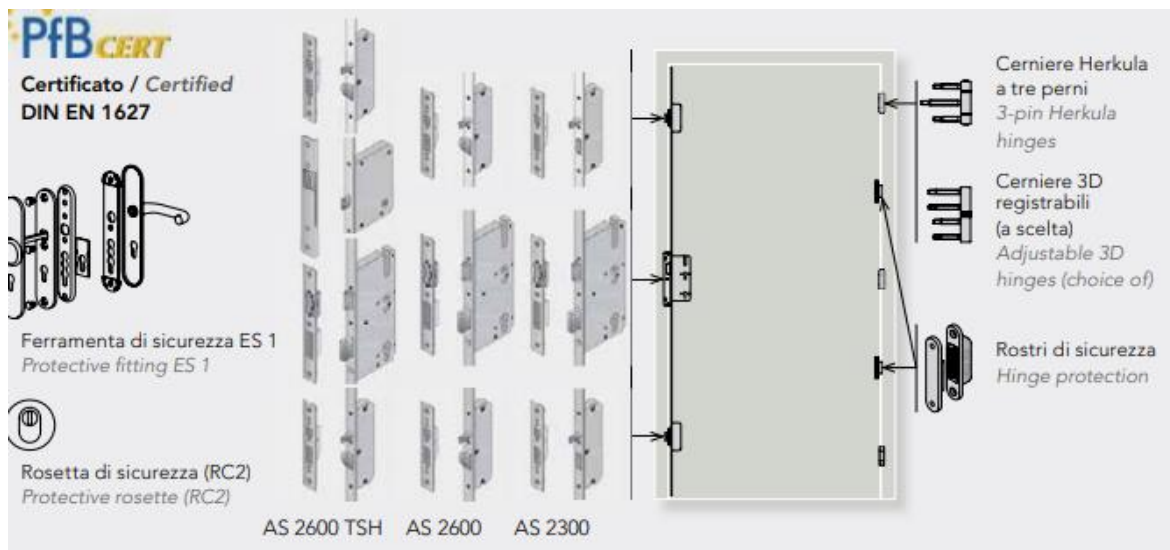
4.1 Olemasolevad lahendused

4.1.1 Rubner Türen Srl

Itaalia uksetootja Rubner Türen Srl toodab ehtsast puidust sise ja välisuksi juba üle 50 aasta. Rubner Türen Srl annab tööd 190 inimesele neljas tootmisüksuses ning on tunnustatud individuaalse disainiga välisuste, siseuste ja eriotstarbeliste uste spetsialiseerunud tootja [13]. Rubner Group pakub puidust turvauksi nii tugevusklassile RC2 ja RC3, mida saab kombineerida tuletõkke kindlusega EI 30 ning heli isolatsiooniga 46

dB.

Rubner Türen Srl korteri turvauks on toodud joonisel 4.1 [13].



Joonis 4.1 Rubner Türen Srl korteri RC2 turvauks [13]

Joonisel 4.1 uksele on välja toodud turvaelementidena järgmised komponendid

1. Puurimiskindel kolmepunktiline lukk
2. Hingede kaitse
3. 3-osalised turvahinged

Turvahinge eesmärk on takistada sissetungijal hingede eemaldamise teel ukse maha võtmist.

4.1.2 Viljandi Aken ja Uks

AS Viljandi Aken ja Uks on olnud Baltikumi suurimaid akende ja uste tootjaid juba kolmkümmend aastat. Ettevõtte tootmisüksused on Viljandis, Võrumaal ja Lätis [14]. Viljandi Aken ja Uks tootevalikust leiab FD-18-RC2 sissemurdmiskindlusega puidust siseukse, mis on kasutamiseks köetavates töö- ja eluruumides tuletõkkeseksioonide vaheliste avade sulgemiseks. Tootel on lisaks sissemurdmiskindluse RC2 sertifikaatsioonile ka EI30 tuletõkke sertifikaatsioon ning helipidavus Rw 38-40 dB. Tabelis 4.1 on toodud FD-18 RC2 tehnilised andmed.

Tabel 4.1 FD-18 RC2 tehnilised andmed

Lukukorpus	ASSA 410 või ASSA 2002
Turvaplaat	4292
Vasturaud	1487-2HD
Hinged	Abloy 3248

Tabelis 4.1 toodud tehnilistest andmetest näeme, et FD-18-RC2 ukse juures on kasutatud ASSA turvalukke, millele on lisatud kõrgendatud turvalisusega turvaplaadid ning turvavasturaud. Lisaks on uksele FD-18-RC2 kasutuses samad Abloy 3248 hinged, mis käesolevas töös parendataval uksele juba olemas on.

4.1.3 Daloc

Daloc on väljakujunenud Rootsi tööstuskontsern ja pereettevõtte, mis on tootnud ja müünud teras- ja puituksi üle 75 aasta [15].

Daloc pakub oma valikus puit-metall turvaust T34 millel on sissemurdmiskindlus RC2 ning tuletõkke kindlus EI₁30. Ukse paksus on 62 mm, sisemuseks on puitlaasplaat, mis on ümbritsetud täispuiduga ning lisaks sisemised uksetugevdused. Daloc kasutab turvaustel kolmepunktilist lukku ja turvahingesid koos keevitatud hingehülssiga [9]. Ukselengile on kinnitatud metallist vasturaud, millel on ava või augud uksepoldi jaoks. Vasturaud kaitseb ukse lengi poldi hõõrdumise eest ja suurendab turvalisust vasturauast pehmemast materjalist (näiteks männist) lengi puhul [16].

4.2 Turuanalüüsi kokkuvõte

Turuanalüüsi käigus leiti Eesti turult üks sisseмурdmiskindluse sertifikaadiga puituks. Euroopa turult leidsime Itaalia ning Rootsi uksetootjad, kelle kodulehel on selgelt turvauksed koos tuletõkkekindlusega välja toodud.

Analüüsi käigus leiti, et välismaised turvauksed on varustatud kolmepunktilise lukustussüsteemiga, kuid kodumaine turvauks on varustatud lisalukuga. Itaalia uksetootja Rubner Türen Srl turvauste juures on kasutatud erilisi turvahingesid.

Oluliseks punktiks on ka ukselehe materjalid. Rootsi uksetootja Daloci turvaukse südamikuks kasutatakse puitlaastplaati, mis on ümbritsetud täispuiduga.

Kõige täpsemat infot ukse kasutatavatest turvaelementidest leidsime Viljandi Aken ja Uks kodulehelt, kus olid täpselt ära toodud suluste ja turvaplaatide tüübid. Välismaiste uste tootjate kodulehel nii täpset informatsiooni ei olnud. Turuanalüüsis leitud saame suluste valiku juures referentsina kasutada.

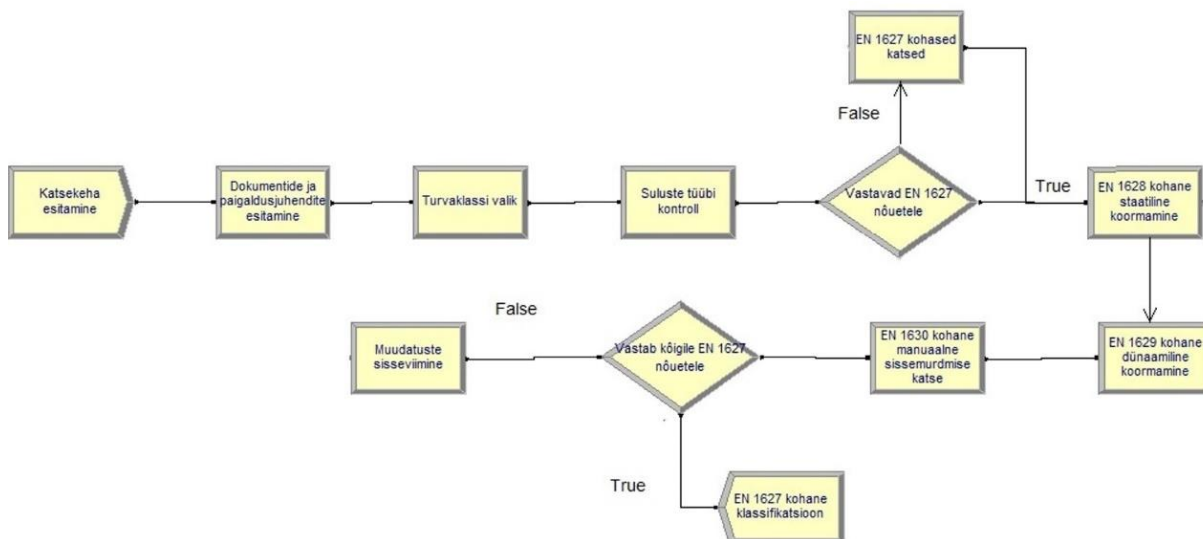
5. SISSEMURDMISKINDLUSE KATSEMETOODIKA

Järgnevas peatükis kirjeldame täpsemalt sissemurdmiskindluse sertifitseerimise jaoks ette nähtud katseid. Katsete meetodist arusaamine annab võimaluse paremini jälgida ka seda, kas sisseviidavad muudatused hakkavad katseustel edukalt ukse sissemurdmiskindlust parendama. Sissemurdmiskindluse standardites EN 1627-1630 on kirjeldatud katsemeetodid, mida kasutatakse toodete vastupidavuse hindamiseks staatilisele ja dünaamilisele koormamisele ning manuaalsele sissemurdmiskatsele.

Katsed toimuvad kolmes etapis:

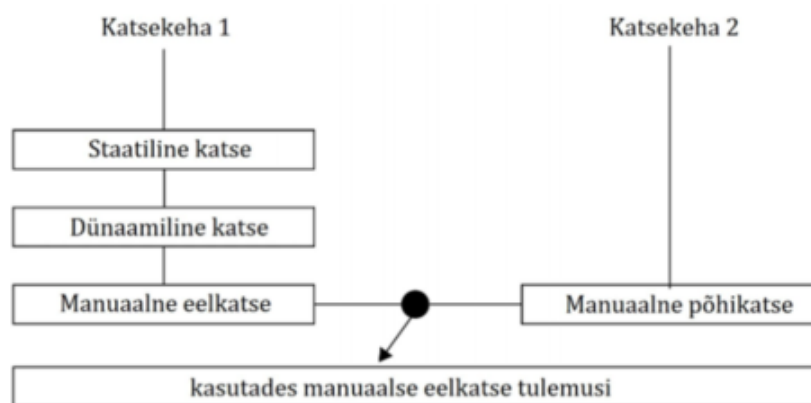
- Vastupidavuse määramine staatilisele koormusele standardi EN 1628 järgi
- Vastupidavuse määramine dünaamilisele koormusele standardi EN 1629 järgi
- Vastupidavuse määramine manuaalsele sissemurdmiskatsele standardi EN 1630 järgi

Katsetamise ja klassifitseerimise protsessi skeem on koostatud kasutades ARENA simulatsiooni programmi, mis on toodud joonisel 5.1 [4].



Joonis 5.1 Katsetamise ja klassifitseerimise protsess

Standardi EN 1627 järgi on turvaklassi RC2 kuni RC6 kuuluvate toodete puhul soovitatav kasutada vähemalt kahte katsekeha. Sel juhul võib esimese katsekehaga teha staatilise koormuse katse standardi EN 1628 kohaselt, dünaamilise koormuse katse standardi EN 1629 kohaselt ja eelkatse standardi EN 1630 kohaselt. Peamise manuaalse katse võib teha teise katsekehaga [4]. Standardi EN 1627 kohase katsemenetluse näide on toodud joonisel 5.2.



Joonis 5.2 Standardi 1627 kohase katsemenetluse näide [4]

Eelkatse annab märkimisväärse eelise tegeliku ründeolukorra ees, sest ründajatel on võimalus eelnevalt testitud ukse plaane uurida, et teha kindlaks võimalikud nõrgad kohad, mille kaudu nad võiksid siseneda. Eelkatses võib kasutada ka katsekeha, mida on juba kasutatud staatilises katses ja dünaamilises katses, kui nendes katsetetes tekkinud kahjustused ei mõjuta eelkatse tulemust [17]. Eelkatse võib lugeda põhikatseks, kui kõigis eelkatsetes ei ole avastatud ühtegi haavatavat piirkonda ja asjakohased eelkatsed viidi läbi kogu vastupidavusaja jooksul, vastavuses standardi EN 1627:2021 turvaklassiga [17].

5.1 Staatiline koormamine

Staatilise koormamise andmed kõigile tootegruppidele on toodud standardis EN 1627. Käesolevas töös vaatleme lähemalt rühma 1 ja 2 toodete koormamise andmeid, mis on toodud tabelis 5.1.

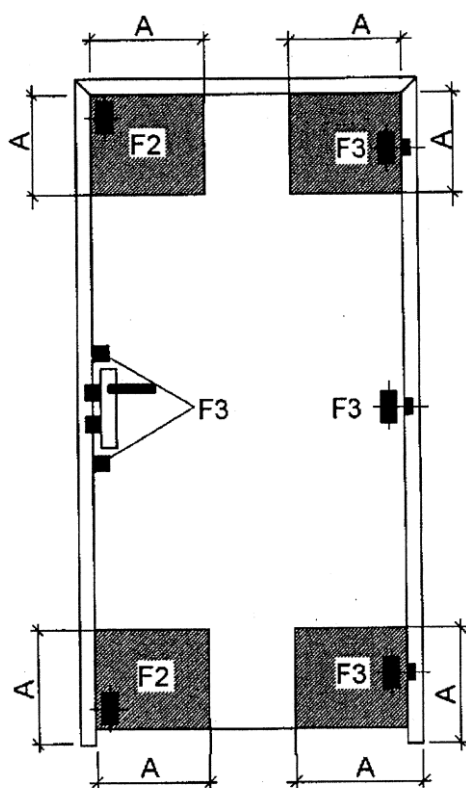
Tabel 5.1 Rühma 1 ja rühma 2 toodete staatiline koormamine [4]

	Läbiva ava kaliiber ^c	Surveplaat ^d	Turvaklass (RC)			
			1/1N, 2/2N	3	4	5,6
Koormamispunktid	Tüüp	Tüüp	kN	kN	kN	kN
F1 täite nurk	B	1	3	6	10	15
F2 ukselehe ja aknaraami nurgad	B	1 või 2	1,5	3	6	10
F3 Lukustuspunktid	A	1 või 2	3	6	10	15
F3.a Rühma 1 ^a ja 2 ^b tooted (lisakoormused)	A	-	1,5	-	-	-
MÄRKUSED						
a – Rühma 1 tooted ainult turvaklassis 1						
b – Rühma 2 tooted ainult turvaklassides 1 ja 2						
c – Läbiva ava kaliiber A ja B on toodud seel 5.2						
d – Surveplaatide joonised toodud standardis EN 1627						

Standard EN 1628 spetsifitseerib katsemeetodi vastupidavuse määramiseks staatilisele koormusele. Oluline on koormuste rakendamise järjekord, mis toimub ukselehe avanemise suunas, päripäeva alates ülähingest allapoole. Koormused rakendatakse sujuvalt kuni 20 sekundi jooksul ning hoitakse 8 kuni 12 sekundit.

