

build EST



ERAMU VUNDAMENDI JA SOKLI LISASOOJUSTUSE VEAD

A2.1 KAHJUSTUSTE UURING JA EHITUSVIGADE INFOKAARDID LISA 1

12/2023

Life IP BuildEST

Life 20 IPC/EE/000010

Autorid

Üllar Alev, Tallinna Tehnikaülikool

Martin Talvik, Tallinna Tehnikaülikool

Siim Lomp, Tallinna Tehnikaülikool

Juhtrühm/Tööpaketi koordinaator

Targo Kalamees, Tallinna Tehnikaülikool

Endrik Arumägi, Tallinna Tehnikaülikool



**Kaasrahastanud
Euroopa Liit**

Raport on valminud LIFE IP BuildEST projekti raames. Projekti rahastab Euroopa Liit Euroopa Kliima, Taristu ja Keskkonna Rakendusamet (CINEA) LIFE IP (*Integrated Projects*) programmi kaudu ja Eesti riik. LIFE IP programm on mõeldud keskkonna- ja kliimameetmete projektidele. Aruande sisu eest vastutavad autorid ja see ei peegelda tingimata Euroopa Komisjoni arvamusi. Dokumendis avaldatud seisukohtade ja arvamuste õiguse eest ei vastuta Euroopa Liit ega abi andvad asutused.

LIFE IP BuildEST programmi rahastusleping nr LIFE 20 IPC/EE/000010.

ERAMU VUNDAMENDI JA SOKLI

LISASOOJUSTUSE VEAD

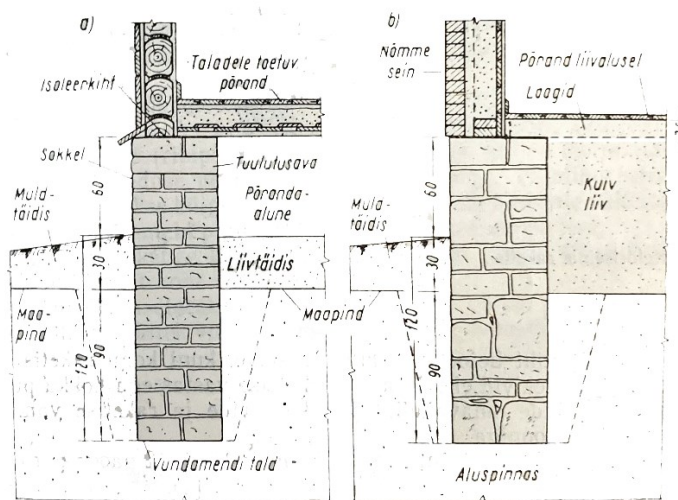
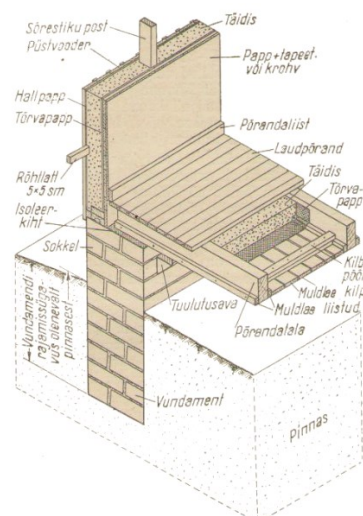
Ehitusvea kaart nr 1

1. Sissejuhatus

Hoone soojustamisel on seintest eraldi vaja käsitleda soklit. Sokkel on maapinnast välja ulatuv vundamendi osa. Võrreldes fassaadiga peab sokkel toime tulema suurema niiskuskooormusega, mistõttu selles tuleb kasutada väiksema veeimavusega soojustusmaterjale ning vee- ja külma-kindlaid viimistlusmaterjale. Soklis ei tohiks kasutada kergemini lagunevaid materjale nagu puit või lubikrohv. Hoolimata sellest, et materjalid peavad olema märjas ja külmumistsüklitega keskkonnas püsivad, on vaja sokli projekteerimisel tegeleda ka niiskuskooormuse vähendamisega. Ka kõige paremad materjalid ei püsi kaua olukorras, kus poole hoone katuse suurusele pinnale tulev vihma-vee suunatakse ühes kohas kontsentreeritult soklisse. Sokli projekteerimisel ja ehitamisel on vaja arvestada sademeveega, lume ja tuisu ning ka pinnaseveega.

