



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

## **Kajo**

Luonnonvalon käyttö arkkitehtisuunnittelussa

pohjoisilla leveysasteilla

Sanni Hujanen

Opinnäytetyö  
Joulukuu 2018  
Rakennusarkkitehdin koulutusohjelma



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennusarkkitehdin koulutusohjelma

Hujanen Sanni  
Kajo - Luonnonvalon käyttö rakennussuunnittelussa pohjoisilla leveysasteilla

Opinnäytetyö 79 sivua, liitteitä 9 sivua  
Joulukuu 2018

---

Opinnäytetyö käsittelee rakennusten luonnonvalaistusta pohjoisilla leveysasteilla eli Suomen ja pohjoismaiden leveysasteilla. Kansainvälistä kirjallisuutta luonnonvalon käytöstä rakennuksissa on paljon, mutta skandinaavista ja suomalaista kirjallisuutta hyvin vähän. Valon laatu, saatavuus ja käytettävyys ovat niin vahvasti sidoksissa sijaintiin, että kansainvälistä kirjallisuutta on vaikeaa, miltei mahdotonta hyödyntää Suomessa. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia luonnonvalon liikettä ja toimintaperiaatteita pohjoisilla leveysasteilla sekä arkkitehdin keinoja vaikuttaa rakennuksen luonnonvalaistukseen.

Luonnonvalo on edullinen ja energiatehokas valaisukeino, sekä sillä on lukuisia positiivisia terveysvaikutuksia. Tämän vuoksi se on tärkeä osa rakennuksen käyttäjän kokemusta ja tilan viihtyvyyttä. Eri käyttötarkoitusta palvelevien tilojen valaistusvaatimukset ovat erilaisia, ja arkkitehdilla on mahdollisuus vaikuttaa luonnonvalon jakautumiseen eri tilojen välillä.

Maapallon akselin ollessa 23,5 ° kulmassa aurinkoon nähden Pohjoismaiden etäisyys ja valon määrä vaihtelee vuodenaikojen mukaan huomattavasti. Valon määrän vaihtelun lisäksi ulkopuoliset esteet ja Suomen pilvinen ilmasto ovat haasteita luonnonvalaistukselle. Pilvisen ilmaston vuoksi Pohjoismaissa suurin osa luonnonvalosta on taivaankannen hajavaloa.

Erilaisia keinoja luonnonvalaistuksen suunnittelussa ilmentää case-esimerkki Kajo, joka on vapaa-ajan asunnon luonnostasoinen suunnitelma. Työssä pohditaan massoittelun, ikkunoiden sijoittelun ja pintamateriaalien vaikutusta luonnonvalaistukseen sekä esitellään erilaisia keinoja luonnonvalaistuksen suunnitteluun. Tärkeä työkalu mittauksissa on luonnonvalaistusolosuhteiden simulointityökalu Velux Daylight Visualizer, jolla voidaan laskea ja simuloida tietomallien sisätilojen luonnonvalaistusolosuhteita. Sunpathtool.org on auringonvalon liikkeen vaihtelun ymmärtämistä ja tutkimista tukeva työkalu.

Hyvän luonnonvalaistuksen takaamiseksi pilvisessä ilmastossa tulisi ikkunapinta-alan olla mahdollisimman suuri. Suuri ikkunapinta-ala aiheuttaa kylmässä ilmastossa lämpövuotoja, ja ikkunoita suunniteltaessa luonnonvalaistusolosuhteet ja energiatehokkuus ovatkin usein ristiriidassa. Opinnäytetyössä otetaan molemmat näkökulmat huomioon ja esitellyissä ratkaisuissa myös energiatehokkuus on otettu huomioon.

---

Asiasanat: skandinaavinen arkkitehtuuri, asuntosuunnittelu, luonnonvalo, vapaa-ajan asunto, energiatehokkuus

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree programme of Construction Architect

Hujanen Sanni  
Kajo - Daylight in Architectural Design in Northern Latitudes

Bachelor's thesis 79 pages, appendices 9 pages  
December 2018

---

The purpose of the thesis was to study the use of daylight in buildings in Northern latitudes, which in the work is delimited to the latitudes of Scandinavia. There is a wide range of international literature of daylight in buildings but none on Scandinavian or Finnish daylight circumstances. Daylight features and the distribution of light are tightly limited to location and thereupon international literature and instructions are almost impossible to apply to Northern latitudes. The aim of the thesis was to study the physics and movement of daylight and the tools that architect can use to influence building's daylighting in Northern latitudes.

Daylight is an inexpensive and energy efficient lighting form that has many positive health benefits. Different spaces and activities require different lighting, hence good lighting is not a static concept. Architect can affect the distribution of daylight between spaces and rooms with the tools presented in this study.

The axial tilt of the earth is  $23,5^\circ$  towards sun and the amount of sunlight reaching Northern Europe varies over the course of the year. In addition to the changing amount of daylight, external obstacles and Finland's cloudy climate makes daylighting of buildings more difficult. In cloudy climates the amount of direct sunlight is scarce and for this reason daylight is mainly diffused illumination of the sky.

Different design solutions' effects are presented and evaluated in the study and accordingly a case study Kajo proposes some methods for daylighting buildings. Kajo is a sketch proposal of an apartment/cabin which takes theory into practice. The proposed tools of architectural design on daylighting are for example architectural modeling, orientation of the building and the windows, window positioning and surface materials.

Based on the study it appears that ensuring good daylighting in buildings in climates where majority of the light is diffuse light, the surface area of windows should be as large as possible. Large glass structures in cold climates cause heat loss, which creates a conflict between good daylighting and energy efficiency. This study takes both aspects into consideration and aims to present solutions advantageous for both viewpoints.

---

Key words: Scandinavian architecture, residential architecture, daylight, cabin, energy efficiency

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
1.1	Tutkimuksen tausta.....	8
1.2	Teoreettinen viitekehys.....	9
1.3	Työn aihe.....	10
2	Yleistä valosta ja luonnonvalosta.....	11
2.1	Valonlähteet ja -suunta.....	11
2.2	Luonnonvalon fysiikka.....	12
2.3	Luonnonvalaistuksen mittarit.....	13
2.3.1	Valon määrän mittaaminen.....	13
2.4	Ihminen ja valon aistiminen.....	15
2.4.1	Näköaisti.....	15
2.4.2	Luonnonvalon terveydelliset vaikutukset.....	16
3	Pohjoisten leveyspiirien erityislaatuisuus luonnonvalaistuksessa.....	18
3.1	Luonnonvalon saatavuuden vaihtelu pohjoisessa.....	18
3.1.1	Polaaripäivä ja -yö.....	20
3.2	Luonnonvalon luonne pohjoisilla leveyspiireillä.....	21
4	Luonnonvalaistuksen tavoitteet ja työkalut.....	23
4.1	Hyvän luonnonvalaistuksen määrittely.....	23
4.2	Rakennuksen massoittelemisen ja suunnan vaikutus luonnonvaloon.....	28
4.3	Ikkunoiden sijainti, koko, ja aurinkosuojauksen tarve.....	32
4.3.1	Ikkunoiden asemoinnin vaikutus tilaan.....	32
4.3.2	Ikkunoiden koon ja muodon vaikutus tilaan.....	33
4.3.3	Ikkunoiden aiheuttama lämpöliike.....	38
4.4	Sisä- ja ulkotilojen materiaalien vaikutus valoisuuteen.....	38
4.4.1	Väriämpötila.....	38
4.4.2	Pintojen luminanssi.....	39
4.4.3	Osittain valoa läpäisevät materiaalit.....	41
4.4.4	Valoa ohjaavat järjestelmät.....	42
5	Case-esimerkki, vapaa-ajan asunto Kajo.....	45
5.1	Suunnittelun lähtökohdat.....	45
5.2	Rakennuksen muoto ja toimintojen sijoittelu.....	46
5.3	Aukotus.....	54
5.4	Pintamateriaalit.....	58
5.5	Tulosten tarkastelu.....	61

5.5.1	Massoittelun vaikutus.....	61
5.5.2	Mittaukset.....	62
5.5.3	Mittaustulosten tarkastelu ja johtopäätökset .....	71
6	Johtopäätökset .....	73
6.1	Tutkimuksen tulokset.....	73
6.2	Loppusanat.....	75
	Lainatut lähteet.....	76
	LIITTEET .....	79
	Liite 1. Vapaa-ajanasunto Kajo .....	79

## ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)

Valovoima	<p>Kandela (cd).</p> <p>Valovoima kuvaa paljonko lähde lähettää valoa tiettyyn suuntaan. (Korpela, 2018)</p>
Valovirta	<p>Lumen (lm)</p> <p>Valon lähteestä peräisin oleva energian määrä. On ri asia kuin kulutettu energia. (Korpela, 2018)</p> <p>Esimerkiksi hehkulamppu voi tuottaa 2500 lm ja kuluttaa 200W</p> <p>Kynttilä säteilee noin 13 lm (Korpela, 2018)</p> <p>Ikkunasta voi säteillä jopa 65 000 lm (Vikberg, 2014)</p>
Luminanssi	<p>Luksi (lm/m<sup>2</sup>)</p> <p>Pinnan kirkkaus. Luminanssi on tietystä pinnasta tiettyyn suuntaan säteilevää valovirtaa. Siihen vaikuttaa lähteestä tuleva valovirta ja pinnan heijastus. Yksi luksa on 1 m<sup>2</sup> pinnalle, yhden lumenin suuruinen tasaisesti jakautuva valovirta. 1 luksa= 1 lumen/m<sup>2</sup> (Sanvandy, 2001)</p>
Illuminanssi	<p>Luksi (lm/m<sup>2</sup>)</p> <p>Eli valaistusvoimakkuus on se lähteestä säteilevä valon määrä, joka osuu määrättyä pinnan yksikköä kohti. (Sanvandy, 2001)</p>
Kontrasti	<p>Objektin ja sen taustan välinen luminanssien ero, johon vaikuttavat pintoihin osuvan valonvoiman ja pintojen heijastavuuden erot. (Vikberg, 2014)</p>
Häikäisy	<p>Voimakkaan valonlähteet aiheuttamaa liiallista kontrastia (Vikberg, 2014)</p>

Valon väri	<p>Värivaikutelma eli säteilevän valon näkyvä väri, mitä voidaan ilmasta ekvivalenttisen värilämpötilan avulla.</p> <p>Esim.</p> <p>Lämmin &lt;3300 K (Kelvin)</p> <p>Neutraali &gt;3300 K&lt;5300 K</p> <p>Kylmä &gt;5300 K</p> <p>(Lampputieto.fi, Värilämpötila-Kelvin-arvo, n.d.)</p>
Taivaskomponentti	<p>Taivaalta peräisin oleva valo eli suora auringonvalo ja puoliavaruuden kokoisen taivaankannen hajavallo. (Vikberg, 2014)</p>
Daylight factor (DF):	<p>Sisätilan valaistuvoimakkuuden (illuminanssin) suhde ulkotilan horisontaaliseen valaistusvoimakkuuteen esteettömän hemisfäärin kohdalla. Koostuu taivaskomponentista, ulkoa heijastuneesta valosta ja sisältä heijastuneesta valosta. (Baker &amp; Steemers, 2002)</p>
“No-sky” linja	<p>Tarkastelupinnan eli ikkunallisen seinän suuntainen linja, jonka takana ei huoneessa ole ulkopuolisten esteiden vuoksi suoraa näköyhteyttä taivaalle. (Baker &amp; Steemers, 2002)</p>
Diffuusio	<p>Molekyylien siirtymistä korkeammasta pitoisuudesta pienempään tasoittaen pitoisuuseroa. (Philibert, 2005)</p>
Zeniitti	<p>Taivaanlaki eli zeniitti on suoraan havaitsijan yläpuolella oleva taivaan piste. Zeniitin etäisyys horisontista eli taivaanrannasta on 90 °. (Ursa, Tähtitieteellinen yhdistys, N.d.)</p>
Kylmäsilta	<p>Rakenteiden yksittäiset kohdat, joilla on ympäröiviä rakenteita suurempi lämmönjohtavuus ja lämpöhäviö, ovat kylmäsiltoja. Rakenteen sisäpinnan lämpötila on kylmäsilan kohdalla muita kohtia alhaisempi (Schöck Bauteile GmbH, 2015).</p>

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Luonnonvalon positiivisista vaikutuksista on puhuttu antiikista lähtien muun muassa lääketieteen saralla. Valo on eri kulttuureissa yhdistetty positiivisiin asioihin, jopa jumaluuteen, ja se on ravinnon lisäksi yksi elämän perusedellytyksistä. (Jetzinger, 2004). 1900-luvun ensimmäisiin vuosikymmeniin saakka rakennusten tärkein valonlähde oli luonnonvalo, mutta 1920-luvulta eteenpäin voimakkaasti kehittynyt keinovalaistus syrjäytti sen rakennusten valaistukeinona. Sotien jälkeen yleistyneiden loisteputkivalaisimien vuoksi luonnonvalo unohdettiin arkkitehtisuunnittelussa. (Vikberg, 2014) Keinovalossa pääsääntöisesti toimivan nykyihmisen useat elintoiminnot, kuten melatoniini, kortisolin ja serotoniinin tuotanto virittyvät yhä edelleen luonnonvalon mukaan, niin kuin aikoina ennen keinovaloa. Pohjoisessa valon määrä vaihtelee vuodenajasta riippuen suuresti, ja nämä äärimmäiset valo-olosuhteet voivat olla kaivatun vaihtelun lisäksi myös stressitekijä. Luonnonvaloa on yritetty jäljitellä keinovalaistuksessa, mutta sen valaistusominaisuuksien ja positiivisten terveysvaikutusten jäljittely on hankalaa, jopa mahdotonta. (Sommar, 2010)

