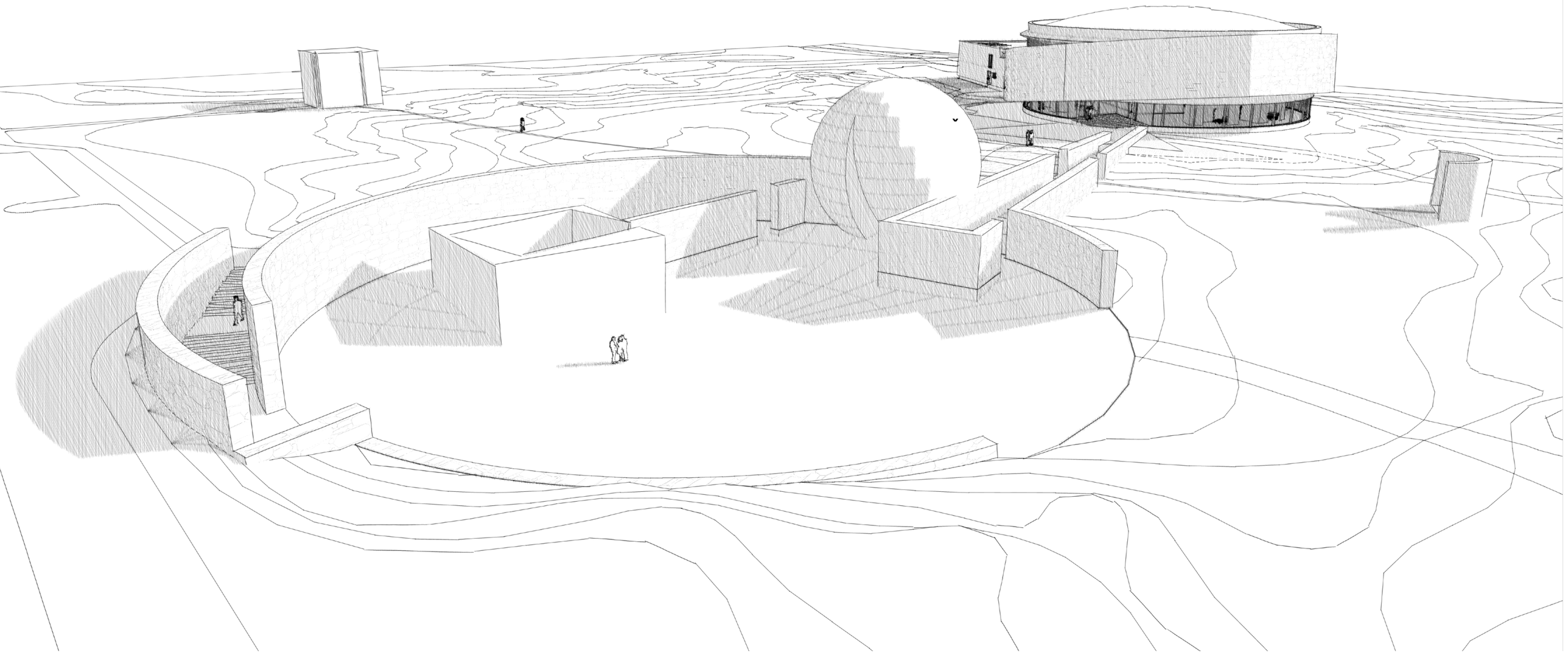
LIIVA KALMISTU TAVANDIHOONE JA MÄLESTUSPARK

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOLI ARHITEKTUURI MAGISTRITÖÖ 2018
MAGISTRANT KRISTJAN PRII, JUHENDAJA ARHITEKT IGNAR FJUK



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Inseneriteaduskond
Ehituse ja Arhitektuuri Instituut

TALLINNA LIIVA KALMISTU TAVANDIHOONE JA MÄLESTUSPARK

MAGISTRITÖÖ

Magistrant: Kristjan Prii

Juhendaja: Ignar Fjuk, arhitekt

Kaasjuhendaja: Anti Hamburg, Tallinna Tehnikaülikool,

Liginullenergiahoonete uurimisrühma ekspert

Konsultandid: Tiina Tuulik, maastikuarhitekt

Rein Einasto, Tallinna Tehnikakõrgkooli geoloogiaprofessor

Kasper Asi, Raamprojekt OÜ, insener

Marko Mäetamm, kunstnik

Abistasid Veiko Vahtrik, Anni Rada ja minu perekond

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus, ja kinnitan, et esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Kinnitan, et antud töö koostamisel olen kõikide teiste autorite seisukohtadele, probleemipüstitustele, kogutud arvandmetele jmt viidanud.

Magistrant Kristjan Prii

_____

allkiri, kuupäev

Juhendaja: Ignar Fjuk

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

_____

allkiri, kuupäev

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

_____

allkiri, kuupäev

Abstrakt

Arhitekti roll ühiskonnas on olla vastutustundlik kunstnik. Otsused, mida arhitekt langetab, omavad laiemat ja pikaajalisemat mõju, kui enamus ülejäänud kunstiliike. Samuti on antud valdkond enim reguleeritud, seda nii juriidiliselt, kui elementaarsete loodusseaduste alusel. Ruumilahendused, mis täna välja töötatakse, peavad ajaproovile vastu pidama. Selleks peab arhitekt nägema hetke kontekstist kaugemale. Kogu edasine projekteerimine põhineb arhitektuursel ideel. Parima võimaliku kompromissi leidmine sügavama idee ja reaalse kuluoptimaalse teostuse vahel on väljakutse.

Arhitektuurne projekt koosneb suurel hulgal erinevatest osadest, olgu selleks siis konstruktiivne osa, valgustus, akustika, tehnosüsteemis vms. Arhitekt ei pea olema spetsialist mingis kitsas alalõigus, mis puudutab hoone erinevaid tehnilisi komponente, küll aga peab ta valdama teemasid ulatuses, mis võimaldab inseneridele lahendada anda teostatavaid ülesandeid. Samuti nägema ja välja pakkuma võimalusi uuenduslike ideede elluviimiseks.

Käesolev magistritöö võtab täpsema vaatluse alla liginullenergiahoone kavandamise printsiibid ja arhitekti rolli soovitud tulemuse saavutamisel. Suuremahuliste projektide elluviimine eeldab meeskonnatööd ja ainuisikuliselt pole see reaalsuses teostatav. Seega on arhitekt osa meeskonnast. Näidatakse arhitektuursete algotsuste mõju projekti edasise arengu ja lõppeesmärgi saavutamise kontekstis. Kajastatakse arhitekti laiemapõhjalist temaatika valdamist, kui vaid konkreetne mahuline projekt.

Samuti vaadeldakse energiasäästliku projekteerimise seadusandlikku tausta ja tehakse ettepanekud meetodite täiustamiseks.

Viiakse läbi projekteeritud tavandimaja ja krematooriumi energiatõhususarvutused dünaamilise energia- ja sisekliima simulatsiooni programmiga IDA Indoor Climate and Energy (versioon 4.8). Kasutatav tarkvara vastab kõikidele energiatõhususe miinimumnõuete määruses toodud arvutustarkvarale esitatavatele nõuetele [1].

Selgitatakse välja kremeerimisprotsessist tekkiva soojusenergia ärakasutamisvõimalused ja analüüsitakse esilekerkivaid tehnilisi ja eetilisi küsimusi.

Abstract

The role of an architect in the society is to be the responsible artist. The decisions that an architect makes have more influence than other types of art and extend to the future. Architecture is furthermore regulated, as well by laws, as by inevitable laws of nature. The architectural solutions of on the space of the today must hold the test of time. Therefore, it is essential for an architect to see out of context of the time. The planning is based on the concept of architecture. The challenge lays in finding the best possible compromise between the grand concept and actual realistic cost-optimal execution.

Architectural design is a complex of the ingredients, may it be structural design, lighting, acoustics, utility systems or others. An architect doesn't have to be an expert in every domain of the technical field, however he should be able to assign duties that are technically feasible to engineers. An architect must also be able to recognize the possibility of an innovation and find the solution to carry out such innovation.

The present master's thesis deals with the principles of designing the near to zero energy buildings and the architect's role in this process. The launching and realizing large-scale projects require team work that sole player can't cope with. Thus, an architect is a member of the team - the team player.

Also, the impact of the initial decisions to the further development of the project and to the final outcome are treated in this master's thesis. The ability of an architect to broaden outside the volumetric project is reflected also in this work.

The background of the energy efficient building regulation and legislation are also dealt with and proposals for amendments are made.

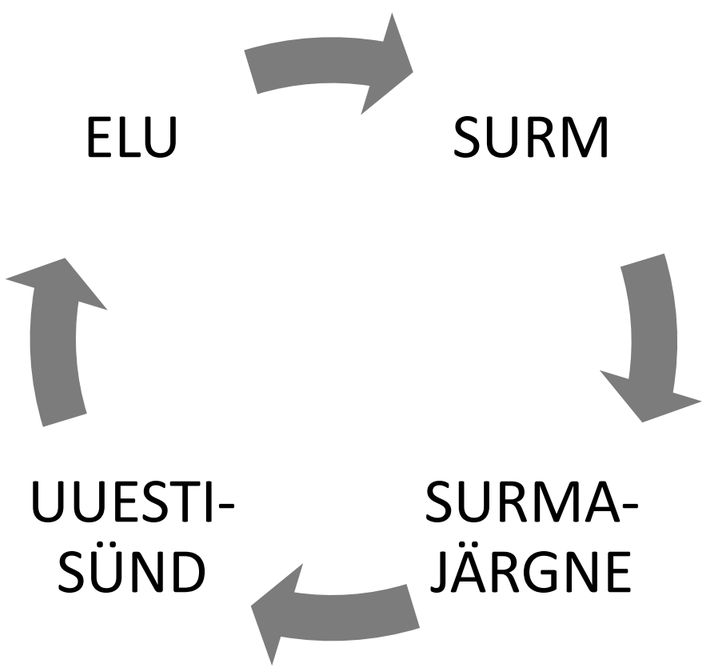
The simulation of the energy efficiency calculations of the designed generic house and the crematorium is conducted with the dynamic energy and inner climate simulation program IDA Indoor Climate and Energy version 8.4.

The used software meets all the established standards that is required with the regulations of the energy efficiency minimum criteria for the software.

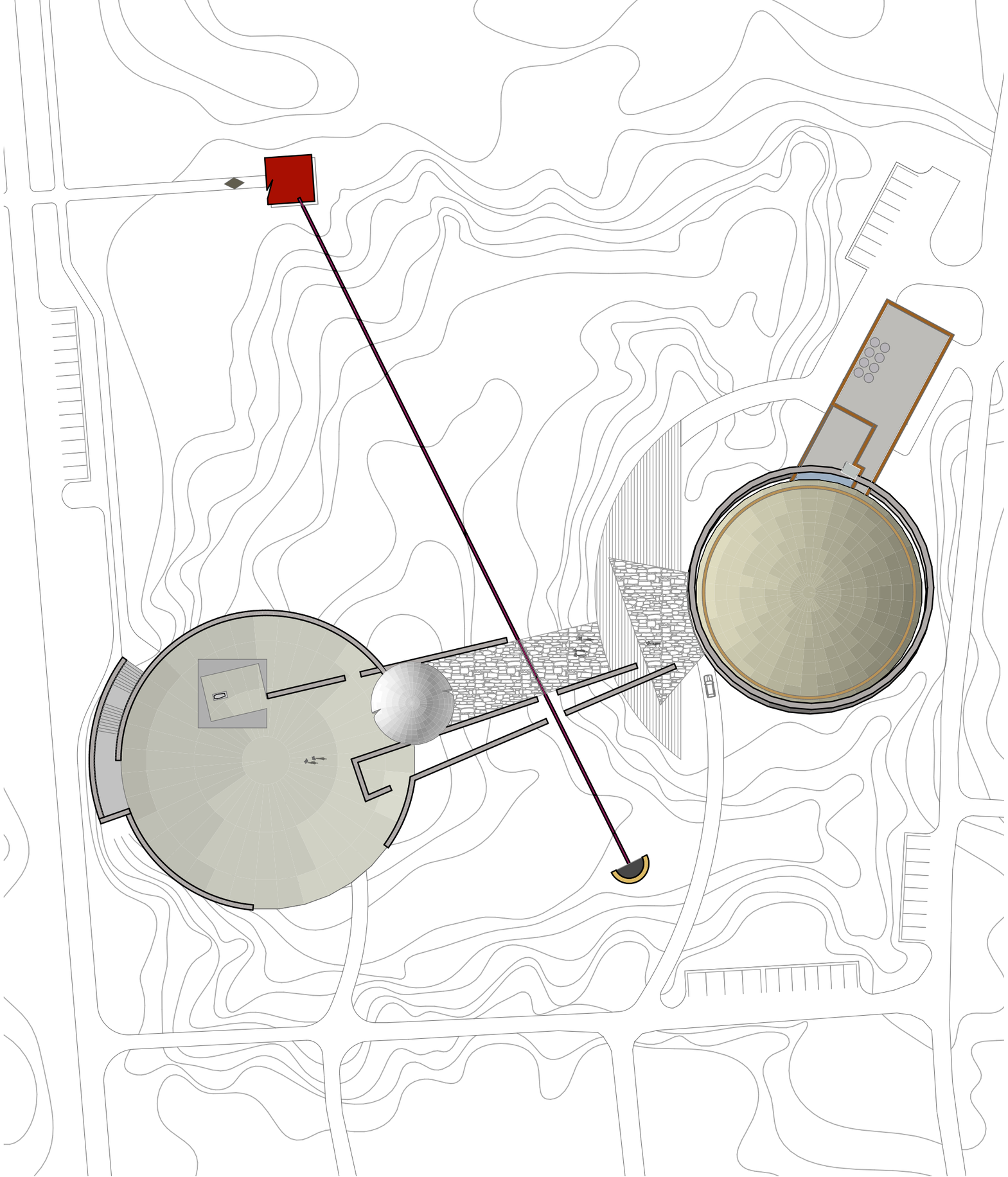
The possibilities to use the thermal energy that is released by the process of cremation are analyzed alongside with the technical and ethical aspects of the matter.

LIIVA KALMISTU TAVANDIHOONE JA MÄLESTUSPARK

Religioonideülese maailmakäsitluse kohalt võime kogu oma olemasolu jagada neljaks järjestikuseks omavahel seotud reaalsuseks



Sogyal Rinpoche “Tiibeti raamat elust ja surmast”, Clemens & Tütred Tallinn 2014



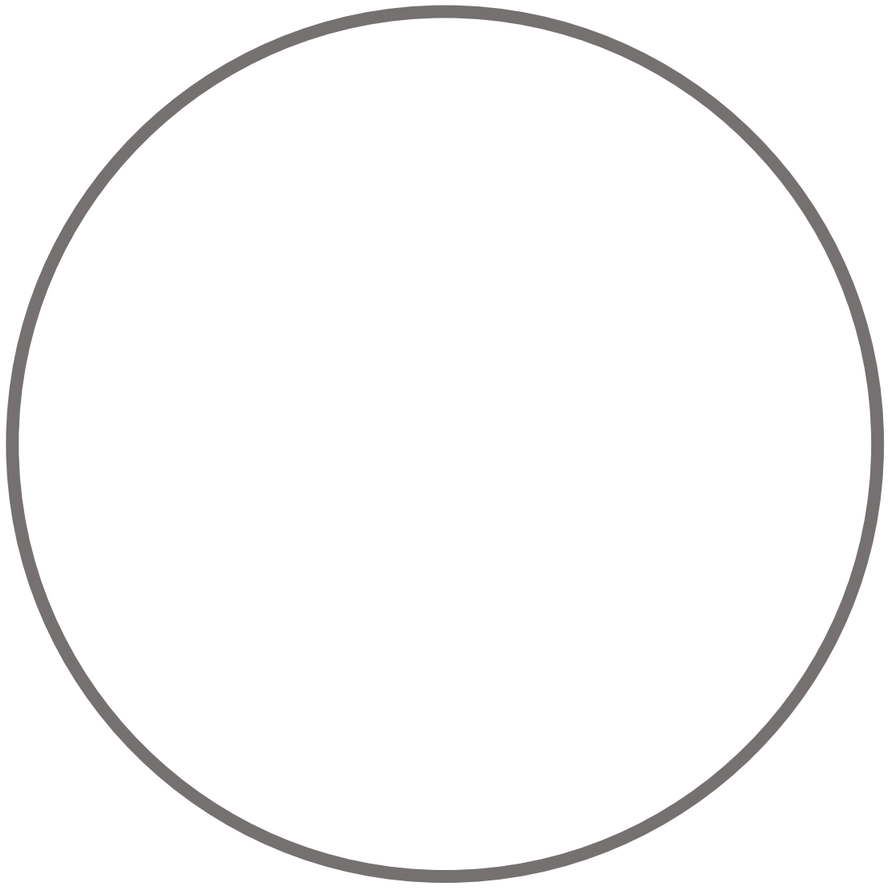
Tavandihoone ja mälestuspargi arhitektuurne idee