Kuigi sokli renoveerimise motivatsioon võib tuleneda soojuskadude vähenemisest, tuleb arvestada ka paljude muude asjaoludega:

- vundament võib olla jäetud hüdroisolatsiooniga pinnasest eraldamata (vt Joonis 1), mistõttu saab eeldada vundamendimüüri püsivat kontakti märja või niiske pinnasega;
- kuigi alguses võis sokli kõrgus olla piisav, 30–60 cm sõltuvalt fassaadi materjalist, hoone ümbruse ja sademevee äravoolu lahendusest, võib nüüdseks olla sokkel oluliselt madalam;
- vundamendi sügavus ja müüritise tugevus võib suures ulatuses varieeruda.



Joonis 1 Erinevaid vundamendilahendusi (Veski 1948, 69).

2. Vea kirjeldus ja sellest põhjustatud probleemid

Kui hoone maakivist sokkel on soojustatud ainult osaliselt (Joonis 2, vasakul), kuid asendatud pole pehkinud veelauda selle kohal ega lisatud ka ilmastiku eest kaitsvat viimistlust, on lahendus kole ja ka tehniliselt hoonet kahjustav. Vana vundamendi ja soojustusplaatide vahele koguneb sodi ning katmata veelaual võib hakata kasvama sammal, mis omakorda hoiab niiskust, soodustades puitosade mädanikkahjustusi ja kiviosade külmakahjustusi. Sokli soojapidavust selline lahendus arvestatavalt ei paranda, kuna külma välisõhu ligipääs soojustusplaadi ja vana vundamendi vahele pole praktiliselt piiratud. Sama joonise parempoolisel fotol on eelmisega analoogiline olukord, kus mälestise sokkel on soojustatud vahtpolüstüreenplaatidega, kuid viimistlemata. Seal on puuduva veelaua ulatuses ülemist serva püütud katta uue veeplekiga. Sellise keldrita puitmaja sokli soojustamine ei mõjuta oluliselt hoone soojakadu, kuid rikub selle välimuse. Päikesekiirgus lagundab katmata vahtpolüstüreeni, mistõttu pole lahendus ajas vastupidav.



Joonis 2 Osaline lisasoojustus ei vähenda oluliselt soojuskadu ja tööd on jäetud lõpetamata (vasakul). Puihoone sokkel on soojustatud vahtpolüstüreenplaatidega, kuid jäetud ilmastiku eest kaitsmata (paremal).

Joonis 3 on osaline sokli renoveerimislahendus. Sokli otsaseina on soojustatud 50 mm vahtpolüstüreeniga, millest väljapoole jääb tuulutusvahe ja tsementkiudplaat. Otsaseinal on veelaud asendatud veeplekiga. Muus osas on taastatud hoone algupärane krohvitud lahendus. Kuna soojustuse paksus on ainult 50 mm, on sellise lahenduse mõju hoone energiatõhususele väga väike. Soklisõlme külmasilla kriitilisus võib siiski mõnevõrra väheneda. Et veepleki ja veelaua liitekohta ei koguneks niiskust, tuleb nende vahele paigaldada 3–5 mm paksune plastist distantsklots, mis hoiab pleki puidust lahus. Vahtpolüstüreeni ots peab olema viimistletud, et väliskeskkonna mõju soojustust ei lagundaks ega suurendaks selle soojuserijuhtivust. Katuselt sademevee juhtimine otse tänavakivile on toonud kaasa taimede kasvu sokli ääres.

Joonis 3 paremal on sillutisega piirnev sokli viimistluseks kasutatud tsementkiudplaat purunenud soojus- ja niiskusdeformatsioonide ning külmakerke tõttu. Samuti on plaat koos veeplekiga kuni 5 cm kerkinud ja muutnud veepleki kalde selgelt hoone poole. Vale kalde tõttu on üsna uue vertikaallaudise otsad mädanikkahjustustega.



Joonis 3 Hoone otsasein on soojustatud ja tsementkiudplaadiga kaetud ja esikülg on vana krohvitud lahendus (vasakul). Sokli soojustuslahendus on märgatavalt tõusnud (külmakerked?), muutes veepleki kalde tugevalt negatiivseks ja purustades viimistluseks kasutatud tsementkiudplaadi.

