

Liginullenergia pereelamu



Māris Cimmermanis, insener

Fotod autori albumist

Eelmise aasta kõige energiaefektiivsemate hoonete konkursil kuulutati pereelamute grupis parimaks maja Upesciemsis. Maja on spetsiaalselt ehitatud nii, et oleks vastuvõetav nii elanike kui ka ümbritseva keskkonna jaoks.

Algul piisas meile 42-ruutmeetrisest korterist hruštšovkas. Pere juurdekasvu oodates soetasime kaks korda suurema elamispinna uues majas, ent ka seal tuli leppida piirangutega üldkasutatavatel pindadel. Lõppkokkuvõttes otsustasime saada maksimaalselt sõltumatuteks kõikidest aspektidest, kaasa arvatud energiaressursid, majapidamisteenused, ümbritseva keskkonna müra jne.

Asukoht ja funktsionaalsus

Ostsime krundi Garkalne piirkonna Upesciemsi külas ja alustasime majaehituse planeerimist. Projekteerimine lõppes 2014. aastal, kui nõuet liginullenergia hoonete ehituseks veel polnud, aga normatiivdokumentidega oli soojusenergia (kütmiseks, sooja vee tarbimist arvestamata) kuluks kinnitatud $\leq 80 \text{ kWh/m}^2$ aastas. Sestap ei projekteeritud maja kui liginullenergia hoonet, vaid lähtudes Euroopa Liidu ja Läti normatiividest ja oli selge, et tuleb ehitada energiaefektiivne maja.

Erilist tähelepanu pöörasime maja asukohale ja ruumide funktsionaalsusele. Oli oluline, et ka arhitekt arvestaks ümbritseva keskkonna eripäraga. Arhitekt Roberts Riekstiņš koostas eskiisprojekti, võttes arvesse lõuna- ja põhjakaarte suunad, puude ja metsaistandike asukohad, päikesekiirte ja domineerivate tuulte suunad. Arvesse võeti samuti looduslikud erisused, näiteks: suvel annab kask varju, aga talvel pääseb päikseenergia läbi raagus okste majja.

Hoolikalt sai läbi mõeldud otsus - paigaldada suured aknad lõunaküljele nii, et maja saaks päikeselt soojusenergiat rohkem kui kaotab läbi aknakonstruktsioonide, mille soojuslabilaskvus on umbes viis korda kõrgem kui välisseintel.

Ehitusmaterjalid ja tehnosüsteemid

Järgmiseks sammuks oli ehitusprojekti väljatöötamine koos konkreetsete ehitusmaterjalide ja tehnosüsteemide jaoks vajalike sõlmede ning lahendustega. Ehitamiseks valisime Bauroci poorbetoonist terviklahenduse. See on mugav lahendus, sest kandekonstruktsioonide elemendid - plokid, sillused, vahe- ja katuslaepaneelid tarnitakse ühelt tootjalt.

Ülemaailmne kogemus tõestab, et autoklaavitud poorbetoon on efektiivne ja ökoloogiliselt puhas materjal, mille tooraineteks on liiv, tsement, lubi ja kips. Vastav tootmistehnoloogia võimaldab valmistada ehitusmaterjale, mis on geomeetriliselt täpsed, tolerantsiga kuni $\pm 1 \text{ mm}$, energiaefektiivsed, soojusjuhtivuskoeffitsiendiga (U) kuni $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, tuletundlikkusklassiga A1, survetugevusega kuni 7 MPa. Autoklaavsest poorbetoonist eramaja karbi võib kokku panna kahe-kolme nädalaga.

Hoone poorbetoonist välisseinad kujutavad endast lihtsat ja efektiivset ühekihilist konstruktsiooni, paigaldus- ja ühendustehnoloogia on samuti lihtne - kasutatakse bauroc tootevalikut ja sõlmede tüüplahendusi. Piisavalt kõrge kvaliteediga ehitustöö on jõukoha keskmise kvalifikatsiooniga ehitajale ja isegi kogenud tellijale.