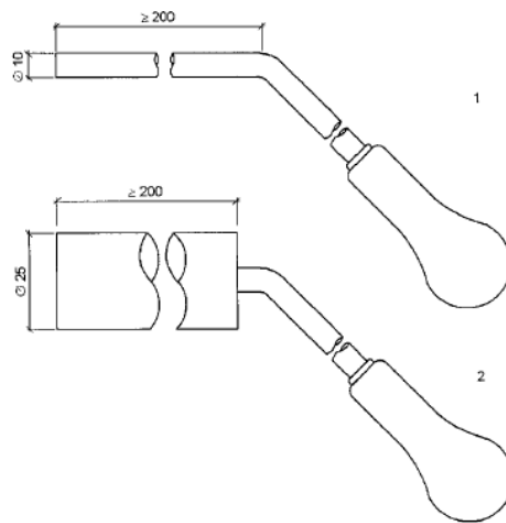
Tabelis 5.1 toodud koormamispunkti F1 kasutatakse täitepaneelidega või klaasinguga avatäite (antud juhul ukse) puhul. Käesolevas töös on tegemist umbuksega ja seetõttu koormamispunkti F1 ei kasutata. Katsekoormused punktis F2 vastupidavusklassi RC2 puhul on $F_2 = 1,5$ kN ning RC3 puhul $F_2 = 3$ kN. Katsekoormused punktis F3 on vastupidavusklassi RC2 puhul $F_3 = 3$ kN ja RC3 puhul $F_3 = 6$ kN.

Staatilise koormamise koormamispunktide F2 ja F3 asukohad ukselehel on toodud joonisel 5.3, kus vahekaugus $A = 350$ mm.



Joonis 5.3 Staatilise katse koormamispunktid F2 ja F3 [18]

Toote võimet taluda staatilist koormust hinnatakse läbiva ava kaliibrite abil. Tabeli 5.1 järgi on kasutusel kaks läbiva ava kaliibrit - A ja B, mis on toodud joonisel 5.4. Toote mittevastavuskriteerium on täidetud, kui sobiv läbiva ava kaliiber mahub läbi katsekehas oleva avause, kas katsekoormusel või koormuseta olekus [18].



Joonis 5.4 Läviva ava kaliibrite tööbid [18]

Koormuse rakendamisel punktis F2 tuleb ukselehe mittevastavuskriteeriumi hindamiseks kasutada joonisel 5.2 toodud läbiva ava kalibrit number 2, $d_2 = 25$ mm ja F3 puhul kalibrit number 1, $d_1 = 10$ mm [18].

Lähemalt saab lugeda ukse katsetamisest peatükis 10, kus kirjeldatakse põhjalikult parendatavale uksele sooritatud eelkatset.

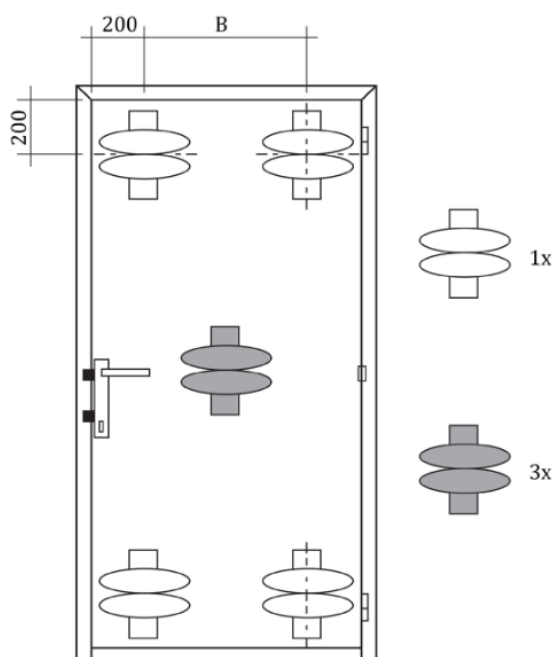
5.2 Dünaamiline koormamine

Standard EN 1629 spetsifitseerib katsemeetodi vastupidavuse määramiseks dünaamilisele koormusele. Dünaamiline koormamine on füüsilise rünnaku simuleerimiseks (näiteks öla või jalalöögid).

Tabel 5.2 Dünaamilise koormamise andmed [19]

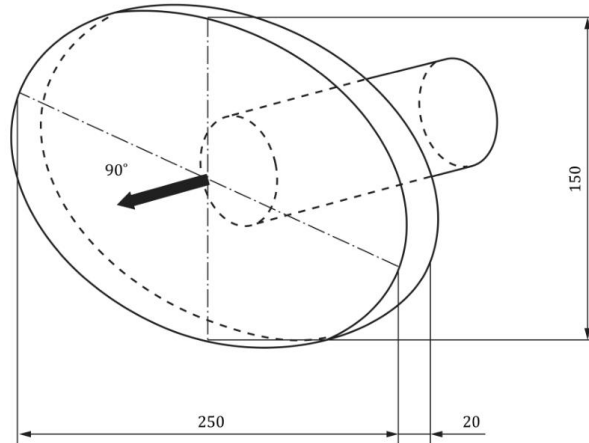
Turvaklass	Löögikeha mass, kg	Kukkumiskõrgus, mm
RC2	50	450
RC3	50	750

Katsekoormuste puhul defineeritakse löögikeha mass ja kukkumiskõrgus, mis on toodud tabelis 5.2. Vastupidavusklassi RC2 ja RC3 puhul on löögikeha massiks $m = 50$ kg ning



Joonis 5.5 Dünaamilise koormamise koormamispunktid

kukkumiskõrguseks vastavalt $h = 450$ mm ja $h = 750$ mm. Erinevalt staatilisest koormamisest, määrab dünaamilise koormamise puhul ründekülje tellija. Ukse puhul tuleb löögikoormusi rakendada kõigepealt igas nurgas üks kord ning seejärel ukse keskel kolm korda. Ukse dünaamilise koormamise koormamispunktid on toodud joonisel 5.5. Toode loetakse mittevastavaks kui läbiva ava kaliiber C mahub läbi tootes tekkinud ava. Läbiva ava kaliiber C on toodud joonisel 5.6.



Joonis 5.6 Läbiva ava kaliiber tüüp C [18]

Erinevalt staatilisest koormamisest, kus kaliibritele mingit jõudu rakendada ei tohi, tuleb dünaamilise koormamise puhul võimaliku ava suurendamiseks rakendada katsekehale jõudu 200 N, suurendades sellega kaliibri avast läbitungimise võimalikkust [19].

5.3 Manuaalne sissemurdmiskatse

Standard EN 1627 kirjeldab katsetingimusi, vastupidavusklasse ja manuaalse sissemurdmise katses kasutatavaid tööriistakomplekte, mis on toodud joonisel 5.7.

Class (EN 1627)	Class (EN 356) Minimum Requirement	Burglar	Static tests (EN 1628)	Dynamic tests (EN 1629)	MANUAL TESTS - ATTEMPTED FORCED ENTRY (EN 1630)			
					Tool set	Illustration of some tools	Contact duration	Total test duration
RC1	/	Occasional	300 kg	50 kg 450 mm	Small simple tools, physical force		/	/
RC2	P4A	Occasional	300 kg	50 kg 450 mm	Above + simple tools (screwdriver, pliers, wood/plastic wedges, saws)		3 min	15 min
RC3	P5A	Moderate	600 kg	50 kg 750 mm	Above + additional screwdrivers, crowbar, small hammer, hand drill, drift pin		5 min	20 min
RC4	P6B	Experienced	1000 kg	/	Above + heavy hammer, axe, wood chisel, metal chisel, bolt-cutter, hand chisel and portable drill		10 min	30 min
RC5	*P7B	Experienced	1500 kg	/	Above + electric tools (drill, portable jigsaw, sabre saw, angle grinder)		15 min	40 min
RC6	*P8B	Experienced	1500 kg	/	Above + sledgehammer, steel wedge, powerful electric tools (grinder, impact hammer)		20 min	50 min

*For RC5 and RC6 the glazing must be tested following the EN1627-1630

Joonis 5.7 Sissemurdmiskindluse klassid ja nendele vastavad väärtused [20]

Joonisel 5.5 on näha kuus erinevat resistentsuse ehk vastupidavuse klassi. Iga resistentsuse klassi jaoks on ette nähtud erinev tööriistakomplekt. Ründajad saavad kasutada seda tööriistakomplekti ja kõiki muid madalamates klassides loetletud tööriistakomplekte manuaalse sissemurdmiskatse käigus. Joonise 5.7 järgi on vastupidavusklassi RC2 puhul tööriistadeks lihtsad käsitööriistad, milleks on kruvikeeraja, tangid ja kiilud. Vastupidavusklassi RC3 puhul üritab sissemurdja sisse murda kasutades lisaks eelnevalt mainitud tööriistadele ka sõrgkangi, väikest haamrit ja mehaanilist puuri. Sõrgkangi abil saab sissetungija kasutada lisajõudu. Puuriga saab sissemurdja rünnata nõrkasid lukustusseadmeid [4].

Standard EN 1630 määrab ehitustoodete, nagu avatavad aknad, ukсед ja aknaluugid ründepeirkonnad, milleks on:

- lukustusdetailid
- liikuvad osad
- elemendi korpus
- sulused
- klaasingu ja täite kinnitussüsteem
- mis tahes teised asjakohased piirkonnad [17]

Katse maksimaalne kogu aeg on kontaktaja, puhkeaja, tööriista vahetamise aja ja vaatlusaja summa [4]. Näiteks vastupidavusklassi RC3 puhul on katse summaarne aeg 20 minutit, kuid tööriistade kontaktaeg 5 minutit. Toote mittevastavuskriteerium on täidetud, kui katsekehasse tekib läbiv ava, millest lähevad läbi tabelis 5.3 toodud läbiva ava kaliibrid.

Tabel 5.3 Läviva ava kaliibrid [17]

Läviva ava kaliiber	Kaliibri kuju	Mõõt
E1	ristkülik	(400±2) mm x (250 ±2)mm
E2	ellips	(400±2) mm x (300 ±2)mm
E3	ring	Ø (350±2) mm
MÄRKUS Kõigi läbiva ava kaliibrite pikkus peab olema vähemalt $l = 420$ mm		

5.4 Katsemetoodika kokkuvõte

Katsemetoodika peatükis kirjeldati sissemurdmiskindlate uste sertifitseerimiseks vajaminevatest katsetest, mida kasutatakse toodete vastupidavuse hindamiseks

staatilisele ja dünaamilisele koormamisele ning manuaalsele sissemurdmiskatsele. Peatükkides 5.1 ja 5.2 toodi välja staatilise ja dünaamilise koormamise jõu väärtused ning koormamispunktide asukohad. Samuti kirjeldati mittevastavuskriteeriumi kindlaks tegemiseks kasutatavate läbiva ava kaliibreid A, B ja C. Peatükk 5.3 kirjeldab manuaalses sissemurdmiskatses kasutatavaid tööriistakomplekte ja standardis EN 1630 määratud ründepeirkondi. Täpsemat infot katsemetoodikate kohta saab lugeda standarditest EN 1627-1630.

6. LOODAVA TOOTE PARAMETRITE MÄÄRAMINE

Käesolevas peatükis määratakse parendatavale uksele nõuded, mida peame järgima uuenduste sisseviimistel.

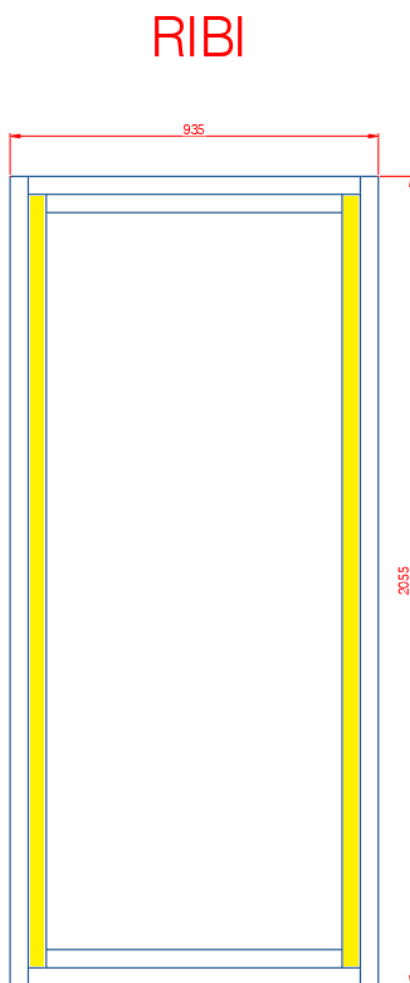
Parendatava ukse juures läbiviidavad muudatused peavad vastama järgmistele nõuetele:

- Muudatustega peab säilima tuletõkke sertifikaat. Sertifikaadi säilitamiseks peab jälgima standardis EN 15269:2020 välja toodud nõudeid ja reegleid.
- Toote mass ei tohi kasvada nii palju, et see hakkaks kasutajaid häirima, ukselehe kaal peab jääma olemasolevate toodetega ligilähedaseks. Standardi EN15269:2020 kohaselt ei tohi ukselehe mass (võrreldavate gabariitide puhul) tõusta üle 20% [21].
- Toode peab lähtuma Põhjamaade ja Eesti turul kujunenud tavadest ja kasutusharjumustest.
- Peab säilima konkurentsivõimelisus. Läbiviidavad uuendused ja muudatused toote juures ei tohi märgatavalt tõsta toote hinda.