Joonis 4 on probleemiks lühikese kestvusega sokli viimistluslahendus. Mõlemal juhul on soojustuse sisse (polüuretaan või vahtpolüstüreen) paigaldatud vertikaalsed puitroovid, mille otsad ulatuvad niiske pinnaseni. Maapinnaga kontaktis olev puit hakkab kiiresti mädanema ja puit imab niiskuse ka maapinnast oluliselt kõrgemale. Seetõttu on sellise lahenduse eluiga lühike ja see tuleb peatselt asendada. Soojustada ja hüdrolisatsiooniga katta tuleb ka vundamendi maa-alune osa. Sokli viimistlusmaterjaliks tuleb kasutada vastavale keskkonnaklassile sobivat metallroovi.



Joonis 4 Elamu sokkel on soojustatud puitkarkassi vahele paigaldatud soojustusega: pritsitud polüuretaanvaht (paremal) ja vahtpolüstüreen (vasakul). Puitpostid on kontaktis niiske pinnasega.

Joonis 5 vasakpoolsel fotol toodud vundamendi soojustuse lahendus on puitmajale sobimatu, kuna olemasolev puitkonstruktsioon on uputatud sokli taha. Kuna liitekohad on montaaživahuga tihendatud, ei kuiva vundamendis liikuv kapillaarniiskus (paratamatu vanadel vundamentidel!) enam kusagile mujale kui puitu. See omakorda suurendab mädanikkahjustuse riski seina alaosas. Lisaks on kasutatud fassaadidele mõeldud soojustust, mitte pinnasesse paigaldamiseks toodetud ekstrudeeritud vahtpolüstüreeni (XPS).

Kivist vundamendile on soklisse mõeldud vahtpolüstüreenplaadid sobiv niiskuskindel soojustus juhul, kui nende pikaajaline veeimavus sellesse paigalduskohta sobib. Suurema niiskuskoormuse korral peaks soojustusmaterjalina kasutama ekstrudeeritud vahtpolüstüreeni (XPS) soojustusplaate. Liide seinasojustusega tuleb lahendada nii, et tagatud oleks puitseina kuivamise võimalus väljapoole terves ulatuses. Lisaks on siin jäetud eemaldamata vana voodrilaudis, mis korrektsete

fassaaditööde tegemiseks tuleb lahti võtta, mis omakorda eeldab vundamendisoojustuse osalist lammutamist.

Viga on hoone proportsioonide mitte arvestamine vundamendisoojustuse kavandamisel. Joonis 5 parempoolsel fotol on tervikrenoveeritud elamu, mille sokli laius on üle 30 cm (varieeruv). Joonisel esinevad lahenduse kestvust vähendavad puudused: pleki madal kalle (võib olla lokaalselt negatiivne), puitvooder ulatub plekini (puudub õhuvahe ja laua otsad on kapillaarses kontaktis märja plekiga), soojustusele on liimitud õhukesed paekiviplaadid, mis on hakanud irduma (selline viimistluslahendus soklil pole Eesti kliimas vastupidav). Samm-sammult renoveerimise korral on suurem risk, et teatud aja vältel võivad hoone ja tema sõlmede proportsioonid olla asjakohatud.



Joonis 5 Vundament on soojustatud puithoonele sobimatult (vasakul). Sokkel on soojustamise tõttu muutunud väga laiaks (üle 30 cm).

3. Veast põhjustatud probleemid

Joonis 2 lahenduse puhul ei ole soojustuse potentsiaali ära kasutatud, kuna plaadid ei ole tihedas kontaktis sokliga. See tähendab, et soojuskadu ei ole nendes osades vähendatud, kus soojustusplaat on sokli pinnast eemal. Veelgi enam, selline vahe soodustab sodi ja niiskuse kogunemist ning taimestiku kasvu soklil ja seeläbi kiirendab sokli lagunemist. Ka viimistlemata vahtpolüstüreenplaat laguneb kiiremini, kuna see on otseselt avatud välismõjule (niiskus, UV-kiirgus, kahjurid). Kokkuvõttes on pooliku lahenduse peale raha ja materjal ära kulutatud, soojuskadu on vähendatud minimaalselt, loodud soodsamad võimalused sokli niiskuskahjustusteks ja taimestiku kasvuks ning kiirendatud seeläbi uute ja vanade materjalide lagunemist. Lisaks on selline lahendus esteetiliselt inetu.