Rakennetussa ympäristössä luonnonvalon pääsy tiloihin on riippuvainen suunnittelijan tekemistä ratkaisuista, esimerkiksi ikkunoiden sijoittelusta, koosta ja rakennuksen suuntauksesta. Rakennetussa ympäristössä luonnonvalon käyttöä on suunnitteluvaiheessa pohdittava tarkoin muun muassa tilan käyttötarkoituksen, ilmansuuntien ja auringonkulun sekä ympäristön mukaan. Valonlähteen koosta riippuen syntyy varjoja tai puolivarjoja sen kohdatessa materiaaleja, joita valo ei voi läpäistä. Varjojen hallitseminen on näin ollen osa valon hallitsemista rakennussuunnittelussa. Auringon tuottama aaltoliike, jonka ihmissilmä kokee valona, sisältää myös huomattavan määrän lämpösäteilyä. Sen liiallinen määrä aiheuttaa ei-toivottua ylikuumenemista, joka rakennuksen suunnitteluvaiheessa on myös osattava ottaa huomioon. (Otavan suuri ensyklopedia, 1979)

Luonnonvalo on siis vahvasti ihmiseen vaikuttava tekijä myös sisätiloissa, joissa sen tehokas hyödyntäminen on suunnittelijan vastuulla. Arkkitehdit ovat kautta aikain osanneet tämän taidon, mutta keinovalojen yleistyessä on havaittavissa luonnonvalon hallitsemisen ja ymmärryksen taidon kenties heikentyneen. Hanna Vikberg sanoo diplomi-



työssään Valoisa asunto- luonnonvalon hyödyntäminen suomalaisissa kerrostalo asunnoissa, (Aalto yliopisto, 2014) luonnonvalon olevan kuin yksi rakennusmateriaali, jonka ominaisuudet täytyy arkkitehdin tuntea: ”Erona muihin materiaaleihin luonnonvalo on muuttuvaa, mutta myös ilmaista, sitä ei tarvitse sertifioida, kuljettaa työmaalle eikä siihen tule kosteusvahinkoja, mutta samalla sitä ei voi tuottaa tai rakentaa, vaan se tulee hallita ja vangita.” Oikein käytettynä valolla on mahdollista luoda haluttu tunnelma, sen avulla voidaan määrittää tilan rajautumista, avautumista ja funktionaalisuutta.

## 1.2 Teoreettinen viitekehys

Kansainvälistä kirjallisuutta luonnonvalon fysikaalisista ominaisuuksista ja toiminnasta sekä luonnonvalon käytöstä rakennuksissa on paljon, mutta skandinaavista ja etenkin suomalaista kirjallisuutta hyvin vähän. Valon laatu, saatavuus ja käytettävyys ovat niin vahvasti sidoksissa sijaintiin ja sen maantieteellisiin eroavaisuuksiin, että kansainvälistä kirjallisuutta on vaikeaa, miltei mahdotonta hyödyntää. Oppaita luettaessa onkin lukijan osattava hahmottaa, mille maantieteelliselle sijainnille kyseiset ohjeet kenties pätevät, mikä voi olla hankalaa oppaitten ja julkaisujen yrittäessä tavoittaa mahdollisimman suuren kohdeyleisön. Jotkin luonnonvaloa koskevat periaatteet ja ohjeet voivat olla jopa vahingollisia väärissä olosuhteissa käytettynä.

Suomalaisten julkaisujen vähäisyyden vuoksi voidaan olettaa, ettei aihe ole suunnittelijoiden työssä keskeisimmässä asemassa. Rakennusten käyttäjille luonnonvalo on kuitenkin erittäin suuri osa käyttökokemusta sekä kestäväen kehityksen ja energiatehokkuuden kannalta taloudellinen valaistusmuoto, joten sen merkitystä ei pidä väheksyä. Näihin seikkoihin on Hanna Vikberg perehtynyt diplomityössään. Hän on käsitellyt luonnonvalon fysiikkaa ja toimintaa työssään laajemmin. Diplomityön huomioista voidaan päätellä, että luonnonvalon valtava tärkeys ja potentiaali on myös Suomessa tiedostettu julkaisujen vähäisyydestä huolimatta.

Opinnäytetyössä rajataan valon toimintaperiaatteiden ja fysikaalisen ilmiön käsittelyn perusteisiin, jotta aiheen keskiössä ovat arkkitehdin työkalut ja suunnittelun lähtökohdat. Työssä käsitellään pääsääntöisesti näkyvää valoa eli auringon säteilyn näkyvää spektriä. Opinnäytetyössä pohjoisista leveysasteita puhuttaessa viitataan leveysasteisiin, joilla Pohjois-Eurooppa ja etenkin Suomi sijaitsevat. Pohjoisilla leveysasteilla ei siis tarkoiteta kaikkia pohjoisen pallonpuoliskon leveysasteita.

### 1.3 Työn aihe

Opinnäytetyössä käsitellään pohjoista valoa eli Skandinaviaa käsittävien leveyspiirien olosuhteissa esiintyvää luonnonvaloa ja sen käyttöä rakennuksissa. Luonnonvalon toiminnan sekä käytön peruseriaatteiden lisäksi pohditaan varjoja, valon aikaansaamaa lämpenemistä ja sen ehkäisemistä arkkitehdin tekemien ratkaisujen avulla ja sitä, kuinka nämä tekijät otetaan suunnitteluvaiheessa huomioon. Lämpenemisen lisäksi huomioon otetaan suurten valoaukkojen aiheuttama lämpövuoto ulkolämpötilan ollessa matala. Opinnäytetyössä tutkitaan ja havainnollistetaan näiden seikkojen vaikutusta luonnonvalon käyttömahdollisuuksiin ja rakennuksen suunnitteluun. Pohdinnan perusteella toteutetaan suunnitelma, vapaa-ajanasunto Kajo: luonnostasoinen suunnitelma ympärivuotisesti käytettävästä tilallisesti ja valonkäytöltään tehokkaasta sekä energiatehokkaasta mökistä, jonka suunnittelun lähtökohtana on ollut pohjoinen valo ja luonto. Kajon suunnitteluvaiheessa pohdittiin jatkuvasti, kuinka luonnonvalolla voidaan korostaa tilan ominaispiirteitä eli tässä tapauksessa pohjoismaisuutta. Kajon luonnonvalaistusta tutkittiin ja mitattiin siihen suunniteluilla työkaluilla.

Opinnäytetyö tutkii suunnittelijan työkaluja ja arkkitehtonisia ratkaisuja luonnonvalon hallitsemiseen sekä pohjoisen valon erityispiirteitä. Lisäksi pohditaan, kuinka pohjoisen valon luonne vaikuttaa suunnitteluun ja onnistuneeseen toteutukseen. Tarkoituksena ei ole luoda yhtä yleispätevää ratkaisua tai sääntöä, vaan tarkastella eräänlaisia peruseriaatteita ja muistisääntöjä hyödynnettäväksi eri kohteissa.

*En ikinä väsy toistamaan sitä: valo on yllisin ja arvokkain materiaali, jota arkkitehdit käyttävät. Kuitenkin, koska se on ilmaista, monet heistä eivät aseta korkeaa arvoa tälle jumalalliselle ainesosalle. Kysy keneltä tahansa tiedemieheltä, valo on yhtä materiaallinen kuin kivi ja ei voi olla arkkitehtuuria ilman sitä.*

(Cambo Baeza, 2013) (suom. Hanna Vikberg)

## 2 Yleistä valosta ja luonnonvalosta

### 2.1 Valonlähteet ja -suunta

Auringonvalo on suorasta auringonvalosta ja taivaalta sironneesta auringon hajavalosta muodostuvaa luonnonvaloa (Rakennustieto, 2008). Hajavalo syntyy auringonvalon osuessa ilmakehän partikkeleihin, kuten ilma- ja vesimolekyyleihin ja pölypartikkeleihin, jolloin osa auringonvalosta absorboituu eli imeytyy ja osa heijastuu useaan suuntaan eli sirotaan. Näin syntyy taivaan hajavalo, joka ei etene suoraviivaisesti yhteen suuntaan, kuten suoraa auringonvalo vaan hajaantunut eri suuntiin. (Corrodi & Spechtenhauser, 2008) Suoran auringonvalon lähteenä on aurinko, eli valon lähde on ikään kuin pistemäinen auringon ollessa hyvin kaukana maanpinnasta. Hajavalon lähteeksi voidaan ajatella koko puoliavaruuden kokoinen taivaankansi eli hemisfääri.

Suora auringonvalo on hyvin voimakasta, suoraa ja ajoittain häikäisevää. Sitä voidaan käyttää rakennusten valaisussa johtamalla valoa rakennukseen, mutta sen ongelmana on ajoittaisuus, eli sen jatkuvasti muuttuva suunta. (Rakennustieto, 2008). Suomen pilvien olosuhteiden vuoksi suurin osa näkemästämme valosta on sironnutta hajavaloa. Se on pehmeämpää ja valaistusvoimakkuudeltaan pienempää kuin suora auringonvalo. Suomessa on keskimäärin kaksikymmentä pilvetöntä päivää vuodessa, kun taas esimerkiksi Etelä-Euroopassa pilvettömiä päiviä on vuodessa noin sata (Anselmo & Mardaljevic, 2013). Hajavalo sopii valaistukseen hyvin, mutta se on suoraan sidoksissa ikkunapinta-alaan sekä vaimenee nopeasti etäämmällä ikkunan pinnasta. (Rakennustieto, 2008)

Luonnonvalo voidaan karkeasti jakaa kolmeen lähteeseen rakennuksen tai vastaavan tilan sisällä nähtävää luonnonvaloa tarkasteltaessa: 1. suoraan taivaalta tuleva valo eli auringon suoran valo ja hajavalo, josta käytetään arkkitehtuurikirjallisuudessa usein termiä Sky Component eli taivaskomponentti, 2. ulkoa eri pinnoista heijastuva valo sekä 3. sisäpinnoista heijastuva valo.

## 2.2 Luonnonvalon fysiikka

Luonnonvalo on auringosta peräisin olevaa valoa. Kuten aiemmin mainittiin, auringonvalo voi olla suoraa valoa, hajavaloa tai jostakin pinnasta heijastuvaa valoa. Valo on aaltoliikettä, ja auringon valolla on eri aallonpituuksia, joista näkyvän valon spektriä on noin puolet. Ihmissilmällä näkyvän spektrin aallonpituus on noin 400-780 nm, jonka lisäksi on lyhyempiä lämpöä tuottavia ultravioletteja aallonpituuksia sekä pidempiä lämpöä tuottavia infrapunaisia aallonpituuksia. (Fysiikan oppikirja: valo, 2016) Tätä säteilyä kutsutaan kokonaisuutena sähkömagneettiseksi spektriksi, josta valo on vain yksi silmillä nähtävä osa. Eri osat näkyvistä aallonpituuksista näkyvät eri väreinä.

Valon etenemistä kuvataan usein aaltona, kun taas säteilyä ja absorboitumista kuvataan partikkeleina. Kappaleiden molekyylit liikkuvat lämmön johdosta ja säteilevät sähkömagneettista säteilyä. Minkä tahansa kappaleen ollessa tarpeeksi kuuma säteilee se näkyvässä spektrissä eli tuottaa valoa. (Fysiikan oppikirja: valo, 2016)

Valon osuessa materiaaliin osa aaltoliikkeestä absorboituu, osa välittyy eteenpäin ja osa heijastuu pois. Heijastuneet säteet osuvat silmään ja muodostavat kuvan heijastavasta kohteesta. Mitä tummempi pinta, sitä enemmän valo absorboituu. Mitä vaaleampi pinta, sitä enemmän valo heijastuu. Läpinäkyvä materiaali välittää valoa eteenpäin. Valon osuessa kahden läpinäkyvän materiaalin rajapintaan osa heijastuu ja osa taittuu välittyessään läpi. Esimerkiksi valon osuessa ilman ja lasin rajapintaan voidaan siinä nähdä heijastus, mutta nähdään siitä myös läpi. Sileästä pinnasta kaikki säteet heijastuvat samaan suuntaan, ja epätasaisesta pinnasta valo heijastuu ja hajoaa useaan suuntaan. (Physics class room, 1996-2018)

Auringonvalon sirottuessa ilmakehässä sininen valo taittuu punaista enemmän, ja näemme taivaan useimmiten sinisenä. Auringon lasiessa valo matkaa ilmakehässä pisimmän mahdollisen matkan ja sininen valo siroaa pois. Tämän vuoksi auringonlasku näkyy punaisena ja keltaisena valona. (Fysiikan oppikirja: valo, 2016) Pilvissä auringonvalo ja taivaan hajavalot sirottavat useaan kertaan pilvien sisältämien vesipisaroiden vuoksi, ja syntyy valkoista valoa. Pilvet absorboivat valoa vähemmän kuin tummat matalalla leijuvat saasteet, ja pilviselläkin säällä voi tämän vuoksi olla valoisaa. Saastepilvet vaikuttavat luonnonvalo-olosuhteisiin huomattavasti, mutta niillä ei pohjoisilla leveyspiireillä ole tähän mennessä ollut vaikutusta yhä toistaiseksi puhtaan ilmamme vuoksi.

Valoa kuvataan usein säteillä, mutta Suomen leveyspiirteillä tämä esitystapa on joissain tapauksissa liian yksinkertaistettu. Säde kuvaa hyvin suoraa valoa, mutta kuten mainittu, leveysasteillamme suurin osa valosta on hajavaloa.