Lisaks eelpool toodud parameetritele peab üks vastu pidama katsemetoodika peatükis kirjeldatud staatilisele ja dünaamilisele koormamisele ning manuaalsele sissetungimiskatsele. Ukselehes kasutatavaid materjale peab hindama ning vajadusel ukselehte jäigemaks muutma, et oleks tagatud toote vastupidavus staatilisele ja dünaamilisele koormamisele.

7. SISERIBI MATERJALIDE VALIK

Käesolevas peatükis valime ukselehele materjalid, millega tihendada ukseleht, et parendatav uks läbiks katsemetoodika peatükis kirjeldatud staatilise ja dünaamilise katse. Lähtuvalt olemasolevast tootmistehnoloogiast võetakse vaatluse alla ukselehes olevad siseribid. Siseribide muutmine on kõige väiksem ja vähem olemasolevat tehnoloogiat muutev ettevõtmine. Staatilise koormamise teel katsetatakse siseribi materjale, mis asetsevad ukselehe vertikaalsetel servadel luku ja hingede poolel, mis on joonisel 7.1 märgitud kollasega.



Joonis 7.1 Siseribi asukoht ukselehes

Toote parameetrite peatükis on esimeseks parameetriks tuletõkke sertifikaadi säilitamine. Standardi EN 15269:2020 kohaselt võib täispuitu asendada teist liiki täispuiduga, mis on sama või kõrgema tihedusega. Liimpuitu, mis koosneb vähemalt 10 mm paksustest täispuidu tükkidest, võib kasutada kui täispuitu [21]. Antud töös võtame võrdlusesse kolm erinevat materjali: Baubuche S, Kerto S LVL ja olemasolevas ukse hetkel kasutuses olev sõrmjätkatud liimpuit (määnd). Kõik kolm materjali täidavad standardi EN 15269:2020 esitatud nõuded.

7.1 Siseribi materjalide ülevaade

Baubuche S

Baubuche on pöögipuust valmistatud lamineeritud spoon. Oma erakordselt suure tugevusega võimaldab Baubuche okaspuitmaterjalidega võrreldes oluliselt õhemate mõõtmetega konstruktsioone. Kulusäästlik tootmistehnoloogia asetab Baubuche kasutatavad konstruktsioonid tavaliste okaspuitkonstruktsioonidega samale hinnatasemele [22]. Baubuche S eksportija on Saksamaa, mistõttu on materjali kättesaadavus ja hinnastabiilsus võrreldes liimpuiduga parem. Baubuche on Haapsalu Uksetehasesse arenduseks sisse ostetud materjal, mida uste ega akende juures hetkel veel ei kasutata.

Kerto S LVL

Spoonliimpuitu (soome keeles *kertopuu*) valmistatakse puidust spoonikihtide kokku liimimisega. Spoonliimpuit saadakse 3 mm paksuse kuusesponi kokku liimimisel plaadiks. Kerto-S on valmistatud spoonidest, kus kiud on ühesuunalised. Kõigis kihtides pikisuunas kiud annavad tunduvalt kõrgema elastsusmooduli ja paindetugevuse. Seetõttu kasutatakse Kerto S LVL suhteliselt suurte kandeavadega kandekonstruktsioonides, samuti korrusmajade ehitusel konstruktsioonide tugevdamiseks [23].

Haapsalu Uksetehases kasutatakse Kerto S sisemise jäigastusribina vertikaalsetes servades 40 mm paksuste helikindlate Rw37dB ja ülegabariitsete (üle 2,3 m) EI30/Rw40dB uste sisemiste stabilisaatoritena.

Sörmtapitud mänd (liimpuit)

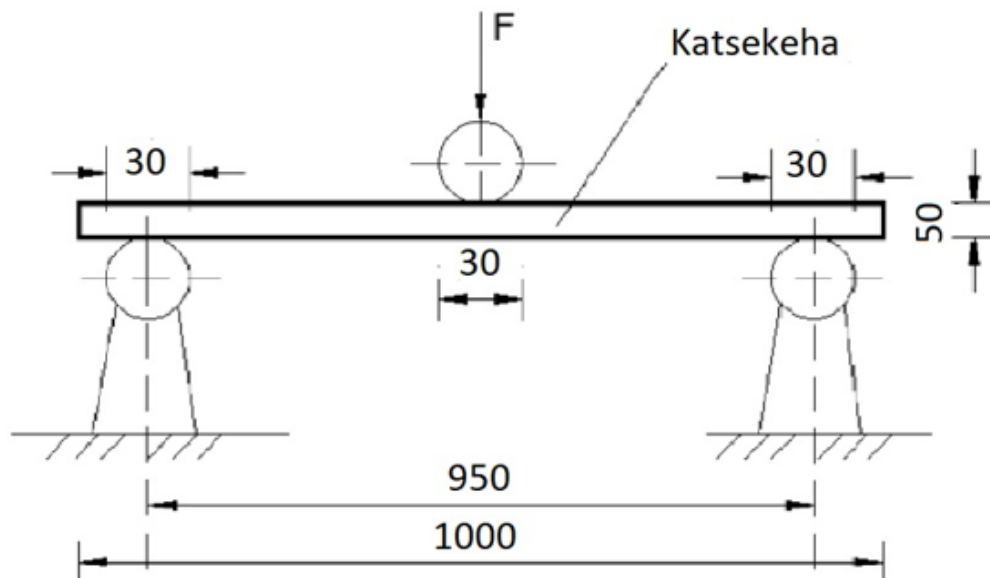
Liimpuit on paralleelselt kiudude suunaga puitlamellidest kokku liimitud puitmaterjal. Liimpuidu eeliseks loetakse pikaeealisust, kergust, head töödeldavust, paigaldatavuse lihtsust ja tulepüsivust [23].

Liimpuit on Haapsalu Uksetehase toodetes laialdaselt kasutuses uste siseribidena.

7.2 Siseribi materjalide katsetamine EN 310:2002 järgi

Puidu tugevusomadused olenevad puidu liigist, jõu mõjumise suunast kiudude suhtes, puidu tihedusest, niiskusest, temperatuurist. Puidu struktuuri ebaühtlusest on tingitud mehaaniliste omaduste suur kõikumine ka ühe puiduliigi piirides. Samuti oleneb puidu

tugevus koormamise kiirusest ja kestusest, mis määratakse lühiajalisel koormamisel [23]. Erinevate puitmaterjalide paindetugevuse ja paindeelastsusmooduli määramiseks kasutasime kolme punkti paindekatset, mille läbiviimisel jälgisime standardis EN 310:2002 esitatud nõudeid. Kolme punkti paindekatse on esitatud joonisel 7.2.



Joonis 7.2 Kolme punkti painde katse (autori kohandatud), mõõtmed millimeetrites [24]

Paindetugevus on kombinatsioon tõmbe- ja survetugevusest (ka nihketugevusest). Selle väärtus rikuteta puiduproovis jääb arvuliselt tõmbe- ja survetugevuse väärtuste vahele. Praktilisel eesmärgil kasutatavas puitmaterjalides on alati väiksemaid oksid ja muid struktuuri ebareeglipärasusi [3].

Elastsus on teatud materjalist keha võime välisjõudude mõjul deformeeruda, kusjuures nende mõjude lakkamisel keha esialgne kuju taastub. Elastsuspiirkonnas saab igale materjalile määrata materjali iseloomustava suuruse ehk elastsusmooduli. Mida suurem on E-moodul, seda väiksemad on deformatsioonid ja seda jäigem on keha [3].

7.2.1 Paindekatse katse käik

Paindekatse jaoks valmistasime ette katsedetailid, mille andmed on toodud tabelis 7.1.

Tabel 7.1 Katsedetailide andmed

Materjal	Kogus, tk	Mõõt, mm	Kaal, g	Tihedus, kg/m ³
Baubuche ristikiudu	5	50x46x1000	1746	759,13
Baubuche pikikiudu	5	50x46x1000	1746	759,13
Kerto S LVL pikikiudu	5	50x45x1000	1208	537,3
Sõrmtapitud mänd (liimpuit)	5	50x46x1000	1071	465,6

Katse läbiviimiseks kasutati universaalset katseseadet Zwick Roell Z050, millega testiti paindetugevust kõigil 20 katsekehal, igast materjalist viis katsekeha tulemuste usaldusväärsuse tõstmiseks. Enne katse läbiviimist kaaluti ja mõõdeti kõigil katsekehadel laius ja paksus. Paindetugevuse ja paindeelastsusmooduli määramiseks rakendati püsival kiirusel koormust katsekeha tsentrisse, samal ajal katsekeha otsi toetades kahest punktist [24].

Paindetugevus arvutati standardis EN 310:2002 määratud valemiga 7.1 [24].

$$f_m = \frac{3F_{max}l_1}{2bt^2} \quad (7.1)$$

kus

F_{max} – maksimaalne koormus, N;

l_1 – tugede tsentrite vaheline kaugus, mm;

b – katsekehade laius, mm;

t – katsekeha paksus, mm;

Paindeelastsusmoodul arvutati standardi EN 310:2002 järgi valemiga 7.2

$$E_m = \frac{l_1^3(F_2 - F_1)}{4bt^3(a_2 - a_1)} \quad (7.2)$$

kus

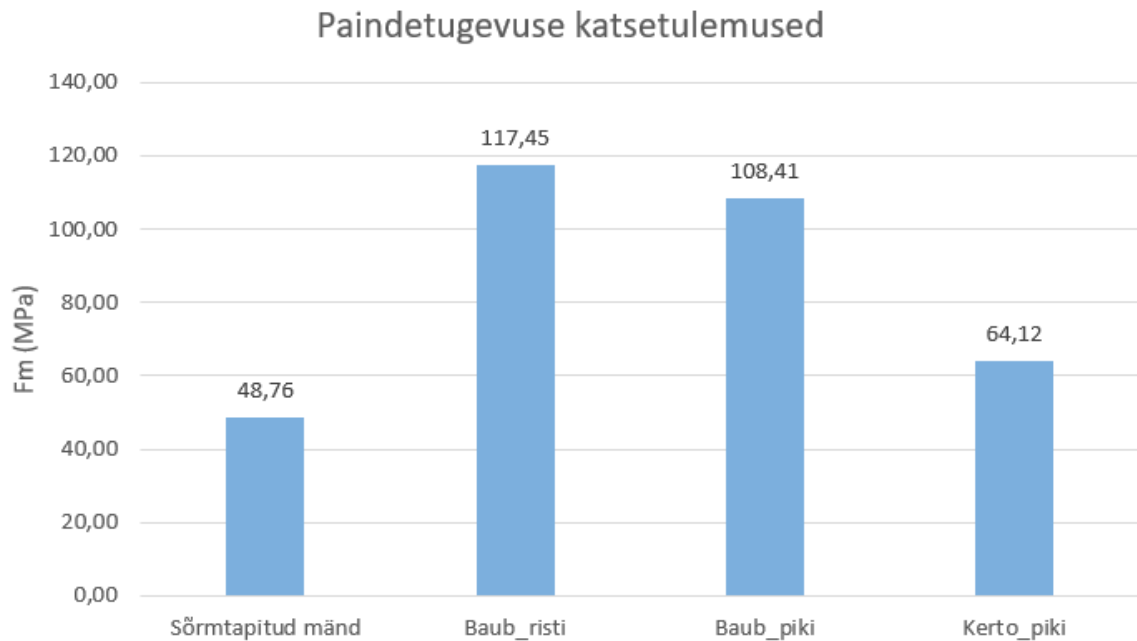
l_1 , b ja t on valemis 7.1 määratud suurused, mm;

$F_2 - F_1$ – ligikaudu 0,4-kordne purustava jõu ja 0,1-kordse purustava jõu väärtuste vahe;

$a_2 - a_1$ – katsekeha läbipainde kasv jõu väärtuse F_1 suurenemisel väärtuse F_2 -ni [24]

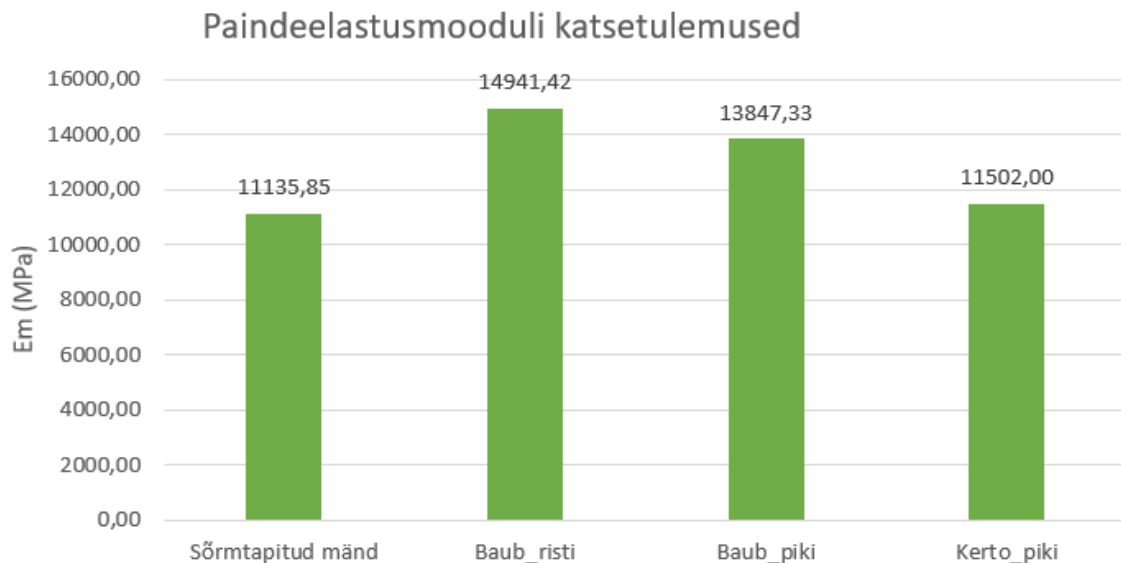
7.2.2 Paindekatse tulemused

Paindejõu kasvades jõutakse maksimumkoormuseni F_{max} , mille tulemusena katsekeha puruneb. Saadud maksimumkoormuse põhjal on arvutatud maksimaalne paindejõud F_m . Katsekehale mõjunud maksimumkoormuse ja sellele vastava läbipainde põhjal on arvutatud paindeelastsusmoodul E_m [24]. Joonisel 7.3 on esitatud tulpdigrammina katsekehade paindetugevuse katsetulemuste aritmeetilised keskmised.