Joonis 3 vasakul fotol on kasutatud kahte erinevat lahendust, mis reageerivad ilmastikumõjule erinevalt. Puidu ja pleki erinev mahumuutus vastavalt niiskussisaldusele ja temperatuurile võib tekitada nende liitekohas prao, mis aja jooksul suureneb. Ebatihedusest sisse pääsev vesi liigub konstruktsiooni ning kahjustab peamiselt kivikonstruktsioone külmumis-sulamistsükli toime ja puitkonstruktsioone mikrobioloogilise kasvu läbi. Soojustus otsaseina ja külgliseina liitekohas on keskkonnamõjule avatud ja seetõttu kahjustustele vastuvõtlikum. Sokli niiskukoormust suurendab ka asjaolu, et maapind sokli kõrval on tänavakivi, millelt vihmapiisad põrkavad fassaadile kõrgemale kui pehmema ja ebatasasema pinnaga materjali puhul (nt lahtine multš või muru). Samuti on sademevee äravool katusest suunatud otse tänavakivile, kust see võib mööda tänavakivi vuuke voolata sokli ja vundamendi alla.

Ka ülejäänud joonistel toodud lahendused ei ole eelkirjeldatud põhjustel kauakestvad ja vajavad hiljemalt kümne aasta pärast parandamist.

Kuna vanad looduskivist vundamendid on sageli ebatasase pinnaga, eriti siseküljelt, siis tüüpilise renoveerimismeetmena valatakse vundamendile siledama pinnaga kattekiht, et saaks tihedalt sellele kinnitada plaatsoojustusmaterjali. Lisavalukiht suurendab vundamendi termilist massi ning vähendab samal ajal ruumi soojustusmaterjalile, samuti tähendab lisakiht siseküljel vundamendi kivipinna lähenemist siseruumile, mis muudab vundamendi külmasilla mõju suuremaks ja raskemini isoleeritavaks. Looduskivist vundamendi välisküljele valatud betoonist kattekiht irdub niiskuse ja külmatsüklite tulemusena algsest vundamendist ja kui sinna prakku satub vesi, siis kahjustused kiirenevad. Kui omaniku eesmärk on lisaks sokli välispinna tasaseks valamisele veel ka madalaks jäänud sokkel kõrgemaks valada nii, et betooni taha jääb puitsein, siis puitseina kahjustumine kiireneb ning järgmise remondiga tuleb asendada terve vundament ja pool seina. Seega on betoonist sokli kattevalu üldjuhul vanale majale sobimatu lahendus.

Nagu teistegi renoveerimistööde puhul, on ka soklil suurim probleem pooleli jäänud tööd. Paljudel vaadeldud hoonetel oli sokli soojustus (osaliselt) paigaldatud, kuid viimistluskrohv või -plaat paigaldamata pikemat aega.

4. Hea ehitustava kohane lahendus

Sokli soojustuslahenduse projekteerimisel tuleb arvestada vähemalt järgmiste asjaoludega:

- soklisõlme geomeetria ja propotsioonid ning välispinna viimistlus;
- naabertarindite lisasoojustamise vajadus (kohe või tulevikus);
- vundamendi tugevuse ja kandevõime parandamise vajadus;
- vundamendi külmakerke riski likvideerimine;
- veetõkke ja drenaaži olemasolu ning rajamise vajadus;
- külmasilla kriitilisuse minimeerimise vajadus;
- soojuskadude vähendamise vajadus.

Kui soklisõlme geomeetria ja propotsioonide puhul on sageli etaloniks hoone algne lahendus, siis välisviimistluse materjali valides tuleb arvestada ka materjali kestvusega. Praktika on näidanud, et kestvad materjalid pole puit, lubikrohv, keraamiline tellis. Tsementkiudplaadid lagunevad temperatuuri- ja niiskuspaisumise või mehaanilise vigastuse, nt löögi tõttu. Vastupidavamad ja paremini sobivad lahendused sokli välispinnal on betoon, looduskivi, soklikrohv.