## **2.3 Luonnonvalaistuksen mittarit**

### **2.3.1 Valon määrän mittaaminen**

”Luksi on huono mittari huoneen valaistukselle, sillä ulkona valaistusvoimakkuus voi vaihdella 2000 luksista pilvisenä päivänä 50 000 luksiin aurinkoisena kesäpäivänä.” kirjoittaa Vikberg diplomityössään. Pohjoisen luonnonvalon määrän vaihtelevuuden lisäksi ihmissilmän kyky sopeutua eri valoisuuksiin kumoaa absoluuttisen valon määrän luotettavana mittarina tilan valoisuudesta. Valon suhteellisen määrän mittaaminen kertoo tilan luonnonvalo-olosuhteista enemmän kuin absoluuttisen määrän mittaaminen. (Baker & Steemers, 2002)

Päivänvalosuhte (eng. Daylight Factor) on arkkitehtien yleisesti käyttämä mittari huoneen valaistusolosuhteille. Kyseiseen mittariin törmää kansainvälisessä kirjallisuudessa ja lainsäädännössä usein, mutta Suomessa se ei ole kovinkaan käytetty työkalu. Päivänvalosuhte tarkoittaa nimensä mukaan ulkotilan valaistusvoimakkuuden suhdetta huoneen valaistusvoimakkuuteen eli sisä- ja ulkotilojen välistä kontrastia.

Huoneelle voidaan laskea joko keskimääräinen päivänvalosuhte tai päivänvalosuhte tietyssä pisteessä. Keskimääräinen päivänvalosuhte kertoo huoneen valaistuksen yleisilmeestä ja on helpompi laskea. Päivänvalosuhte tietyssä pisteessä kertoo valon jakautumisesta tilassa ja antaa enemmän tietoa. Useat tietokoneohjelmat laskevat päivänvalosuhteen tietyistä pisteistä ja piirtävät vyöhykkeet sen jakautumisen kuvaamiseksi.

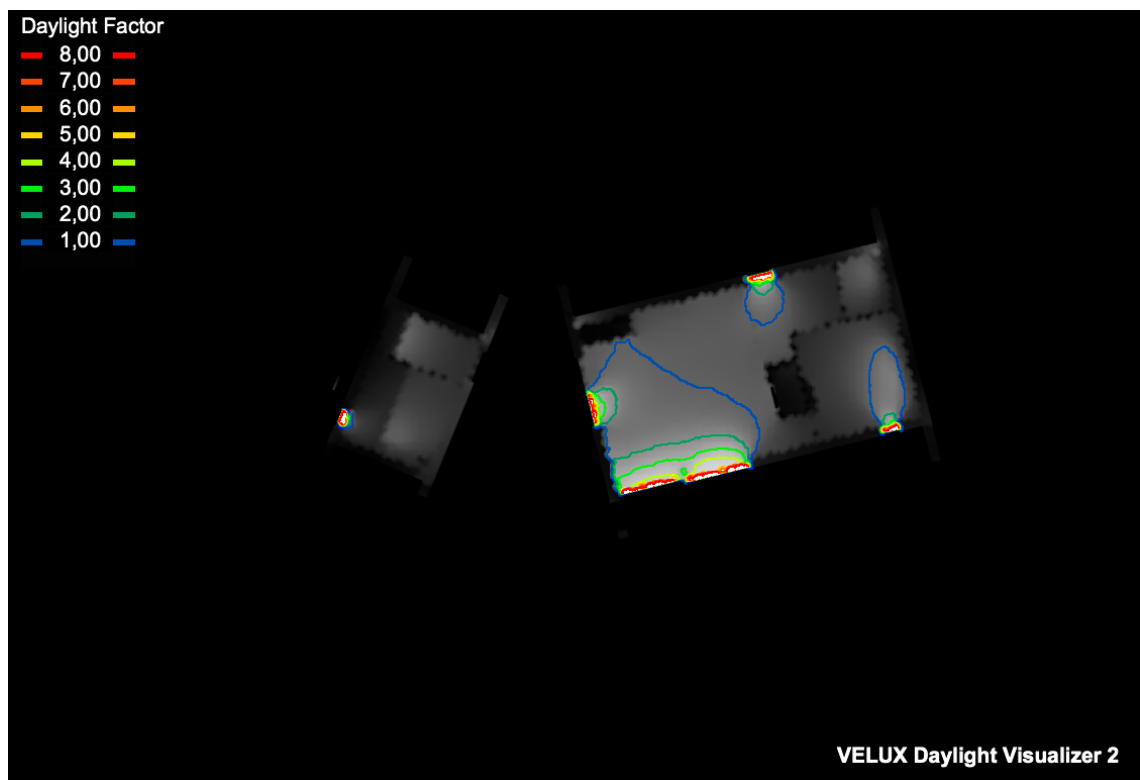
Keskimääräisen päivänvalosuhteen laskentakaava:

$$DF = (E_i / E_o) \times 100 \%$$

$E_i$ = Sisätilan horisontaalisen tarkastelupisteen päivänvalon aikaansaama illuminanssi.

$E_o$ = Ulkotilan horisontaalisen, koko esteettömän hemisfäärin valaiseman pisteen illuminanssi.

Päivänvalosuhte on siis taivaskomponentin, sisäpintojen heijastuksen ja ulkopintojen heijastuksen summa suhteutettuna taivaskomponentin illuminanssiin. Päivänvalosuhte on prosenttina matala, esimerkiksi hyvin kirkas tila on n. 5 % ja huonosti valaistu tila, jossa kuitenkin yhä havaittavissa päivänvaloa n. 0,5 %. (Vikberg, 2014)

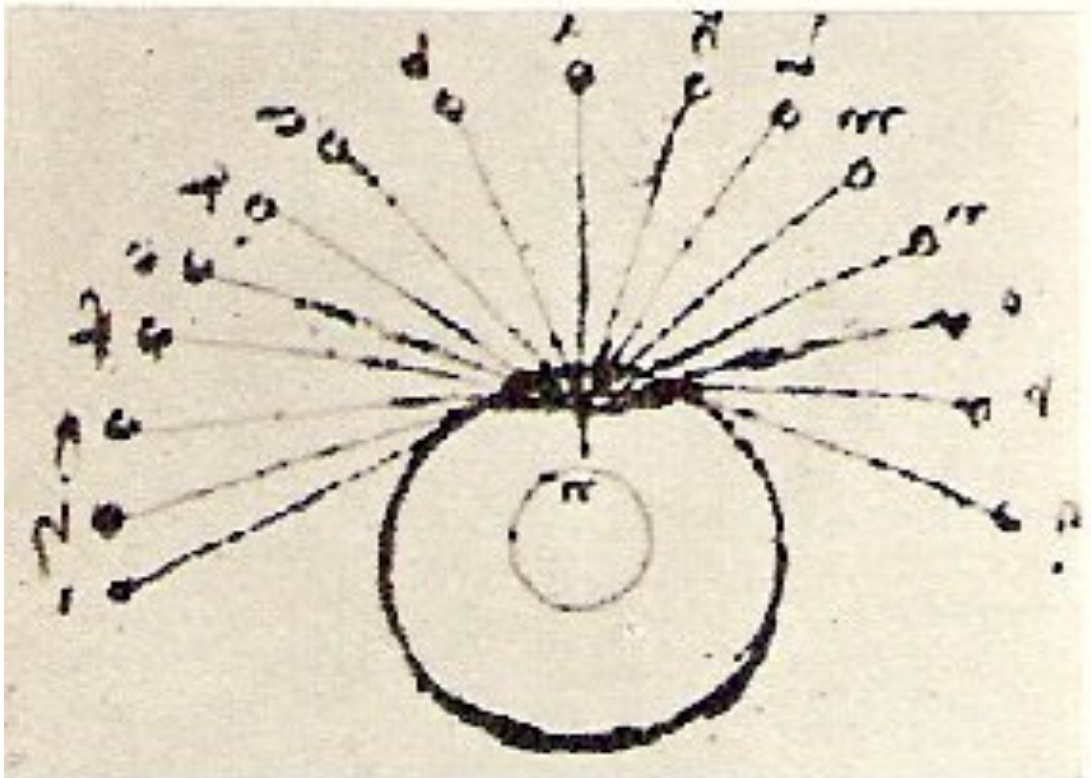


*Kuva 1. Simulointi rakennuksen päivänvaloarvoista tietyissä Veluxin Daylight Visualizerin avulla. Sovellus laskee päivänvaloarvon tietyssä pisteessä ja piirtää vyöhykkeet pisteiden mukaan.*

## 2.4 Ihminen ja valon aistiminen

### 2.4.1 Näköaisti

Kappaleiden pinnoista heijastuva valo saa ihmissilmässä aikaan verkkokalvolle syntyvän näköhavainnon. Valon säteily muuttuu hermoärsykeiksi, jotka välittävät tiedon aivoille näköhermoja pitkin. Verkkokalvon soluista tappisolut toimivat voimakkaassa valaistuksessa; herkimmin 555 nm aallonpituudella, ja niiden avulla nähdään värit. Sauvasolut, joita on verkkokalvolla soluista eniten, aistivat valoisuutta, mutta eivät värejä. Sauvasolut toimivat myös hämärässä ja niiden avulla värejä toistamaton pimeänäköimme toimii. Verkkokalvolla on sauva- ja tappisolujen lisäksi lyhyille aallonpituuksille herkkiä ei-fotoreseptiivisiä soluja, jotka eivät siis ole yhteydessä näköhavaintoon. Nämä solut reagoivat valoon vaikuttamalla esimerkiksi melatoniin eritykseen ja vireystilaan. (Yle.fi, Yle oppiminen, 2007)



Kuva 2. Leonardo Da Vincin Eye line of Sight kuvaa ihmisen näkökentän laajuutta. (Lähde: Wikimedia Commons)

Pupilli säätelee kokoaan muuttamalla verkkokalvoille pääsevän valon määrää. Näin näkökyky sopeutuu (adaptaatio) hyvinkin erilaisiin luminanssitasoihin, mutta sopeutuminen kestää pisimmillään muutamia kymmeniä minuutteja. Silmä sopeutuu nopeammin

pimeästä kirkaaseen siirryttäessä, ja lopullisen näöntarkkuuden saavuttaminen tapahtuu hyvin nopeasti. Hämärään siirryttäessä adaptaatio voi viedä kymmeniä minuutteja. (Ensto Pro, silmän toiminta, 2008) Nopea luminanssitason vaihtelu rasittaa silmää pupillin jatkuvan koon muutoksen vuoksi. Rakennussuunnittelussa olisi siis hyvä välttää nopeita valaistusmuutoksia tiloissa, joiden välillä jatkuvasti liikutaan.

Näkötarkkuuteen eli tarkkuuteen, jolla erotetaan yksityiskohdat, vaikuttaa valon määrä ja tarkentumiseen käytetty aika. Vanhemmiten silmästä tuhoutuu näköhermoja, mikä heikentää kykyä hahmottaa yksityiskohtia. Valon määrää lisäämällä voidaan ikänäöstä kärsivien näöntarkkuutta parantaa. (Ensto Pro, silmän toiminta, 2008)

#### **2.4.2 Luonnonvalon terveydelliset vaikutukset**

Luonnonvalo säätelee useita peruselintoimintoja, kuten joidenkin ihmiskehossa syntyvien hormonien tuotantoa. Esimerkiksi pimeähormoniksi kutsutun käpyrauhasessa pääsääntöisesti syntyvän melatoniinin tuotanto on sidoksissa valoon. Melatoniinia syntyy öisin pimeään aikaan ja se säätelee uni-valve-rytmiämme. Talvisin valon vähäisyyden vuoksi melatoniinia erittyy jatkuvasti, mikä voi vaikeuttaa säännöllisen vuorokausirytmien ylläpitoa ja aiheuttaa väsymyksen tunnetta. Kesäisin auringon noustessa varhain, pysäyttää valo melatoniinin tuotannon, ja näin ollen sen erittyminen rytmittyy tiiviimmälle aikavälille yöhön. Se helpottaa vuorokausirytmien säätelyä ja voi parantaa unen laatua, kertoo Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen tutkimusprofessori Timo Partonen Elisa Kallungin haastattelussa Yleisradion artikkelissa.

Valo saa aivot tuottamaan hermovälittäjäainetta serotoniinia, joka vaikuttaa mielialaan ja sosiaaliseen aktiivisuuteen. Serotoniinin vaje ilmenee esimerkiksi alakuloisuutena, kroonistuneena väsymyksenä ja apatiana, joita moni kaamosmasennuksesta kärsivä kokee. Kaamosmasennuksella ja luonnonvalon vähäisellä määrällä on yhteys, ja käypähoitona suositellaan usein esimerkiksi kirkasvalohoitoa. Toinen hermovälittäjäaine, jonka tuotantoa elimistössä auringonvalo lisää, on dopamiini. Dopamiini on kemiallinen viestinviejä sellaisissa hermoratayhteyksissä, jotka liittyvät mielihyvän kokemiseen.