Joonis 7.3 Paindetugevuse katsetulemused

Joonisel 7.4 on esitatud tulpdigrammina katsekehade paindeelastsusmoodulite katsetulemuste aritmeetilised keskmised.



Joonis 7.4 Paindeelastsusmooduli katsetulemused

Katsetulemustest selgub, et ristikiulise Baubuche katsekehade paindetugevus on 58% suurem kui sõrmtapitud männi katsekehadel ja 45% suurem kui Kerto katsekehadel. Ristikiulise Baubuche katsekehade paindetugevus on 7,6% suurem kui pikikiulistel Baubuche katsekehadel. Katsetulemustest võime järeldada, et katsekehadest on kõige jäigem ja tugevam Baubuche ristikiulised katsekehad, seetõttu võtame vaatluse alla edasises analüüsis vaid Baubuche ristikiulise katsekehade andmed.

7.3 Siseribi materjalide valik

Siseribi materjalide valiku olulised aspektid ning nende väärtused on toodud tabelis 7.2. Materjali valikul on lisaks painde elastsusmoodulile ja paindetugevusele olulised ka materjali hind ning ukselehe massi tõus. Kolmest väljavalitud materjalidest koostatakse parima materjali leidmiseks hindamistabel (tabel 7.3), kus hinnatakse materjali valikul olulisi aspekte. Igal aspektil on kaal 1-5 ning materjale hinnatakse 3-palli skaalal. Kõrgeima tulemuse saanud materjal valitakse siseribi materjaliks.

Tabel 7.2 Siseribi materjalide väärtused

Aspekt	Baubuche risti	Kerto	Sõrmtapitud mänd
Materjali paindeelastsusmoodul, MPa	14941,42	11502	11135,85
Materjali paindetugevus, MPa	117,45	64,12	48,76
Materjali hind, €/m ³	805	760	862
Ukselehe massi tõus, %	4	0,91	-

Käesoleval, 2022 aastal on sõrmtapitud männi kõrge hind on tingitud Euroopa Liidu sanktsioonidest Venemaa ja Valgevene vastu, kes on põhilised saematerjali eksportijad. Sanktsioonide tõttu saematerjali enam Valgevenest ja Venemaalt sisse ei tooda.

Tabel 7.3 Materjalide hindamistabel

Hinnatav aspekt	Kaal	Baubuche		Kerto		Sõrmtapitud mänd	
		Hinne	Kokku	Hinne	Kokku	Hinne	Kokku
Materjali elastsusmoodul	4	3	12	2	8	1	4
Materjali paindetugevus	5	3	15	2	10	1	5
Materjali hind	3	2	6	3	9	1	3
Ukselehe massi tõus	2	1	2	3	6	3	6
Hinne kokku			35		33		18

Hindamistabeli 7.3 järgi leidsime, et enim punkte sai pöögipuust Baubuche materjal. Vähim punkte sai hetkel uksele kasutatav sõrmtapitud mänd, mille tugevusomadused on madalamad kui Baubuche ja Kerto materjalil. Sõrmtapitud mänd on hetkel ka teistest materjalidest kõrgema hinnaga. Seetõttu valime siseribi materjaliks Baubuche, millel on kõrgemad tugevusomadused ning mõistlik hind.

7.4 Siseribi materjalide valiku kokkuvõte

Käesolevas peatükis katsetati ja võrreldi omavahel kolme erinevat puitmaterjali. Võrreldavateks materjalideks olid männipuidust liimpuit, kuuse spoonpuit KERTO ja pöögipuidust spoonpuit Baubuche. Siseribi on paigaldatud ukselehe vertikaalsetele servadele luku ja hingede poolele, mis on ka staatilise koormamise koormamispunktide asukohaks.

Puitmaterjalide paindetugevuse ja paindeelastsusmooduli määramiseks kasutati kolme punkti paindekatset, mille läbiviimisel jälgiti standardi EN 310:2002 nõuandeid. Katse viidi läbi Tallinna Tehnikaülikooli puidutehnoloogia laboris kasutades katseseadet Zwick Roell Z050.

Parima materjali leidmiseks koostati hindamistabel. Lisaks paindeelastsusmoodulile ja paindetugevusele võeti arvesse ka materjali hinda ning ukselehe massi tõusu. Hindamistabeli järgi osutus parimaks materjaliks pöögipuust Baubuche, mis on tugevam ja odavam kui hetkel kasutuses olev liimpuit mänd.

8. TURVAELEMENTIDE VALIK

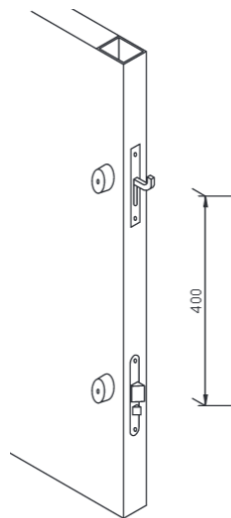
Käesolevas peatükis valime parendatavale uksele turvaelemendid. Turvaukse furnituuri kuuluvad lukuraam koos vasturaua ja lukusüdamikuga. Lisaks turvahinged ning hingede turvaplaadid. Antud peatükis jäetakse välja lukusüdamiku valik, sest Haapsalu Uksetehas neid ei tarni. Lukusüdamikke paigaldab tavaliselt lepinguline lukufirma. Kui on tegemist turvaklassiga turvauksega, siis on nõuded lukusüdamikele juba projektis ette nähtud ja lukufirma peab nendega arvestama.

Haapsalu Uksetehas kasutab oma toodetel peamiselt ASSA Abloy grupi furnituuri, mis on kvaliteetsed, sobivas hinnaklassis ning põhjamaade ja Eesti turul tarbijale harjumuspärased. Seetõttu valime parendatavale uksele turvaelemendid just ASSA Abloy grupi toodete valikust.

ASSA Abloy loodi 1994 aastal Rootsi ASSA ja Soome Abloy ühinemisel. Ühinemisel loodi rahvusvaheline kontsern ASSA Abloy grupp, mis on esindatud kõigis olulistes maailma regioonides ning on liidripositsioonil nii Euroopas, Põhja-Ameerikas ja Austraalias [25].

8.1 Lukuraami valik

Tooteparameetrite määramise peatükis esitatud nõuetest tulenevalt peab parendatav uks lähtuma põhjamaade ja Eesti turul kujunenud tavadest. Euroopas, põhiliselt Itaalias, Hispaanias ja Itaalias kasutatakse turvaukse puhul kolmepunkti lukku (sele 4.1), siis põhjamaade ja Eesti kulutuuri ruumis on see tarbijale võõras. Kolmepunkti luku asemel kasutatakse lisalukku, mis paigaldatakse põhilukust umbes 400 mm ülespoole. Lisaluku asetus on toodud joonisel 8.1.



Joonis 8.1 Lisaluku asetus [26]

Vastavalt sissemurdmiskindluse standardis EN 1627:2021 esitatud nõuetele peab valitav lukuraam täitma vähemalt 3. turvaklassi nõude. Põhilukul peab olema vähemalt lingi kaldkeel ja lukustuskeel. Lisalukk, kui see osutub vajalikuks, peab omama vähemalt ühte lukustuskeelt [12].

Tooteparametrite määramise peatükis esitatud nõuetest lähtudes peab ukstel säilima olemasolev tuletõkke sertifikaat. Tuletõkkeuste laiendatud kasutusala standard EN 15269:3:2012 võimaldab alternatiivsete lukukorpuste ja vasturaudade kasutamist, kui kasutatava raudvara lineaarmõõtmed on väiksemad kui katsetatud raudvaral [21]. Lisaks peab sertifikaadi säilitamiseks suluste asendamisel jälgima alternatiivse süvise sobivust tüüptootesse. Tuletõkkeuste korral on oluline jälgida, et alternatiivne sulus ei mõjutaks lengi ja lehe vahelisi tihendeid [27]. Suluste valikul lähtume Haapsalu Uksetehase tuletõkke sertifikaadi hoidja kirjutatud alternatiivsete suluste loetelust, mis on toodud tabelis 8.1. Sertifikaadi hoidja poolt pakutavad alternatiivsed sulused vastavad eelpool toodud nõuetele. Lisaks eelpool toodud nõuetele sätestab sissemurdmiskindluse standard EN 1627, mille kohaselt peab RC2 ja RC3 ukse varustama mehaanilise lukuraamiga, mille turvaklass vastavalt standardile EN 12209 on vähemalt 3 [4].

Tabel 8.1 Alternatiivsete suluste loetelu

Sulus	Kirjeldus
ASSA 310	3. klassi kasutuslukk, konkskeele ja lingi kaldkeelega, ei loeta turvalukuks
ASSA 222 ^a	Lukustuskaldkeele ja lingikaldkeelega lukk, kasutuslukk
ASSA 510	5. klassi turvalukk, kaldkeele ja konkskeelega, sobib kasutuseks nutilukkudega.
ASSA 2002	Turva ja käigulukk ühes, tugevdatud konstruktsiooniga konkskeel, mis lahti murdmise katsel blokeerub vasturauda. Kuulub ASSA 400 seeria lukkude hulka
ASSA 410	4. klassi turvalukk, konkskeele ja lingi kaldkeelega turvalukuraam
a – ASSA 222 on alternatiivsete suluste loetelus, kuid ei täida 3. turvaklassi nõuet	

Alternatiivsete suluste loetelus toodud sulused on ASSA *Connect* seeria lukuraamid. ASSA 222 ja ASSA 310 puhul on tegemist kasutuslukkudega, lukustamine toimub võtme või vääندنupu 90° pööramisel. Antud lukuraame ei loeta turvalukkudeks.

ASSA *Connect* alamseeria Evolution 400 lukkude alla kuuluvad ASSA 410 ja ASSA 2002. *Connect* lukuraamid vastavad standardile EN 12209 klass 5, mille puhul lukustamine toimub võtme 360° keeramisel [28]. Turvalukud on alati mõlemalt poolt avatavad ja suletavad võtmega. Nii ei saa akna kaudu korterisse tunginud varas ukse kaudu ilma võtmeteta lahkuda [29].

Lisaks on kõigil 400 seeria turvalukkudel tugevdatud konstruktsiooniga patenteeritud konkskeel, mis lahtimurdmisekatsel jõuga üle 700 kg blokeerub vasturauda ja seejärel peab vastu 2 tundi [28]. Konkskeel hoiab ust tugevalt raamis ega lase seda lõõtsana lahti kangutada. Seetõttu on ASSA Evolution turvalukud väga tugevad ning ukse ja raami laalikangutamine praktiliselt võimatu [12].

ASSA 510 puhul on samuti tegemist *Connect* Evolution seeria uue turvalukuga, kuid antud turvalukuraami saab kombineerida ka nutilukkudega [29].

Sulustest jätan valikusse ASSA 410, ASSA 2002 ja ASSA 510 seda just seetõttu, et tegemist on turvalukkudega.



Joonis 8.2 ASSA Connect 410 ja ASSA Connect 411 [30]

Lisalukk, kui see osutub vajalikuks, valitakse samuti ASSA Evolution *Connect* seeriast. Lisaluku põhiliseks nõudeks on 3. turvaklassi täitmine ning vähemalt ühe lukustuskeele olemasolu. Eelpool toodud nõudeid täidab ASSA 411 turvalukuraam, mis on ka ASSA Abloy tootekataloogis ASSA 410 kui ka ASSA 2002 soovituslikuks lisalukuks. Tegemist on EN 12209:20216 järgi 5. klassi turvalukuga, millel on ainult üks lukustuskeel. Joonisel 8.2 on toodud põhilukuraam ASSA Connect 410 ja lisalukuraam ASSA Connect 411.

8.2 Sobiva lukuraami valimine

Lukuraamide esialgsesse valikusse jäid ASSA *Connect* Evolution seeria turvalukud ASSA 410, ASSA 2002 ja ASSA 510 ning lisalukuks ASSA 411. Eelpool loetletud turvalukuraamid täidavad nõutava turvaklassi nõude varuga ning on tuletõkkesertifikaadi hoidja poolt koostatud alternatiivsete suluste nimekirjas.

Turvalukuraamide täpsemad kasutusomadused koos hinnaga on toodud tabelis 8.2.

Tabel 8.2 Turvalukuraamide omadused

	ASSA 411	ASSA 410	ASSA 2002	ASSA 510
Turvaklass ^a	5	5	5	5 ^b
Hind, €	200	95	131	194
Väändenupu funktsioon	-	-	+	-
Lukustus ja lingikeele koos toimimine	-	-	+	+
Väändenupu funktsiooni välja lülitamine	-	-	+	-
a – Turvaklass vastavalt EU standardile EN 12209 b – Turvaklass vastavalt Rootsi standardile SS3522				

ASSA 2002 puhul on tegemist turva ja käigulukuga. Kodus olles avatakse ja lukustatakse ust väändenupest. Kodust lahkudes saab lukuraami otsaplaadil oleva nipli alla vajutamiselega väändenupu funktsiooni välja lülitada. Peale luku võtmega lukustamist väändenupp enam ei tööta ning ust saab avada nii väljast kui seest võtmega. See tähendab, et akna kaudu elamisse tunginud varas ei saa ust seestpoolt ilma võtmeta avada. Ust võtmega avades taastub väändenupu funktsioon automaatselt [29]. Väändenupu olemasolu teeb ASSA 2002 turvalukuraami tavakasutajale mugavaks.