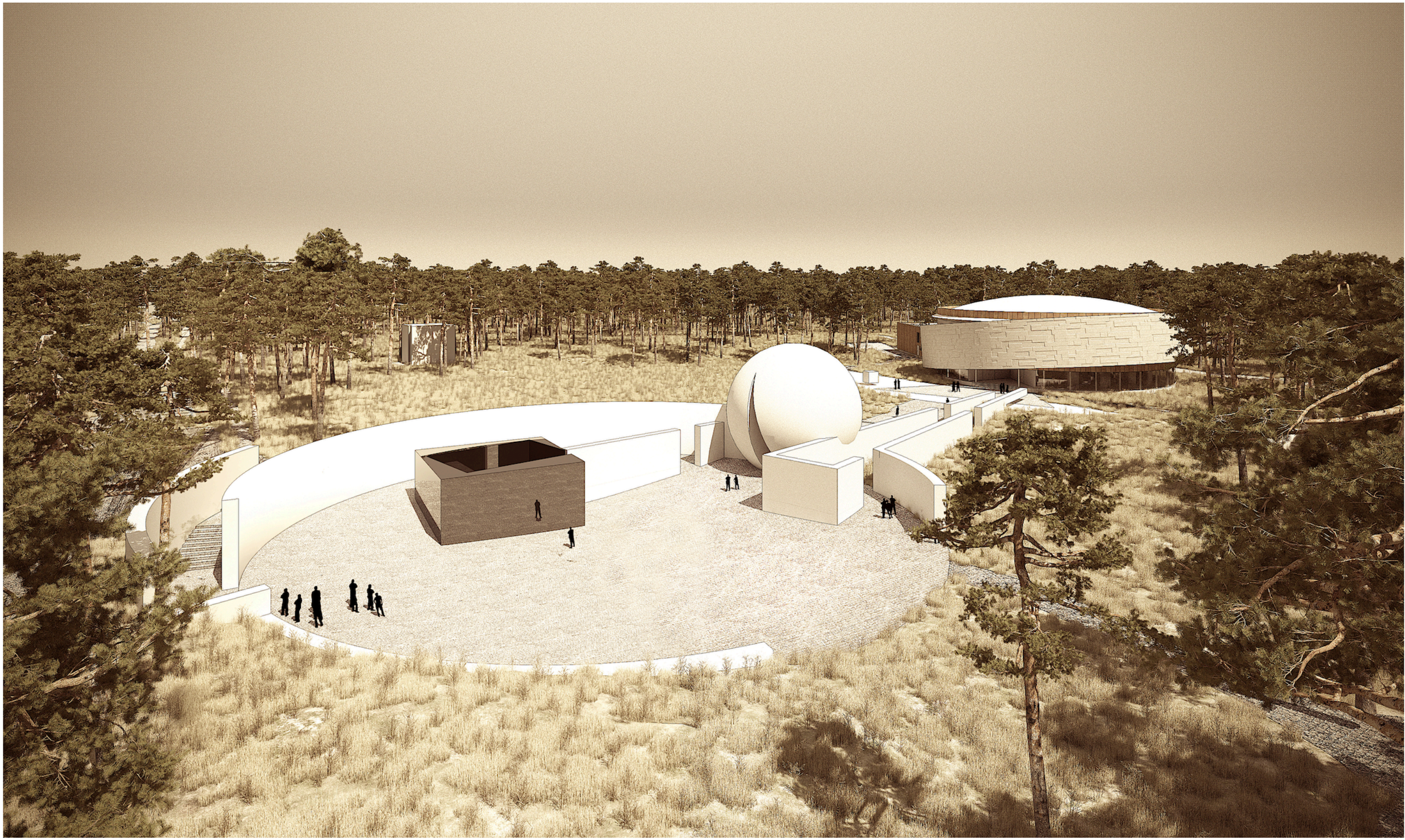
Arhitektuurse lahenduse ideeks on ruumide jada loomine, mis juhatab meid siit ilmast teispoolsusesse. Asendiplaanil vasakult paremale liikudes satume esmalt kausjale väljakule, mis oma avaruse ja ootamatu vertikaallahendusega tekitab esmase taju nihke. Kui siiamaani tulles oleme veel argimõtetes, siis väljaku teise otsa jõudes peaksime olema aru saanud, et see pole päris tavaline ruum, kuhu sattusime.

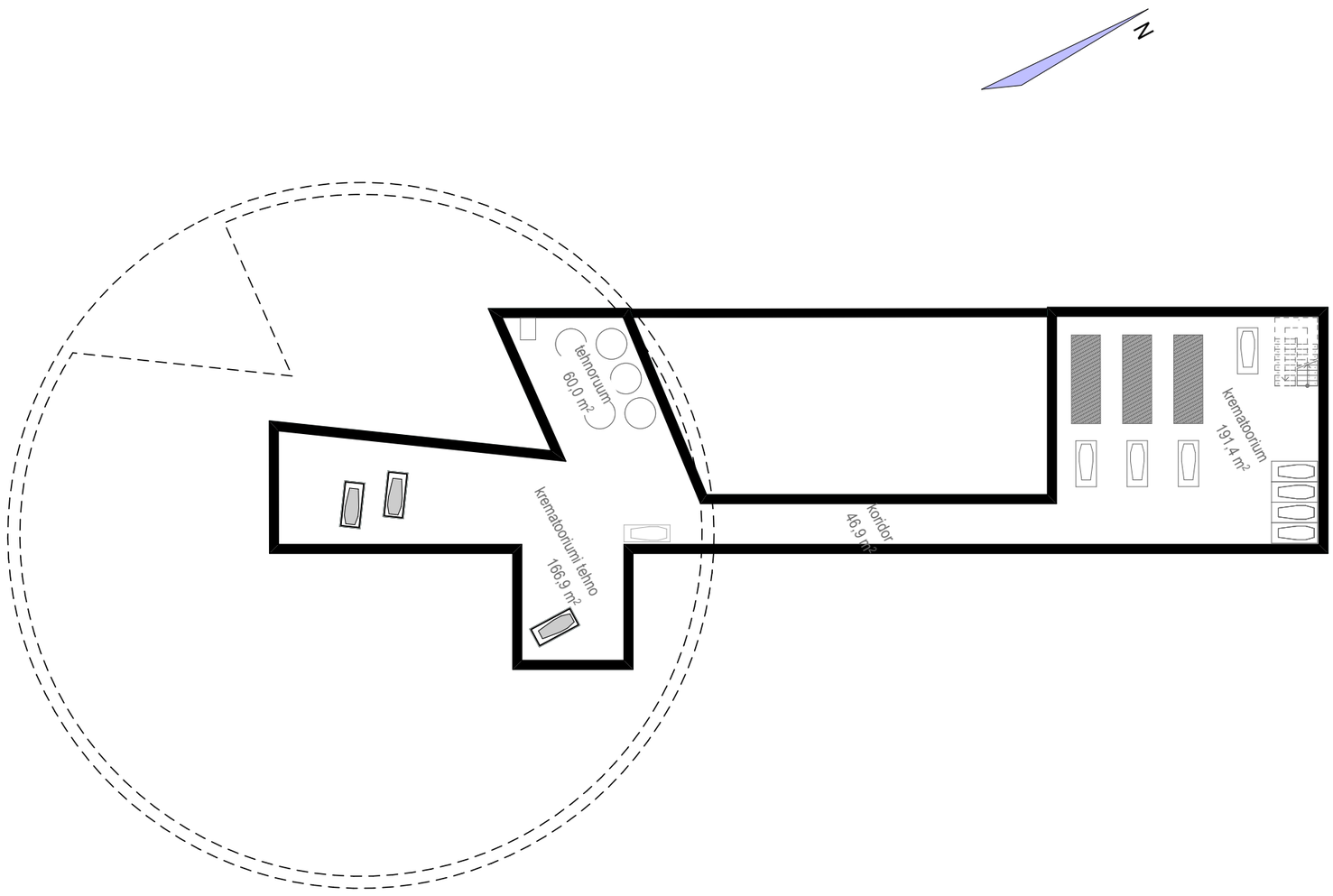
Edasi liikumiseks tuleb läbida portaal, mis ongi väravaks siin- ja teispoolsuse vahel. Värav on niipalju kitsas, et suure rühmana sealt korraga läbi liikuma ei mahu. Ka teispoolsusesse liigume me kõik üksi.

Portaali läbinuna ootab meid ees uus teadvuse nihe, kui näeme õhus hõljuvat paekivirõngast. Materjal, mida oleme harjunud nägema kindlana maas, on sootuks uues olukorras. Oleme jõudnud justkui peeglitagusesse maailma. Tavandihoonesse sisenedes loob kaarjast laest ja jõulistest lühtritest tulenev valgusmäng taaskord uue, ebamaise atmosfääri.

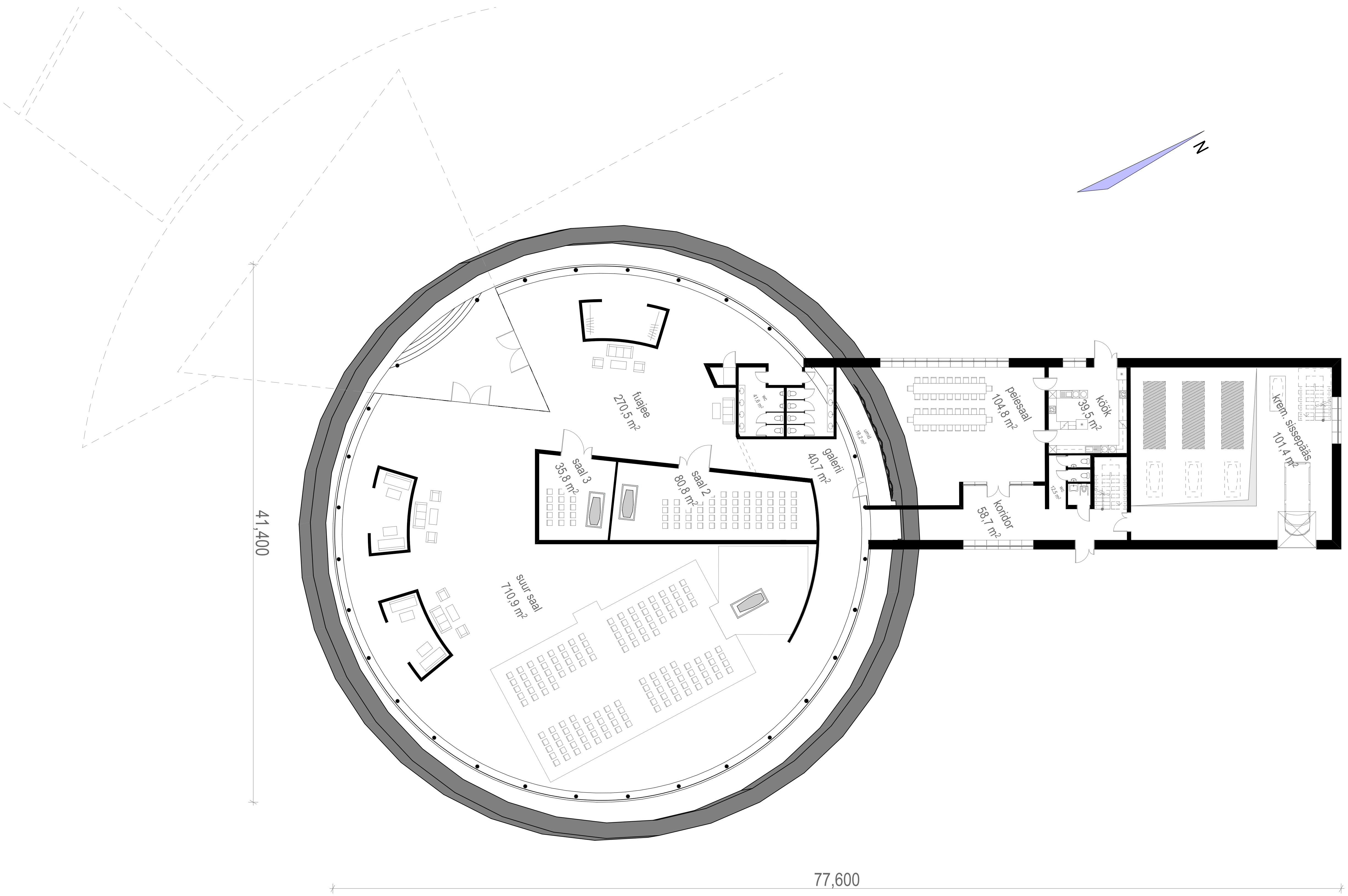
Tiibeti budistliku käsitluse kohaselt koosneb meie elu neljast järjestikkusest etapist, milleks on elu, surm, surmajärgsus ja uuestisünd. Sellest käsitlusest on tuletatud ka tavandimaja arhitektuurne vorm.



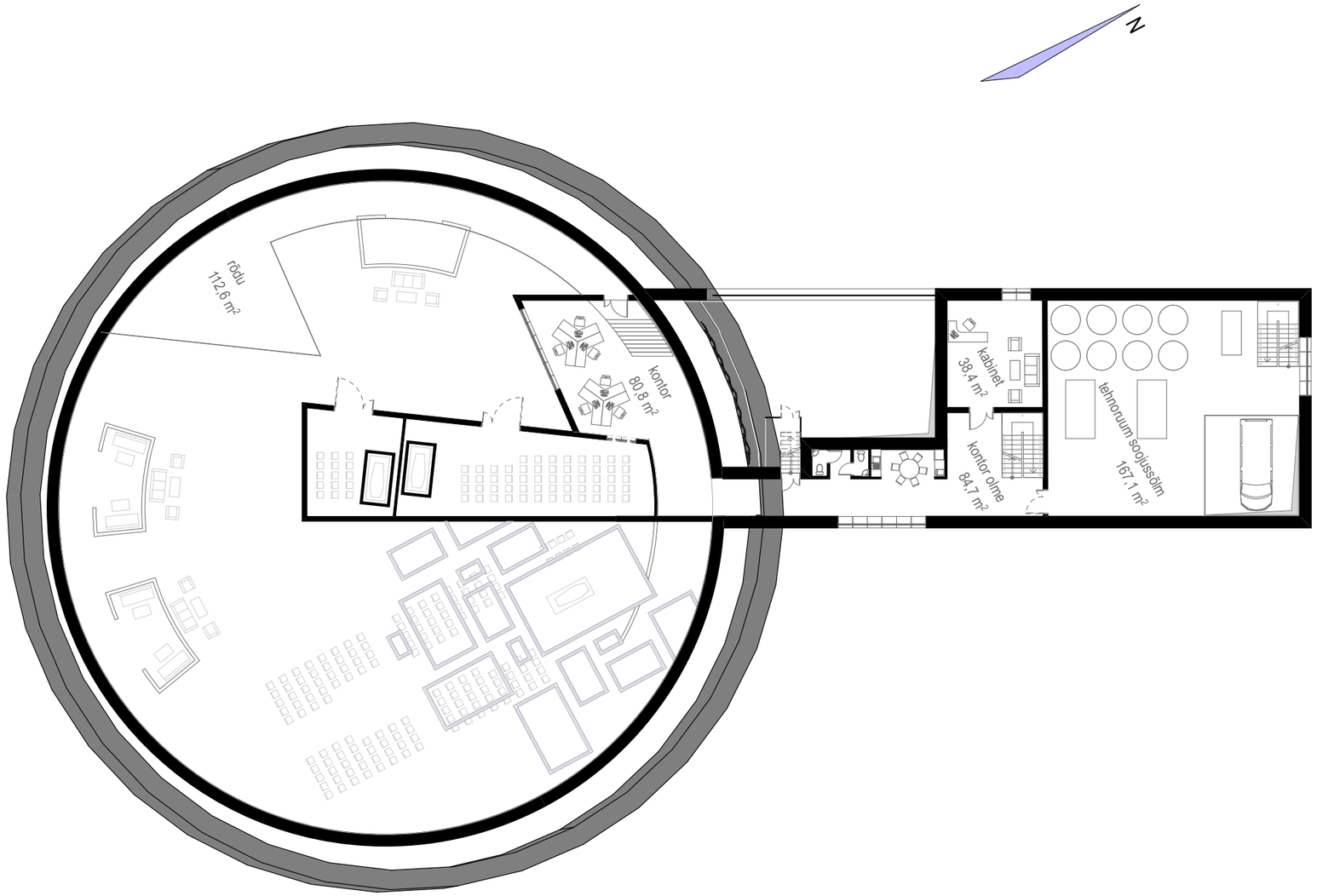




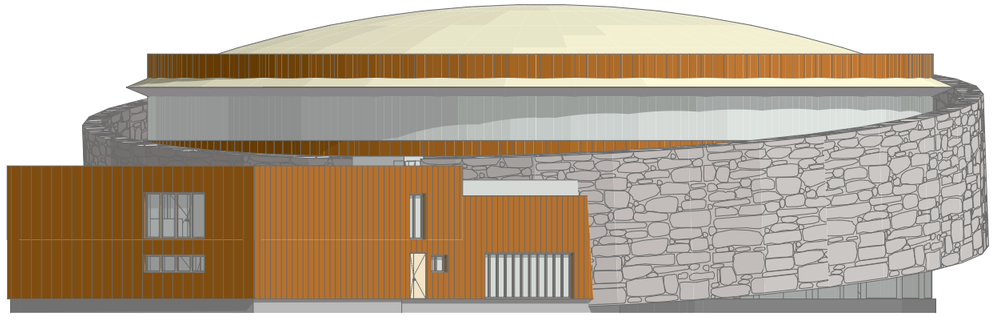
Maa-alune korrus


fuajee
270,5 m2
saal 3
35,8 m2
saal 2
80,8 m2
galerii
40,7 m2
peiesaal
104,8 m2
köök
39,5 m2
koridor
58,7 m2
krem. sissepääs
101,4 m2
suur saal
710,9 m2
41,400
77,600
N