Soklisõlme lisasoojustamisel tuleb hinnata hoone geomeetriat järgmise 20–30 aasta jooksul. Kui hoone on aastaringses kasutuses, tuleb arvestada ka sokliga külgnevate piirdetarindite (välissein, põrand) lisasoojustamisega kas kohe või tulevikus. Korraga renoveerides on tulemus terviklikum ning vähemate lisatööde ja ümbertegemiste tõttu ka odavam.

Kui vundament vajab tugevdamist, tuleb seda teha enne lisasoojustuse paigaldamist. Palkseinte puhul on võimalik hoonet natuke tõsta ja lagunenenud vundamenti tugevdada välisseinte alla valatava raudbetoonist vöö abil.

Külmakerke isolatsioon on vaja paigaldada, kui eksisteerib külmakerke oht: pinnas on külmakerkeline, pinnases on külmuvat vett ja temperatuur vundamendi all langeb alla külmumis-temperatuuri. Keldrita hoone ja madala vundamendi korral on viimane tingimus sageli täidetud. Külmakerke isolatsiooni paksus sõltub hoone kütterežiimist, vundeerimissügavusest, hoone asukohast ja põranda soojustatusest. Üldjuhul on piisav 50 mm paksune ekstrudeeritud

vahtpolüstüreen (XPS) 1 m ulatuses ja nurgapiirkonnas 1,5 m ulatuses sokli välispinnast. Kütmata hoonete puhul peab soojustuse paksus ja ulatus olema suurem (~10 cm ja 1,5 m).

Vundamendimüüri (ja uue rajatava taldmiku) pealispind ja sisemine külgpind kaetakse hüdroisolatsiooniga, milleks sobib näiteks kummibituumen-rullmaterjal või bituumen-võõphüdroisolatsioon (vt Joonis 6, parempoolne, ja Joonis 7). Ebatasane aluspind tuleb tasandada. Kui vundament kaevatakse lahti hüdroisolatsiooni ja soojustuse paigaldamiseks, on mõistlik paigaldada ka drenaažitorustik ja rajada sellele eelvool.

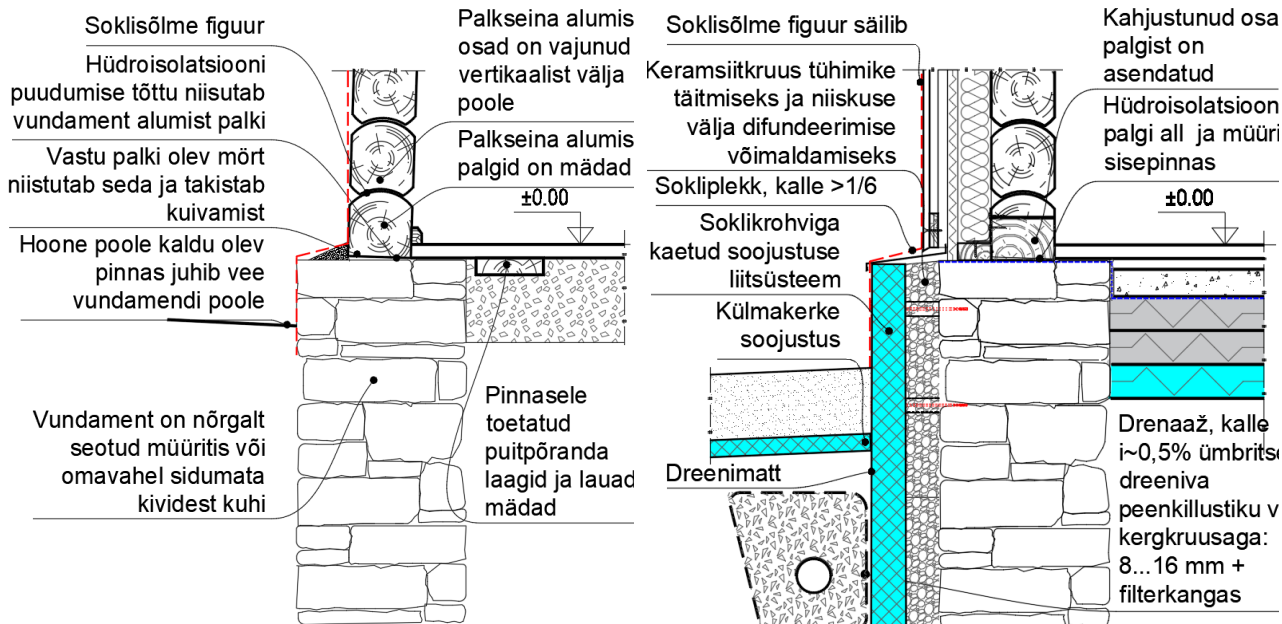
Soklisõlme vajaliku soojustuse paksuse määravad taotluslik soojuskaotamine minimeerimine, külmasilla kriitilisuse vähendamise vajadus, geomeetria võimalused. Soojustuse paksuse baassuurus on 20 cm. Sõlme joonsoojusläbivuse (Ψ , W/(m·K)) ja temperatuurinsektsiooni (f_{RSi} , %) arvutab arhitekt või insener temperatuurivälja tarkvaraga. Pinnasesse paigaldamiseks sobib eelkõige ekstrudeeritud vahtpolüstüreen (XPS, $\lambda_u \approx 0,027-0,036$ W/(m·K)). Väikese tihedusega ja suurema veeimavusega paisutatud, katuse ja välisseina soojustamiseks mõeldud vahtpolüstüreen (EPS) ei sobi pinnasesse paigaldamiseks.