Poorbetoonist hoonetel on boonuseks veel ka positiivsed lisaomadused: soojusinerts, hea soojus- ja heliisolatsioon ja madal õhulabilaskvus. Tänu sellele tekib ruumides meeldiv mikrokliima.



Kiire ja täpne montaaž

Kuna põhjaveetase on konkreetisel krundil madal - alla 10 m, valiti vundamendi jaoks Bauroci tüüpvundamendisõlme lahendus, mis koosneb keramsiitbetoonist plokkidest survetugevusega 5 MPa soojustusest ja välisest 90mm paksusest betoonplokkide kihist. Selline konstruktsioon sobib bauroc ECOTERM+ 500 plokkidest välisseinale. Vundamendiplokkid paigaldati taldmikule, erilist tähelepanu pöörati vundamendi viimasele plokireale, mis rihiti müürisegu abil tasaseks, et saada välisseinale loodis aluspind. Keramsiitplokkidele paigaldati hüdroisolasioon.

Ühekihiliste välisseinte jaoks valiti plokid bauroc ECOTERM+ 500, millest ehitatud seina soojusjuhtivuskoeffitsiendi viimistlust arvestades on $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Väga oluline on see, kui täpselt on laotud esimene Bauroci plokkide rida, sest sellest sõltub, kui sirged tulevad seinad. Bauroci plokkide paigaldustempo on küllaltki kiire: 3-liikmeline brigaad suudab päevas paigaldada 12–15 m³ plokkide. Akende ja uste kohale monteeriti Bauroci armeeritud sillused, kõige pikem neist - garaaživärvate jaoks - on 6000 mm pikk. Need on poorbetoonist sillused, millesse on juba tootmisprotsessi käigus sisse pandud kandev armatuurkarkass. Pärast viimase plokireala ladumist esimesel korrusel paigaldati hermeetilisele kivivilla ribale Bauroci armeeritud laepaneelid. Paneelid telliti tootjalt standardmõõtmetega pikkuse sammuga 200 mm. Armeeritud laepaneelide montaaž sai teostatud kiiresti ja kvaliteetselt: vähem kui päevaga oli kaetud kogu esimese korruse lagi- 200 m². Analoogselt ehitati ka teine korrus. Katusekonstruktsioonis on kasutatud Bauroci laepaneele $h = 250 \text{ mm}$, soojustatud 200-millimeetri paksuse kivivillaga, $U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Paneelid telliti tootjalt standardmõõtmetega pikkuse sammuga 200 mm. Armeeritud laepaneelide montaaž sai teostatud kiiresti ja kvaliteetselt: vähem kui päevaga oli kaetud kogu esimese korruse lagi- 200 m². Analoogselt ehitati ka teine korrus. Katusekonstruktsioonis on kasutatud Bauroci laepaneele $h = 250 \text{ mm}$, soojustatud 200-millimeetri paksuse kivivillaga, $U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$. Paneelidele paigaldati puidust katusekonstruktsioon.