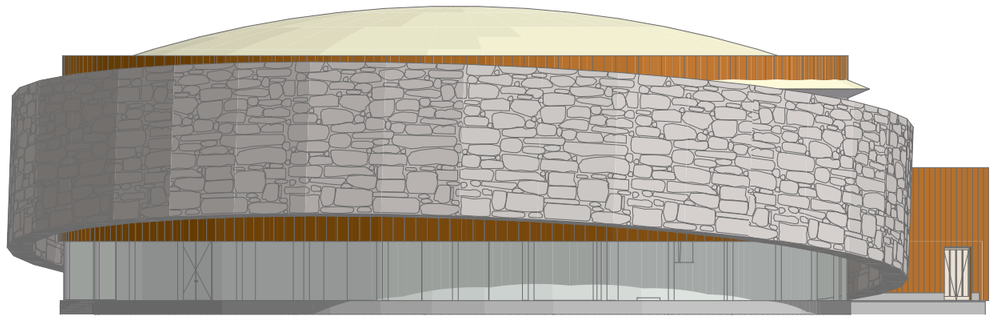
1. korrus


N
rõdu
112,6 m²
kontor
80,8 m²
kabinet
38,4 m²
kontor olme
84,7 m²
tehnoruum soojussõlm
167,1 m²

2. korrus

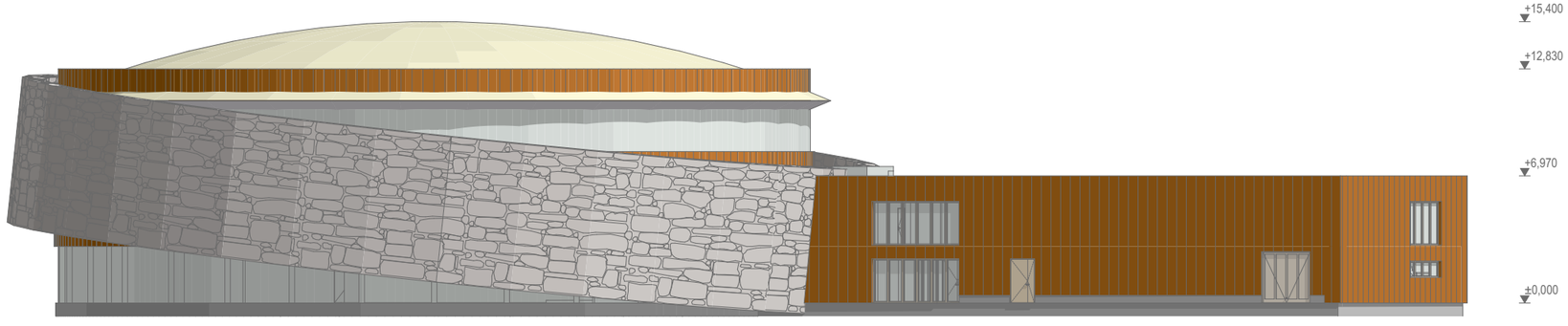


vaade põhjast

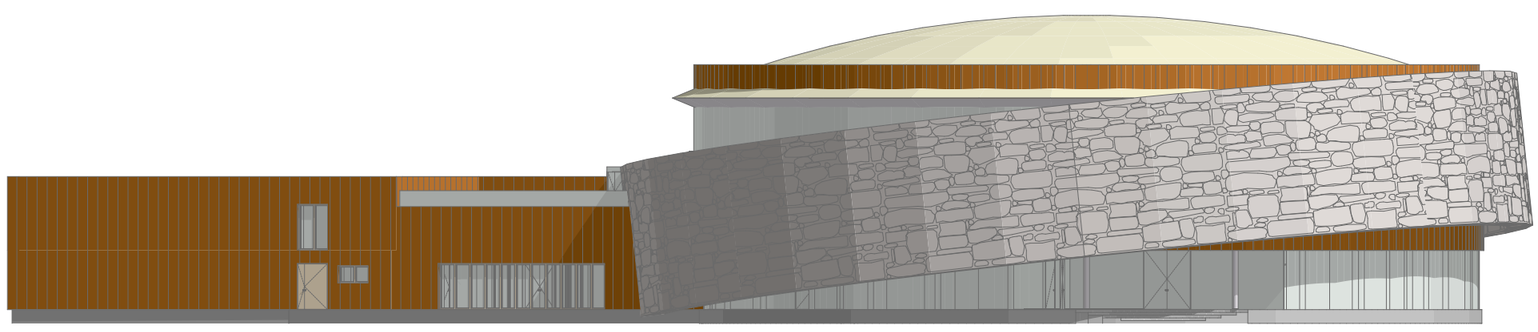


vaade lõunast

Vaated

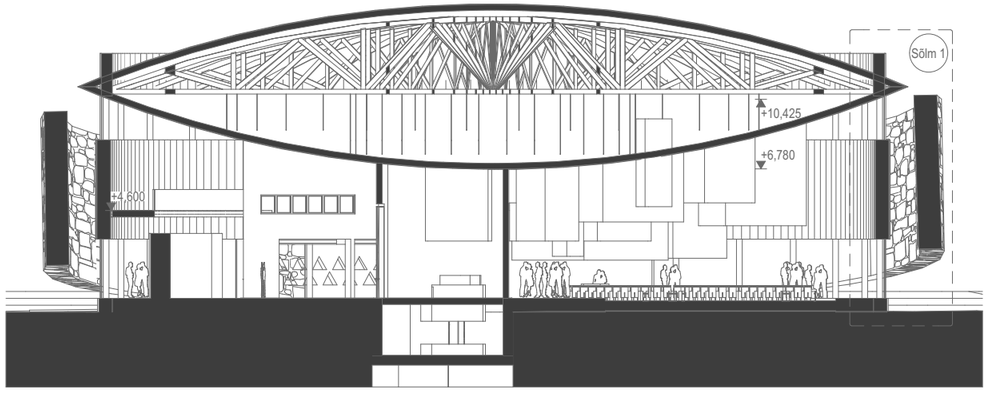


vaade idast

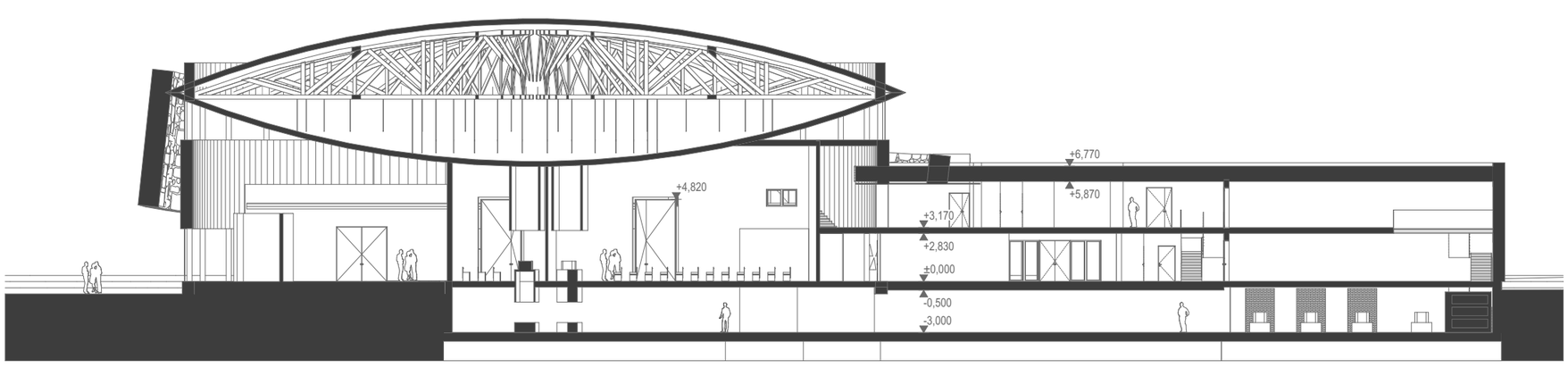


vaade läänest

Vaated

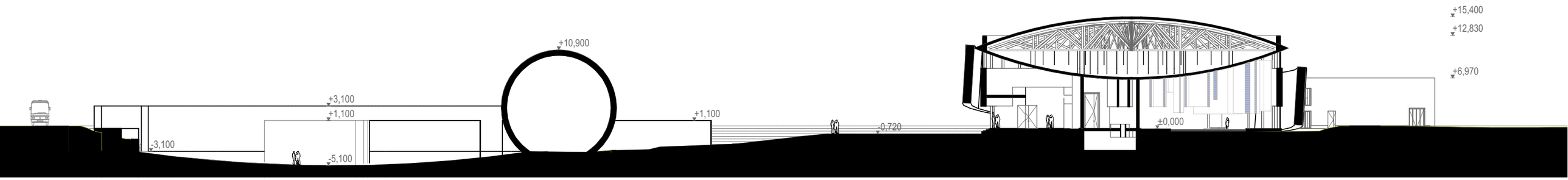


1-1 lõige

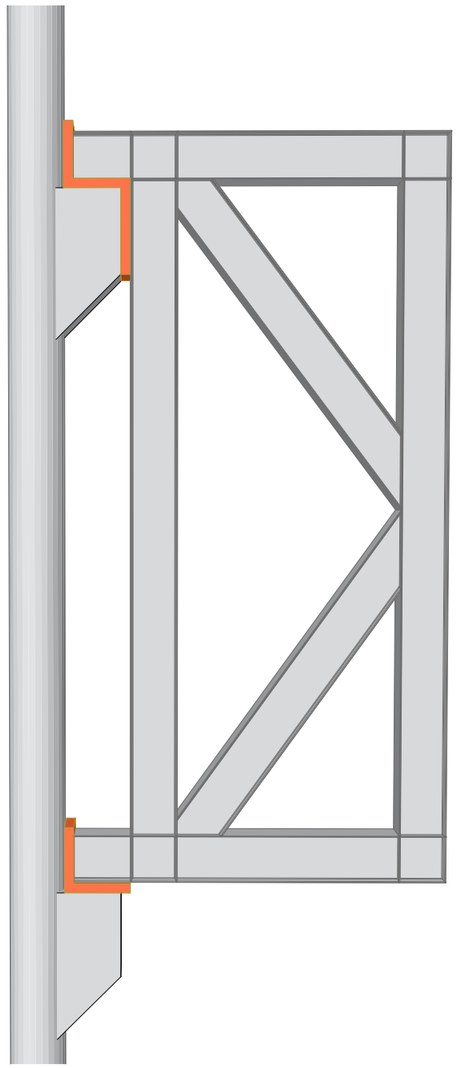


2-2 lõige

Lõiked



Linnaehituslik lõige



Kandekonstruktsioon

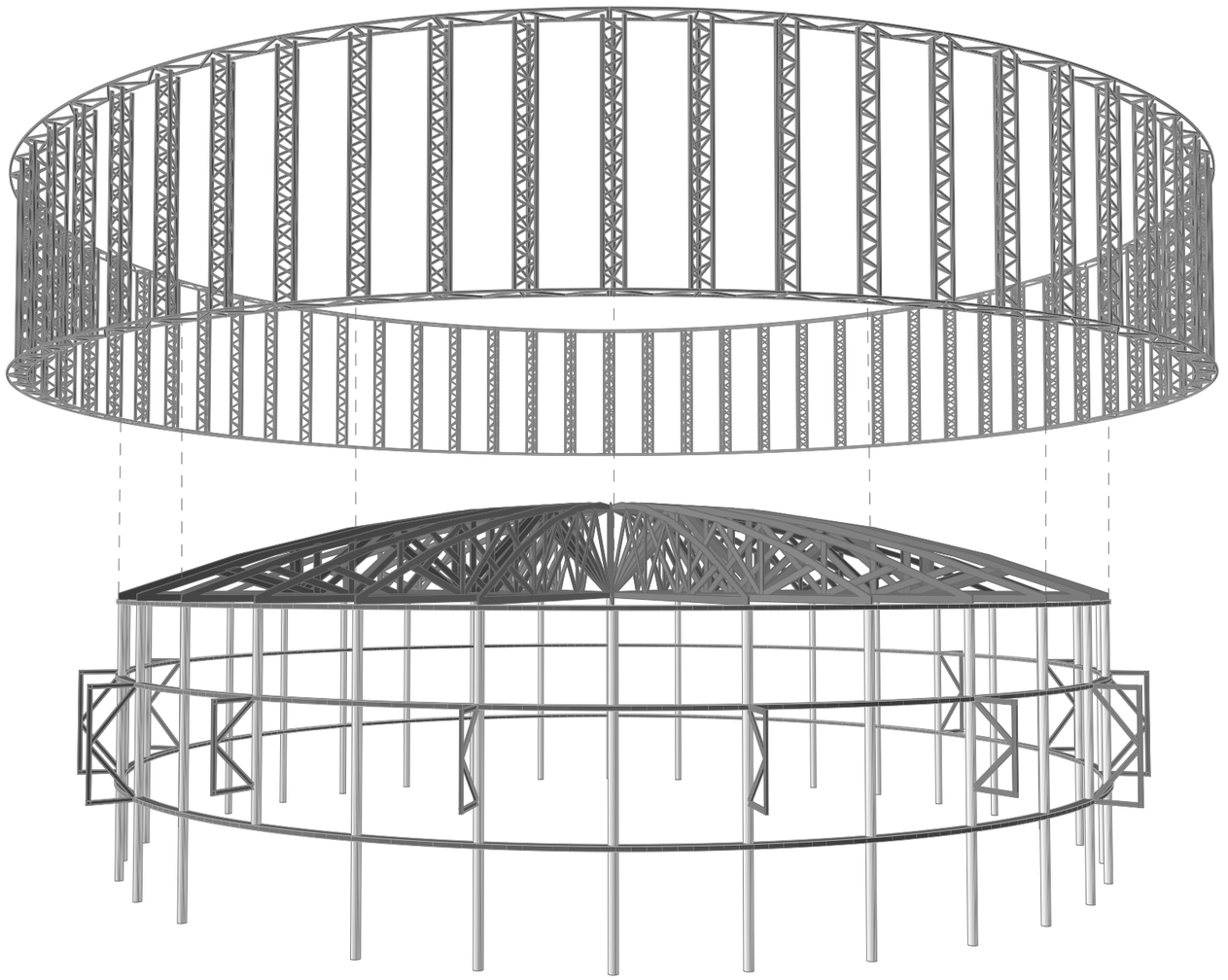
Hoone karkass koosneb teraspostidest ja ruumilistest fermidest, mis on omavahel seotud ringjate vöödega.

Dekoratiivse paekivirõnga karkass on samuti ruumilistest terasfermidest, millele on külge monteeritud kandurid, mis toetuvad hoone kandepostide lõugadele.

Külmasilla katkestus tagatakse survele vastupidava isolatsioonikihi paigaldamisega kanduri ja tugiposti vahele. Poltühenduste rajamine pole vajalik, kuna kokku monteerituna moodustab dekoorielement ringi, mis takistab selle ereldumist hoonest.

Tegemist on autori poolt välja töötatud lahednusega, mille osas on konsulteeritud inseneribürooga Raamprojekt.