(Kallunki, 2017)

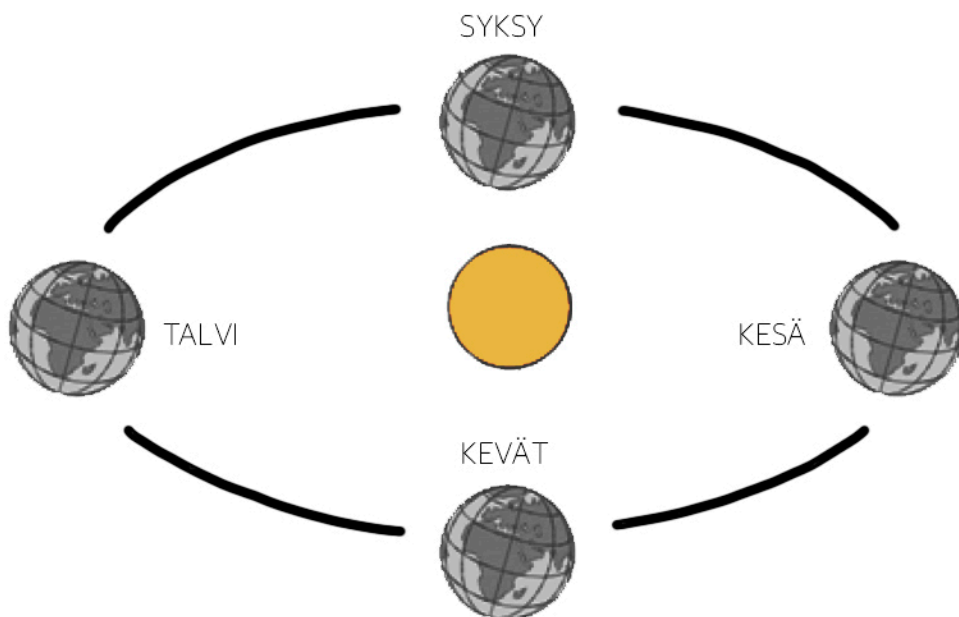


Auringon uskotaan lisäävän verisuonia laajentavan typpioksidin määrää elimistössä eli laskevan verenpainetta, unohtamatta elimistön kykyä tuottaa auringonvalosta D-vitamiinia. (Liu, ym., 2014) Auringonvalon 280-320 nm aallonpituus, eli UVB-säteily tuottaa ihon pinnalla D3-vitamiinia, joka muuttuu maksassa kalsiodiksi ja auttaa kalsiumin imeytymisessä. UVB-säteilyä ei Suomessa ole talvisin pimeään aikaan marraskuusta helmikuuhun juuri laisinkaan. (Kallunki, 2017)

### 3 Pohjoisten leveyspiirien erityislaatuisuus luonnonvalaistuksessa

#### 3.1 Luonnonvalon saatavuuden vaihtelu pohjoisessa

Sään ja lämpötilan vaihtelun lisäksi valon vaihtelua voidaan pitää mittarina vuodenaajoille. (Oja, 2013) Maapallo pyörii aurinkoon nähden  $23,5^\circ$  vinossa olevan akselinsa ympäri, ja yksi kierros kestää yhden vuorokauden verran. Suomen etäisyys auringosta vaihtelee akselin kulman vuoksi, ja tämä vaihtelu ilmenee vuodenaikoina. Vuodenajat vaikuttavat säätilaan ja valon jakautumiseen. (Tieteen Kuvalehti, 2018) Kuva 3 havainnollistaa maapallon asentoa aurinkoon nähden eri vuodenaikoina. Talvisin pohjoinen pallonpuolisko on kallellaan poispäin auringosta, keväisin aurinko paistaa maapallolle suoraan sivusta, kesäisin pohjoinen pallonpuolisko on kallellaan suoraan kohti aurinkoa ja syksyisin aurinko paistaa maapallolle suoraan sivusta.

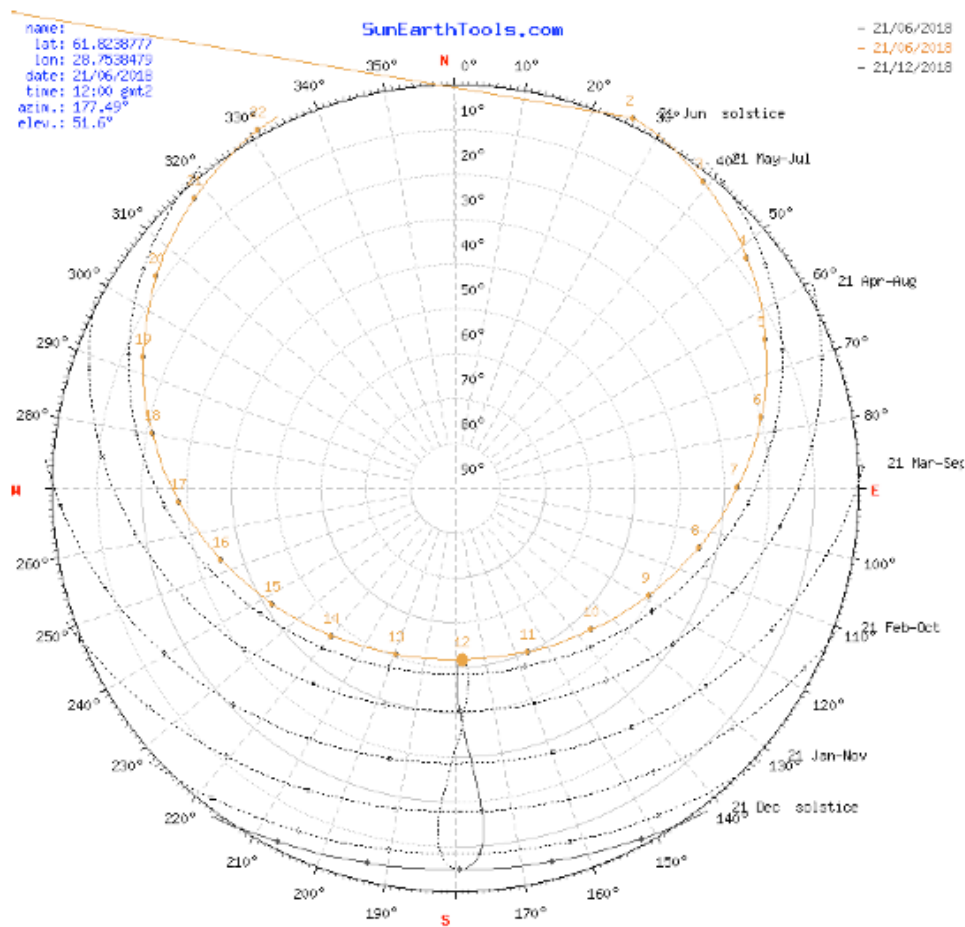


*Kuva 3. Maapallon asento aurinkoon nähden (Tekijä: Sanni Hujanen, piirretty lähteen Tieteen Kuvalehti, tieku.fi mukaan)*

Luonnonvalotunteja on sama määrä joka paikassa ympäri maailmaa, mutta niiden jakautuminen vaihtelee. Suomessa kesällä aurinko on korkealla, ja päivät ovat pitkiä, kun taas talvella aurinko on matalalla, ja päivät ovat lyhyitä. Talvisin valoa on vähän, kaamoksen aikaan ei ollenkaan, kun taas kesällä auringon ollessa korkealla ympäri vuorokauden valoa on paljon kellon ympäri. Tästä suuresta vaihtelusta huolimatta suomalaisten ja muiden pohjoismaalaisten ihmisten vuorokausirytmien oletetaan säilyvän lähes samana läpi

vuoden. Vikberg toteaa diplomityössään: ”Valo ei ole Suomessa staattinen suure”, mikä kuvaa luonnonvalon luonnetta sekä siihen suhtautumisen välistä ristiriitaa Pohjoismaissa. Suomen sisällä on myös vaihtelua valo-olosuhteissa, sillä meillä on rannikkoa ja sisämaata sekä leveysasteiltaan huomattavasti eteläisempiä ja pohjoisempia osia. Suomen eteläisimmän paikkakunnan, Hangon, pohjoinen leveys on  $59^\circ$ , ja pohjoisimman paikkakunnan Nuorgamin  $70^\circ$ . Rannikkoseudun valo-olosuhteet muuttuvat tuulen vuoksi nopeammin kuin sisämaassa (Vikberg, 2014).

*Tämä on maa kaukana pohjoisessa valon ja pimeän rajalla. Tämä on maa, jota ei alun perin ole ihmisen asumaksi tarkoitettu, maa jolle entisaikojen matkikirjailijat mielellään antoivat nimen hysteria. (Ruuhonen, 1967)*



Kuva 4. Sunearthtool.com työkalun avulla tehty kuvaaja auringon nousu ja lasku suunnista ja kulmista vuoden ympäri Savonlinnassa.

Kuva 4 havainnollistaa auringon nousu- ja laskusuunnan ja korkeuskulman vuoden ympäri Savonlinnassa, joka on leveysasteiltaan noin Tampereen korkeudella. Auringon nousu- ja laskusuunnat sekä kulma muuttuvat eri vuodenaikoina kuvan osoittamalla tavalla. Aurinko nousee kesäkuussa horisontin yläpuolelle koillisesta ja painuu sen alle luoteesta kulkien päivän aikana kuvan osoittaman reitin. Kompassin mukaan pohjoisen ollessa  $0^\circ$ , idän  $90^\circ$ , etelän  $180^\circ$  ja lännen  $270^\circ$ , nousee aurinko kesäkuussa  $25^\circ$ :teen suunnasta klo 2:00. Korkeimmillaan se nousee noin  $51^\circ$  korkeuskulmaan klo 12 ja laskee horisontin alle suunnasta  $330^\circ$  klo 22. Talvella aurinko näyttäytyy vasta kaakossa ja laskee lounaaseen. Esimerkiksi joulukuussa aurinko nousee horisontin ylle kaakosta noin  $150^\circ$ :teen suunnasta klo 10, nousee korkeimmillaan noin  $5^\circ$  korkeuskulmaan klo 12 ja laskee  $205^\circ$  suunnasta noin klo 13:30. Maalis-huhtikuussa aurinko nousee idästä ja laskee länteen. Pistekatkoviiva kuvaa auringon asemaa heinä-joulukuussa ja musta tammi-kesäkuussa klo 12.

### 3.1.1 Polaaripäivä ja -yö

Napapiireillä esiintyy talvisin ilmiö nimeltä polaariyö, tutummin kaamos, jolloin aurinko ei nouse horisontin yläpuolelle lainkaan. Syyskuun lopulla päivän lyheneminen on nopeinta, ja marraskuun lopulta alkaen Lappiin alkaa levitä kaamos, jolloin aurinkoa ei näy edes päivällä. Kaamoksen esiintymisen rajana voidaan pitää napapiirejä, mutta auringon suuren koon ja valon taipumisen siirtävät polaariyön rajan todellisuudessa hieman napapiiriä pohjoisemmaksi. Esimerkiksi Nuorgamissa aurinko ei nouse lainkaan 25.11.-17.1. ja Sodankylässä 20.12.-24.12. (Oja, 2013) Kaamos on pohjoisen pimeyden äärimmäisin ilmentymä. Vaikkei kaamos yletykään koko Suomen alueelle, ovat valoisaat tunnukset koko maassa talvisin hyvin vähäisiä.

Polaariyön vastakohta on kesäisin esiintyvä ilmiö, polaaripäivä eli yötön yö tai keskiyön aurinko. Tällöin aurinko ei napapiirin yläpuolisilla leveysasteilla laske horisontin alapuolella lainkaan. Päinvastoin kuin polaariyössä, polaaripäivässä raja on hieman napapiirin eteläpuolella, Kemin korkeuden tuntumassa. Polaaripäivän aika on Nuorgamissa 16.5.-27.6. ja Kemissä 19.6.-25.6. Kevät- ja syyspäiväntasauksen aikaan valoisa ja pimeä aika ovat yhtä pitkiä. Keväisin päivä pitenee nopeaa vauhtia, noin 5 minuuttia vuorokaudessa koko Suomessa kevätpäiväntasauksesta alkaen kesäpäivän seisaukseen saakka. Tämän jälkeen päivä taas lyhenee ja on lyhimmillään talvipäivänseisauksena. (Oja, 2013)

### 3.2 Luonnonvalon luonne pohjoisilla leveyspiireillä

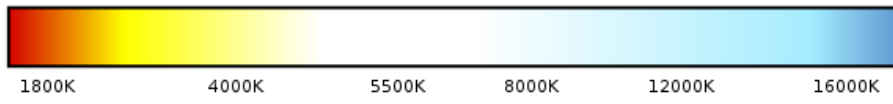
Luonnonvaloa on helpoin tarkastella ja vertailla tutkimalla valoa fysikaalisena ilmiönä. Aistinvaraisetkin kokemukset ovat osittain määriteltävissä fysiikan avulla, mutta niistä heräävät tunteet ja mielikuvat eivät ole mitattavissa. Siksi pohjoisesta luonnonvalosta puhuttaessa voidaan aihe irrottaa täysin luonnonilmiön tutkimisesta, ja tutkia sen sijaan aistihavaintoa ja kokemusta. Niitä kuvataan suureiden sijaan kerronnallisesti.

Pohjoisilla leveyspiireillä luonnonvalo on usein hentoa ja puuterimaista, ikään kuin valoharsoa, jota kuvataan usein kylmänä valona. Päiväntasaajalla aurinko on usein polttavan kuumaa ja voimakasta ja sitä kuvaillaan värilämpötilaltaan lämpimämpänä. Suomalaiseen luonnonvalokokemukseen liitetään usein polaariyö, polaaripäivä, pohjoinen luonto, sininen hetki, järvet, valoa heijastavat lumihanget ja revontulet. Nämä voimakkaat mielikuvat ja luonnonilmiöt ovat tunnuspiirteisiä suomalaisen ja skandinaavisen nykyarkkitehtuurin innoittajia. Linjakkaat vaaleat muodot ja materiaalit ilmentävät pohjoista valoa ja luontoa arkkitehtuurissa sekä muotoilussa.

Suomessa luonnonvalo eroaa päiväntasaajan valosta. Vaikuttavina tekijöinä ovat jo aiemmin mainitut pohjoiset leveysasteet ja maapallon akseli, jotka aiheuttavat vaihtelua auringon esiintymiseen eri vuodenaikoina. Pohjoisen pilvisen ilmaston vuoksi suurin osa valosta on taittunutta hajavaloa. Hajavalon ja suoran auringonvalon ominaisuudet on rakennussuunnittelussa otettava huomioon. Hajavalon säteet tulevat kaikista suunnista, mikä luo heikkoja varjoja. Suoran auringonvalon säteet ovat samansuuntaisia ja sen varjot ovat voimakkaita. Hajavalon pehmeys vaikeuttaa tekstuureiden hahmotto- mista, ja rakennus muodostaa kirkasta taivasta vasten tumman siluetin.