ASSA 410 lukuraami suureks puuduseks on väändenupumehhanismi puudumine, mille puhul lukustuskeel ja lingi kaldkeel töötavad alati üksteisest sõltumatult. Lukukorpusel ei ole võimalik kasutada automaatset lukustusfunktsiooni kodust lahkumisel. Kodus olles peab ukse seestpoolt lukustama võtmega, seega luku mugavaks kasutamiseks peaks kodus olles olema võti pidevalt lukuaugus või ukse lähedal, lihtsustamaks inimeste sisse ja väljalaskmist [12].

ASSA 510 konkskeel liigutatakse lukuraamist välja lingi ülesse tõstmisega. Võtit keerates konkskeel lukustub. Sobib kasutamiseks INOVO nutilukkudega [29]. Sarnaselt ASSA 410 lukuraamile puudub ASSA 510 lukuraamil väändenupumehhanism.

ASSA 411 sobib parendatava sissemurdmiskindla ukse lisalukuks. Turvalukuraami suureks miinuseks on selle suhteliselt kõrge hind, mistõttu tuleb konkurentsivõimelisuse säilitamiseks lisalukku eelkatsel mitte kasutada ja see vajadusel juurde lisada.

Lukuraamide omavahelise valiku teostamisel lähtume nende kasutusmugavusest ning hinnast. Sobivaima turvalukuraami leidmiseks koostatakse hindamistabel (tabel 8.3), kus hinnatakse turvalukuraami valikul olulisi aspekte. Igal aspektil on kaal 1-5 ning valitud turvalukuraame hinnatakse 3 palli skaalal. Kõrgeima tulemuse saanud turvalukuraam valitakse parendatavale uksele.

Tabel 8.3 Turvalukuraamide hindamistabel

Hinnatav aspekt	Kaal	ASSA 410		ASSA 2002		ASSA 510	
		Hinne	Kokku	Hinne	Kokku	Hinne	Kokku
Turvaklass	1	3	3	3	3	2	2
Hind, €	5	3	15	2	10	1	5
Väändenupu funktsioon	4	-	-	3	12	-	-
Hinne kokku			18		25		7

Hindamistabeli 8.3 järgi sai väändenupu funktsiooni tõttu enim punkte ASSA 2002 turvalukuraam. Kõige vähem punkte sai ASSA 510, millel puudub väändenupu funktsioon. Lisaks on ASSA Abloy kodulehel ASSA 510 vastavuses Rootsi turvastandardile SS35522, kuid mitte EU turvastandardile EN 12209.

Kuna turvalukuraami ASSA 410 ja ASSA 2002 eristab ainult hind ning kasutusmugavus, koostame eelkatse katseeksemplarid ASSA 410 turvalukuraamiga, mis on hinna poolest soodsam. Põhikatselisele minekuks saab parendatavale uksele lisada kallima, kuid kasutajasõbralikuma ASSA 2002 turvalukuraami.

Turuanalüüsi peatükis leitud kodumaine uksetootja pakub sissemurdmiskindlat RC2 sertifikaadiga tuletõkkeust ühe turvalukuga. Sellest tulenevalt koostame eelkatse katseeksemplarid ühe turvalukuga. Eeldame, et pöögipuust Baubuche siseribi materjalid on piisavalt jäigad, et tagada paindumuskindlus ühe lukustuspunktiga ukse keskosas. Lisaluku ära jätmise on katseläbimise seisukohast riskantne, kuid vajalik paindlikkuse ja konkurentsivõimelise hinna säilitamiseks. Kui toote deklaratsioonis on sätestatud üks lukk, siis võib alati lisada kliendi soovil turvaluku, kuid kahe luku deklareerimisel lisaluku ära jätmise ei ole lubatud [12]. Juhul kui eelkatset ei läbita ühe lukuga, lisatakse katseeksemplaridele lisalukuraam ASSA 411.

8.3 Vasturaua valik

Turvalukuraame komplekteeritakse vasturaudadega. Vasturaud on lukukomplekti osa, mis on kinnitatud lengi külge, et keel või keeled saaksid sellega sulustuda [2]. Vasturaud paigaldatakse ukseraamile ja see nõuab lukukeele kinni [29].

Vasturaud valitakse alati lukuraamist lähtuvalt. Soovituslikud turvavasturauad ASSA Connect seeria lukuraamidele on toodud joonisel 8.4.

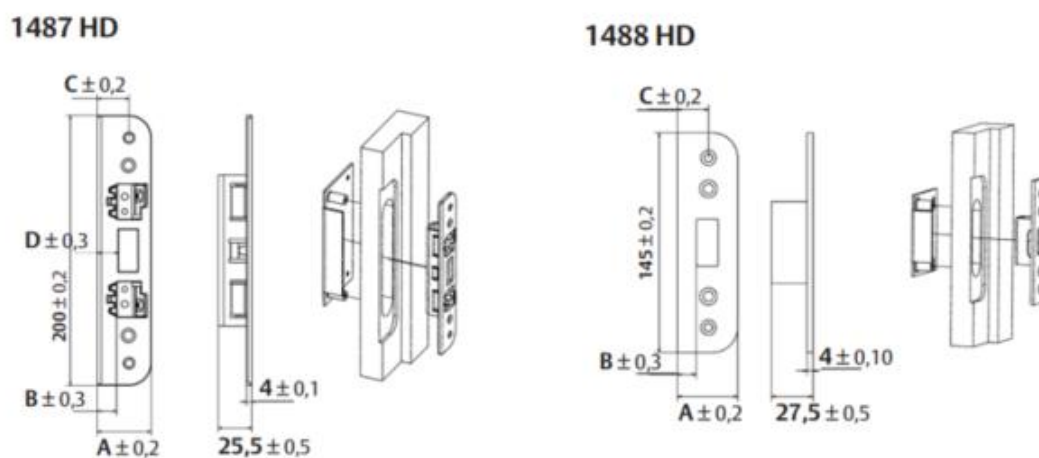
Connect lukuraamide komplekteerimine vasturaudadega

Lukuraam	Turvavasturaud		Tavavasturaud		
	1487-1..5	1487-9	1264	1266	2887
212, 220, 221, 222, 230, 231, 232	o		X		
310	o		X		
311	o	o	X		X
313				X	
410, 411	X	o			
2002	X		o		
620, 621, 622, 624, 640	o		X		
710, 711	X	o			
810	X				
811	X	X			
880, 881, 884, 885	o		X		

X - ASSA soovituslik vasturaud
o - alternatiivne vasturaud

Joonis 8.4 Connect lukuraamide komplekteerimine vasturaudadega [30]

Joonise 8.4 järgi on ASSA 410 ja ASSA 2002 soovituslikuks turvavasturauaks 1487. Lisaluku ASSA 411 puhul kasutame vasturauda 1488, mis on sobilik vaid konkskeele olemasolul. Turvavasturaua kataloogihinnaks on 28 € [25].



Joonis 8.5 Vasturaud 1487 HD ja vasturaud 1488 HD [25]

Joonisel 8.5 on toodud vasturaud 1487 HD ja vasturaud 1488 HD lisalukule. Turvavasturaud on ära tuntav oma erilise karbikujulise konstruktsiooni poolest, mis on vajalik lukukeele kaitseks. Turvavasturaua spetsiaalselt ümardatud servad vähendavad hõõrdumist vasturaua ja lukukeele vahel [30].

8.4 Hingede valik

Turvauksed varustatakse turvahingedega, mis töötavad analoogiliselt turvatihvtidega. Kui tavalisel hingel on kaks siledat plaati, mis on omavahel tapiga ühendatud, siis turvahingedel on ühe hinge poole sees ava ja teisest poolest ulatub välja tugev naga või tihvt. Suletud asendis turvahinge tapi läbisaagimisel on hing lihtsalt rikutud – hinge pooled omavahel ei liigu, sest ühe hinge poole seest välja ulatuv naga on teise poole sees avas. Turvahinged on toodud joonisel 8.6.



Joonis 8.6 Turvahinged [31]

Juhul kui parendatavale uksele leitakse vajadus olemasolevaid hingi vahetada tuleb uute hingede valikul lähtuda uste, luukide ja avatavate akende ning nende suluste tulepüsivuse ja/või suitsupüsivuse katsetulemuste kasutusulatuse laiendamise standardi EN 15269-3:2012 nõuetest. Standard määrab, et hingede vahetus on võimalik eeldusel, et alternatiivne hing vastab standardile EN 1935, sobib kasutamiseks uksekomplektidel, on sama tüüpi, sama kinnitusasendiga ning sama suurusega [21]. Parendataval uksele on hetkel kasutuses kolm ASSA Abloy N3248-110TMKS turvahinge, mille standardi EN 1935 järgne liigitus on toodud tabelis 8.4. N3248-110TMKS puhul on tegemist ühe teljelise lahtikäiva hingega (*lift-off hinge*), millel on ainult kaks hülssi.

Hinge pöörd telg asub liikuva elemendi servast kuni 30 mm kaugusel ja mis on kasutatav nii külg- kui ka üla hingena [32].

Tabel 8.4 ASSA Abloy N3248-110TMKS [33]

Olulised omadused	Klass	Täitmine
Kasutusklass	4	Väga raske töörežiim
Kestvuskatse tsüklid	7	200 000 tsüklit
Katseukse mass	6	120 kg
Tule-/Suitsutõkestatus	1	Sobilik kasutada tule-/suitsutõkkeustes
Ohutus	1	Vastab olulistele kasutusohutusnõuetele
Korrosioonikindlus	3	Kõrge korrosioonikindlus
Turvalisus	1	Sobilik kasutada turvaustes
Hinge klass	13	13 klassi hinged pakuvad võimalikule kestvale vägivaldsele ründele suurendatud vastupanu

Tabeli 8.4 järgi on olemasoleval ukstel kasutusel olevad hinged sobilikud sageli jõuliselt käsitlevatel ustel, mida on katsetatud 200 000 tsüklit. Tegemist on hingedega, mis on ette nähtud kasutamiseks tule-/suitsutõkkeustes massiga kuni 120 kg. Hingede klassiks on 13, mis pakuvad suurendatud vastupanu võimalikule vägivaldsele ründele. Seetõttu on N3248-110TMKS hinged sobilikud kasutamiseks ka turvaustes.

Lisaks eelpool toodud omadustele on olemasolevad hinged nii külg- kui kõrgusreguleeritavad, mis on oluline omadus just puituste juures.

ASSA Abloy kataloogi järgi soovitatakse N3248-110TMKS hingede kasutamise puhul raamitugevdamiseks kasutada kinnitusplaati ning 5x25 mm puidukruvide asemel M6x35 polte [25]. Puidukruvidega kinnitus on nõrgem, saab midagi hinge ja lengi vahele ajada ja kangutada kruvid puidu seest lahti. Kinnitusplaadi kasutamise puhul hakkab tööle kogu plaat koos M6 poltidega, mis on jämedamad kui 5 mm läbimõõduga puidukruvi. Hingede edasimüüja Fiskostari kataloogis on olemasolevate hingede soovituslikuks kinnitusplaadiks UH3248Z, mis on toodud joonisel 8.7. Kinnitusplaadi hinnaks on 0,62 €.



Joonis 8.7 Kinnitusplaat UH3248Z

Tabeli 8.4 järgi täidavad olemasolevad hinged nõutud turvalisusklassi ja on sobilikud kasutamiseks tule/-suitsutõkke ustes. Lisaks leiti turuanalüüsi peatükis, et samasuguseid N3248-110TMKS hingi kasutab enda sissemurdmiskindlas tuletõkkeukses ka kodumaine tootja Viljandi Aken ja Uks. Seetõttu käesolevas töös uusi hingi parendatavale uksele ei valita, vaid järgitakse Assa Abloy kataloogi soovitusi ning tugevdatakse hingi kinnitusplaadiga UH3248Z. Kinnitusplaadi kasutamine annab võimaluse puidukruvide asemel kasutada kinnitamiseks tugevamaid M6 polte.

8.5 Turvaelementide valiku kokkuvõte

Käesolevas peatükis valiti parendatavale uksele turvaelemendid nagu turvalukuraam, lukusüdamikud ning analüüsiti olemasolevaid uksehingesid. Turvaelementide valik sooritati ASSA Abloy grupi tootevaliku seast.

Turvalukuraamide valiku lihtsustamiseks võeti esialgsesse valikusse Haapsalu Uksetehase tuletõkke sertifikaadi hoidja poolt koostatud alternatiivsete suluste loetelu. Turvalukuraami valikut tehes analüüsiti suluste turvaklassi nõudeid, hinda ja kasutusmugavust. Hindamistabelit kasutades leiti, et väändenupu olemasolu tõttu on parimaks valikuks ASSA *Connect* Evolution seeria turva ja käigulukk ASSA 2002. Paremusest teise koha sai oluliselt soodsam, kuid tavakasutajale mitte nii mugav turvalukuraam ASSA 410. Seetõttu koostatakse eelkatse katseeksemplarid odavamana ASSA 410 turvalukuraamiga. Lisaluku lukuraamiks valiti ASSA 411.

Paindlikkuse ja konkurentsivõimelise hinna säilitamiseks valmistatakse eelkatse katseuks esialgu ilma lisalukuta. Kui toote deklaratsioonis on sätestatud üks lukk, siis võib alati lisada kliendi soovil turvaluku, kuid kahe luku deklareerimisel lisaluku ära

jätmine ei ole lubatud [12]. Juhul kui eelkatset ei läbita ühe lukuga, lisatakse katseeksemplaridele lisalukuraam ASSA 411.

Lukuraame komplekteeritakse vasturaudadega. Lukuraamist lähtuvalt valiti vasturauaks ASSA 1487 HD ja lisaluku vasturauaks ASSA 1488 HD.