Kandur ja tugipost



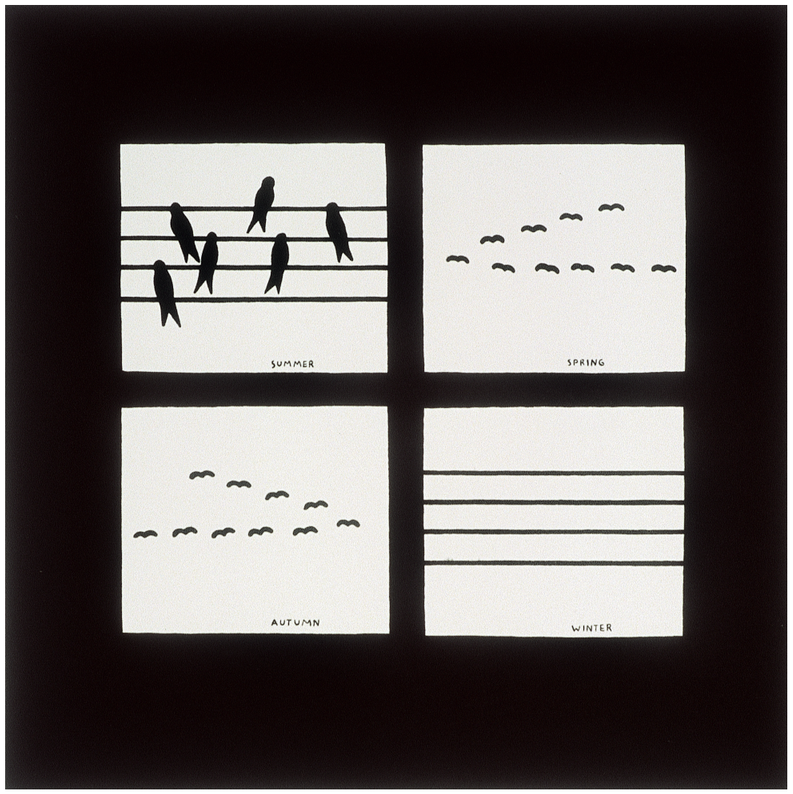
Saaliosa karkass

Interjöör

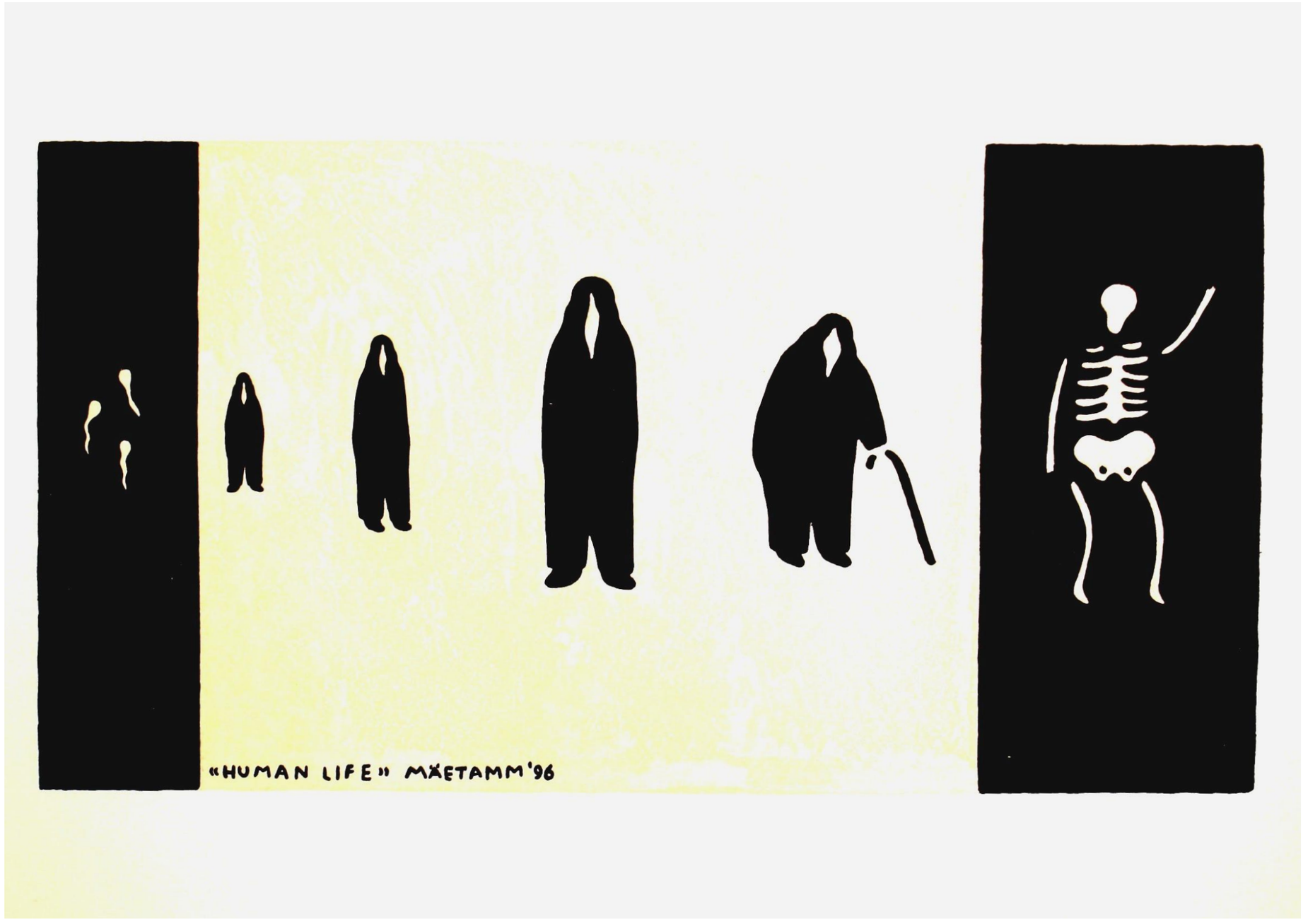
Tasakaaluks välisele rangemale lahendusele, on siseruumides mängulisust ja kergust. Suure saali dominantseteks elementideks on laest alla rippuvad jõulised valguskastid. Kastid on erineva pinnakatte materjaliga ning erineva läbipaistvusastmega, tekitades seeläbi põneva valgusmängu ruumis. Seda siis nii sissepaistva päikesevalguse kui tehisvalguse korral.

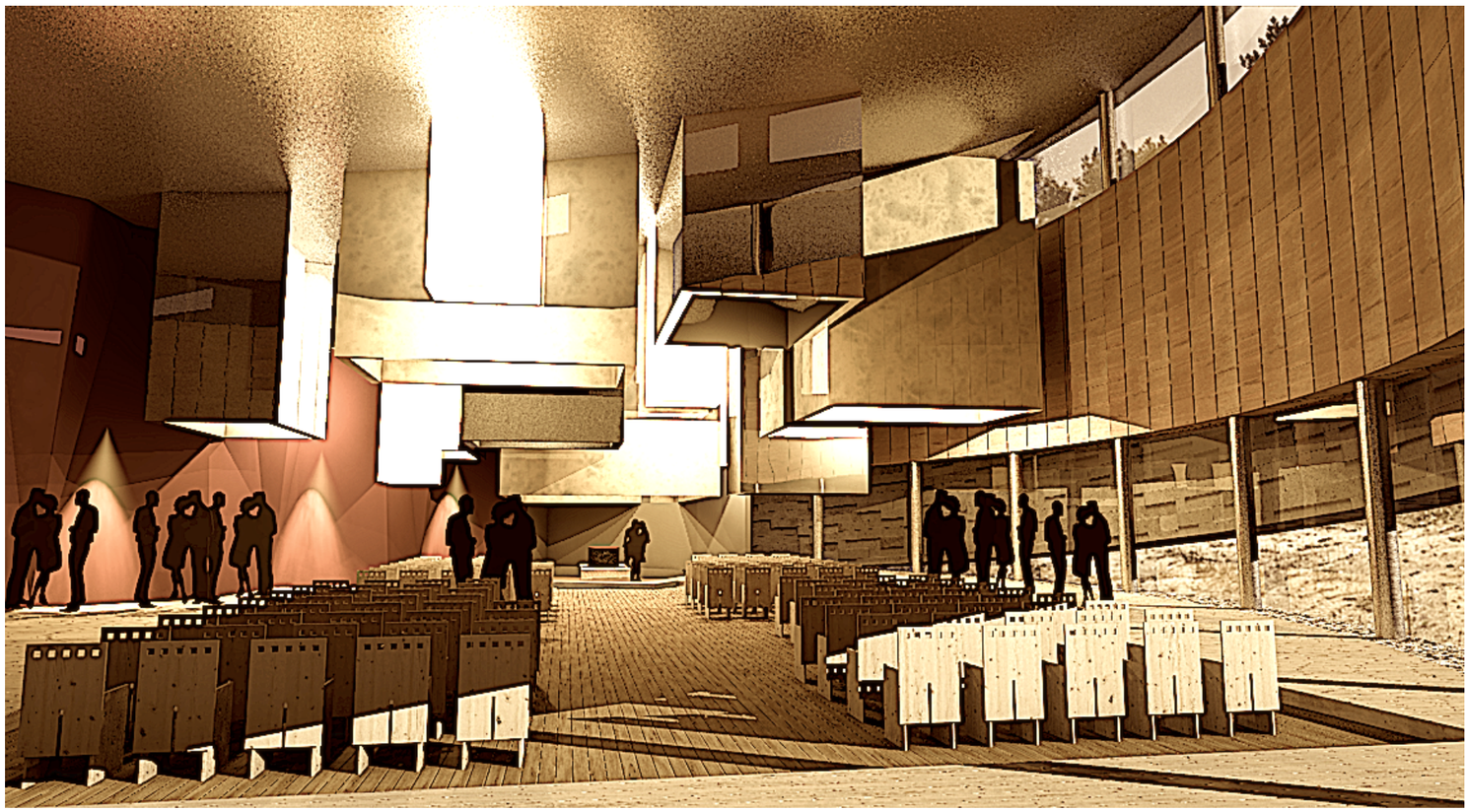
Kõikide saalide puhul on võimalik nende samaaegne kasutus ilma, et tseremooniad üksteist takistaks või häiriks. Selleks näeb arhitektuurne lahendus ette mitteristuvad käigusuunad erinevatesse saalidesse sisenemiseks ja väljumiseks. Lisaeelduseks on kvaliteetsete helisummutavate materjalide kasutus.

Sisekujunduses kasutatakse kaasaegseid kunstiteoseid soovitavalt Eesti autoritelt.



“Aastaajad” Marko Mäetamm 1997


«HUMAN LIFE» MÄETAMM'96



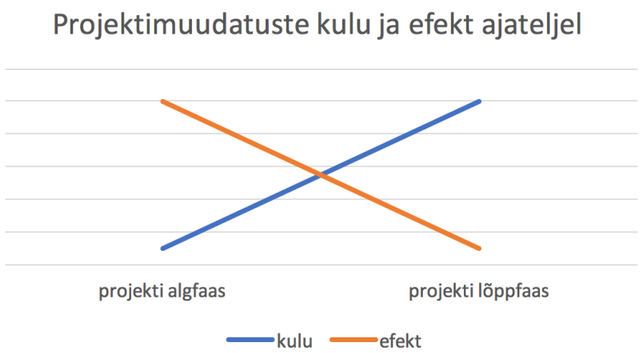
ARHITEKTI ROLL LIGINULLENERGIAHOONE PROJEKTEERIMISEL KREMATOORIUMI NÄITEL

Põhitees

Liginullenergiahoone rajamise eelduseks on kuluoptimaalse energiatõhususe printsiipidest lähtuvad arhitektuursed otsused.

Definitsioon:

Kuluoptimaalne energiatõhusus – energiatõhususe piirväärtus, mille puhul on tagatud hoone elutsükli minimaalsem kogukulu. Kogukulu moodustub ehitusmaksumusest ning iga-aastasest energia-, hooldus- ja käituskuludest [1]. Avaliku hoone puhul võetakse aluseks 20 aasta pikkuse elutsükli nüüdisväärtuse investeerimisarvutus.



JOONIS 1 PROJEKTIMUUDATUSTE KULU JA EFEKT AJATELJEL

Alltees

Hoone tehnoloogia, kasutatavad materjalid ning ehitusvõtted, lokaalselt toodetav taastuvenergia ning muud energiasäästumeetmed toetavad püstitatud eesmärgi saavutamist, kuid ei taga eraldiseisvalt soovitud tulemust. Energiatõhusa hoone rajamine on kompleksne ülesanne, mis baseerub arhitektuursel projektil. Põhimõttelisi vigu, mis on sisse lastud hoone arhitektuurse lahenduse väljatöötamisel on hilisemates etappides raske, kui mitte võimatu korvata. Üldise teadmise alusel saab väita, et projektimuudatuste hind ja saavutatav mõju on ajalisel teljel pöörvõrdelises seoses. Mida hilisemas etapis muudatusi teha soovitakse, seda väiksem on nende efekt, kuid seda suurem ressursi kulu.

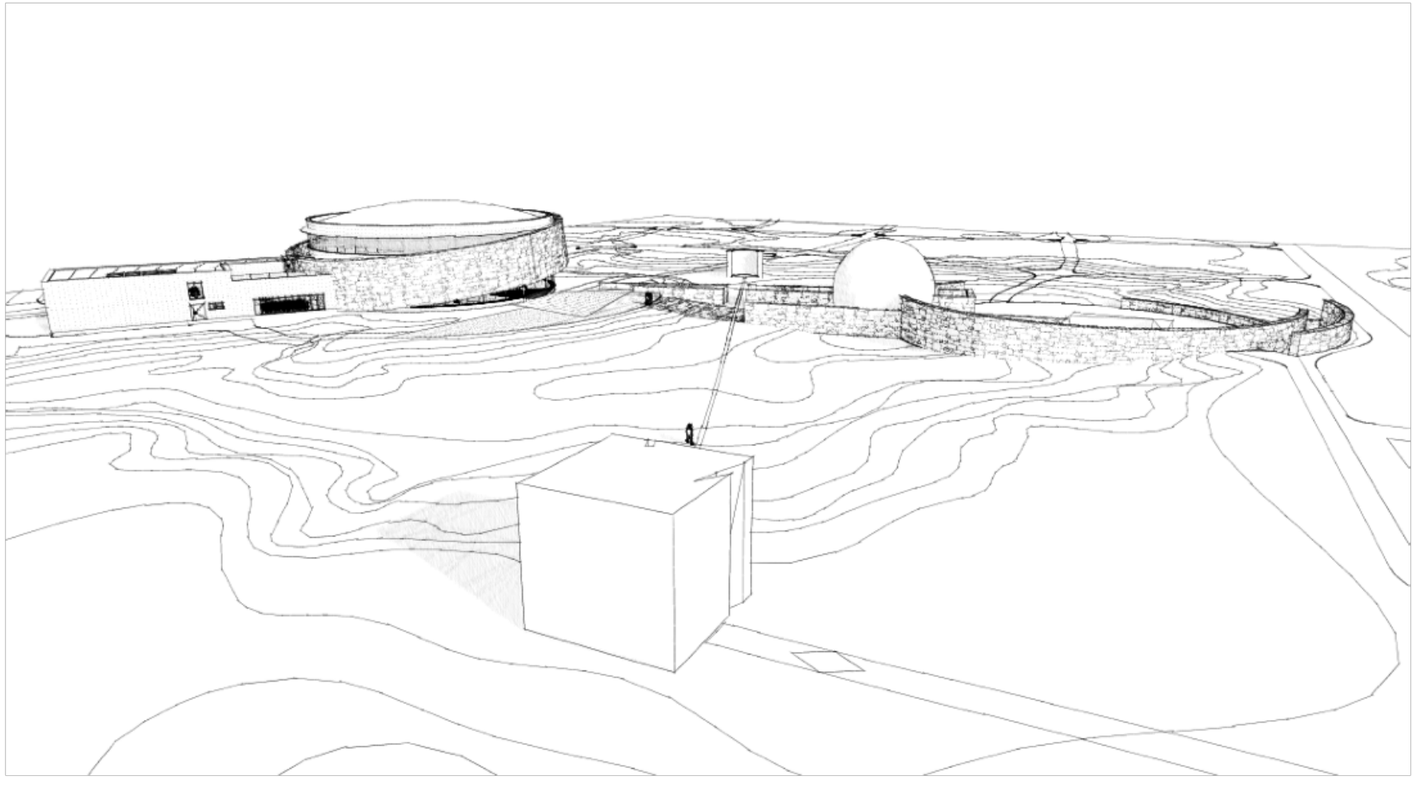
Magistritöö eesmärk

Käesolev magistritöö uurib arhitekti rolli energiatõhusate hoonete projekteerimisel.

Tõestamiseks püstitatakse väide, et arhitekt, pidades juba projekteerimise algfaasis silmas energiatõhususe põhimõtteid, on suuteline minimaalsete kompromissidega looma esteetiliselt nauditavaid hooneid, mis on ka majanduslikult ja keskkonnasäästlikult heal tasemel.

Erinevalt konkreetse alalõigu eest vastutavast spetsialistist, on arhitekti ülesandeks igal projekteerimisetapil hoomata loodavat tervikut. Selleks peab arhitekt end kurssi viima ka valdkonnaga, mille tarvis hoonet luuakse; selle kultuuriliste, majanduslike ja tehnoloogiliste eripäradega.

Läbi konkreetse objekti näite tuuakse välja liginullenergiahoone projekteerimisel esilekerkivad küsimused ja leitakse neile lahendused viisil, mis ei eelda algse arhitektuurse kontseptsiooni hilisemat põhimõttelist ümbertegemist ja sellega seoses lähteidee kunstilise külje hägustumist või sootuks kaotsiminekut.



Probleemipüstituse taust

Hoonete energiatarbimine moodustab Euroopa Liidus umbes 40% kogu energiakasutusest, mistõttu on jätkusuutlikkuse tagamiseks oluline hooneid planeerida, projekteerida ja ehitada ressursisäästlikult [2].

Alates 2000-ndate aastate algusest on hoonete energiatõhusama ehituse teema järjest aktuaalsemaks muutunud. Elanikkonna teadlikkus energiatõhusa ehitamise positiivsetest majanduslikest ja keskkonnakaitse mõjudest on tõusnud ja protsessi survestab tagant seadusandlik regulatsioon.

Antud olukorras peavad ehitusprotsessis osalejad olema pädevad käsitlema kaasaegseid projekteerimisvõtteid ja vastavat tarkvara ning end pidevalt täiendama. Arhitekti roll siinkohal on võtmetähtsusega, kuna kogu edasine projekteerimine põhineb reeglina arhitektuursel projektil.

Liginullenergiahoonete projekteerimine on riiklik sund. Eesti, Euroopa Liidu liikmena, on võtnud endale kohustuse järgida Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiive ja nende põhjal kehtestanud “Energiamajanduse korralduse seaduse” (Riigikogu 16.06.2016) [5] ja Majandus- ja Taristuminister välja andnud määruse nr. 55 “Hoonete energiatõhususe miinimumnõuded”, mille §19 lõikes 2 ja 3 öeldakse:

(2) Riigi- või kohaliku omavalitsuse asutuse kasutuses või omandis oleva sisekliima tagamisega hoone energiatõhususarv ei tohi ületada liginullenergiahoonele kehtestatud piirväärtusi, kui hoone ehitusluba väljastatakse või ehitusteatis esitatakse ja hoone püstitatakse pärast 2018. aasta 31. detsembrit [1].