Aurujuhtivuse näitaja tähtsus

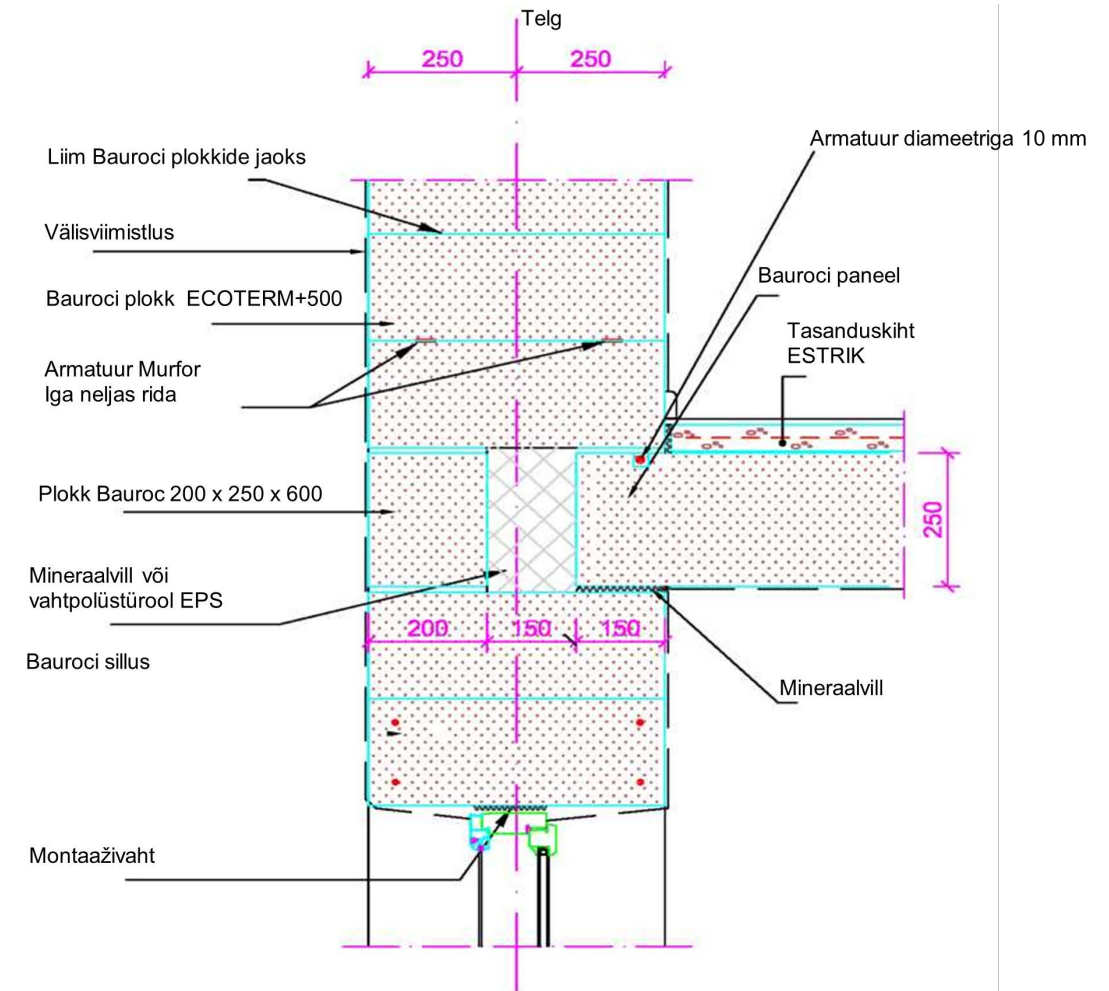
Seinte viimistluse käigus on väga oluline pöörata erilist tähelepanu materjalide aurujuhtivusele, sest sellest sõltub fassaadi vastupidavus. Aurujuhtivuse näitaja peab olema maksimaalselt lähedane seinaplokkide parameetritega. Bauroci poorbetooni puhul on aurujuhtivuse koeffitsient $\mu = 4-6$. Siseseinte puhul soovitatakse kasutada lubitsem- või kipskrohvi, välisseinte jaoks vastava aurujuhtivusega lubitsem- või silikoonkrohvi.

Tasakaalustatud kulud

Soojakadude allikateks eramajas on 40–50% ulatuses piirdekonstruktsioonid: sokkel, põrandad, välisseinad, katus, aknad, uksed. Kindlasti tuleb arvestada ka joonkülmastade mõjuga soojakadudele. Ülejäänud 50–60% soojuskadudest sõltuvad hoone paiknemisest ilmakaarte suhtes, õhutihedusest, välisseinte soojusinerstist, küttesüsteemi, ventilatsiooni ja valgustuse kasutegurist. Kulude tasakaal sõltuvalt piirdekonstruktsioonide U -väärtuste ja tehnoseadmete efektiivsuse valikust peab olema majanduslikult põhjendatud. Pole mõtet soojuslähivuse (U) väärtust maksimaalselt vähendada (näiteks kuni $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$) paigaldades paksu lisasoojusisolasioonikihi kõikidele piirdekonstruktsioonidele ja valides vähem võimsad või vähemefektiivsed kütte- ja ventilatsioonisüsteemid.