Lisaks analüüsi olemasolevas ukstes kasutatavaid ASSA Abloy hingi N3248-110TMKS. Analüüsi käigus leiti, et olemasolevaid hingi käesolevas töös vahetada ei ole vaja. Täidetud on nõutud turvalisuse klass ja sobivus kasutada tule/-suitsutõkke ustes. Küll aga lisatakse hingedele kinnitusplaat UH3248Z, mis võimaldab 5 mm läbimõõduga puidukruvide asemel kasutada jämedamaid M6 polte, mis muudab hingede kinnitamise lengi külge tugevamaks.

9. TURVAKLASSI LISAKULUD BAASTOOTE HINNALE

Turvaukse arendamiseks valiti baastooteks Haapsalu Uksetehase tule ja helikindel uks EI30/Rw 40 dB. Toote modifitseerimisel peab säilima olemasolev tuletõkke sertifikaat. Käesolevas peatükis võetakse kokku otsesed kulutused, mis lisanduvad baastoote hinnale. Sinna hulka kuuluvad uued siseribi materjalid, tagamaks ukse suuremat jäikust staatilisel ja dünaamilisel koormamisel ning lisaks eelmises peatükis valitud turvaelemendid pikendamaks sissemurdmisele kuluvat aega.

9.1 Siseribi hinna kalkulatsioon

Siseribi materjalide valiku peatükis katsetasime kolme punkti koormamisel erinevaid siseribi materjale. Analüüsi käigus valiti parimaks materjaliks Baubuche. Ukselehe vertikaalsetele servadele luku ja hingede poolele asendatakse liimpuit pöögipuust Baubuche materjaliga.

Siseribi hinna leidmiseks võtame aluseks m^3 hinna, millest saame tuletada ühe siseribi hinna ning seejärel hindasid omavahel võrrelda. Siseribi materjalide mõõdud on toodud tabelis 9.1.

Tabel 9.1 Siseribi mõõdud ja ruumala

Materjal	Siseribi mõõdud, mm	V_{siseribi}, m^3	Hind, EUR/ m^3
Liimpuit mänd	48×53×2060	0,0052	862
Kerto S	45×50×2000	0,0045	784,7
Baubuche	46×50×2000	0,0046	805

Tabelist 9.1 näeme, et liimpuit mänd ostetakse sisse mõõdus 48×53×2060 mm. Hööveldatakse tehases puhtasse mõõtu $a_{\text{liim}} = 46$ mm $b_{\text{liim}} = 50$ mm ja lõigatakse pikkusesse $h = 1963$ mm. Liimpuidu siseribi hind $P_{\text{liimpuit}} = 4,5$ EUR arvutatakse vastavalt valemile 9.1.

$$P_{\text{liimpuit}} = V_{\text{siseribi}} \cdot n = 0,0052 \cdot 862 = 4,5 \text{ EUR/tk} \quad (9.1)$$

kus

P_{liimpuit} - arvutuslik siseribi hind, EUR/tk

V_{siseribi} – siseribi ruumala, m^3

n – siseribi hind, EUR

Baubuche ja Kerto materjalid ostetakse plaatmaterjalina, mille mõõdud on toodud tabelis 9.2. Plaatmaterjalidest kasuliku väljatuleku leidmiseks võetakse arvesse plaadi

mõõte ja lahtilõikamisskeemi. Esimene lõige plaadisaes on trimmiv lõige $t_{lõige} = 20$ mm, mis annab sirge baaspinna, millele arvestame juurde saetee $t_{saetee} = 4$ mm. Siseribide arv ühes plaadis leitakse valemi 9.2 järgi.

$$N_{ribi} = \frac{b_{plaat} - t_{lõige}}{50 + t_{saetee}} = \frac{1800 - 20}{50 + 4} = 32 \text{ tk} \quad (9.2)$$

kus

N_{ribi} – Siseribide arv ühes plaadis, tk

b_{plaat} – plaatmaterjali laius, mm

$t_{lõige}$ – trimmiv lõige, mm

t_{saetee} – saetee, mm

Tabelis 9.2 on toodud Kerto ja Baubuche plaatmaterjalide mõõdud, mille kaudu arvutatakse siseribide hind valemiga 9.3.

$$R_{hind} = \frac{P_{hind}}{N_{ribi}} = \frac{127,12}{32} = 3,97 \text{ EUR}$$

(9.3)

kus

R_{hind} – siseribi hind, EUR

N_{ribi} – Siseribide arv ühes plaadis, tk

P_{hind} – plaatmaterjali hind, EUR

Tabel 9.2 Siseribi materjalide hinnaarvutus

	Plaatmaterjali mõõt, mm	Hind, EUR/tk	Ribide arv ühes plaadis, tk	Ühe ribi hind, €
Kerto	1800×2000×45	127,12	32	3,97
Baubuche	900×2000×51	73,9	16	4,6

Siseribi hind Baubuche puhul on $P_{Baubuche} = 4,6$ EUR ning liimpuidu siseribi hinnaks kujunes $P_{liimpuit} = 4,5$ EUR, võrdluseks on arvutustes toodud ka Kerto siseribi hind.

9.2 Arendatava turvaukse hinnavõrdlus baastootelega

Turvaelementide valiku peatükis valiti parendatavale uksele turvalukuraam, vasturaud ja hingede kinnitusplaadid. Parendatava ukse kolm turvahinge jäetakse samaks. Parendatavale tootele tehtud muudatused tuuakse hinnavõrdluses välja võrrelduna baastoote samade komponentide maksumusega. Hinnavõrdlus on toodud tabelis 9.3

Tabel 9.3 Arendatava turvaukse hinnavõrdlus baastoodega

	EI30/Rw 40 dB baastoode	Arendatav RC2 turvaklassi uks
Siseribi materjal	Liimpuit mänd	Baubuche
Siseribi hind, €	4,5 × 2	4,6 × 2
Lukuraam	ASSA 565	ASSA 410
Lukuraami maksumus, €	27	95
Vasturaud	ASSA 2865-1	ASSA 1487 HD
Vasturaua maksumus, €	25	28
Hingede kinnitusplaat	-	UH3248Z
Kinnitusplaadi maksumus, €	-	0,62 × 3
Lisalukk*	-	ASSA 411
Lisaluku maksumus*, €	-	200 €
Lisaluku vasturaud*	-	ASSA 1488 HD
Lisaluku vasturaua maksumus*, €	-	29
Maksumus kokku, €	61	134 / 363*
Hinna erinevus, €	Baastoode	73 / 302*
Märkus* - lisaluku lisamine vajadusel		

Tabelis 9.3 on toodud arendatava turvaukse hinnavõrdlus baastoodega. Eraldi on toodud välja hind lisaluku lisamisel. Tabelis on näha, et ilma lisalukuta on arendatava turvaukse lisakulud baastootele 73 €. Hoolimata lisakuludest loetakse turvaklassi uks hinna poolest konkurentsivõimeliseks.

Turuanalüüsi peatükist selgus, et konkurendid pakuvad turvauksi ka ilma lisalukuta, seetõttu esmased eelkatse katsekemplarid koostatakse ilma lisalukuta. Lisaluku lisamisel on lisakulud baastootele 302 €, mis viib toote konkurentsivõime tunduvalt väiksemaks. Kui klient aga lisalukku soovib, saab selle alati lisada.

Arendatavale uksele lisab maksumust ukse katsetamisele ja projekteerimisele lisanduvad kulutused. Projekteerija tunnihinnaks arvestatakse 25 € ning koos katsetamise ning projekteerimisega 10 tundi. Hetkel vaadeldi parendatava ukse maksumust ühe ukse raames, kui turvaklass on saavutatud ning toota rohkem uksi langeb ukse maksuvus tunduvalt.

10. ARENDATAVA TURVAUKSE EELKATSE

Käesolevas peatükis analüüsime arendatavale turvauksele läbiviidud eelkatset ning katsetulemusi. Eelkatse viidi läbi vastavalt sissemurdmiskindluse katsemetoodika peatükis kirjeldatud meetodil Tammer OÜ katselaboris.

Tavapäraste $d = 6 \times 90$ mm paigalduskruvide asemel kasutati lengi kinnitamisel katsestendi $d = 8 \times 90$ mm kinnituskruve. Leng fikseeriti kiiludega täisnurkselt vertikaalasendisse. Turvaukse lengi paigaldamisel kasutatakse lisakiile luku juures, vasturaua taga. Lisakiilud on vajalikud vasturaua toetuseks. Sellega tagatakse, et leng ei vajuks seina poole läbi tööriista (näiteks kruvikeeraja või sõrgkangi) ajamisel lengi ja luku vahele. Katsestendis katseuks on toodud joonisel 10.1.



Joonis 10.1 Katsestendis katseuks

Katsed toimusid kolmes etapis, millest esimene oli vastupidavuse määramine staatilisele koormusele standardi EN 1628 järgi. Koormused valiti vastavalt turvaklassile RC2. Koormused rakendati ukselehe avanemise suunas päripäeva alates ülähingest allapoole. Joonisel 10.2 on toodud katseukse deformatsioon koormuse $F_2 = 1.5$ kN rakendamisel.



Joonis 10.2 Katseukse deformatsioon koormuse F_2 rakendamisel

Katse teiseks etapiks oli vastupidavuse määramine dünaamilisele koormamisele ukselehe avanemise poolelt. Löögi keha massiks RC2 turvaklassi puhul on $m = 50$ kg ja kukkumiskõrguseks $h = 450$ mm. Dünaamiline koormamine katseuksele nähtavaid deformatsioone ei põhjustanud.

Katse kolmandaks etapiks oli vastupidavuse määramine manuaalsele sissetungimiskatsele. Manuaalne sissetungimiskatse kestus on RC2 turvaklassi puhul 15 minutit, millest tööriista kontakiaeg 3 min. Sissetungimiskatse sooritati sama katseuksega, mida katsetati staatilisele ja dünaamilisele koormamisele. Manuaalse sissetungimiskatse käigus katseuks sai küll märkimisväärseid kahjustusi, kuid katseust avada ei suudetud. Joonisel 10.3 on toodud katseuks peale manuaalselt sissemurdmiskatset.



Joonis 10.3 Katseuks peale manuaalset sissemurdmiskatset

Joonisel 10.3 on näha, et leng on saanud suuri kahjustusi, kuid tänu turvalukule ust avada ei õnnestunud. Sissemurdmiskindluse katseteseeria RC2 turvaklassile võib lugeda õnnestunuks.

Viimasena katsetati katseust turvaklassile RC3 määratud staatilise koormamisega ukselehe avanemise suunas. Keskmisele hingele rakendati RC3 lukustuspunkti koormust $F_3 = 6$ kN, mille tagajärjel purunes leng hingede tugiplaatide UH3248Z kinnituskruvide joone pealt pikuti lõhki. Joonisel 10.4 on näha tekkinud pikipragu lengis



Joonis 10.4 Pikipragu lengis

10.1 Eelkatse järelused

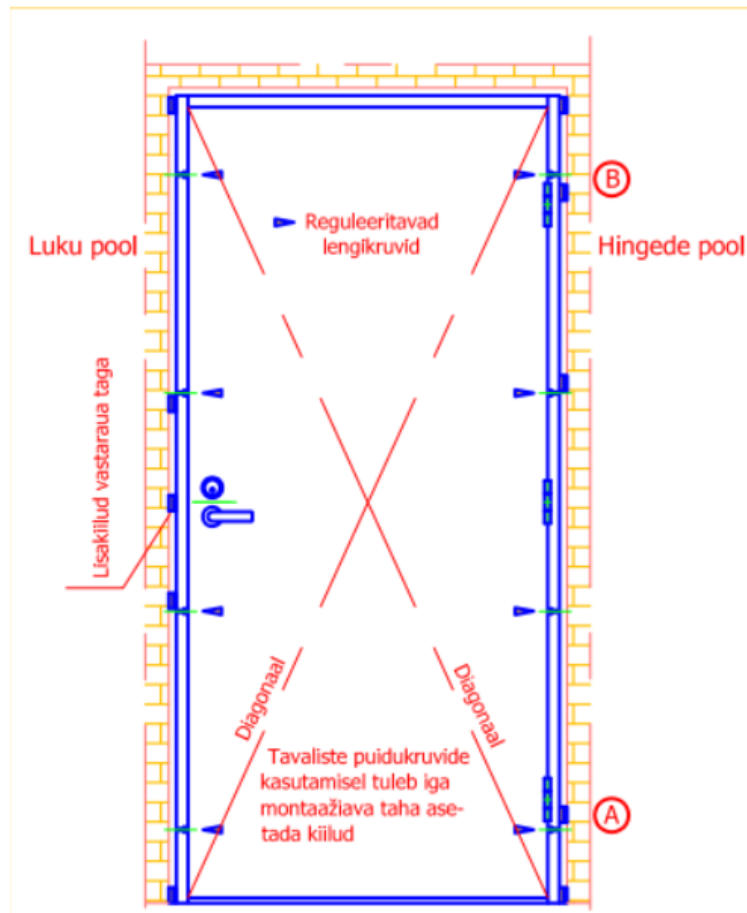
RC2 turvaklassi koormustega ning sissemurdmiskatse läbis katseuks edukalt. Põhilised järelused, mis RC2 eelatselt saime olid järgmised:

- Tavapäraste $d = 6 \times 90$ mm paigalduskruvide asemel peab kasutama lengi kinnitamisel $d = 8 \times 90$ mm kinnituskruve, mis tagavad ukselengi tugevama kinnituse katseraami külge
- Hinge tagune vastuplaat peab olema laiem, et kinnituskrugi saaks kinnituda paksema lengiosa külge.
- RC2 turvaklassi puhul lisalukku kasutada pole vaja
- Vasturaua 1487-2 turvakruvid peavad olema pikemad ja jämedamad. Praegu olemasolevad $d = 5 \times 25$ mm kinnituskruid asendati enne katse sooritamist $d = 6 \times 50$ mm kinnituskruididega, sest visuaalsel vaatlusel selgus, et lühemad kruvid ei kinnita vasturauda korralikult. Turvakruvide asetus on toodud joonisel 10.4



Joonis 10.5 Turvakruvi paigaldamine vasturauda

Ukselengi fikseerimiseks tarindiavasse tuleb paigaldamisel kasutada rohkem kiile kui tavalise paigaldamise juures ja kiilutamine peab saama tehtud väga korralikult. Vältimaks lengide väändumist ja tihendamaks püstlengide ja ülapii ning ukseleve vahelisi pragusid, tuleb paariskiilud või tugiklotsid asetada ka ala- ja ülanurkadesse. Lisa kiilud tuleb asetada vasturaua taha, mis tagab vasturaua parema toetuse. Ukselengi fikseerimine tarindiavasse on toodud joonisel 10.6



Joonis 10.6 Ukselengi fikseerimine tarindiavasse

Kui lengi kinnitamiseks kasutatakse spetsiaalseid järelreguleeringut võimaldavaid lengikruve, siis võib montaažiavade tagant mõnes kohas kiilud ära jätta, kuid mitte mingil juhul välisnurkadest ja üla/alahinge tagant. Turvaukse puhul tuleb kiilud või tugiklots asetada ka kindlasti vastaraua taha.