(3) Kui sisekliima tagamisega hoone ehitusluba väljastatakse või ehitusteatis esitatakse ja hoone püstitatakse pärast 2020. aasta 31. detsembrit, siis ei tohi hoone energiatõhususarv ületada liginullenergiahoonele kehtestatud piirväärtust [6].

Antud regulatsioonid annavad selge suunise, millisel energiatõhusustasemel peavad tulevikus hoonete projektid olema. See lihtsustab ühtpidi projekteerija jaoks lähteülesande püstitust, teisalt seab kõrgendatud nõudmised projekti koostamiseks ja eeldab erialaspetsialistide kaasamist juba projekti algfaasis.

Liginullenergiahoone definitsioon

Liginullenergiahoone mõiste on välja toodud Majandus- ja taristuministri 01.07.2015 määruses nr. 55 “Hoone energiatõhususe miinimumnõuded”, §7 lõige 1 ja ütleb järgmist: liginullenergiahoone on parima võimaliku ehituspraktika kohaselt energiatõhususe- ja taastuvenergiatehnoloogia lahendusega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone, mille energiatõhususarv on suurem kui 0 kWh/(m^2a), kuid mitte suurem kui käesolevas paragrahvi lõikes 2 sätestatud piirväärtus [6].

HOONE		KWH/(M^2A)
1)	**VÄIKEELAMU**	50
1)	**KORTERELAMU**	100
1)	**BÜROOHOONE, RAAMATUKOGU JA TEADUSHOONE**	100
1)	**ÄRIHOONE**	130
1)	**AVALIK HOONE**	120
1)	**KAUBANDUSHOONE JA TERMINAL**	130
1)	**HARIDUSHOONE**	90
1)	**KOOLIEELNE LASTEASUTUS**	100
1)	**TERVISHOIUHOONE**	270

TABEL 1 MAJANDUS- JA TARISTU MINISTRI MÄÄRUS NR. 55, §7, LÕIGE 2 LIGINULLENERGIAHOONE SUURIM LUBATUD ENERGIATÕHUSUSARV [6]

Probleemipüstituse taust

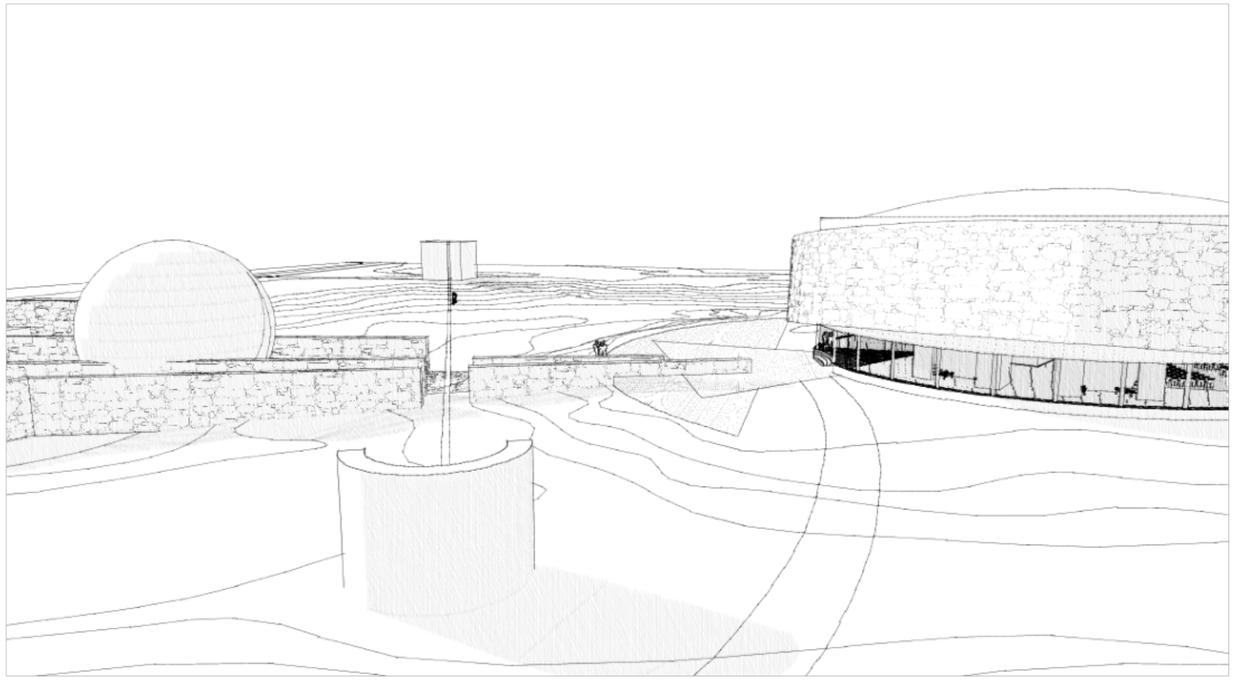
Tõstatub küsimus liginullenergiahoone taseme saavutamiseks tehtavate lisainvesteeringute tasuvuse kohta. Siinkohal toetatutakse antud magistritöös Tallinna Tehnikaülikooli ehituse ja arhitektuuri instituudi liginullenergiahoonete uurimisrühma poolt 2017 aastal avaldatud uurimusele “Hoonete kuluoptimaalsete energiatõhususe miinimumtasemete analüüs” [7].

Käesolevas uuringus teostati kuluoptimaalsete energiatõhususe tasemete arvutused uutele ja oluliselt rekonstrueeritud hoonetele. Vastavalt hoonete energiatõhususe direktiivile tehakse kuluoptimaalsuse arvutused iga viie aasta tagant ning esmakordselt tuli need arvutused teha 2012 aastal (Eesti arvutused tehti juba 2011 aastal) [7].

Kuluoptimaalsuse arvutused on tehtud investori finantsarvutuse ja makroökonoomilse arvutusena. Finantsarvutuses arvestatakse kõikide maksude, raha ning energia kallinemisega. Makroökonoomiline arvutus teostatakse ilma käibemaksuta ning arvestatakse CO_2 heitmete maksumusega. Tundlikkuse hindamiseks on arvutused tehtud erinevate intressitasemetega [7].

UUTE HOONETE KULUOPTIMAALSED ENERGIATÕHUSUSARVUD JA LISAMAKSUMUS. VÕRDLUSEKS ON LISATUD 2011 AASTA KULUOPTIMAALSED ENERGIATÕHUSUSARVUD JA LIGINULLENERGIA NÕUDED. HOONE	2011 AASTA KULUOPTIMAALNE KWH/(M²A)	KULUOPTIMAALNE KWH/(M²A)	LIGINULLENERGIA A (A KLASS) KWH/(M²A)	LISAMAKSUMUS €/M²
VÄIKEELAMU 100 M²	-	79	100	55
VÄIKEELAMU 200 M²	140	87	80	67
RIDAELAMU	-	71	80	36
KORTERELAMU	145	103	100	23
BÜROOHOONE	140	93	100	23

TABEL 2 UUTE HOONETE KULUOPTIMAALSED ENERGIATÕHUSUSARVUD JA LISAMAKSUMUS. VÕRDLUSEKS ON LISATUD 2011 AASTA KULUOPTIMAALSED ENERGIATÕHUSUSARVUD JA LIGINULLENERGIA NÕUDED [7].



Projekti osad

Edaspidi käsitletakse töös konkreetset objekti, mille projekteerimispõhimõtete ja hilisemate energiaarvutuste põhjal tuuakse välja probleemsed etapid. Objektiks on käesoleva magistritöö raames Tallinnasse, Liiva kalmistu territooriumile rajatav tavandihoone koos krematooriumiga.

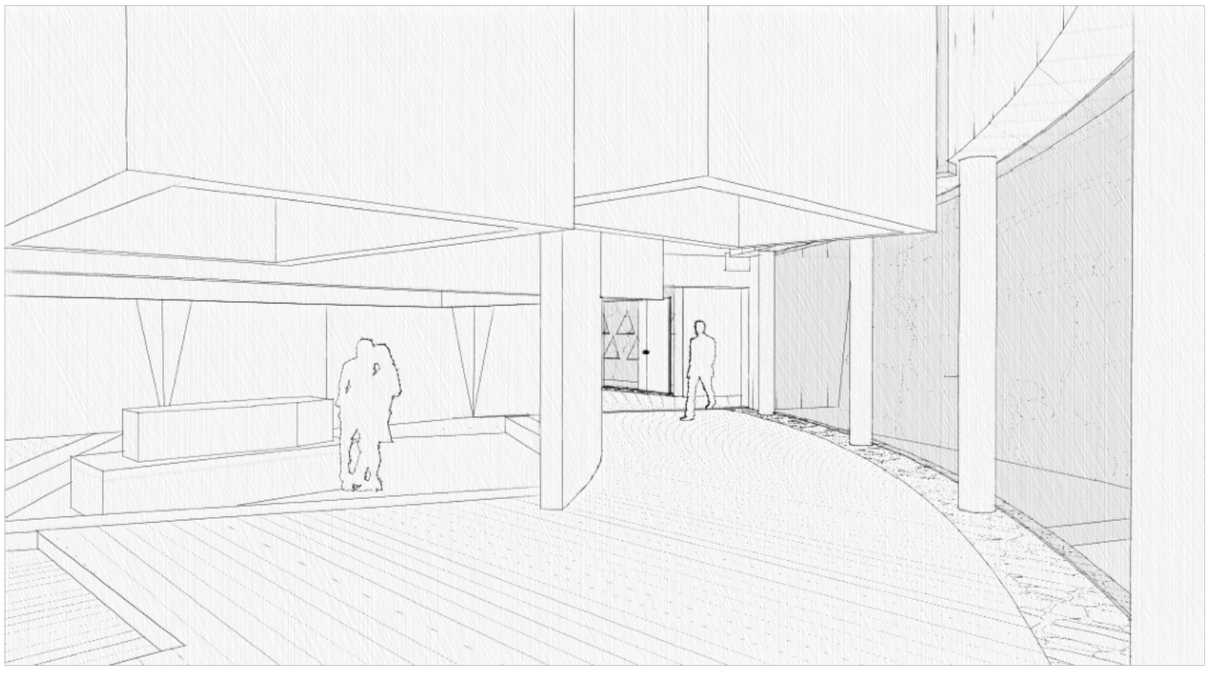
Alljärgnevalt esitletakse arhitektuursed lähtekohad konkreetse hoone projekteerimiseks. Tegemist on universaalsete printsiipidega, mis on mugandustega rakendatavad ka muude projektide puhul, mille eesmärgiks on energiatõhusa tulemuse saavutamine.

Asendiplaan

Energiatõhusa lahenduse väljatöötamise oluliseks osaks on kavandatava hoone paigutamine reaalsesse keskkonda. See tähendab hoone orienteeritust ilmakaarte suhtes ja seotust teenindava taristuga. Iga hoone, olenemata otstarbest, vajab vähemalt juurdepääsu, olgu siis kasvõi ehitamise ajaks. Reeglina on hooned aga seotud ühe või enama kommunikatsioonivõrguga, seda eriti linnakeskkonnas. Kuluoptimaalselt energiatõhusa lahenduse väljatöötamisel võetakse arvesse ka kommunikatsioonide ning juurdepääsuteede väljaehitamise ning ehitusplatsi ettevalmistuse kulud, üritades neid viia mõistliku miinimumini.

Käesoleva tavandimaja projekti puhul on ehitusalaks valitud Tallinna Liiva kalmistu territooriumil paiknev hetkel kasutuses mitteolev endise prügila maa-ala. Krunt on puhastatud ja asub olemasoleva kalmistusisese teedevõrgu vahetus läheduses. Sellest tulenevalt ei nähta ette suuremamahulisi teedevõrgu ümber- ega juurdeehitustöid, küll aga muudetakse liikluskorraldust. Samuti kulgevad ehitusala lähedusest läbi vee- ja kanalisatsioonitrassid ning krematooriumi seisukohalt oluline gaasitrass.

Projekteeritud tavandimaja orienteeritus ilmakaarte suhtes on valitud lähtuvalt soovist kasutada maksimaalselt ära loomulikku valgust, kuid samas vältides ruumide ülekuumenemist suvisel perioodil. Varjestused ja arhitektuursed lisadetailid on orienteeritud vastavalt päikese liikumisele.



Arhitektuurne lahendus I

Tavandihoone koosneb kahest mahust – ringikujulise põhiplaaniga saalide osast ja ristkülikukujulisest teenindavast mahust. Dominantseks kujunduselemendiks on saalide osa ümbritsev 6^0 nurga alla keeratud väline rõngas, mis sümboliseerib elu ringkäiku.

Teenindav maht siseneb saaliossa kirdest ja moodustab siselahenduse olulised liigendused, jaotades ringikujulise suure ruumi kahte ossa – suureks saaliks ja väiksemate saalide ning teenindusalaks.

Tavandimajas on kolm tseremooniaruumi:

väike saal, kuni 30 inimesele;

keskmine saal, kuni 100 inimesele;

suur saal, kuni 500 inimesele.

Kõikide saalide puhul on võimalik nende samaaegne kasutus ilma, et tseremooniad üksteist takistaks või häiriks. Selleks näeb arhitektuurne lahendus ette mitteristuvad käigusuunad erinevatesse saalidesse sisenemiseks ja väljumiseks. Lisaeelduseks on kvaliteetsete helisummutavate materjalide kasutus.

Saaliosa sisekõrgus varieerub tänu kausjale ripplaekontruktsioonile keskosa 6,7 meetrilt ääreala 10,7 meetrini. Väiksemates saalides tekkiv visuaalne vertikaalefekt on taotluslik ja viitab hoone kasutusotstarbest tulenevale eripärale.

Suur saal on üks voolav ruum, kuhu on privaatsuse võimaldamiseks paigaldatud kaks 4 meetri kõrguste eraldusseintega istumisala. Muus osas on ruum avatud. Ruumi põrand on jaotatud eri tasapindadeks võimaldamaks paremat vaateid läbiviidavale tseremooniale ka saali kaugematest punktidest.

Arhitektuurne lahendus II

Teenindavas mahus paiknevad peiesaal koos köögiga, krematooriumiruumid ja kontoriosa. Peiesaal on ette nähtud väiksemates tseremooniaruumides läbiviidavate teenistuste külastajatele ja mahutab kuni 150 inimest. Kontoriruumid asuvad hoone teisel korrusel.

Hoone maa-alune korrus paikneb osaliselt saalide ja osaliselt teenindava mahu all. Sel korrusel on lahendatud tseremooniatega seotud hoonesisene logistika - lahkunute transport, säilitamine külmikutes, kremeerimine. Lisaks paiknevad siin hoone gaasi- ja veevarustuse ning kanalisatsiooniga seotud tehnilised seadmed ning nende teenindamiseks vajalikud ruumid. Tehnosüsteemide planeerimisel peetakse silmas kompaktsust, mille alusel minimeeritakse hoonesiseste trasside pikkuseid.

Tavandimaja tseremooniate läbiviimisega seotud osad on projekteeritud religioonide ülesuse printsiipidel, vältimaks viiteid ühelegi konkreetsele usundile. Loodud atmosfäär rõhutab hoones toimuvate sündmuse erilist staatust ning võimaldab ruumis viibijatel argirutiinist väljuda. Taoliste ruumide lahenduste väljatöötamisel saab toetuda uusfenomenoloogist arhitekti Peter Zumthor teoses „Atmospheres: Architectural Environments, Surrounding Objects“ käsitlemist leidnud parameetritele nagu vorm, materjalid, heli, mikrokliima, sisutus, liikumine, sise- ja väliskeskkonna kooskõla, privaatsus ning valgus [8]. Arhitektuursete lahenduste mõju inimpsüühikale ja kognitiivsete võimete arendamiseks on oma magistritöös “Neuro-arhitektuurne keskus kognitiivsete võimete arendamiseks ja uurimiseks Kadaka pangale” 2017 aastal käsitlenud TTÜ magistrant Kiur Lootus [9]. Eelnimetatutega sarnaseid ruumi mõju käsitlevaid uurimustöid ja publikatsioone on avaldatud veel ning antud uurimustega kursisolek on arhitektitöös möödapääsmatu.

Teenindava osa projekteerimise lähtekohaks on ratsionaalsus ja kompaktsus. Samas tuleb ka siinjuures silmas pidada ruumide esteetikat ja psühholoogilist mõju ruumis viibijatele. Kui tegemist on tööruumidega, siis viibivad inimesed neis olulise osa oma ärkveloleku ajast. Positiivne ruumikogemus mõjutab üldlevinud teadmise kohaselt ka töötulemusi ning ruumis viibijate tervist.

Konstruktsioon

Hoone konstruktsioonide valik lähtub kuluoptimaalse energiatõhususe printsiipidest, kus tehtavad lisakulutused ehituskvaliteedi tõstmisele ja eeldatav kokkuhoid tuleviku hoone kasutuskuludelt on omavahel proportsionaalselt mõistlikus vahekorras. Lisainvesteeringu optimaalne tasuvusaeg ei tohiks ületada 10-t aastat.