Suomessa aurinkoisena päivänä suoran auringonvalon voimakkuus voi olla jopa 70 000 luksia, ja kokonaisvalaistusvoimakkuus yhteenlaskettuna hajavalon huomioiden on yli 80 000 luksia. Pilvisenä talvipäivänä sen sijaan hajavalon voimakkuus voi olla noin 2 000 luksia. Puolipilvisenä päivänä valon voimakkuus voi olla esimerkiksi noin 40 000 luksia. (Rakennustieto, 2008) Lukuja voidaan verrata sisätilan valaistusvoimakkuuden vaatimukseen, jossa esimerkiksi yleisvalaistukseen riittää noin 80-150 luksia.

Luonnonvalon spektri sisältää keinovaloon verrattuna melko tasaisesti kaikkia aallonpituuksia, mutta pohjoisessa valo taittaa kylmempään. Auringon värilämpötila on 5 300 kelviniä, aurinkoisen taivaan värilämpötila noin 6 000 kelviniä, ja pohjoisilla leveysasteilla taivaan värilämpötila on noin 10 000 kelviniä.



*Kuva 5. Valon väriskaala kelvineinä (Tekijä: Mike Holek, Wikimedia Commons)*

## 4 Luonnonvalaistuksen tavoitteet ja työkalut

### 4.1 Hyvän luonnonvalaistuksen määrittely

*“...Arkkitehtuuri on taidokas, täsmällinen ja upea valossa yhdistyvä volyymien leikki...”*

(Le Corbusier, 2013) (oma suomennos)

Luonnonvaloa arkkitehtuurissa voidaan katsoa kahdesta eri perspektiivistä, tieteellisesti mitattavissa olevana valona ja valon aikaansaamana tunnelmana. Molemmat näkökulmat ovat tärkeitä lähtökohtia onnistuneeseen luonnonvalon käyttöön, mutta ne ovat hie- man erkaantuneet toisistaan talotekniikassa ja arkkitehtuurissa. Jakautumisen vuoksi olemme menettäneet holistisen ymmärryksen luonnonvalosta, vaikka tieteellinen ym- märryksemme on teknologian kehittyessä lisääntynyt. (Baker & Steemers, 2002) Näkö on ensisijainen aisti, jonka avulla koetaan arkkitehtuuria. Valo on välittäjä, joka paljas- taa tilan, muodon, tekstuurin ja värin silmillemme.

RT-kortti 08-10912 Luonnonvalon käyttö sisätiloissa tiivistää luonnonvalaistuksen suunnittelun lähtökohdat kolmeen tavoitteeseen:

1. Huolehditaan riittävästä valon määrästä ja ikkunapinnan määrästä tilan käytön mu- kaan.
2. Pyritään siihen, että valo jakautuu tilaan riittävän tasaisesti ja että myös näkyvät pin- nat saavat miellyttävän ja tilaan sopivan valoisuuden (luminanssin).
3. Vältetään kirkkaita ja häikäiseviä alueita näkökentässä etenkin, jos näkötehtävät niin edellyttävät.

Näistä ohjeennuorista on hyvä aloittaa, mutta ne eivät vielä ota huomioon päivänvalon ominaisuuksia riittävän monipuolisesti. Näiden sääntöjen lisäksi seuraavat kohdat ovat tärkeässä osassa rakennuksen luonnonvalaistusta.

1. Valo tulisi olla hallittavissa häikäisyn estämiseksi sekä sen tulisi muuttua vuoro- kausirytmien sekä vuodenaikojen mukaan.

2. Käyttäjällä tulisi olla riittävä näkösuoja ja tilanteesta riippuen riittävästi yksityisyyttä.
3. Rakennuksen lämpöliikkeiden, eli luonnonvalon aiheuttaman mahdollisen ylikuumenemisen ja aukotuksen aiheuttaman lämpövuodon tulee olla hallittuja.
4. Luonnonvalon tulisi olla harkittu osa arkkitehtuuria, ilmentää tilan erityispiirteitä sekä luoda tilaan sen käyttötarkoituksen edellyttämää tunnelmaa

Skandinaavisista maista löytyy esimerkkilisiä rakennuksia, joissa sekä talven niukka valo että kesän pitkät päivät on osattu ottaa huomioon. Arkkitehti ja Illinoisin yliopiston emeritus professori Henry Plummer on tutkinut pohjoismaisia rakennuksia ja pohjoista valoa arkkitehtuurissa valokuvauksen keinoin. Plummerin kirjassaan *Nordic Light: Modern Scandinavian Architecture* (Thames & Hudson, 2014) esittelemä ”Valkoisen diffuusion konsepti” on tullut tutuksi pohjoismaisessa arkkitehtuurissa. Muun muassa arkkitehti Alvar Aallon valkean rappauksen, valkean emalin ja valkean linoleumin kyllästämissä kohteissa, kuten 1930-luvulla rakennetussa Paimion parantolassa. Kohde on hyvä esimerkki valon käytöstä tilojen tunnuspiirteiden ja volyymin ilmaisussa. Myös muissa Aallon kohteissa, esimerkiksi Aalto yliopiston Harald Herlinin -oppimiskeskuksessa (KUVA 6) sekä Seinäjoen kaupungin kirjastossa (KUVA 7) valkoisista kaarevista pinnoista heijastuvaa valoa on käytetty luomaan lukemiseen hyvä, häikäisemätön valaistus. Valkoiset pinnat ovat omiaan valon ja varjon vaihtelun korostamiseen, mikä on tunnusomaista pohjoismaiselle valolle.





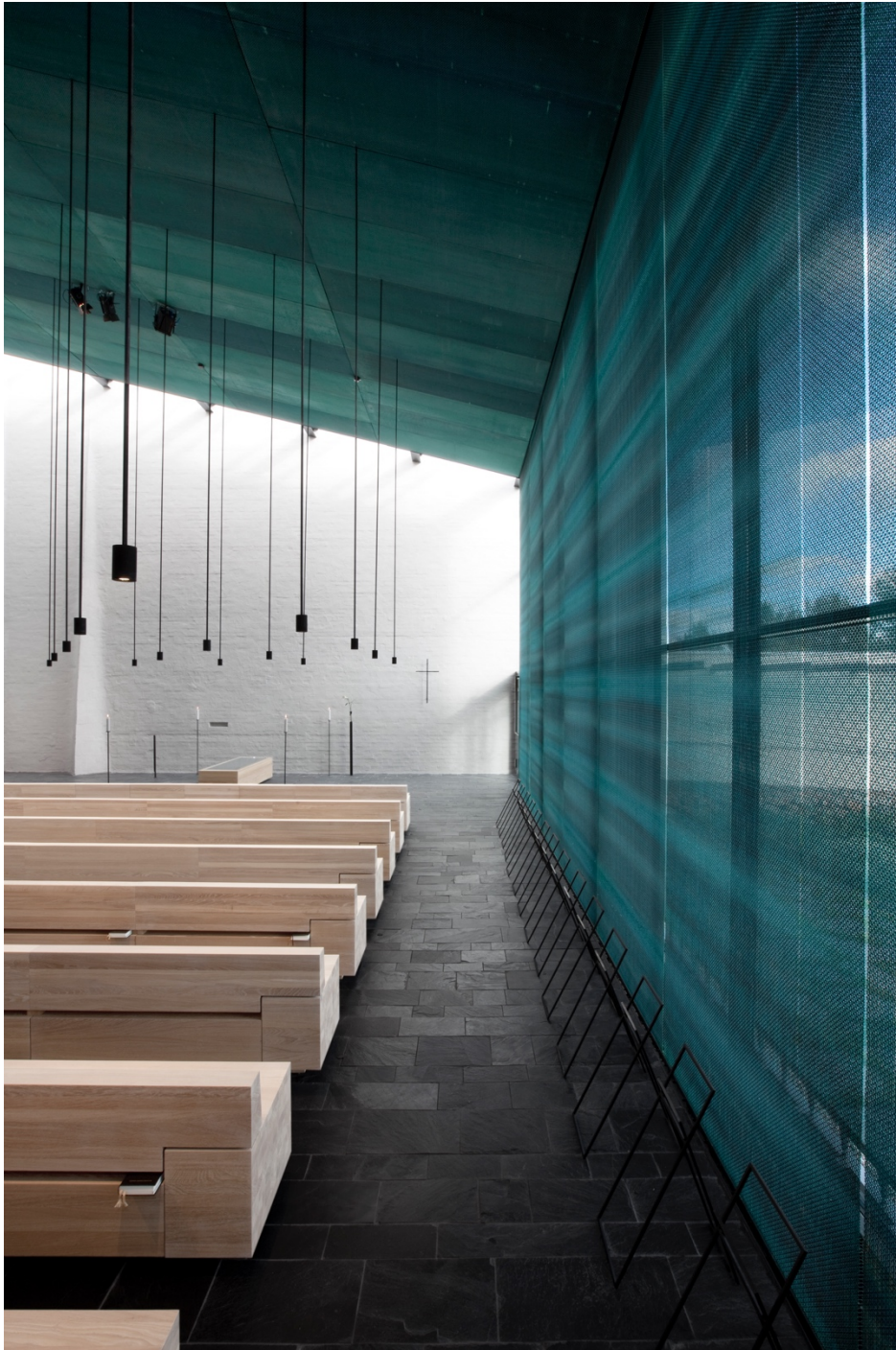
*Kuva 6. Alvar Aallon suunnittelemassa Aalto yliopiston Harald Herlinin -oppimiskeskuksessa yläikkunat ja sisäkatosta heijastuva valo on pehmeää ja häikäisemätöntä (Kuva: Tuomas Uusheimo)*



*Kuva 7. Yläikkunoiden ja vaalean sisäkaton kautta heijastuva valo Alvar Aallon suunnittelemassa Seinäjoen kaupunginkirjastossa (Kuva: Sanni Hujanen)*

Monet 1900- ja 2000 -luvun kirkkorakennukset ovat myös esimerkillisiä pohjoisen valon käytön kohteita, joissa tilan pyhyttä korostava luonnonvalo on valjastettu suunnitteluratkaisuilla palvelemaan käyttäjän kokemusta parhaalla mahdollisella tavalla. Materiaalien tekstuurit, ikkunalasien ominaisuudet ja volyymit, jotka muuttavat rakennuksen ilmettä päivän ja vuodenajan mittaan, ovat tarkoin harkittuja. Joissakin kirkoissa painotetaan iltapäivän lämmintä auringonvaloa, kun taas joissakin kirkoissa ja kappeleissa käytetään epäsuoraa valoa keinona korostaa tilan hartautta. Esimerkkinä päivänvalon ja

varjojen dramaattisesta käytöstä nimettäköön Käpy ja Simo Paavilaisen suunnittelemaa Pirkkalan kirkko. Herkemmästä ja varovaisemmasta valon käytöstä esimerkkeinä käyvät Aarno Ruusuvuoren Tapiolan kirkko sekä Anu Puustisen ja Olli Haran suunnittelema Pyhän Laurin kappeli, joissa valon ei haluta häiritsevän liturgiaa (Kuva 8). Maallisessa eli profaanissa arkkitehtuurissa luonnonvalon avulla tilojen toimintojen ja tunnelman korostaminen ei jostain syystä ole yhtä keskeisessä osassa suunnittelua, kuin se on sakraaleissa eli kirkollisissa rakennuksissa.



*Kuva 8. Avanto-arkkitehtien suunnittelemassa Pyhän Laurin kappelissa Vantaalla pehmeää epäsuoraa valoa on käytetty taidokkaasti korostamaan harrasta tunnelmaa (Kuva: Tuomas Uusheimo)*

## 4.2 Rakennuksen massoittelun ja suunnan vaikutus luonnonvaloon

Päivän valo läpäisee rakennuksen vaipassa olevien aukkojen kautta. Vaipan muoto ja suunta vaikuttavat aukkojen sijoittelumahdollisuuksiin ja näin ollen päivän valon hyödyntämismahdollisuuksiin.

Ympäristö asettaa rakennuksen muodolle vaatimuksia. Esimerkiksi tontin korkovaihtelut, ympäröivät rakennukset ja luonnon esteet voivat asettaa rakennuksen massalle tiukatkin raamit. Etenkin tiiviissä kaupunkiympäristössä ympäröivien rakennusten varjot ja estynyt taivasnäkyvä ovat suunnittelun kannalta haasteellisia. Ilmasto-olosuhteet vaikuttavat tontin ja ympäristön tavoin rakennuksen ja aukkojen ilmansuuntiin sekä esimerkiksi aurinkosuojauksen tarpeeseen. (Baker & Steemers, 2002) Kaavamääräykset ja muut vastaavat vaatimukset ohjaavat suunnittelua eikä päivänvalaistus ole listalla ensimmäisellä sijalla. Ottamalla olosuhteet jo varhaisessa suunnitteluvaiheessa huomioon, voidaan kuitenkin mahdollistaa hyvä päivänvalaistus.

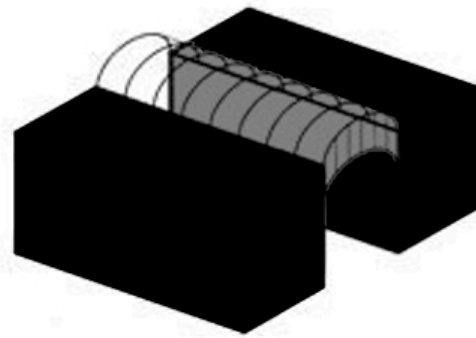
Päivänvalon täytyy päästä rakennukseen joko pystysuoralta julkisivulta (sivuvalo) tai vaakasuoralta katolta (ylävalo). Rakennuksen syvyys on avainasemassa valaistuksen suhteen. Peukalosääntönä sivuvalaistuissa tiloissa on, että päivänvalo yltää tilaan kaksi kertaa niin syväälle, kuin ikkunan yläreunan etäisyys on lattiasta. Esimerkiksi kolmen metrin huonekorkeudella huone on mahdollista valaista kuuden metrin syvyyteen. Huonekorkeuden ollessa 3 m rakennuksen koko runko on mahdollista valaista luonnon valolla, jos rungon syvyys on maksimissaan 12 m. (Baker & Steemers, 2002) Yksikerroksisissa rakennuksissa massoittelu luonnonvalaistuksen mahdollistamiseksi on yksinkertaisempaa kuin korkeissa rakennuksissa, sillä jokainen tila on mahdollista valaista myös katon kautta. Mikäli ympäröivät rakennukset ovat myös matalia, eivät korkeiden rakennusten esteet ja varjot myöskään aseta haasteita.