Ehitusfüüsikast on teada, et sõltuvus hoone soojakadude ja piirdekonstruktsioonide U -väärtuste vahel ei ole lineaarne. Kui välisseinte soojuslähivus U jääb alla $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$, pole välisseinte soojustamisest olulist majanduslikult kasulikku efekti.

Kõnealuse maja piirdekonstruktsioonide soojuslähivuse väärtus $U = \text{W/m}^2\text{K}$:



Laepaneelide ja välisseinte ühendussõlm

- välisõhuga kontakteeruvad katused ja kattepinna - 0,14;
- välisüksed ja garaažiüks - 1,2 ja 1,4;
- aknad ja terrassiüksed - 0,75.

Ökoloogiliselt puhas küte

Kohe algul keskendusime ökoloogiliselt puhta küttesüsteemi valikule. On tähtis, et süsteem kasutaks oma tööks taastuvenergiaallikaid, sest vaid nii on võimalik saavutada hoone nullilähedane energiatarbimine. Tulevikus plaanitakse paigaldada katusele päikesepatareid elektrienergia tootmiseks.

See võimaldab toota elektrit kõikide majapidamises esinevate vajaduste katmiseks, aga tänu paarile lisapaneelile on võimalik laadida ka elektriautot. Kütteks ja vee soojendamiseks sai valitud Rootsi firma NIBE maasoojuspump F1255, mis on läbinud katsetused põhjamaises kliimas. Pumbal on kõrge kasutegur (COP) 3,18–5,06, energiaarvutustes võeti keskmiseks COP-i väärtuseks 4,12. Sageli unustame inimese jaoks ühe kõige olulisema asja - õhuvahetuse ruumides. Lähtuvalt sanitaarnormidest peab õhk ruumis vahetuma tunni aja jooksul kolm korda, mistõttu on tähtis valida efektiivne ventilatsioonisüsteem, mis tagab kontrollitud soojatagastusega vajaliku värske õhu juurdevoolu ruumis.



Armeeritud silluste montaaž

Maja Upesciemsis on varustatud ventilatsioonisüsteemiga SystemAir, mis tagab eriti külma või palava ilmaga värske õhu juurdevoolu passiivse soojenduse või jahutuse teel, kasutades 30 meetri pikkuse maa-aluse kanali kaudu pinnase püsitemperatuuri (umbes 5 °C).

Hoone energiasertifikaat

Sertifitseeritud energiaaudiitori Sandris Liepiņši arvutused tuginevad Läti valitsuse määruses number MK 348 kinnitatud meetodikale ja kasutatud on ISO13790 monthly demand arvutusreegleid.

Vastavalt valitsuse määrusele number MK 383 klassifitseeritakse ehitis liginullenergia hooneks siis, kui see vastab teatud nõuetele. Kütteenenergia kulu peab vastama A klassile ja ei tohi ületada 40 kWh/m² aastas, tagades samal ajal hoones mikrokliima vastavuse normatiivaktidele. Kütmiseks, sooja veega varustamiseks, mehaaniliseks ventilatsiooniks, jahutuseks ja valgustuseks vajaliku summaarse primaarenergia kulu ei tohi ületada 95 kWh/m² aastas.

Energiatarbimise hinnang:

- kütmiseks - 47,16 kWh/m² aastas;
- vee kuumutamiseks - 16,66 kWh/m² aastas;
- mehaaniliseks ventilatsiooniks - 2,83 kWh/m² aastas;
- valgustuseks - 6,85 kWh/m² aastas;
- täiendavalt - 3,77 kWh/m² aastas;
- üldkasutus: 77,27 kWh/m² aastas;
- primaarenergia üldkulu: 91,51 kWh/m² aastas.