Vundament

Hoone vundament rajatakse lähtuvalt ehitusgeoloogiliste uuringute tulemustest. Arhitekti roll siinkohal on antud uuringute olulisuse selgitamine tellijale.

Kandekarkass

Hoone saaliosa kandekarkass koosneb teraspostidest ja –katusefermidest. Teenindav osa koos maa-aluse korrusega on kergplokkidest seinte- ja raudbetoon vahelagedega.

Välispiirded

Seadusandlikud nõuded välispiiretele

Hoone välispiire peab olema pikaajaliselt õhtupidav ja piisavalt soojustatud. Otstarbeka soojustuse määramisel lähtutakse hoone energiatõhususe nõuetest, ruumi soojuslikust mugavusest ja hallituse ning kondensaadi vältimisest joon- ja punktsoojusläbivatel kohtadel, sisepindadel ja tarindites.

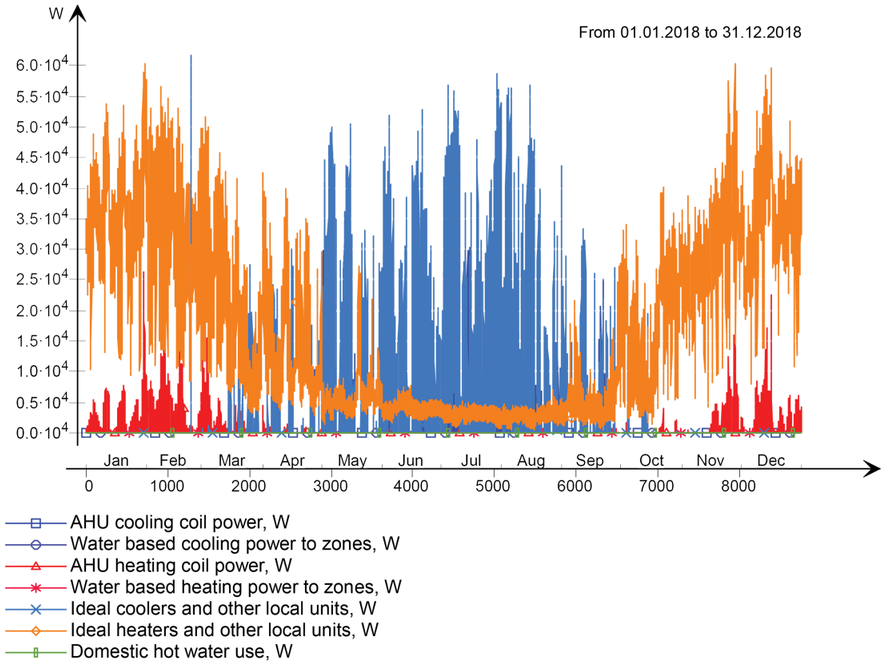
Majandus- ja taristuministri määruses nr. 55 kohaselt tuleb soojustuse valikul lähtuda sellest, et hoone oleks hea energiatõhususe tasemega.

Mitteelamu välispiirde valikul võib lähtuda järgmistest väärtustest:

välisseina soojusläbivus − 0,15–0,25 W/(m^2K);

katuse ja põranda soojusläbivus − 0,1–0,2 W/(m^2K);

akna ja ukse soojusläbivus − 0,6–1,1 W/(m^2K), kusjuures lõplikud valikud tuleb teha, lähtudes hoone kompaktsusest ning kütte- ja ventilatsioonilahendusest. Optimaalse soojustuskihi paksuse määramisel tuleb arvestada ka vabasoojusega.



Kuvatõmmis simulatsiooniprogrammi IDA Indoor Climate and Energy energiakuluraportist

Küte ja ventilatsioon

Arhitekti ülesanne ventilatsiooni kavandamisel on silmas pidada ventilatsioonisüsteemi peamist eesmärki, milleks on õhu kvaliteedi tagamine [10]. Samuti peab arhitekt ette nägema piisava ruumi süsteemi väljaehitamiseks ja hooldamiseks. Erinevalt hoone muudest kommunikatsioonidest, on ventilatsioonisüsteemile vajaminev ruumiosa reeglina proportsionaalselt kõige suurem.

Käesolevas projektis on kasutusel rootorsoojusvahetiga soojustagastusega ventilatsiooniagregaat kasuteguriga 0,8. Antud tüüpi ventilatsiooniagregaadi kasutamine võimaldab heitõhu miinimumtemperatuuriks seadistada kuni -5^{0}C, mis omab olulist mõju energiatõhusa lõpptulemuse saavutamisel.

Antud tavandimaja puhul muudab lahenduse keerukamaks saaliosa kõrgus, mis seab erinõuded sissepuhke ja väljatõmbe õhuvoolude juhtimisele. Arhitekt peab oma lahenduse väljatöötamise juures juba algselt arvestama ventilatsioonitorude orienteeruva paiknemisega. Ühe variandina on kasutatavad põrandaalused ventilatsioonitorud.

Kütte- ja jahutusseadmed

Kütte- ja jahutusseadmete planeerimisel lähtutakse kavandatava hoone tehnilistest eripäradest, mis võimaldavad suure koguse tehnoloogilistest protsessidest vabaneva soojusenergia taaskasutust. Kütteseadmena nähakse ette gaasi kondensaatkatel ja jahutusseadmena absorbtsioonjahutusseade.

Vesi ja kanalisatsioon

Tavandihoone liidetakse piirkonnas väljaehitatud tsentraalsete vee- ja kanalisatsioonitrassidega. Heitvee soojustagastus on üks energiasäästu meetod, kuid tavandimaja kasutus ei eelda rohke sooja vee kulu ning seega eelnimetatud meetodit antud projektis ei kasutata.

Samas võimaldavad suured katusepinnad koguda vihma- ja lumesulamisvett, mida saab kasutada tarbe- ja kastmisveena. Antud lahenduse ette nägemine arhitekti poolt on soovituslik.

Elekter ja nõrkvool

Hoone liidetakse elektrivõrguga. Hoone mastaabi ja kasutusviisi tõttu ei ole vaid autonoomsetele elektrienergia tootmisvõimalustele üles ehitatud süsteem antud juhul põhjendatud. Kuluefektiivsed arvutused võib läbi viia lisaenergia tootmiseks kasutatavate päikesepaneelide otstarbekuse väljaselgitamiseks.

Valguslahendused põhinevad kaasaegsetel LED-lahendustel. Majandus- ja taristuministri määrus nr. 58 §6 sätestab valguse vabasoojuseks 14 W/m^2, mille puhul eeldatakse päevavalguslampide kasutust, kuid hinnanguliselt on LED-tehnoloogia kasutamisel võimalik vabasoojuseks arvestada 50% ehk 7 W/m^2 kohta. Vabasoojusel on oluline roll suvise ruumide jahutusvõimsuse arvestamisel ning madalam tulemus mõjutab positiivselt energiasäästliku tulemuse saavutamist.

Gaasivarustus

Krematooriumi tööks vajalik gaas saadakse piirkonnas välja ehitatud gaasitrassiga liitumisel. Trassi kaugus hoonest ca 400 m.

Tavandimaja energiasimulatsioon

Käesoleva magistritöö raames viiakse projekteeritud tavandimaja lahenduse baasil läbi dünaamilised energia- ja sisekliima simulatsioonid. Tööks kasutatakse programmi IDA Indoor Climate and Energy versioon 4.8. Tarkvara on loodud EQUA Simulation AB poolt. Tegemist on 1995 aastal loodud Rootsi ettevõte, kes on keskendunud kaasaegse simulatsioonitarkvara väljatöötamisele.

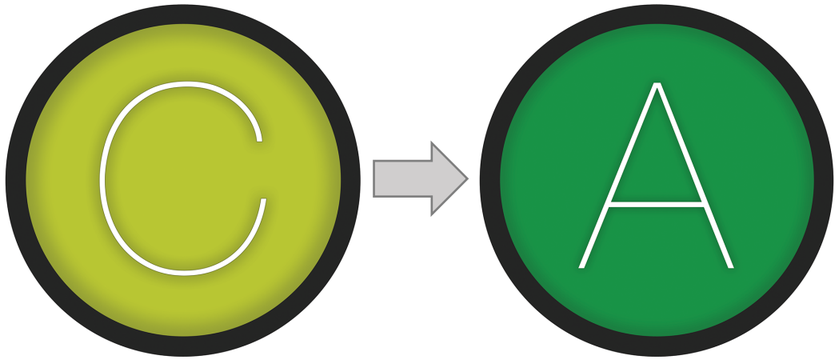
Simulatsiooniks vajalikud lähteandmed

Kliimaandmed

Energiaarvutuste aluseks on piirkond, kus vaadeldav hoone või rajatis paikneb. Konkreetsest asukohast lähtuvalt sisestatakse programme vastavad piirkondlikud kliimaandmed.

Eesti energiaarvutuste baasaasta

Ingliskeelse väljendiga Estonian TRY ehk Estonian Test Reference Year nimetatakse andmekogu, mida kasutatakse energiasimulatsioonide läbiviimisel Eestis paiknevatele objektidele. Andmekogu sisaldab 30 aasta (1970-2000) kliimaandmeid võrdleval kujul. Iga päeva kohta aastas on leitud vaatlusperioodi keskmised väärtused ja nendest kokku pandult moodustatud referentsaasta andmetabel. Tabelis on toodud aastase perioodi jooksul iga tunni kohta välisõhu temperatuur, õhu niiskus, tuule suund ja tugevus, päikese otsene- ja hajuskiirgus [11].



Ruumiline mudel

Energiaarvutuste läbiviimise esmaseks sisendiks on hoone ruumilise mudeli koostamine. Selleks on kolm peamist võimalust:

Hoone ülesjoonistamine programmisiseste võimalustega käsitsi.

Lihtsustatud arhitektuursete jooniste sissetoomine dwg formaadis ja nende alusel mudeli koostamine.

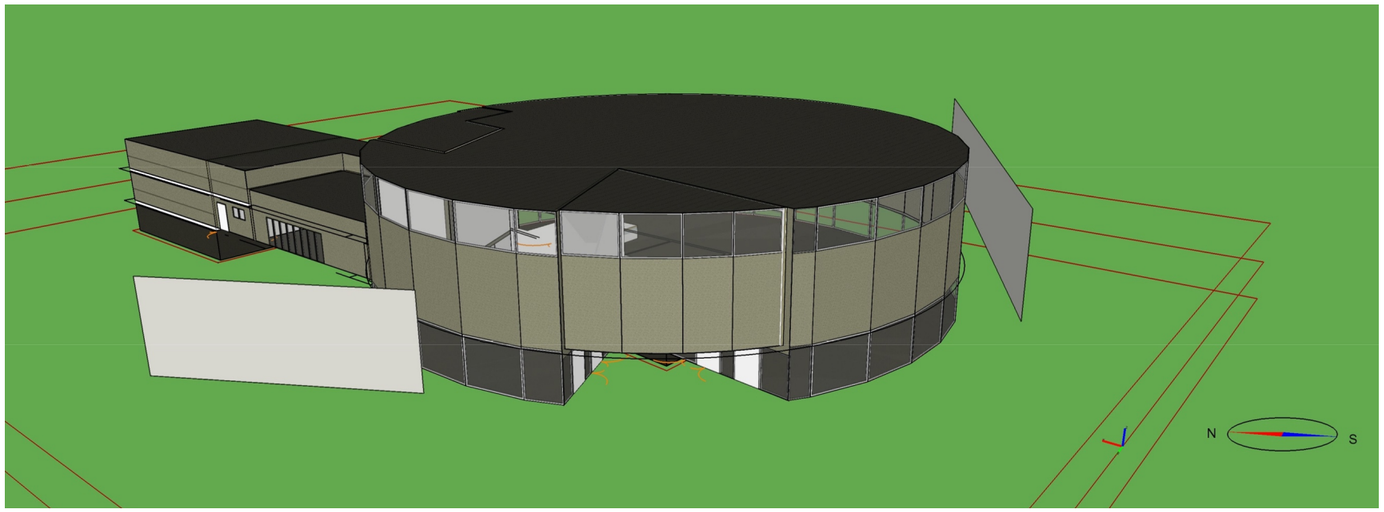
IFC mudeli sissetoomine.

Viimane variant on selgelt kõige efektiivsem moodus, kuid eeldab juba arhitektuurse mudeli koostamisel põhjalikku eeltööd elementide määratlemisel BIM-projekteerimise põhimõtteid järgides. Takistuseks võivad saada erilahendused nagu näiteks kumerad seinapinnad ning suuremõõtmelised klaasfassaadid, mida antud simulatsiooniprogramm ümber ei konverteeri. Samuti on arhitektuurses mudelis reeglina kajastatud ka elemendid, mis energiaarvutuste seisukohalt rolli ei mängi. Seega tekib arvutusteks sobiliku mudeli saamiseks vajadus lisatöö järele, mis võib osutuda aeganõudvamaks, kui lihtsustatud arhitektuursete jooniste baasil mudeli ülesjoonistamine.

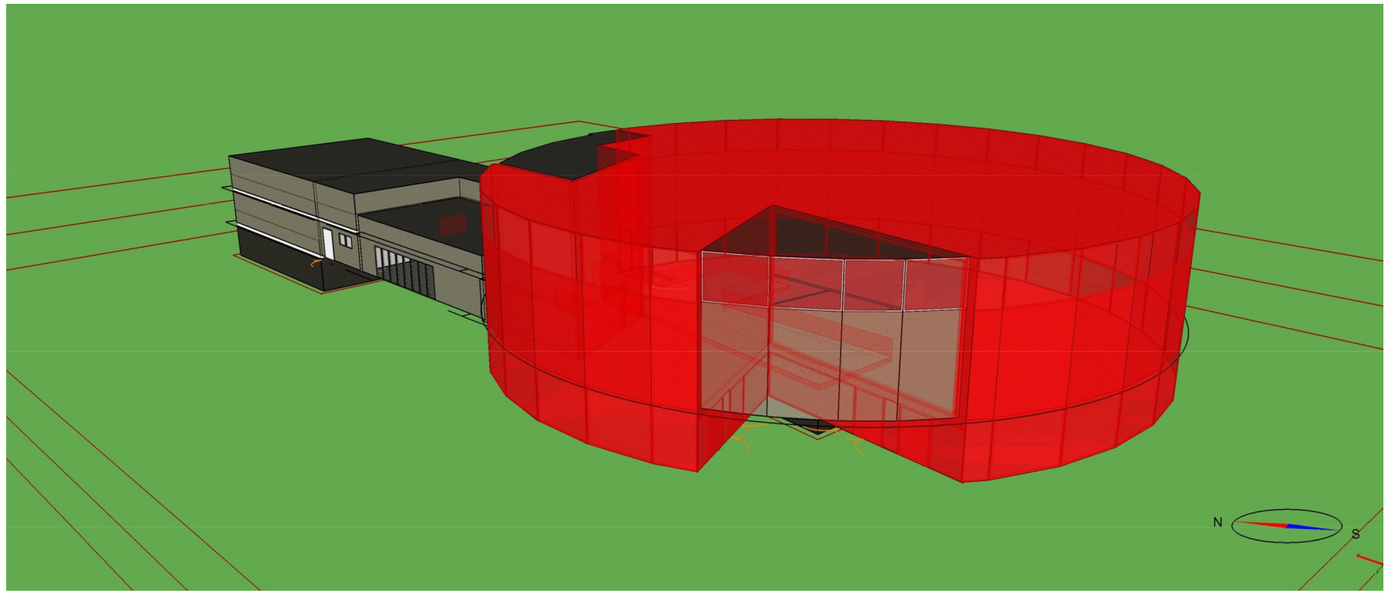
Energiaarvutusteks vajaliku mudeli väljatöötamisel on tarvis mõista programmi toimimisloogikat. Arvutuste jaoks on olulised vaid hoone energiatarvet ja sisekliimat mõjutavad ruumiosad. Pindade arvutamine toimub siseperimeetri järgi ja hoonevälised elemendid võetakse arvesse vaid sedavõrd, kui palju need mõjutavad päikese varjestust. Seega võib kütteümbrikust väljajäävad hooneosad nagu kütteta pööningud ja ehisdetailid programmis kajastamata jätta. Sama kehtib konstruktsioonide kirjeldamise puhul, kus tuulutatavad fassaadikihid elemendi konstruktsioonikihtide loetellu ei kuulu.

Kõik ruumid kajastatakse tsoonidena, millele antakse kõrgus vastavalt projektile. Läbi mitme korruse ulatuvad ruumid on reeglina üks tsoon, kuid erilahenduste puhul on soovitav ka siinkohal luua olukord, kus õhuruum jaguneb tsoonideks korruste kaupa. See vähendab arvutusvigade tekkimise võimalust olukorras, kus mõni hooneosa jääb keeruka arhitektuurse lahenduse tõttu arvutustes kajastamata. Kütteümbrik – autori poolt kasutusele võetud ingliskeelse väljendi *thermal envelope* eestikeelne mugandus, mis kirjeldab hoone konstruktiivset kesta, millest seespool peavad olema tagatud hoone sisekliimale kehtestatud miinimumnõuded.