Pohjoisissa ilmastoissa taivas on kirkkaimmillaan suoraan pään yläpuolella zeniitissä, eli kattoikkunat ovat tehokkaita valaistuskeinoja. Lähempänä päiväntasaajaa auringon valo on polttavaa ja aurinko paistaa korkealta, eli kattoikkunat aiheuttaisivat suurta häikäisyä ja ylikuumenemista. (Baker & Steemers, 2002)

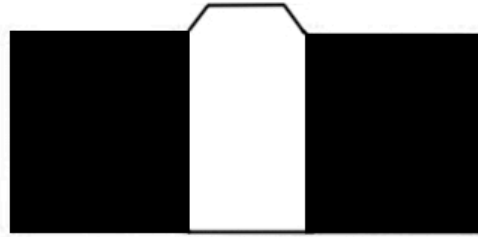
Sekä pohjoisilla että eteläisillä leveyspiireillä rakennuksen pääjulkisivu suunnataan useimmiten pohjoiseen. Pääjulkisivun määrittely ei ole yksiselitteistä, vaan se määräy-

tyy esimerkiksi sisäänkäynnin ja rakennuksen merkittävimmän avautumissuunnan perusteella. Itä- ja länsisuunnissa aamu- ja iltapäivän matalalta paistavalta auringolta on rakennusta hankala suojata, mikä voi aiheuttaa ylikuumentumista ja häikäisyä. Suomen ilmasto-olosuhteissa ylikuumentuminen ei kuitenkaan ole huomattavaa. Etelään suunnattu pääjulkisivu on helppo aurinkosuojata pienelläkin katoksella, ja talvella matalalta etelästä paistavan auringon valoa on mahdollista ohjata rakennukseen. Rakennuksen suuntaaminen kaakkoon on jossain tapauksissa suotavaa (Baker & Steemers, 2002). Päivänvalo pääsee rakennukseen aikaisempaan kellonaikaan, jolloin aamuauringon lämpötila on matalampi kuin iltapäivisin. Etenkin kesäisin tämä voi olla hyödyksi. Kuten kapaleessa 2.4.2 mainittiin, aamun auringonvalolla on myös positiivinen vaikutus päivän vireystilaan.

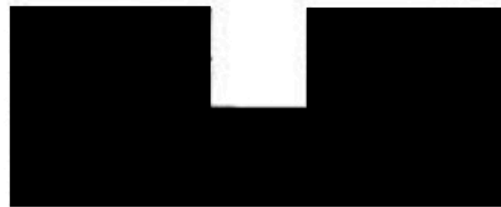
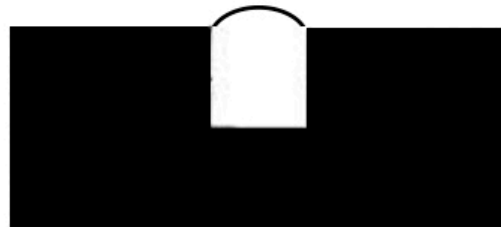
Lisävaloa rakennuksiin on mahdollista tuoda massoittelulla ja avauksilla kohti valoa, esimerkiksi atriumeilla, sisäpihoilla, valokuilla, gallerioilla ja terasseilla (Kuva 8 ja 9). Nämä ovat arkkitehtuurissa yleisesti käytettyjä termejä, joita ei ole tiukasti määritelty. Välillä termit sekoittuvat toisiinsa jopa ammattikielessä.



GALLERIA



ATRIUM

SISÄPUOLINEN  
VALOKUILUULKOPUOLINEN  
VALOKUILU

SISÄPIHA

*Kuva 9. Rakennuksen massoittelukeinoja (Tekijä: Sanni Hujanen, piirrokset perustuvat teokseen *Daylight Design of Buildings*, Baker & Steemers, 2002)*

Massan monimuotoisuus lisää rakennuksen ulkoseinien pinta-alaa ja kasvattaa lämpövuotoja. Massan vähennykset, kuten sisäpihat, eivät ole pohjoisissa ilmastoissa aina

edullisia vaihtoehtoja. Kärjistetyksi voidaan todeta: mitä vähemmän nurkkia rakennuksessa on, sitä energiatehokkaampi se on. Massan monimuotoisuus siis lisää viileitä nurkkia ja lisää mahdollisia lämpövuotoja, ja näin ollen lisää lämmityskustannuksia ja heikentää energiatehokkuutta. Eteläisissä ilmastoissa monimuotoisemmat massat, esimerkiksi sisäpihat, ovat yleisesti käytetympiä ratkaisuja kuin pohjoisessa. (Baker & Steemers, 2002)



*Kuva 10. Terrassit ovat keino tuoda luonnonvaloa tasaisesti joka kerrokseen, esimerkkinä Bjarke Ingels Groupin Mountain Dwellings (Kuva: Wojtek Gurak, Flickr.com)*

Pohjoisessa sen sijaan käytetään enemmän atriumeja ja ne voiva tilasta riippuen oll puolilämpimiä puskurivyöhykkeitä kylmän ulkoilman ja lämpimän sisäilman välissä. Jotta atrium nostaisi siihen avautuvien tilojen päivänvalosuhdetta, on suunnittelussa otettava huomioon erityisesti atriumin korkeuden ja leveyden suhde, lasituksen läpäisevyys, seinien pinnan heijastavuus, seinien ehjän seinäpinnan ja lasisen pinnan suhde sekä atriumiin avautuvien tilojen sisäkaton ja seinien heijastavuus. (Baker & Steemers, 2002) Esimerkiksi kokonaan lasiseinäisessä atriumissa seinäpintojen luminanssi on huono, joten niiden heijastus ei lisää huoneiden päivänvalosuhdetta laisinkaan. Seinäpinnat eivät siis toimi valoa heijastavina ulkopintoina, joten atriumin vaikutus tilojen valaistusominaisuuksiin jää heikoksi etenkin atriumin alimmissa kerroksissa, jotka voivat olla suurimmaksi osaksi heijastuneen valon varassa. Ylimmissä kerroksissa, joissa taivasnäkyminen on helpompi saavuttaa, ei ongelmaa yleensä ole.

Valokuilun suunnitteluperiaatteet ovat samat. Valokuilun seinäpinnat ovat usein kokonaan lasiset, joten niiden heijastusominaisuudet jäävät heikoiksi. Pintojen luminanssista lisää kappaleessa 4.4.2.

### **4.3 Ikkunoiden sijainti, koko, ja aurinkosuojauksen tarve**

#### **4.3.1 Ikkunoiden asemoinnin vaikutus tilaan**

Rakennuksen massan keveyden, raskauden, avoimuuden tai sulkeutuneisuuden vaikutelmaan vaikuttavat ikkunan ja ehjän seinäpinnan välinen vaihtelu. Ikkunat, lasiovet ja -seinät ovat rakennuksen luonnonvalaisukeinoja. Lasipinnat yhdistävät sisä- ja ulkotiloja saaden aikaan avaruuden tunteen tilassa. Ne avaavat näkymiä, niitä voidaan käyttää sisätilojen tuuletukseen ja ne ovat merkittävä osa julkisivujen ilmettä. Ikkunoiden vaikutus rakennuksen julkisivuihin ja kokemukseen sisätilassa on merkittävä. Sisä- ja ulkotilan ikkuna-aukotuksen tarpeet ovat erilaisia ja voivat välillä olla ristiriidassa keskenään. Lasimateriaalin vuoksi ikkunat aiheuttavat lämpövuotoa ja ylikuumenemista, sillä valoa läpäisevien ohuiden materiaalikerrosten lämmönvastus on lähtökohtaisesti huono. Uudisrakennusten ikkunoiden U-arvovaatimus on  $1,0 \text{ kW/m}^2$  ja ulkoseinän vaatimus  $0,17 \text{ kW/m}^2$  (Rakentaja.fi, 2012)

Itä- ja länsi-ikkunat aiheuttavat korkeaa energiansaantia ja mahdollisesti häikäisyä sekä ylikuumenemista kesäisin. Yksinkertaistettuna auringon noustessa idästä ja laskiessa länteen aamulla, aamupäivällä sekä iltapäivällä ja illalla auringonvalo paistaa suoraan näistä ikkunoista sisään. Auringon liikkeen idästä länteen on jo aiemmin todettu olevan pohjoisille leveyspiireille liian yksinkertaistettu ajatustapa (KUVA 4), mutta etenkin kevät- ja syyskuukausien ajalta lähes paikkaansa pitävä. Auringon paistaessa matalalta aurinkosuojauksen toteuttaminen voi olla haastavaa. Länsi-ikkunoihin suositellaan ulkopuolista auringonsuojausta, sillä se ehkäisee ylikuumenemista tehokkaasti. Toisaalta ulkopuoliset rakenteet voivat toimia kylmäsiiltana sekä niihin kohdistuu suurempi sääräsäite kuin sisäpuolisiin rakenteisiin (Rakennustieto, 2008). Pohjoisikkunoita pidetään yleisesti energiatehokkuuden kannalta epätehokkaina, mutta Suomen olosuhteissa niiden valaistusominaisuuden tuomat hyödyt voivat olla lämpöhäviötä suurempia (Vikberg, 2014). Pohjoisikkunan etuna on myös se, etteivät ne kaipaa häikäisyneestoa tai



varjostusta. Huoneen ainoan avautumissuunnan ollessa pohjoinen ei huoneeseen tule talvikuukausien aikaan suoraa valoa lainkaan, joten ainoana ikkunana pohjoisikkuna ei ole suositeltava. Tiiviissä kaupunkiympäristössä pohjoiseen avautuvat huoneet voivat saada jopa etelään avautuvia huoneita paremman päivänvalosuhteen, sillä niihin heijastuu vastapäisen rakennuksen eteläjulkisivun heijastama auringonvalo.

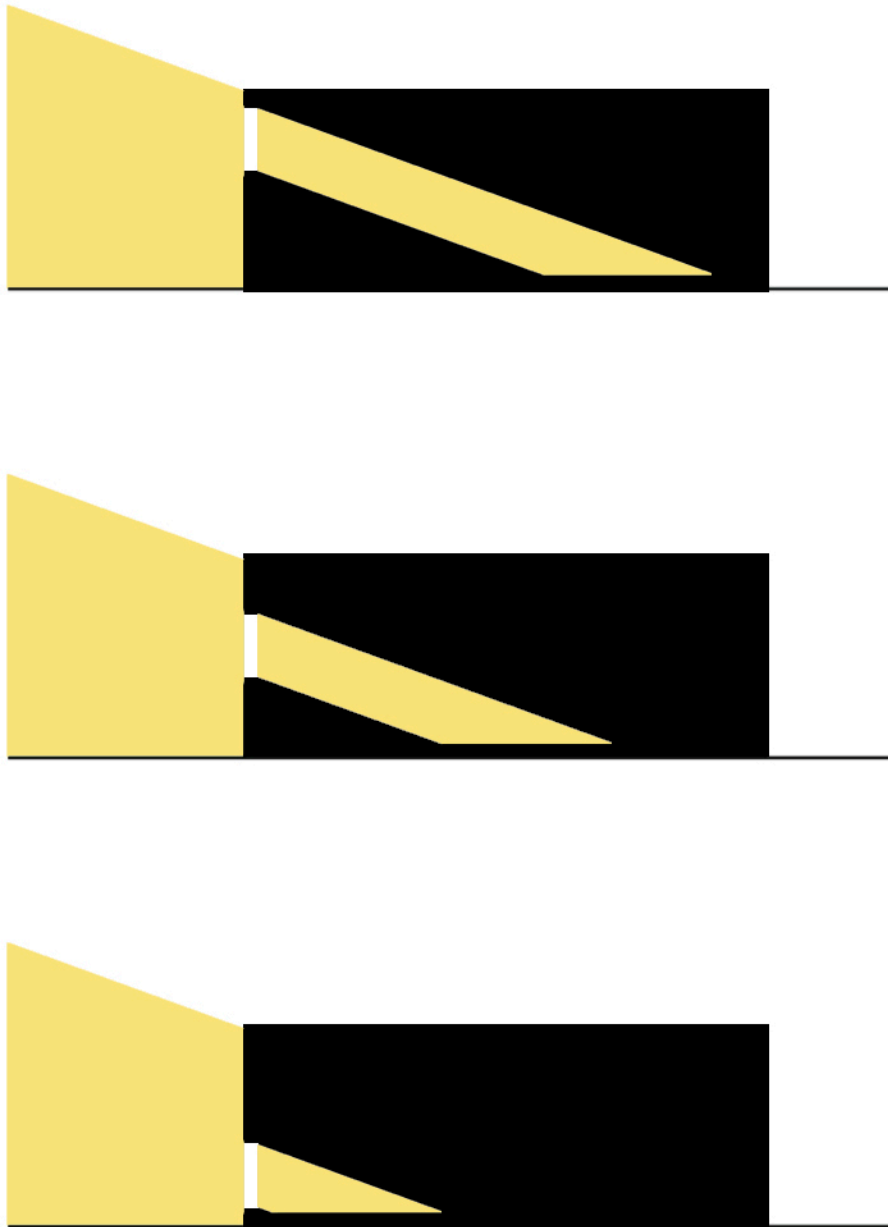
#### **4.3.2 Ikkunoiden koon ja muodon vaikutus tilaan**