11. KATSESTENDI PROJEKTEERIMINE

Projekti teiseks etapiks on katsestendi projekteerimine, et edasi arendada turvaklassini RC3. Antud projektis on kasutatud CAD programmi SolidWorks 2021.

Ukse katsetamine sertifitseeritud katselaboris on majanduslikult kulukas ettevõtmine, mille suurusjärg võib kanduda ligi 4000 euron. Sissemurdmiskindluse osas akrediteeritud katselaborid on Eestile kõige lähemal Soomes ja Leedus, mistõttu lisandub ukse katsetamisele ka märkimisväärsed transpordikulud. Katsestendi projekteerimine annab võimaluse uksi ning ka vajadusel aknaid olemasolevate vahenditega tootmises katsetada.

11.1 Projekteeritava katserakise parameetrite määramine

Sissemurdmiskindluse katsemeetodi standard staatilisele koormamisele EN 1628:2021 kirjeldab katsestendi ning defineerib käesoleva peatüki ülesande:

- Katsestend koosneb jäigast, liigutavate terastagedega terasraamist, kuhu on võimalik paigaldada eri mõõtmetega katsekehi
- Stendi jäikus peab olema selline, et raami pinna ristisuunas rakendatava $F = 15$ kN jõu põhjustatav läbipaine ei ületa $n = 5$ mm [18]
- Katsestend ei tohi takistada katse tegemist

Enne katse läbiviimist paigaldatakse katsekeha tugiraami, mis omakorda paigaldatakse katsestendi. Tugiraam peab imiteerima seda tuge, mida tootele annab ehitisse paigaldamine [18]. Käesolevas töös parendatava puitlengis puitukse puhul on selleks nelinurkse ristlõikega puitraam, mille mõõtmed on minimaalselt 100 mm x 70 mm.

Katsestendi konstruktsioon peab olema lihtne ja vastupidav. Lisaks peab olema seda võimalik vajadusel liigutada ning hoiustada, sest uksi ei testita pidevalt. Loodav katsestend on mõeldud manuaalse sissemurdmiskatse sooritamiseks.

11.2 Katserakiste lahenduste analüüs

Sissemurdmiskindluse katserakise lõpliku lahenduse väljatöötamiseks võrdleme sissemurdmiskindluse akrediteeritud katselabori katsestendi ning eelkatses kasutatud katsestendi. Kahe erineva katsestendi analüüs annab esialgse kontseptsiooni uue katserakise loomiseks. Ametlikus testis kasutatav katsestend on universaalne, mida saab kasutada erinevate avatäidete katsetamiseks. Joonisel 11.1 on toodud universaalne katsestend.



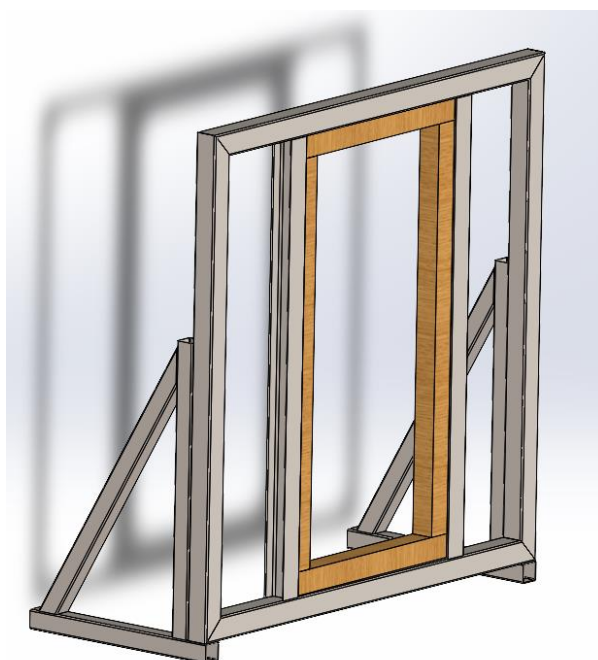
Joonis 11.1 Universaalne katsestend [35]

Joonisel 11.1 toodud katsestendi raami keskel olevad musta värvi talad on reguleeritavad, mis võimaldavad testida erinevas mõõdus katsekehi. Katsestendi ees on koormamisseadet kinnitav reguleeritav tugi. Koormamisseadet kinnitav tugi on vajalik katsekeha vastupidavuse määramiseks staatilisele koormamisele. Loodava katsestendi puhul on tegemist oma kasutuses oleva katseraamiga, mida kasutatakse manuaalse sissemurdmiskatse sooritamiseks. Seetõttu pole loodavale katseraamile koormamisseadet kinnitavat reguleeritavat tuge tarvis.

Eelkatses kasutatud katsestend on näha eelkatse peatüki joonisel 10.1. Eelkatses kasutatud katsestendil on palju puudusi. Esiteks on katsestend statsionaarne ning puudub võimalus raami liigutada. Samuti polnud võimalust kinnitada tugiraami otse katsestendile, puudusid reguleeritavad vertikaalsed talad. Tugiraami kinnitamine katsestendile annab lengi paigaldamisel täiendavat jäikust ja stabiilsust, mis on oluline manuaalse sissemurdmiskatse sooritamisel ja lengi ja kiilude paigaldamisel.

11.3 Katserakise lõpplahenduse projekteerimine

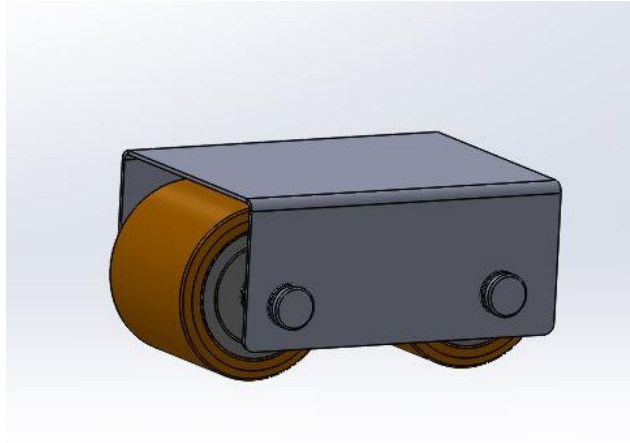
Katseraami konstruktsioon peab olema lihtne ja kasutajasõbralik. Projekteerimise käigus on esmajoones peetud silmas valmistamise tehnoloogilisust ja hõlpsat koostatavust. Katseraami konstruktsiooni juures on kasutatud võimalikult lihtsaid ja võimalikult väikest arvu erinevaid detaile. Võttes arvesse katserakise parameetrite määramise peatükis esitatud nõudeid ja ja katserakiste lahenduste analüüsis leitud järeldusi projekteeriti katseraami esmane kontseptsioon. Esmane kontseptsioon on toodud joonisel 11.2.



Joonis 11.2 Katseraami esmane kontseptsioon

Joonisel 11.2 toodud esmane katseraam koosneb keevitatud nelinurksest raamist, keevitatud kolmnurksetest jalgadest ning põhi raamist, mis on fikseeritud reguleeritavate i-taladega, kuhu vahele on mugav paigaldada puidust tugiiraami. Liigutatavate talade reguleerimiseks oli esmases kontseptsioonis plaanis kasutada rullikuid, mis on toodud joonisel 11.3. Katseraami esmases kontseptsiooni peamisteks puudusteks on rullikute suhteliselt kõrge hind. Samuti on rullikute kasutamiseks vaja eraldi painutada lehtmetsi ning treida võll. Spetsiaalsete ühekordsete detailide tootmine ei õigusta ennast selle projekti raames ära.

Lisaks oli probleemiks konstruktsiooni madal jäikus. Esialgse lihtsustatud LEM analüüsi käigus selgus, et läbipaine raami ülemises osas on üle 8 mm. Esialguses lahenduses puudub võimalus raami maapinna külge fikseerimiseks



Joonis 11.3 Rullikute koost

Võttes arvesse esialgse lahenduse puudusi projekteeriti katserakise lõpplahendus, mis on toodud joonisel 11.4. Lõpplahenduse põhiraam jäetakse sarnaselt esmase kontseptsiooniga samaks neljast terasprofiilist keevitatud raamiks. Põhiraami detailid on avadega, mis annab hõlpsasti poltida puidust tugiraami põhiraami külge. Katseraami detailide arvu optimeeriti ning kahe reguleeritava i-tala asemel kasutatakse ühte terasprofiili, mis annab võimaluse laiemate katsekehade testimiseks.



Joonis 11.4 Katseraami lõplik lahendus

Reguleeritava tala fikseerimiseks põhiraami on tala külge keevitatud kaks lehtterasest plaati. Plaadid on omavahel ühendatud läbi poldiga. Katseraami kolmnurksete jalgade külge on keevitatud lehtterasest plaadid, mis annab võimaluse katseraami vajadusel

ankurpoltidega maa külge fikseerida. Raami jäikuse tõstmiseks pikendati kolmnurksete jalgade talasid, mis toestavad raami ülemist osa.

11.4 Projekteeritud katseraami tugevusanalüüs

Katseraami konstrueerimise etapis sooritatakse lihtsustatud kontroll tugevusanalüüs kasutades projekteerimistarkvara Solidworks 2021 simulatsiooni keskkonda. Antud ülesande puhul ei ole vajadust põhjalikuks LEM arvutuseks, sest tegemist on üksiku tootega, mida kasutatakse ainult enda vajadusel. Samuti ei kasutata raami staatilise või dünaamilise koormamise jaoks, seega ei ole raamile mõjuvad jõud väga suured.

Projekteeritava katserakise parameetrite määramise peatükis pandi paika nõuded, millele katserakis vastama peab. Nõuetest tulenevalt rakendame katserakisele kõige kriitilisemas piirkonnas jõu $F = 15$ kN.

Analüüsi lihtsustamiseks eemaldatakse mudelist puitraam, sest tegemist ei ole homogeenise materjaliga. Katseraami mudel koosneb standardprofiilidest ning lehtmetailidest. Katseraami kõikide detailide materjaliks on S355J2, mille omadused on toodud tabelis 11.1

Tabel 11.1 Materjali S355J2 omadused [36]

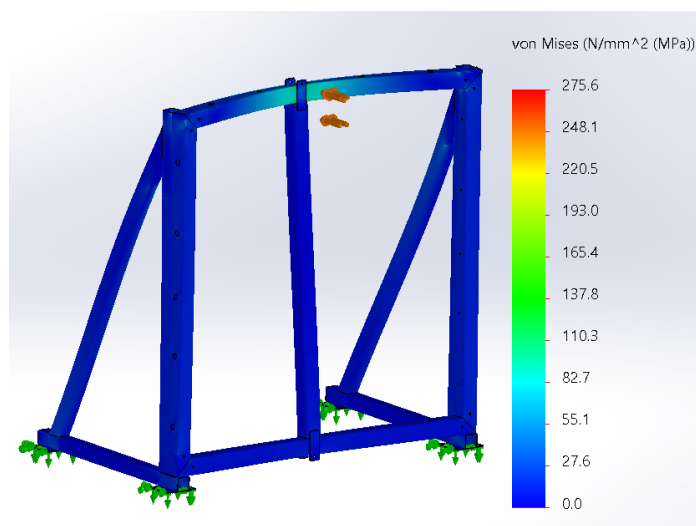
Materjal	Young'i moodul E , GPa	Voolepiir R_e , MPa	Tihedus ρ , kg/m ³
S355J2 (1.0577)	210	355	7850

LEM analüüsiks genereeriti elementide võrgustik, kus elementide suuruseks valiti 20 mm. Mudeli vabadusastmed kinnitati kasutades kolmnurksete jalgade külge keevitatud lehtmetailidest plaate. Plaadid pannakse jäigalt kinni ehk sirgliikumine ja pöördliikumine on kõikide telgede suunas kinni.

Eeldatakse, et katserakise kõige kriitilisemaks piirkonnaks on reguleeritav tala, kuhu rakendati jõud $F = 15$ kN. Koormus jagati ühtlaselt lehtmetailile.

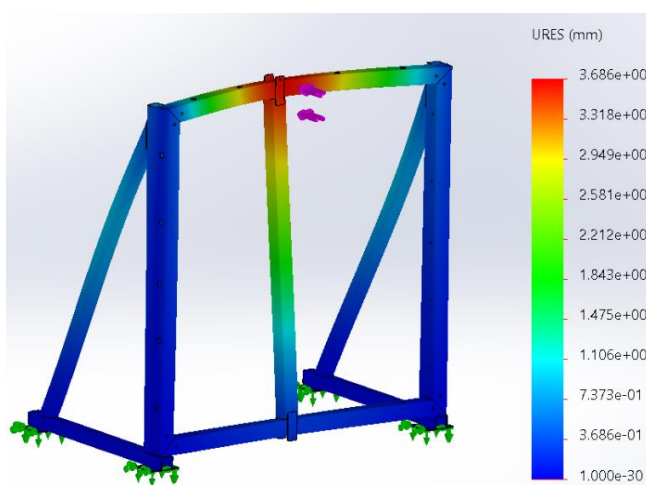
11.4.1 Tugevusanalüüsi tulemused

Projekteeritud katserakise pinged jäävad kogu raamis vahemikku 27-110 MPa. Lehtmetailist plaadi ja terasprofiili ühendus kohas tõusid pinged kuni 276 MPa, mis on madalam detailidele valitud voolepiirist. Seetõttu on konstruktsiooni tugevus pingete poolest tagatud. Projekteeritud katseraami pingete jaotus LEM analüüsis on toodud joonisel 11.5.