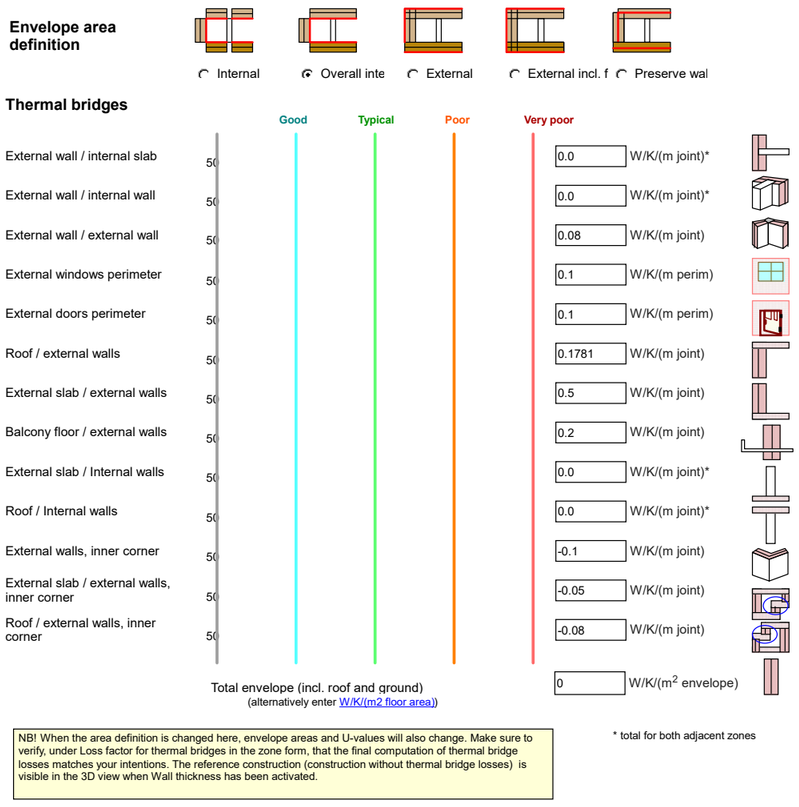
Kütteümbrik – autori poolt kasutusele võetud ingliskeelse väljendi *thermal envelope* eestikeelne mugandus, mis kirjeldab hoone konstruktiivset kesta, millest seespool peavad olema tagatud hoone sisekliimale kehtestatud miinimumnõuded.



Kuvatõmmis simulatsiooniprogrammi IDA Indoor Climate and Energy hoonemudeli 3D vaatest varjestusega



Kuvatõmmis simulatsiooniprogrammi IDA Indoor Climate and Energy hoonemudeli 3D vaatest aktiveeritud tsooniga



Konstruktsioonid IDA Indoor Climate and Energy simulatsiooniprogrammis

Konstruktsioonidest kirjeldatakse hoone soojuslikku käitumist mõjutavate elementide ehitust. Selleks on ennekõike välispiirded – seinad, katus, põrand, kuid olulised on ka sisepiirded, mis mõjutavad soojuse liikumist hoone sees. Lõunapoolse toa ülekuumenemine mõjutab ka sellega piirnevaid ruume ning dünaamilise energiasimulatsiooni seisukohalt on selle arvesse võtmine kohustuslik.

Konstruktsioonielementide kirjeldamine toimub kihtide kaupa, kus igale kihile antakse tema paksus ja määratakse soojusläbilaskvus. Tulemusena saadakse elemendi summaarne soojusläbilaskvus. Arvesse võetakse kihid, mis moodustavad soojapidava terviku, tuulutatavat fassaadi, ripplage ja muid hoone soojuslikku käitumist mittemõjutavaid elemente ei arvestata.

Külmasillad

Külmasillad tekivad konstruktsioonielementide liitekohtades ja jagunevad oma tüübilt joon- ja punktkülmasildadeks. Kuluoptimaalse energiatõhususe seisukohalt on oluline minimeerida külmasildade mõju hoone energiatarbele ja võimalusel vältida kõrge soojusläbilaskvusega materjalide läbiulatumist hoone kütteümbrikust.

Energiasimulatsioonis on arvestatud alljärgnevate joonkülmasilla väärtustega:

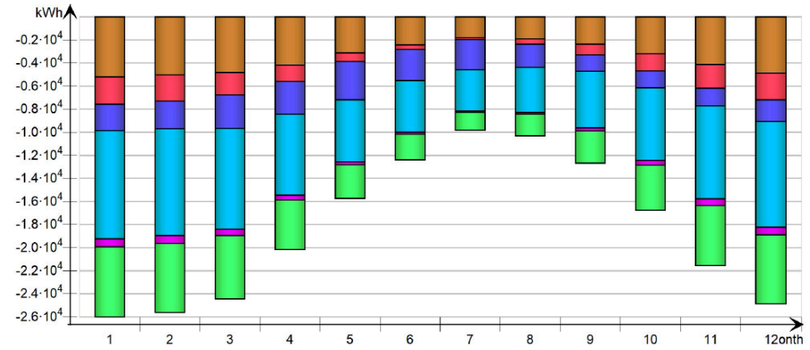
Välisseina välisnurk	0,08	W/m*K
Katuse ja välisseina liitekoht	0,19	W/m*K
Põrand pinnasel ja välissein	0,50	W/m*K
Avatäidete liitumine välisseinaga	0,10	W/m*K

Väärtused on võetud energiasimulatsiooniprogrammi IDA Indoor Climate and Energy eelvaliku Overall Internal keskmiste väärtustena. Majandus- ja taristuministri määruse nr. 58 §12-s välja toodud tarindite soojuskao tarindi liitekoha kaudu ja soojustuse katkestuse arvestamise metoodika alusel arvutatud tulemused on hinnanguliselt samas suurusjärgus eeltoodud väärtustega.

Envelope transmission

kWh

Month	Walls	Roof	Floor	Windows	Doors	Thermal bridges
1	-5208.7	-2372.2	-2306.8	-9377.4	-682.2	-6092.7
2	-5041.9	-2267.8	-2382.0	-9279.6	-647.5	-6018.4
3	-4815.0	-1932.7	-2896.9	-8735.5	-554.4	-5494.6
4	-4156.0	-1434.4	-2860.6	-7022.3	-433.2	-4319.5
5	-3130.3	-725.2	-3325.5	-5377.9	-243.9	-2916.4
6	-2439.7	-396.3	-2708.6	-4482.2	-169.5	-2238.0
7	-1801.8	-172.4	-2610.0	-3589.6	-90.3	-1576.7
8	-1897.9	-440.1	-1999.9	-3925.1	-148.2	-1891.5
9	-2359.4	-942.5	-1411.9	-4910.3	-268.9	-2779.2
10	-3181.0	-1496.4	-1460.5	-6299.4	-421.3	-3919.8
11	-4142.9	-2039.8	-1526.8	-8048.6	-579.3	-5191.2
12	-4876.8	-2342.6	-1867.5	-9176.3	-672.3	-5954.8
Total	-43051.4	-16562.5	-27357.0	-80224.3	-4910.9	-48392.7
During heating	-38985.1	-13703.8	-9801.0	-55076.0	-4151.7	-39359.3
During cooling	-2086.4	-1604.4	-17893.6	-16512.0	-407.3	-5438.6
Rest of time	-1979.9	-1254.3	337.6	-8636.3	-351.9	-3594.8



IDA Indoor Climate and Energy
Version: 4.791
License: IDA40:ICE40XHI:ED136/I5H0H (educational license)

Simulatsiooni tulemused ja nende tõlgendamine

Hoone energiatarve ja energiatõhususarv

Projekteeritud tavandimaja kaalutud primaarenergia kasutuseks kujunes simulatsiooni baasil 389245 kWh/a. Hoone köetav pind on 2461 m^2 ja energiatõhususarvuks kujuneb seega 182 kWh/m^2a (arvutuskäik 389245 kWh/a jagatud 2461 m^2). Avaliku hoone puhul tähendab see 2018 aasta kevadel kehtiva energiatõhususe miinimumnõude täitmist. Liginullenergiahoone kriteeriumi 120 kWh/m^2a ületab antud tulemus aga 62 kWh/m^2a-ga. Taastuvenergia- või muude lahenduste baasil on seega vaja lisaks katta 152582 kWh/a (arvutuskäik 62 kWh/m^2a * 2461 m^2).

Siinkohal püstitatakse hüpotees võimalikkuse kohta ära kasutada kremeerimisest ülejäävat soojust hoone kütte ja jahutuse energiatarbe katteks.

Peamised kulukohad

Hoone soojuskaod toimuvad läbi välispiirete ja kadude kompenseerimiseks vajaminevat energiahulk ongi hoone küttevõimsus. Sama protsess võib toimuda ka vastupidiselt ja tekitada hoones ülekuumenemist. Ehitusfüüsikaliste protsesside mõju minimeerimiseks tuleb eelnevalt hinnata, millised on kriitilisemad kohad. Alljärgnevalt jooniselt on võimalik näha soojakadu läbi erinevate konstruktsiooniosade aasta jooksul kuude lõikes.

Tulemuse põhjal on võimalik hinnata milliste konstruktsioonide parendamisse on kõige optimaalsem ressursse suunata. Samas ei saa soojuskadu olla ainuke hindamiskriteerium, kuna läbiviidud arvutuste käigus tekkis olukord, kus suurema U- ja g-arvuga akende kasutamise korral hoone üldine energiatarbimise suurusjärk ei muutunud. Selgitada saab sellist olukorda tõigaga, et suurema g-arvuga akende korral on päikese kasutatava vabasoojuse osakaal suurem. Akende hind on sealjuures aga madalam.

Hoone jahutus

Suurte klaaspindadega hoone jahutusküsimused on aktuaalsed ka Eesti kliimatingimustes. Hinnates erinevate kütte- ja jahutusseadmete efektiivsusi võib öelda, jahutamine on energiamahukam protsess, kui kütmine. Sellest tulenevalt on jahutusvajaduse määramine energiatõhusa hoone kavandamisel olulise tähtsusega.

Liigsoojuse eemaldamise süsteemid hoonest koosnevad kahest osast:

- sellest, mis eemaldab ruumist liigsoojuse;

- sellest, mis tagab jahutusenergia tootmise [10].

Liigsoojuse eemaldamiseks ruumidest on kaks põhimõttelist lahendust:

- kaudne ehk õhuga;

- otsene, kasutades veega jahutatud pindu ruumis nagu näiteks jahutuspalgid.

Õhksüsteemi vajalik jahutusvõimsus on veidi suurem, kui samasugusel vesisüsteemil. Samal ajal vajab õhksüsteem vähem jahutusenergiat, kui vesisüsteem. Vahe on aga selles, et õhksüsteem vajab energiat vaid suve soojadel päevadel, vesisüsteem võib vajada jahutust aga aastaringselt [10]. Õhu jahutusvõime sõltub õhuvooluhulgast ja sissepuhkeõhu temperatuurist. Õhuvooluhulk sõltub õhu töötlemise seadmetest ja õhukanalite süsteemist. Sissepuhkeõhu temperatuuri aga määravad ruumi õhujaotuse seadmed. Nendest sõltub, kui madal sissepuhkeõhu temperatuur võib olla [10].

Jahutusmeetodite liigid:

- kompressoriga külmajaam - 1 kWh jahutusenergia tootmiseks on vaja 0,2-0,3 kWh elektrienergiat

- absorbtsioonjahutusseade, tööks vajalik vaid soojus - 1 kWh jahutusenergia tootmiseks on vaja 1,2-1,5 kWh soojusenergiat. Absorbtsioonsüsteem on üsna kallis ja praktikas kasutatav juhul, kui on piisavalt saada odavat, küllalt kõrge temperatuuriga soojust. Krematooriumi puhul on eelnimetatud eeldus täidetud.

- aurustusjahutus soojustagastusega süsteemides - süsteem tarbib vaid vett, millega jahutatakse väljatõmbeõhku ja soojustagastiga saab omakorda jahutada sissepuhutavat välisõhku.

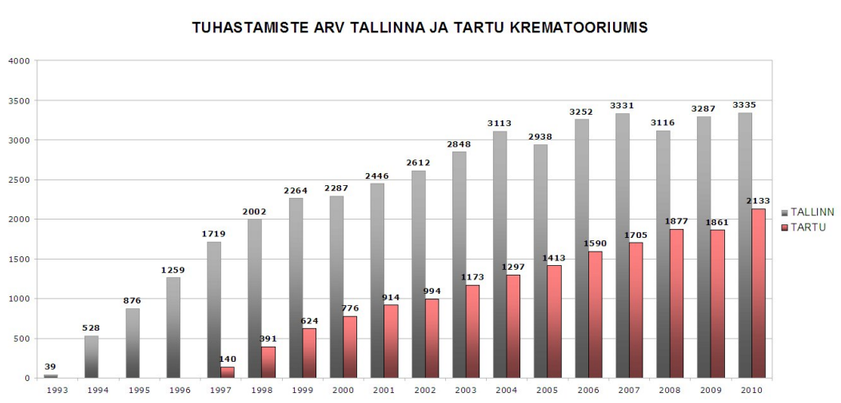
- sorbtsioonjahutus, mis põhineb sissepuhkeõhu niisutamisel ja kuivatamisel - 1 kWh jahutusenergia tootmiseks on vaja ca 1,5 kWh soojusenergiat. Eeltingimuseks samuti odav, kõrge temperatuuriga soojus nagu absorbtsioonsüsteemi korral.

- ringleva vee suletud kontuuriga autustusjahutus jahutustorni abil - 1 kWh jahutusenergia tootmiseks on vaja ca 0,1 kWh elektrienergiat. Praktikas veel vähe kasutatud süsteem.

- kaugjahutus

Projekteeritud tavandimaja energiasimulatsioonide analüüsi käigus ilmnenud eripära, kus samaaegselt eksisteerib nii kütte-, kui jahutusvajadus, on seletatav hoone osalise paiknemisega maa all ja varakevadise ja sügisese päikese vabasoojuse kasutusega.

Lahkumiste statistika Eestis ajaperioodil 2008-2017. Allikas Statistikaamet



Tallinna Krematooriumi tuhastamiste statistika perioodil 1993-2010
Allikas ettevõtte koduleht www.krematoorium.ee/Tallinn

Tavandimaja ja krematooriumi projekteerimise lähtekohad

Arhitekt, asudes projekteerima spetsiifilise funktsiooniga hoonet, peab omama ülevaadet antud valdkonna taustast, tööprotsessidest ja kasutatavast tehnoloogiast. Alles seejärel tekib võimalus langetada mõistlikke ja kuluoptimaalseid otsuseid projekti koostamisel.

Alljärgnevalt tuuakse välja olulisemad aspektid, mis puudutavad tavandihoone ja krematooriumi projekteerimist.

Ajalugu ja tänapäev

Krematsiooni ajaloost ja kaasaegsest käsitlusest annab hea ülevaate Tallinna Ülikooli magistrant Aliis Kiikeri magistritöö “Muutuvast surmakultuurist 21. sajandi Eestis: krematsioon ja põletusmatused” [12]. Kiiker toob oma töös välja peamised põhjused krematsiooni, kui surnukehade käitlemisviisi laiemalt taaskasutusse võtmiseks Euroopas, milleks on linnastumisprotsessid ja sellega seotud ruumiprobleemid ning tervishoiu küsimused. Samuti usuliste tõkendite eemaldamine religioossete ringkondade poolt.

Eestis ulatuvad põletusmatuse traditsioonid aga muinasaegadesse ning on seetõttu siinsesse keskkonda eetiliselt ja praktiliselt sobiv lahendus, mis ei tekita kultuurilist ebakõla.

Majanduslik aspekt

Tallinna Krematooriumi andmetel on tuhastamise arv olnud jätkuvalt tõusutrendis. Ettevõtte kodulehel väljatoodud graafik näitab krematsioonide arvu kasvutrendi ajaperioodil 1993-2010. Võrreldes kõrval toodud joonistel esitatud andmeid, saame tulemuseks, et ajaperioodil 2008-2010 langetati 30-35%-l surmajuhtudest surnukeha edasise käitlemise otsus Tallinna ja Tartu krematooriumites kremeerimise kasuks. Krematooriumite arv Eestis on kasvutrendis (lisandunud on Jõhvi, Viljandi, Läänemaa jt), millest võib järeldada, et krematsioon on jätkuvalt populaarsust koguv suund. Loogilise järeldusena võib eeldada krematsiooni kasuks valiku langetamise osakaaluks lähitulevikus 50% kõikidest surmajuhtumitest. Arvestades aasta keskmiseks surmade arvuks Eestis 15500 inimest ja keskmiseks kogukuluks krematsiooni kohta 450 eurot annab selline järeldus turumahuks kokku ca 3,5 miljonit eurot aastas.

Seadmete kirjeldus

Antud magistritöö raames võetakse krematsiooniahjudena vaatluse alla Hollandi ettevõtte DFW Europe poolt toodetud ahjud. Täpsemalt mudel DFE 6000 Cremator.