Ebatasase pinnaga vundamenti saab soojustada nii puistematerjalidega (vundamendi ja plaatmaterjali vahe, vt Joonis 6, paremal) kui pihustatavate soojustusmaterjalidega. Kui vundament on lagunened ja vajab kandevõime taastamiseks uuendamist, siis on oluline viia vundamendi külmkiviosa siseruumist võimalikult kaugemale ehk näiteks asendada varasem lai maakiviladu ülemises kihis kitsama ja soojapidavama kergplokiga, kui see ei mõjuta oluliselt hoone välisilmet. Siseruumi poolt on kaalutavad võimalused põranda tasapinna tõstmine vundamendi suhtes ning vundamendi sisenurga lammutamine või ära lõikamine ja niiskuskindla soojustusmaterjaliga asendamine.

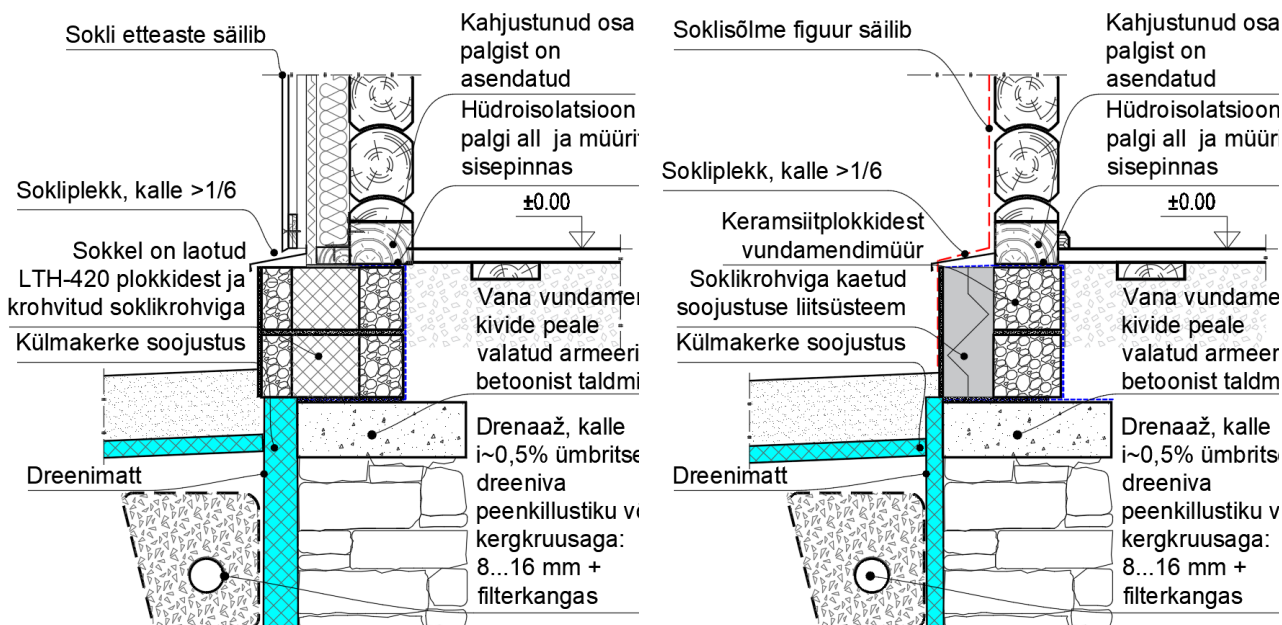
Seinaga liitumisel peab sokli soojustus olema katkestusteta ja samas kihis. Pidev soojustus aitab tagada kõrgema sisepinna temperatuuri põranda ja seina liitekohas ning vähendab soojuskadu läbi liitekohta külmasilla. Niiskustehnilise toimivuse tagamiseks on oluline vältida sademevee immutamist otse sokli ääres. Sademevee ärajuhtimiseks on tarvilik terviklik vihmaveesüsteem katuselt vee ära juhtimiseks. Selleks peab maapinna kalle langema sokli vahetus läheduses hoonest eemale. Kui maja asub piirkonnas, kus pinnase niiskus on kõrge või kus põhjavesi on maapinna lähedal, võib see põhjustada vundamendi ümber liigset niiskust.