Ikkunoiden koko ja asemointi sekä korkeus- että pituussuunnassa vaikuttavat valon jakautumiseen tilassa. Suomen pilvisissä olosuhteissa ikkunasta näkyvän taivaan osuus vaikuttaa suoraan valon määrään, ja voimakasta valaistusta vaativissa tiloissa, esimerkiksi työpisteellä täytyisi aina olla näkymä taivaalle. Aiemmin käsitellyssä kappaleessa rakennuksen massan suuntaus ohjaa rakennuksen toimintojen sijoittelua, ja näin ollen asettaa vaatimukset valaistukselle ja ikkunoiden toiminnoille. Ikkunoiden käyttötarkoitukset voidaan karkeasti jakaa valaistukseen, näkymään ja tuuletukseen, joista jokainen toiminto edellyttää ikkunalta eri ominaisuuksia. Eri toimintoa palvelevien ikkunoiden koko, muoto, sijainto, suuntaus ja varustelu ovat erilaisia. (Baker & Steemers, 2002)

Pilvisessä ilmastossa hyvän valaistuksen takaamiseksi suuret, korkealla sijaitsevat ikkunat ovat tehokkaita luonnonvalaistuksen kannalta. Niistä pääsee eniten valoa vaakasuuntaisille pinnoille, sillä taivas on zenitissä eli suoraan katsojan pään yläpuolella kirkkaammillaan. Ikkunan korkeussuuntaisen sijainnin vaikutus päivänvalosuhteeseen on pieni, mutta valon jakautumiseen tilassa se vaikuttaa olennaisesti. Korkealla sijaitseva ikkuna johdattaa valoa syvälle tilaan, jolloin kontrasti tilan etu- ja takaosan välillä on pieni. Korkealla sijaitsevan ikkunan ei kuitenkaan tulisi olla liian matala, jotta ikkunapinta-ala säilyisi riittävänä. (Baker & Steemers, 2002) Voimakkaassa, ylhäältä tulevassa auringossa yläikkuna voi kuitenkin olla ongelmallinen ja saattaa vaatia aurinkosuojasta kuumenemisen välttämiseksi. Kattoikkunat ovat pohjoisessa ilmastossa tehokas valaistuskeino, mutta niiden sijoittelussa on oltava tarkkana häikäisyn ja kuumenemisen estämiseksi. Esimerkiksi harjakaton pohjoislappeelle sijoitettu kattoikkuna on valaistusominaisuksiltaan hyvä, mutta ei aiheuta häikäisyn ja ylikuumenemisen riskiä, toisin kuin etelälappeelle sijoitettu kattoikkuna.

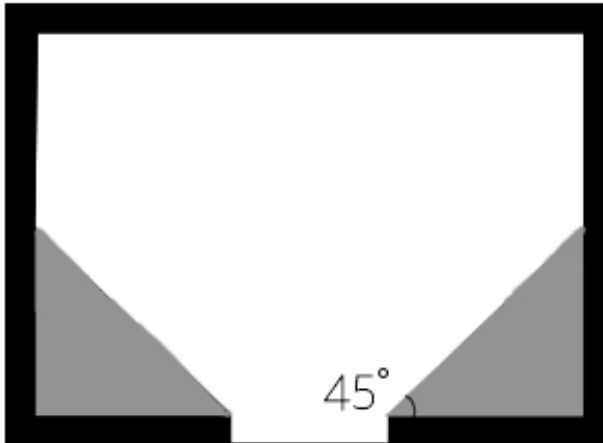
Alaikkunat eli matalat lattian rajassa olevat ikkunat eivät paranna tilan valaistusta, mutta ovat sitä vastoin rakeenteellisten kylmäsiltojen ja lämpöhäviön aiheuttajia. Auringon liikeradan kulkiessa idästä, nousten kohti taivaan kirkkainta kohtaa zeniittiä ja laskien länteen, alaikkunoiden valaisuominaisuudet ovat yläikkunoihin nähden huonot. Alaikkunat myös lisäävät kontrastia tilan etu- ja takaosan välillä ja tekevät tilan vaikutelmasta sulkeutuneen ja intiimin. Ne saavat aikaan hyvin hajaantunutta ja pehmeää valoa, mikä voi kuitenkin tuntua epätavalliselta ja uhkaavalta valon lähteen ollessa poikkeuksellisesti alhaalla. (Corrodi & Spechtenhauser, 2008) Niitä voidaan kuitenkin joissain tapauksissa hyödyntää tehokeinoina tilan ominaisuuksien ollessa poikkeuksellisia.

Lattiaan asti ulottuva ikkuna, joka on nykyasuntosuunnittelussa yleinen, häivyttää rajaa sisä- ja ulkotilan välillä. Esimerkiksi 1. krs asunnoissa tai parveke- ja terrassiseinillä lattiaan asti ulottuvat ikkunat laajentavat sisätilaa tehokkaasti ulospäin. Parvekkeen tai terrassin lattian ollessa vaaleaa valoa heijastavaa materiaalia tai lumen peitossa voi lattiaan saakka ulottuva ikkuna parantaa tilan valaistusta. (Vikberg, 2014) Suuret, lattiaan asti ulottuvat ikkunat ovat yksityisyyden sekä häikäisyn kannalta haasteellisia. Mikäli tilan ainoa ikkuna palvelee sekä valaistusta että näkymää ja se halutaan tilapäisesti peittää, menetetään luonnonvalaistus. Tällöin joudutaan usein tarpeettomasti turvautumaan keinovaloon. Ylhäällä sijaitseva valoikkuna ja korkea, matalalle ulottuva näkymäikkuna olisivatkin tehokas yhdistelmä, koska yksityisyyttä tarvittaessa ei luonnonvaloa kuitenkaan menetettäisi.



*Kuva 11. Ikkunan pystysuuntaisen sijainnin vaikutus valon jakautumiseen tilassa (Piirros perustuu teokseen *Illuminating: Natural Light in Residential Architecture*, Corrodi ja Spechtenhauser, 2008)*

RT 07-10912 Luonnonvalon käyttö sisätiloissa mukaan vähintään 20 ° kulmasta tuleva valo on kaikista tehokkainta valaisuun, eli suurin osa käyttökelpoisesta päivänvalosta tulee yläviistosta. Kuten aiemmin on todettu, pohjoisissa ilmastoissa taivas on kirkkaimmillaan suoraan pään yläpuolella. Tämä suunnitteluperiaate on yleisesti tunnettu, mutta siinä ei oteta juuri lainkaan huomioon pohjoisilla leveysasteilla talvisin hyvin matalalta paistavaa aurinkoa, jonka säteet ovat talvisin harvinainen ja toivottu valonlähde myös sisätiloissa.



*Kuva 12. Ikkunan sijainnin vaikutus valon jakautumiseen (Piirros perustuu teokseen *Valoisa asunto, luonnonvalon hyödyntäminen suomalaisissa kerrostaloasunnoissa*, Vikberg, 2014)*

Ikkunan sijainti seinässä on otettava huomioon tilan valaistusta ja valon jakautumista suunniteltaessa. Keskellä seinää sijaitseva ikkuna on valaistuksen kannalta tehokkain, ja nurkkaikkunasta seinään heijastuva valo häikäisyltään pienin. (Baker & Steemers, 2002) Ikkunan sijoittelussa pätee ns. 45 ° sääntö, eli ikkunasta valo jakautuu huoneeseen 45 ° kulmassa. Keskellä seinää sijaitsevan ikkunan viereen tulee siis aina pimeät kulmat (KUVA 12). Tummiin kulmien välttämiseksi ikkunan etäisyyden kulmasta tulisi olla mahdollisimman pieni.

Valonlähteet vaikuttavat tilan syvyyden ja tunnelman kokemukseen. Ikkunat voivat luoda turvallista, luolamaista tai avaraa ja läpinäkyvää vaikutelmaa. Ikkuna voiva olla yksittäinen objekti, jolloin se on maalauksellinen ja kehystetty katseenvangitsija. Ryhmitettyinä ikkunat taas ovat huomaamattomampia vahvan rajauksen puuttuessa.

Ikkunoiden muoto on vaihdellut arkkitehtuurin eri aikakausilla, ja ne ovat olennaisia erityylisten tunnuspiirteitä. Ikkunat voidaan jakaa muodoltaan horisontaalisiin ja vertikaalisiin sekä ikkunoihin näiden väliltä. Ne voidaan eritellä toisistaan muotokertoimen avulla. (Vikberg, 2014)

Ikkunan muoto	Pysty-vaakasuhde
Horisontaalinen	1:2
Vertikaalinen	2:1
Välimuoto	1:2-2:1

*TAULUKKO 1. Ikkunoiden muodon määrittely pysty-vaakasuhteen mukaan (Perustuu teokseen *Valoisa asunto, luonnonvalon hyödyntäminen suomalaisissa kerrostaloasunnoissa*, Vikberg 2014)*

Horisontaalisen ikkunan nauhamaisuudesta johtuva valaistus on tasainen läpi vuorokauden, ja sen näkymä on panoraamamainen. Sen sijaan vertikaalisen ikkunan valo muuttuu voimakkaasti vuorokauden mittaan. Se luo pitkiä ja syviä valoja ja varjoja.

Ikkunan muodon ja sijainnin lisäksi ikkunapinta-ala vaikuttaa olennaisesti valaistukseen. Sille on asetettu lainsäädännössä raamit. Entisessä rakentamismääräyskokoelmassa eli nykyisissä maankäyttö- ja rakennuslain asetuksissa ikkunoiden pinta-alavaatimuksille on annettu ohjeistus. Asuinhuoneissa ikkunapinta-alaa tulee olla vähintään 10 % huonealasta. Ohjeena on myös, että ikkunoiden pinta-alan pitäisi olla vähemmän kuin 15 % rakennuksen kerrosalasta tai vähemmän kuin 50 % rakennuksen ulkoseinien kokonaispinta-alasta. Ohjeet ovat hankalia tulkita, sillä energiatehokkuuden ja tehokkaan luonnonvalaistuksen välille syntyy helposti ristiriitaa. Tekniikan tohtori, arkkitehti Markku Lappalainen on Rakennustiedon julkaisemassa teoksessaan Energia- ja ekologiakäsikirja ohjeistanut ikkunoiden pinta-alavaatimuksissa hieman tarkemmin. Ikkunoiden pinta-ala huoneessa tulisi Lappalaisen mukaan olla noin 15-20 % lattiapinta-alasta. Etelä- ja länsisivuilla tulisi ikkunoita olla hieman enemmän eli < 30 % lattiapinta-alasta, ja pohjois- ja itäjulkisivuilla 10-15 %. (Lappalainen, 2010)

Ikkunapinta-ala on vain yksi valaistusolosuhteiden tarkastelukeino, ja se on mittarina huono. Ikkunapinta-alojen ohjearvot ovat vain yksi työkalu suunnittelijoiden ohjaukseen ja mahdollistavat hyvin erilaisia ratkaisuja valaistuksen jakautumisen osalta. Yksittäisen suuren ikkunan valo on pehmeää, kun taas pienen ikkunan valo on pistemäistä ja tarkkaa. Suuret lasiseinät ovat valaistusominaisuudeltaan tehokkaita, mutta ne eivät jäsentele tilaa tai luo kiinnostavaa valo- ja varjovaikutelmaa. (Corrodi & Spechtenhauser, 2008) Tällainen valo on Michelle Corrodin ja Klaus Spechtenhauserin mukaan tylsää ja kolkkoa, ei kodikasta. Vikberg on diplomityössään osittain samaa mieltä, mutta kokee tällaisten ikkunoiden olevan tietynlaisten arvokkaiden näkymien kohdalla perusteltuja. Ikkunasta avautumat näkymät ovat asunnon tärkeimpiä kokemuksellisia tekijöitä, mikä näkyy asunnon hinnassa. Etenkin ikkunasta näkyvät vesielementit, esimerkiksi järvi- ja merinäkymät ovat arvostettuja.

Ikkunoiden käyttöön ja niiden valaistustehoon vaikuttavat koon ja korkeusaseman lisäksi ulkopuoliset esteet, ulkopuolisen pinnat, ikkunaseinän sekä huoneen ilmansuunta, huoneen muoto ja syvyys. Suomalaisissa kerrostaloissa ikkunat ovat usein saman kokoi-

sia kerroksesta huolimatta, vaikka kaupunkiympäristössä alimmissa kerroksissa vaaditaisiin yläkerroksia suurempia ikkunoita taivasnäkyvän ja hyvän valaistuksen turvaamiseksi.

### 4.3.3 Ikkunoiden aiheuttama lämpöliike

Liiallisen auringosta peräisin olevan lämpöenergian lisäksi rakennuksesta liikkuu energiaa myös toiseen suuntaan. Ulkolämpötilan ollessa matala, ikkunoista vuotaa lämpöä ohuen lasirakenteen matalan lämmönvastuksen vuoksi. Suuret lasipinnat eivät siis ole kokonaisratkaisu tehokkaaseen ja miellyttävään luonnonvalaistukseen rakennuksissa, sillä suurilla ikkunoilla on myös haittavaikutuksia.