Seadme põhilised tehnilised näitajad on:

Mõõtmed laius/kõrgus/pikkus	2300*3100*4225 mm
Põlemiskamber laius/kõrgus/pikkus	1100*800*2500 mm
Järelpõlemiskambri maht	3,05 m^3
Primaarpõleti võimsus 250 kW	
Järelpõleti võimsus 450 kW	
Kaal	16500 kg
Kütus	maagaas
Kütusekulu	ca 22,5 m^3 krematsiooni kohta
Krematsiooni aeg kohta	75-90 minutit krematsiooni
Töötemperatuur	850^{0}C
Suurim lubatud kirstu raskus	250 kg
Kirstu mõõtmed l*k*p 1005*710*2200 mm	

Krematsiooniahjud DFE 6000 Cremator, foto ettevõtte kodulehelt https::://DFWEurope.com

Projekteeritud krematooriumisse nähakse ette võimalus paigaldada kuni 3 eelkirjeldatud seadet. Tehnilistest andmetest nähtub, et oma suure kaalu tõttu ei ole otstarbekas krematsiooniahjusid projekteerida maapinnale toetuvast korrusest kõrgemale. Vastasel juhul tuleb projekteerida vahelagede konstruktsioon vastavalt vajaminevale kandevõimele, kuid see on oluline lisakulu, mida saab lihtsa arhitektuurse otsuse alusel vältida.

lisaenergia ärakasutus %	Kogu lisaenergia ärakasutamine		energia ületootmine		lisaküttevajadus
	päevi	kWh/a	päevi	kWh/a	kWh/a
10%	344	45354	21	2182	188515
20%	309	86572	56	9013	147297
30%	266	122987	99	22838	110882
40%	219	153732	146	43794	80137
50%	174	178385	191	69200	55484
60%	123	197360	242	104741	36509
70%	86	210329	279	134778	23540
80%	52	218840	313	166632	15029
90%	32	224048	333	187904	9821
100%	22	227495	343	199885	6374

Potensiaalne kremeerimisest aasta jooksul ülejääv soojus ja selle ärakasutamine

Tabelist lähtuvalt saab järeldada, et liginullenergiahoone kriteeriumi saavutamiseks ilma alternatiivsete taastuvenergiasüsteemide rajamise vajaduseta, oleks tarvilik ära kasutada minimaalselt 40% kremeerimisest ülejäävat soojusenergiat.

Hüpoteesi paikapidavuse ja võimalike tehniliste süsteemide väljaehitamiskulude arvestamiseks tuleb kaasata erialaspetsialistid. Antud mõttekäik aga annab alust antud temaatikale projekteerimise juures kõrgendatud tähelepanu pöörata.

Energiakulu ja vabanev soojus

Inimkeha on reeglina negatiivse küttevääртusega, mis tähendab, et selle põletamiseks on vaja energiat. Negatiivne küttevääртus on tingitud inimkeha suurest veesisaldusest (hinnanguliselt 65 % kogumassis [13]). Kehas sisalduva vee aurustumine nõuab märkimisväärse koguse soojusenergiat. 1 kg vee aurustumiseks kulub hinnanguliselt 0,64 kWh energiat. 80 kg kehakaaluga inimese puhul teeb see 33,3 kWh (arvutuskäik 80 kg*65%*0,64).

Lähtudes käesoleva magistritöö punktis 7.1 toodud statistikast ja arvestades projekteeritava krematooriumi turuosaks 33%, saame keskmiseks krematsioonide arvuks päevas 7.

Seadme gaasitarve ühe krematsiooni kohta on 22,5 m^3 gaasi.

Majandus- ja taristuministri määruse nr 58 Lisa 5 Kütuste tarbimisaine alumised küttevääртused kohaselt on 1 m^3 gaasi küttevääртus 9,3 kWh/m^3. Korrutades selle krematsiooni kohta kulutatava gaasi koguse ja krematsioonide arvuga, saame päevaseks energiahulgaks gaasi põletamisel 1488,2 kWh (arvutuskäik 9,3*22,5*7).

Võttes arvesse käesoleva alapunkti esimeses lõigus toodud arvutuse ja arvestades selle maha gaasi põletamisest saadud energiahulgast, jääb järele 1255,1 kWh (arvutuskäik 1488,2-(7*33,3)).

Siinkohal tullakse tagasi punktis 7.1 püstitatud hüpoteesi juurde.

Teoreetiliselt tekiks eeltoodut arvestades ca 458000 kWh lisaenergiat aastas ((1255,1*365 kWh ümardatuna täis 10000-ni). Sel moel arvutus oleks aga liigselt lihtsustatud, mistõttu arvestatakse antud töös küttele ja jahutusele kuluva energia ja võimaliku kasutatava lisaenergia suhted aasta lõikes päeva põhiselt. Alltoodud tabelis on tulemused erinevate energia kasutusprotsentide juures. Ülejäänud osa arvestatakse tehniliste protsesside tööshoidmise kuludeks ja soojuskadudeks. Iga protsendi juures on välja toodud, kui mitmel päeval aastas kasutatakse ära kogu lisaenergia ja kui mitmel päeval tekib energia ületootmine.

“Surmatants” Marko Mäetamm 1993

Esilekerkivad eetikaküsimused

Inimkonna praegused teadmised elusloodus kohta lubavad oletada, et surnu maisel kehal puuduvad aistingud, tunded ja emotsioonid, seega surnu enda jaoks ei ole tema keha edasise käitlemise meetodid olulised. Küll aga on toimuva eetilisusel ja esteetilisusel oluline roll elavate inimeste emotsioonidele ning kõlbelistele tõekspidamistele. Surm on paratamatu, pöördumatu ja tugeva emotsionaalse laenguga protsess, mis paneb inimesi reeglina sellesse suhtuma aupaklikult. Lahkunu maise keha väärika kohtlemise kaudu leiavad leinajad emotsionaalset tuge ja lohutust.

Siinkohal tõstatubki küsimus kremeerimisprotsessist ülejääva soojusenergia kasutuselevõtu eetilisest poolest. Kas käsitleda inimkeha, kui kütust või läheneda seisukohalt, et kasutatakse ära ühe tehnoloogilise protsessi käigus vabanevaid energiaressursse? Kas nõusolek selliseks tegevuseks tuleks võtta isikult enne tema surma?

Magistritöö koostaja seisukohalt on surmal, nagu igal inimtegevusel, oma ökoloogiline jalajälg, mille minimeerimisvõimalused tuleks maksimaalselt ära kasutada. Lisaks võib sellist tegevust käsitleda, kui lahkunupoolset viimast panust parema elukeskkonna pärandamiseks tulevastele põlvedele.

Kokkuvõte

Projekti initsiaatoriks on reeglina tellija, kelle algideed ellu viima asutakse. Projektimeeskonna suurus sõltub projekti mahukusest ja ülesande keerukusest. Nagu iga meeskonnatöö, eeldab ka arhitektuurne projekt teema lahenduseks vajalike oskustega meeskonnaliikmete panust ja meeskonna juhtimist. Eraldiseisvate lõikuse eest vastutajad ei pea jooksvalt projekti teiste, nende töövaldkonda otseselt mittepuudutavate küsimustega kursis olema, küll aga on see ülesanne projekti juhil või koordinaatoril. Eestis vähem, kuid naaberriigis Soomes laiemalt levinud praktika kohaselt on arhitekt samas ka projekti juht. Käesoleva magistritöö autori seisukohalt on selline lähenemine järgimist vääriv efektiivne moodus arhitektuursete projektide elluviimiseks, kuna lahenduse tuumikidee autorina on arhitektil reeglina kõige parem ülevaade soovitud lõpptulemusest.

Esimese sammuna peale tellijalt lähteülesande saamist on arhitektil võimalus anda omapoolne nägemus võimalikust lahendusest. Ehitusvaldkonna tundjana ning seadusandluses orienteerujana saab arhitekt kohe alguses välja tuua planeeritava projekti tugevad küljed ja küsitavad aspektid. Enne reaalse projekteerimisprotsessi juurde asumist anda tellijale soovitusi ning kogemusel baseeruvaid nõuandeid lähteülesande korrigeerimiseks. Reaalsete kaasuste alusel leidub ka autori arhitektuuripraktikast juhtumeid, kus peale esmaseid konsultatsioone tellijaga on algne lähteülesanne saanud oluliselt muudetud. Levinumateks vigadeks lähteülesande püstituse juures on tellijapoolne oma vajaduste ja võimaluste ebaõige hindamine. Käesolevas töös on rõhuasetus suunatud hoone energiatõhususele, projektiti võivad fookused olla erinevad. Alahinnata ei tohiks ka projektiga kaasnevaid emotsionaalseid aspekte, mis võivad tekitada ootamatuid takistusi ega ole ratsionaalselt kuidagi põhjendatavad.

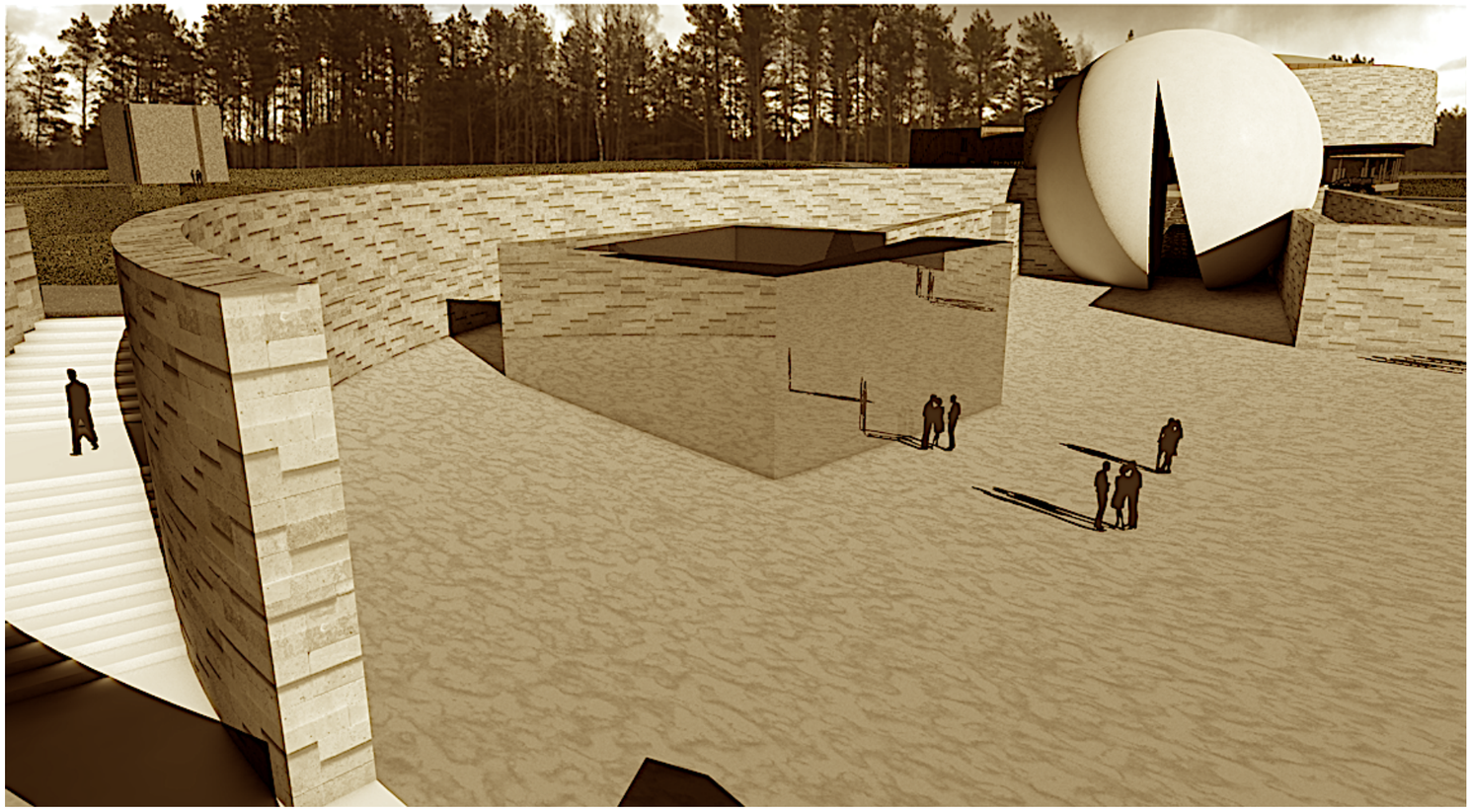
Järgmise sammuna langetatakse baasotsused, mis defineerivad projekti põhiolemuse ning dikteerivad edasised tegevused. Kui lähteülesande juures on võtmeküsimusteks “milleks?” ja “kellele?”, siis järgmises etapis on olulised vastused küsimustele “kuhu?” ja “kuidas?”.

Peale töömahust ülevaate saamist on võimalik hinnata vajaliku projektimeeskonna suurust ja kompetentsivajadusi. Autori nägemuse kohaselt on ideaalne projektimeeskond võimeka liidri poolt juhitud koostööaldis erialaspetsilistide liit. Arhitekti roll on anda meeskonnale lahendatav ülesanne. Pidades juba algidee väljatöötamisel silmas energiatõhususe põhimõtteid minimeerib arhitekt hilisemate suuremahuliste muudatuste vajadust. Arhitektuurne looming on kompromiss tehnilise ja loomingulise lähenemise vahel. Ressursimahukad erilahendused ei ole hea lõpptulemuse garantiiks. Seda nii objekti rajamise, kui ekspluatatsiooni käigus.

Arhitektuursed projektid on reeglina pikaajalise mõjuga. Siit tulenevalt on oluline projektlahenduses kajastada hoone või rajatise tervet elukaart, mis koosneb püstitamisest, ekspluateerimisest ja hilisemast utiliseerimisest. Kohaliku kinnisvaraturu probleemina näeb autor tõika, et Eestis on liiga palju omanikke. Eriti teravalt tuleb see esile rida- ja kortermajade juures, kus ratsionaalsete otsuste langetamine takerdub pahatihti emotsionaalsete üksikarvamuste vastasseisu taha. Ei ole harvad juhud, kus väiksemates kortermajades on igasse korterisse installeeritud kütteagregaat, mis oleks üksi võimeline kogu ülejäänud hoone küttevajaduse katma. Vaidluste taha takerduvad remondikavad ja hoonete ebaühtlane väljanägemine on igapäevane reaalsus.

Arhitektuurselt ja tehniliselt kõrgel tasemel lahenduse väljatöötamise juures tõstatub probleem omandiküsimusest siis, kui hoone tellija ja projekti algataja ei jää objekti hilisemaks omanikuks. Kuluoptimaalsed arvestused tehakse seadusandlusest lähtuvalt elamutel 30 ja mitteelamutel 20 aastase perspektiiviga, mis eeldabki esialgseid kõrgemaid investeerimiskulusid, mis hilisemas kasutuses end ära tasuvad. Realiseerides aga teostatud objekti kohe peale selle valmimist, ei ole tellijal võimalik tuleviku kasumist osa saada ja majanduslik tulu soovitakse välja võtta koheselt. Kompromissi antud matemaatilise vastuolu juures on raske saavutada ning siin näebki autor üht suuremat probleemkohta kohalikul ehitusturul.

Positiivse trendina on turule tulnud arendajaid, kes viivad ellu projekte eesmärgiga jääda pikaajalisteks omanikeks ja teenida stabiilset tulu. Autori seisukohalt on sellisel lähenemisel rida eeliseid ka arhitekti seisukohalt, kuna tellijapoolselt ollakse valmis ellu viima läbimõeldumaid ja ratsionaalsemaid lahendusi.

Kasutatud kirjandus

[1] Majandus- ja taristuminister, Hoone energiatõhususe miinimumnõuded, Riigi Teataja , 2015.
[2] P. Szuppinger ja E. Csobod, Energiatõhusate uute majade planeerimine, Tallinn: Baltic Environmental Forum Group, 2011, p. 1.
[3] Euroopa Parlament ja Nõukogu, Direktiiv 2012/27/EL, Brüssel: Euroopa Parlament, 2012, p. 315/1.
[4] Euroopa Parlament ja Nõukogu, Direktiiv 2010/31/EL, Brüssel: Euroopa Parlament, 2010, p. 153/21.
[5] Riigikogu, Energiamajanduse korralduse seadus, 2016.
[6] Majandus- ja taristuminister, Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika, Riigi Teataja, 2015.
[7] E. Arumägi, R. Simson, K. Kuusk, T. Kalamees ja J. Kurnitski, Hoonete kuluoptimaalsete energiatõhususe miinimumtasemete analüüs, Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2017.
[8] P. Zumpthor, Atmospheres: Architectural Enironments, Surrounding Objects, Birkhäuser Verlag AG, 2006.
[9] K. Lootus, Neuro-arhitektuurne keskus kognitiivsete võimete arendamiseks ja uurimiseks Kadaka pangale, 2017.
[10] E. Abel, H. Voll ja T. Tark, Hoonete energiatarve ja sisekliima, Presshouse, 2014, p. 175.
[11] T. Kalamees ja J. Kurnitski, Estonian test reference year for energy calculations, Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2006.
[12] A. Kiiker, Muutuvast surmakultuurist 21. sajandi Eestis: krematsioon ja põletusmatused, Tallinna Ülikool, 2012.
[13] Wikipedia, „Composition of the human body,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Composition_of_the_human_body.
[14] DFW Europe , „It’s Time For The Electric Cremation Furnace,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://dfweurope.com/hybrid-electric-cremation-furnace/.
[15] Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, „Energiasääst,“ 2018. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.mkm.ee/et/energiasaast.
[16] Tallinna Tehnikaülikool, „Faasisiirded,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.ttu.ee/public/m/Marek_Vilipuu/FI_doks/taiendusope/7_FAASISIIRD.pdf.