Kõige tähtsam on vältida sademevee immutamist kohe soklisse. Sademevee juhtimiseks on erinevaid variante, kuid primaarne on vihmaveerenni ja -torude olemasolu ning toru sülitite juurest vee eemale juhtimine kas sademeveekaevu ja torustiku või betoonist veerennide abil. Sademevesi tuleks juhtida kohta, mis on hoonest piisavalt kaugel ning kus pinnas suudab ka sügisperioodil vee vastu võtta enne, kui veelomp ulatub soklini. Alternatiiv on juhtida sademevesi kraavi või tiiki. Samuti on vajalikud ettevaatusabinõud olukorraks, kus vesi ikkagi jõuab soklini. Selleks on võimalik paigaldada hoone perimeetrisse hoonest eemalduva kaldega PE-kile või veekindel XPS-soojustus (vt Joonis 7).

Sokli soojustuse kaitsmiseks mehaaniliste kahjustuste eest ehituse kestel võib kasutada drenmatte. Korrektsesti paigaldatud drenmatt (vt Joonis 8) juhib sademe- ja sulavee vundamendist eemale ning vähendab materjalide lagunemist niiskuse toimel (külmumine-sulamine, hallitus). Joonisel oleva lahenduse puhul on õigustatud kasutada soojustust EPS Perimeeter, kuna hoone ümbruses on pinnaseveetase madal, drenaaž toimib ja on paigaldatud ka drenmatid. Kui aga hoone sokli ümbruse pinnas on püsivalt niiske, oleks turvalisem kasutada soojustusmaterjali XPS, millel on väiksem pikaajaline veeimavus tänu suletud poorstruktuurile.



Joonis 6 Soklisõlme tüüpilised kahjutused ja nendest tulenev renoveerimisvajadus (vasakul) ja soojustuslahendus (paremal, esitatud koos välisseina ja põranda lisasoojustuse lahendusega).



Joonis 7 Soklisõlme tugevdamine raudbetoonvööga ja lisasoojustamine soojustatud keramsiitplokkidega (vasakul) ja tavaliste plokkidega ning soklikrohviga kaetud soojustuse liitsüsteemiga (paremal, pigem suvise kasutusega hoone lahendus, kuna välisseina ei soojustata).



Joonis 8 Sokli soojustus on maapinnast allpool kaetud drenmatiga, mis kaitseb soojustust tagasitäitmisel mehaaniliste kahjustuste eest. Enne sokli soojustamist on paigaldatud fassaadi soojustuse kihi alumine pruss, mille peale hiljem ehitatakse puitkarkass, mille vahed soojustatakse pehme plaatvillaga. Pruss ja sokli soojustus on kaitstud ehitusaegsete sademete eest väljapoole kaldu oleva bituumenribaga.

5. Viited

1. Arumägi E, Simson R, Kuusk K, Kalamees T, Kurnitski J. Hoonete kuluoptimaalsete energiatõhususe miinimumtasemete analüüs. 2017.
2. ISO 13793:2004. Thermal performance of buildings - Thermal design of foundations to avoid frost heave. 2004.