Vastavalt energiasertifikaadile on kütmiseks vajaliku soojusenergia kulu aastas 47,16 kWh/m² ja see vastab B klassi näitajatele, aga primaarenergia üldine kulu 91,51 kWh/m² aastas vastab liginullenergia parameetritele, ehk A klassile. Selleks, et soojusenergia kulu kütmisel vastaks A klassi nõuetele (milleks on 40 kWh/m² aastas) tuleks vähendada akende pindala 10-15%. Ent meie kui majaelanike jaoks pole selline variant vastuvõetav, pealegi on hoonel ka selleta kõrge energiaefektiivsuse näitajad.

Arvutusmeetodi usaldatavus

Vastavalt Euroopa Liidu nõuetele peab arvutusmeetod või arvutiprogramm läbima valideerimise.



Laepaneelide montaaž

Vastavalt valitsuse määruses number 348 toodud reeglitele on arvutusmeetod tõene, kui erinevus tegeliku energiakuluga on väiksem kui 10% ja pole suurem kui 10 kWh/m² aastas.

Kolme aasta jooksul, 2018-2020, möödeti Upesciemsi majas elektrienergia kulu nii küttele kui ka sooja veega varustamiseks, samuti ka ülelektrienergiakulu.

Keskmine elektrienergia kulu küttele ja sooja veega varustamisele oli 15,62 kWh/m² aastas. Energiasertifikaadi järgi on soojusenergia summaarne kulu küttele ja soojale veele on 63,82 kWh/m² aastas.

Ülemineku koefitsienti väärtus elektrienergialt soojusenergiale sõltub küttesüsteemi kasutegurist, täpsemalt NIBE maasoojuspumba F1255 kasutegurist (COP-ist). Tootja poolt on kasuteguriks deklareeritud 3,18–5,06. Kui arvestada keskmiseks kasuteguriks 4,12, tootis pump soojusenergiat koguses 15,62 × 4,12 = 64,35 kWh/m² aastas. Energiasertifikaadis toodud soojusenergia arvestuslik suurus küttele ja sooja veele erineb faktilisest väärtusest 0,82% ehk 0,53 kWh/m² aastas ja vastab määruses number MK 348 toodud nõuetele.

Muljetavaldavalt madalad kulud

Maja, mille üldpind on 278 m², eksploatatsioonikulud:

kütmisele ja sooja veega varustamisele kulus kolme aasta jooksul keskmiselt 51,26 eurot kuus ehk 0,18 eurot ruutmeetri kohta kuus. Aasta keskmine kulu = 2,21 eurot/m².

Nii madal elektrienergia tarbimine saavutati mitte ainult tänu piirdekonstruktsioonide, aga ka tehnosüsteemide õigele valikule.

Tänu poorbetooni soojusinertsile püsib temperatuur majas ka ilma õhu jahutamiseta kuumadel suvepäevadel +22...+23 °C piires. Energiaefektiivsel hoonel peab olema võimalikult väike õhuläbilaskvus. Upesciemsi maja õhutiheduseks on mõõdetud alarõhul 50Pa - q₅₀ = 0,452 m³/m²h, mis on kolm korda väiksem normatiivist - q₅₀ = 1,5 m³/m²h. Soovitav väärtus niinimetatud passiivmajadele on q₅₀ ≤ 0,6 m³/m²h.

Võrdluseks: 2007. aastal ehitatud mitmekorruselise maja korteris, mille köetav pind on 71,5 m² ja mille välisseinad on tehtud keraamilistest 440 mm paksustest plokkidest ning lisaisolatsiooni kiht on 50 mm paksune, kulub küttele ja sooja veega varustamisele keskmiselt 8,93 eurot ruutmeetri kohta aastas - neli korda rohkem kui Upesciemsi majas. Seetõttu on eramajas kasulikum endal sooja toota, kui osta seda tsentraliseeritud soojusvõrgust.