Joonis 11.5 Katserakise pinged

Projekteeritud katserakise maksimaalseks deformatsiooniks kujunes 3,6 mm. Maksimaalne deformatsioon on katseraami horisontaalse terasprofiili keskmises osas, mis on toodud joonisel 11.5. Deformatsioon on väiksem, kui ette antud lubatud maksimaalne läbipaine, mis oli määratud 5 mm. Seetõttu võime lugeda konstruktsiooni tugevuse deformatsiooni poolest tagatuks.



Joonis 11.6 Katserakise deformatsioonid

11.5 Katsestendi projekteerimise kokkuvõte

Käesolevas peatükis projekteeriti katsestend, mida saab kasutada manuaalse sissemurdmiskatse sooritamiseks. Katsestendi projekteerimine on vajalik, sest annab võimaluse uste (ja ka akende) eelkatse sooritamiseks. Katserakisele määrati parameetrid lähtuvalt standardist EN 1628. Standard määrab, et katsestend peab koosnema jäigast, liigutavate terastagedega terasraamist, kuhu on võimalik paigaldada eri mõõtmetega katsekehi. Samuti on lisatud, et stendi jäikus peab olema selline, et raami ristisuunas rakendatava $F = 15$ kN jõu põhjustatav läbipaine ei ületa $n = 5$ mm. Lisaks standardis määratud nõuetele lisati parameetrite hulka, et katseraam peab olema lihtne, vastupidav ja seda peab olema võimalik liigutada.

Lõpliku lahenduse leidmiseks võrreldi eelkatses kasutatud katseraami sertifitseeritud katselabori katseraamiga. Lõplikuks lahendiks osutus terasprofiilidest kokku keevitatud katseraam, millel on polditavad keevitatud jalad. Lisaks on katseraamil ka reguleeritav tala, mis annab võimaluse eri mõõdus katsekehade testimiseks.

Katseraamile sooritati lihtsustatud tugevusanalüüs. Kontrolliti, et $F = 15$ kN rakendamisel katseraami kõige kriitilisemasse punkti ei oleks läbipaine üle $n = 5$ mm. Konstruktsiooni tugevus loeti tagatuks, sest suurimad pinged olid 275 MPa ning suurim deformatsioon 3,6 mm.

KOKKUVÕTE

Magistritöö eesmärgiks oli Haapsalu Uksetehas AS olemasoleva EI30 tuletõkkeukse sissemurdumiskindluse parendamine, mis tõstab toote konkurentsivõimelisust. Töös kirjeldatakse põhjalikult sissemurdumiskindluse sertifitseerimise jaoks standardites EN 1627-2021 – EN 1630:2021 kirjeldatud katsemeetodeid.

Ukselehe tugevdamiseks katsetati staatilise koormamise teel siseribi materjale, mis on olulised, et jäigastada ukseleht luku ja hingede poole pealt. Erinevate puitmaterjalide paindetugevuse ja paindeelastsusmooduli määramiseks kasutati kolme punkti paindekatsed, mille läbiviimisel jälgiti standardis EN 310:2002 esitatud nõudeid. Võttes arvesse paindekatsel saadud tulemusi koostati hindamistabel, milles hinnati kolme erinevat puitmaterjali milleks olid Kerto, Baubuche ja männi liimpuit.

Lisaks valiti parendatavale uksele turvaelemendid ASSA Abloy grupi tootevalikust. Analüüsi käigus valiti turvalukuraam ASSA 410 koos vasturauaga ASSA 1487 HD. Kui tekib vajadus kasutada lisalukku, siis selleks valiti ASSA 411 koos vasturauaga ASSA 1488 HD. Olemasoleva ukse hingesid ei muudetud, kuid turvalisuse suurendamiseks lisatakse hingede kinnitusplaat UH3248Z.

Arendatavale turvauksele sooritati hinnavõrdlus baastootelega. Leiti, et ühe turvalukuga uks on konkurentsivõimeline, sest lisakulu baastootele on 73 €. Lisaluku kasutamine viib ukse hinna konkurentsivõimsuse madalaks, sest lisakulu baastootele on 302 €.

Vastavalt sissemurdumiskindluse katsemetoodikale sooritati Tammer OÜ katselaboris parendatavale uksele eelkatse. Eelkatse käigus läbis projektis käsitletav uks turvaklassi RC2 katsed edukalt ilma lisalukku kasutamata.

Ukse edasiarendamiseks turvaklassini RC3 projekteeriti Haapsalu Uksetehas AS-ile katsestend. Reguleeritava talaga katsestend annab võimaluse uksi ning ka aknaid edaspidi eelkatsetada enne ametlikule katsele minekut. Katserakisele teostati tugevusanalüüs, mis kinnitas, et katserakis peab vastu koormusele 15 kN.

Magistritöö täitis oma eesmärgi, sest parendatav EI30 tuletõkkeuks läbis sissemurdumiskindluse RC2 eelkatse jäädes turul konkurentsivõimeliseks

SUMMARY

The aim of the master's thesis was to improve the burglary resistance of the existing Haapsalu Uksetehas AS EI30 fire resistance door. The improvements would increase the market competitiveness of the product. The thesis describes the test methods outlined in standards EN 1627-2021 - EN 1630:2021 for burglary resistance certification.

In order to strengthen the door leaf, the materials of the inner stiles were tested by static loading. The positioning of the inner ribs by the lock and the hinges side is important for the strength of the door. A three-point bending test was used to determine the flexural strength and modulus of elasticity of different wood materials, following the requirements of EN 310:2002. Taking into account the results of the flexural test, an evaluation table was prepared by analysing three different laminated wood materials: Kerto, Baubuche and glulam.

In addition, the security elements chosen to improve the door's burglar resistant qualities, were selected from the product range of the ASSA Abloy Group. During the analysis, the security lock frame ASSA 410 with the counter bar ASSA 1487 HD was selected. If an additional lock was needed, the ASSA 411 with the ASSA 1488 HD striking plate would have been chosen. The hinges of the existing door have not been changed, but the UH3248Z hinge mounting plate was added for improved security.

A price comparison was made between the existing fire door and the modified burglar resistant fire door. It was found that a door with one security lock would be more competitive on the market than door with two locks. The additional cost for modifying the base product to include one lock is 73 €. The use of an additional lock increases the price of the door substantially, as overall cost for two locks on the base product is 302 €.

In accordance with the burglary resistance test methodology, a preliminary test was performed on the improved door in Tammer OÜ's test laboratory. During the preliminary test, the door considered in the project successfully passed the tests of security class RC2 without the use of an additional lock.

To further develop the door to security class RC3, a test bench was designed for Haapsalu Uksetehas AS. The test bench with adjustable beam provides an opportunity to pre-test the doors as well as the windows before going to the official test. The test rig was subjected to a strength analysis which confirmed that the designed product withstood a load of 15 kN as stipulated in the appropriate standard.

The master's thesis fulfilled its goal, because the upgradeable EI30 fire door passed the RC2 preliminary test of burglary resistance, remaining competitive in the market

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] *Ehitustoodete ja -elementide tuleohutusala klassifikatsioon. Osa 2: Klassifikatsioon tulepüsivuskatsete alusel, välja arvatud ventilatsioonisüsteemid*, EN 13501-2-2016, 2016
- [2] *Akna- ja uksetarvikud. Mehaanilised lukukorpused ja vasturauad, nõuded ja katsemeetodid*, EN 12209:2016, 2016
- [3] E. Saarman, U. Verbi, K. Veermets, H. Unntera, P. Peterson ja I. Sibul *Puiduteadus*, Eesti metsaselts, Tartu, 2006
- [4] *Uksed, aknad, rippfassaadid, võred ja luugid. Sissemurdmiskindlus. Nõuded ja liigitus*, EVS-EN 1627:2021, 2021
- [5] *Windows and doors - Product standard, performance characteristics - Part 2: Internal pedestrian doorsets*, EN 14351-2:2019, 2019
- [6] *Akna- ja uksetarvikud. Lukusüdamikud. Nõuded ja katsemeetodid*, EVS-EN 1303:2015, 2015
- [7] A. Ahven [võrgumaterjal]. *Kuritegevus Eestis 2019*. Saadaval: <https://www.kriminaalpoliitika.ee/kuritegevuse-statistika/varavastased-kuriteod.html>.
- [8] Politsei ja Piirivalveamet (2020), *Ülevaade vargustest eluruumidesse politsei ja piirivalveameti andmete põhjal* [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://www.hoianomavara.eu/admin/storage/eucpn/levaade-vargustest-eluruumidesse-politsei-ja-piirivalveameti-andmete-phjal-2020.pdf>.
- [9] M. Djagilev, *"Eluruumidest toimepandud varguste kriminalistikaline iseloomustus"* Bakalaureusetöö, Sisekaitseakadeemia, Tallinn, 2007. Saadaval: https://digiriiul.sisekaitse.ee/bitstream/handle/123456789/1893/2007_Djagilev%2CMarke.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [10] Riigiteataja, (2017, 30 Märts) [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.riigiteataja.ee/akt/104042017014>
- [11] Promat TOP, *Passiivne tuleohutus iga tuleohutusstrateegia oluline osa* [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.promat.com/et-ee/passiivse-tulekaitse-eksperdid/teie-projektid/ekspertide-valdkond/39636/passiivne-tuleohutus-iga-tuleohutusstrateegia-oluline-osa/>.
- [12] A. Niidas, *"AS Saku Metall Uksetehase turvaukse kohandamine Rootsi seadusandlusele"* Magistritöö, Tallinna Tehnikaülikool, 2013
- [13] Rubner Türen Srl, [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.rubner.com/en/tueren/special-function-doors/>.
- [14] AS Viljandi Aken ja Uks, [Võrgumaterjal]. Saadaval: www.vau.ee

- [15] Daloc Corporation, [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://www.daloc.se/>
- [16] Houston safe & lock, [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://houstonsafeandlock.net/lock-services/high-security-locks/tuff-strike/>
- [17] *Uksed, Aknad, rippfassaadid, võred ja luugid. Sissemurdmiskindlus. Katsemeetod vastupidavuse määramiseks manuaalsetele sissemurdmiskatsetele*, EVS-EN 1630:2021, 2021
- [18] *Uksed, Aknad, Rippfassaadid, võred ja luugid, Sissemurdmiskindlus Katsemeetod vastupidavuse määramiseks staatilisele koormusele*, EVS-EN 1628:2021, 2021
- [19] *Uksed, Aknad, Rippfassaadid, Võred ja Luugid Sissemurdmiskindlus. Katsemeetod vastupidavuse määramiseks dünaamilisele koormamisele*, EVS-EN 1629:2021, 2021
- [20] Metal Quartz, „Metal Quartz,” [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://metalquartz.com/en/performances/burglary-resistance/>
- [21] *Uste, luukide ja avatavate akende ning nende suluste tulepüsivuse ja/või suitsupidavuse katsetulemuste kasutusulatuse laiendamine*, EVS-EN 15269:2020, 2020
- [22] Pollmeier Massivholz GmbH, [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://www.pollmeier.com/products/baubuche-about>
- [23] E.-J. Just, K. Õiger, A. Just *Puit ja puidupõhised konstruktsioonid*, Valgus, Tallinn, 2018
- [24] E. Staškevits, *„Niiskuskindla keskmise tihedusega puitkiudplaadi füüsikalismehaaniliste omaduste uurimine ja võrdlus erinevate niiskussisalduste juures”* Magistritöö, Tallinna tehnikaülikool, 2017
- [25] *“ASSA Abloy Group”* [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://www.assaabloy.com/ee/et/about-assa-abloy>.
- [26] *“Finanncce Finland,”* (2017). [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://www.finanssiala.fi/wpcontent/uploads/2017/12/Rakenteellinen20murtosuojaus20I.pdf>.
- [27] Inspecta Estonia OÜ, *Alternatiivsed sulused tule- ja suitsutõkkeustele ASL-21-0025, ver 01*, Tallinn, 2018.
- [28] *“Astri Grupp”* (2022). [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://en.astri.ee/palmettlukud/assa-connect-konkskeelega-lisalukuraamid-411-35-ja-411-50>
- [29] *“Luku Expert”,* [Võrgumaterjal]. Saadaval:
www.lukuexpert.ee/et/turvalukud.
- [30] *“ASSA Abloy Group, „Palmett,”* (2022). [Võrgumaterjal]. Saadaval:
https://palmett.eu/wp-content/uploads/2020/01/Assa-Abloy-400-Connect-lukuraamid-tooteleht-palmettlukud.pdf?fbclid=IwAR386eGxbpISksn6r5wBJnFhk_w_1MzUdcyoP2s_UZaOcIHakURZPh6TcJ8

- [31] „Todd Doors”, (2022). [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://www.todd-doors.co.uk/4-security-hinges-garage-door-hardware>
- [32] „Akna- ja uksetarvikud. Üheteljelised hinged. Nõuded ja katsemeetodid”, EVS-EN 1935:2007, 2007
- [33] J. Kervinen, „Abloy hinges,” [Võrgumaterjal]. Saadaval:
https://www.fiskostar.ee/uploads/product_documents/7231_Abloy-hinges-3248-3548-certificate-ENG.pdf.
- [34] „OÜ Fiskostar”, [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://www.fiskostar.ee/products/hinges/accessories-for-hinges/fixing-plate-100x40-mm-zn/4998>.
- [35] Westcoast Windows, [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://www.westcoastwindows.com/news/westcoast-windows-composite-windows-doors-and-sliding-doors-are-tested-for-weather-tightness-and-security-with-exova-group-limited/>.
- [36] J. Jaansoo „Polditava ja keevitatava raami võrdlus tõsteseadme näitel” Magistritöö, Tallinna tehnikaülikool, 2021 [Võrgumaterjal]. Saadaval:
www.digikogu.taltech.ee