## 4.4 Sisä- ja ulkotilojen materiaalien vaikutus valoisuuteen

### 4.4.1 Värilämpötila

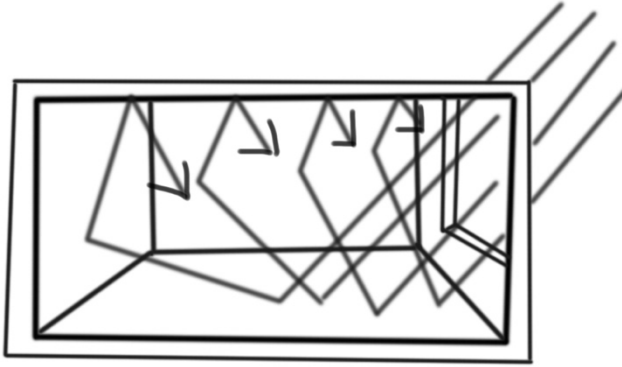
Rakennutun ympäristön värien valintaan liittyvät olennaisena osana tilan valaistus, valon lähde ja värivaikutelma. Tilan kokonaisvaltaiseen värivaikutelman valintaan vaikuttavat psykologiset ja esteettiset tekijät. Huomioon on otettava mm. valaistusvoimakkuuden taso, tilan värit, ympäröivä ilmasto ja tilan käyttötarkoitus. Pohjoisen kylmässä ilmastossa luonnonvalon värivaikutelma on kylmä, minkä vuoksi suositaan usein lämmintä valoa valaistussuunnittelussa sekä lämpimiä värejä tilojen suunnittelussa. Näin saadaan kokonaisvaikutelmasta neutraali. Asuntosuunnittelua tarkastellessa värien valinnassa törmää ilmansuuntiin perustuvaan periaatteeseen värien valinnassa. Tilassa, jossa ikkunat ovat suunnattu pohjoiseen ja itään, suositaan lämpimiä värejä. Etelään ja länteen suuntautuvissa tiloissa suositaan puolestaan kylmiä sävyjä. (Ensto Pro, 2008)

*”Minusta tuntuu aina vain enemmän siltä, että valo on rakennuksen kaunistaja”*  
(Frank Lloyd Wright) (oma suomennos)

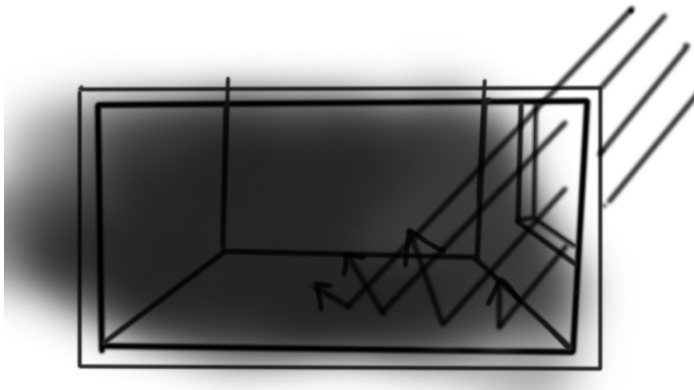
#### 4.4.2 Pintojen luminanssi

Kuten valon fysiikka -kappaleessa mainittiin, tummat pinnat absorboivat ja vaaleat heijastavat valoa. Kiiltävät materiaalit heijastavat valoa yhteen suuntaan, ja mattapintaiset hajottavat valoa useaan eri suuntaan. Pintojen luminanssilla ja kiiltävyydellä voidaan tehostaa ja muokata valaistusta huomattavasti, mutta liiallinen heijastavuus voi aiheuttaa häikäisyä.

Heijastava pinta on valonlähteenä sekundäärinen, niin kuin auringon valoa heijastava kuun pinta. Sekundäärisenä valon lähteenä voi olla katto, seinä, lattia, viereiset rakennukset ja esteet sekä maan pinta. Sisä- ja ulkopinnoista heijastuvan valon voimakkuus on pienempi kuin taivaskomponentin eli hajavalon ja suoran valon, mutta voi olla merkittävässä roolissa valaistuksessa tiiviissä kaupunkitilassa, jossa näkymä taivaalle on estynyt. Esimerkiksi rakennukseen, jonka pohjoisjulkisivun edessä kohoaa toinen rakennus, saadaan valoa syvälle pohjoispuolen tiloihin, jos vastapäisen rakennuksen eteläjulkisivun luminanssi on suuri. Heijastavat pinnat ovat tärkeitä etenkin haastavissa valaistusolosuhteissa, esimerkiksi asunnoissa ja tiloissa, joissa ikkunat avautuvat vain yhteen suuntaan, ja ikkunoissa, jotka eivät avaudu auringon suuntaa. Suomessa ulkopuolisista heijastavista pinnoista yksi merkittävimmästä on lumi. Pimeänä vuodenaikana se on tärkeässä roolissa luonnonvalaistuksen maksimoimisessa. Lumipeite on usein matalalla näkökenttämme alareunassa, joten se ei aiheuta häikäisyä. (Vikberg, 2014)



*Kuva 13. Vaalean pinnan heijastavuus verrattuna tumman pinnan heijastavuuteen.*



*Kuva 14. Vaalean pinnan heijastavuus verrattuna tumman pinnan heijastavuuteen.*

Modernissa skandinaavisessa asuntosuunnittelussa suositaan vaaleita värejä, mikä lisää asunnon sisäpintojen heijastavuutta. Sisäpintojen heijastavuus voi lisätä päivänvalosuhdetta huoneen keskiosassa jopa 20 %, mikä vähentää huoneen takaosan ja etuosan välistä kontrastia. Vaalean huoneen päivänvalosuhte huoneen perällä voi olla 3,5-kertainen tummaan huoneeseen verrattuna (Baker & Steemers, 2002). Vaaleiden pintojen vaikutus kontrastin vähentämiseen pätee myös ikkunoiden ympäristön suunnittelussa. Ikkunaseinän suositellaan kontrastin vuoksi olevan vaalea. Myös vaaleat ikkunapuitteet ja -syvennykset vähentävät kontrastia sisätilan ja ikkunasta avautuvan maiseman välillä (Vikberg, 2014).



Pintamateriaalien heijastavuutta voidaan kuvata heijastusarvolla, joka ilmaistaan joko prosentteina tai prosenttikertoimena. Heijastusarvoon vaikuttaa vaaleuden lisäksi pinnan tekstuuri eli se, onko se karheaa ja heijastusta useaan suuntaan hajottavaa vai tasaista ja peilimäisesti yhteen suuntaan heijastavaa (Baker & Steemers, 2002).

Esimerkkimateriaalien heijastusarvoja:

Materiaali	Heijastusarvo
Valkoinen maalipinta, matta	0,85 eli 85 %.
Valkoinen rappaus	0,8
Puu, vaalea tammi	0,35
Punatiili	0,25
Lasi	0,1
Musta maalipinta, matta	0,05

TAULUKKO 2. Eri pintamateriaalien heijastusarvoja (Perustuu teokseen Daylight Design of Buildings, Baker&Steemers, 2002)

#### 4.4.3 Osittain valoa läpäisevät materiaalit

Osittain valoa läpäiseviä materiaalia ovat esimerkiksi opaalilasit, harjatut lasit ja etenkin japanilaisessa perinnerakentamisessa käytetty paperiseinä eli Shōji (Encyclopedia Britannica, N.d.). Osittain valoa läpäisevät materiaalit ovat keino valaista tiloja silloin, kun suoraa näkymää tai suoraan paistavaa aurinkoa ei haluta tilaan. Esimerkkinä Steven Hollin suunnittelema Suomen modernin taiteen museo Kiasma (KUVA 15). Kiasman kattoikkunoissa on käytetty osittain valoa läpäisevää lasirakennetta, jonka valo on pehmeää ja epäsuoraa.



*Kuva 15. Steven Hollin suunnittelemassa modernin taiteen museossa Kiasmassa on osittain valoa läpäisevä kattoikkuna (Kuva: Ilona Ravattinen)*

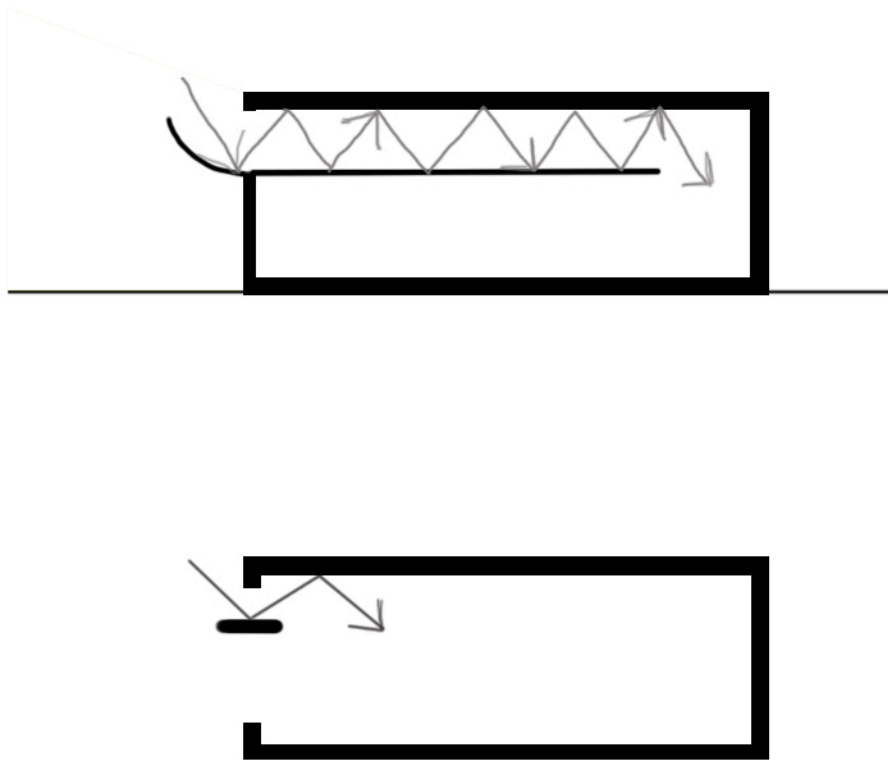
#### **4.4.4 Valoa ohjaavat järjestelmät**

Luonnonvalojärjestelmät ovat ikkunoiden yhteydessä käytettäviä valoa ohjaavia ja kontrolloivia järjestelmiä (Vikberg, 2014). Niitä käytetään järjestelmästä riippuen ulottamaan valoa syvemmälle tilaan, lisäämään luonnonvalon määrää rakennuksessa, ohjaamaan luonnonvaloa ikkunattomiin tiloihin tai suojaamaan ikkunaa liialliselta suoralta auringonvalolta. Luonnonvalojärjestelmiä ovat muun muassa anidoliset järjestelmät, prismat ja valohyllyt.

Anidoliset järjestelmät ovat valoa keskittäviä järjestelmiä, jotka keräävät ja ohjaavat valoa toivottuun paikkaan. Nimi anidolinen tulee muinaiskreikasta (an= ilman, eidolon= kuva) ja tarkoittaa sitä, ettei järjestelmä pysty tuottamaan taivasnäköä. Anidolinen alakatto ikkunan yhteydessä ohjaa valoa syvemmälle tilaan heijastamalla sitä alakaton yläpinnasta ja katon alapinnasta. Anidoliset järjestelmät toimivat etenkin aurinkoisissa olosuhteissa ja tiiviissä rakentamisessa, jossa estynyt taivasnäkö vaikeuttaa valon ohjaamista syvälle rakennuksen runkoon (Vikberg, 2014).

Prismaattisia järjestelmiä voidaan käyttää heijastamaan valoa pois päin tai levittämään valoa eri puolille tilaa. Prismaattiset järjestelmät koostuvat useista prismoista, jotka hajottavat niihin osuvaa valoa. Prismat ovat kirkkaita, mutta niiden läpi ei voi nähdä eli ne voivat rajoittaa taivasnäköä. Olosuhteissa, joissa taivasnäköä ei ole lainkaan, voivat prismat kuitenkin olla hyvä keino jakaa valoa tasaisesti tilaan. (Vikberg, 2014)

Valohyllyt ovat muinainen keksintö tilojen valaisuun ja varjostukseen. Ne ovat ikkunan yläosaan katselukorkeuden yläpuolelle asennettavia hyllyjä, jotka heijastavat valoa sisäkattoon jakaen sitä tasaisesti tilaan. Sisäpuolisia valohyllyjä käytetään erityisesti ohjaamaan valoa syvemmälle tilaan ja ulkopuolisia valohyllyjä varjostamaan ikkunan alaosaan liialliselta suoralta auringonvalolta. Valohylly voi olla yhdistelmä ulko- ja sisäpuolisen valohyllyn yhdistelmä. Valohylly ei niinkään nosta tilan keskimääräistä päivänvalosuhdetta, mutta jakaa valoa tasaisemmin ja vähentää kontrastia tilan etu- ja takaosan välillä. (Vikberg, 2014)



*Kuva 16. Anidolinen alakatto ja valohylly heijastavat valo epäsuorasti katon kautta syvemmälle tilaan.*



*Kuva 17. Sisäpuolinen valohylly heijastaa siihen osuvaa valoa alakattoon. (Kuva: Julian A. Henderson, Wikimedia Commons)*

## 5 Case-esimerkki, vapaa-ajan asunto Kajo

### 5.1 Suunnittelun lähtökohdat

Pohjoisen luonnon ja valon innoittamana syntyi idea mökistä, joka hyödyntää pohjoista valoa tehokkaasti ja tyylikkäästi. Mökin haluttiin olevan ympärivuotisesti käytettävä, alleviivaavan vuodenaikojen vaihtuvuutta sekä sulautuvan ympäristöönsä. Mökki nojaa luonnon lisäksi vahvasti suomalaiseen kesämökkikulttuuriin ja sen historiaan lainaamalla niistä elementtejä, sen ollessa kuitenkin moderni vastine näille. Pimeään aitan sijaan mökki on valoisa, kompakti, ekologinen ja moderni vapaa-ajan asunto: Kajo.

Kajo on eräänlainen tyyppimökki, jossa aiempi teoriaosuus konkretisoituu ja erilaisia ratkaisuja pohditaan mökin suunnitelmaa esimerkkinä käyttäen. Hyvä luonnonvalaistus määritellään mittaamalla valaistusominaisuuksia ja näyttämällä esimerkkiä siihen käytettävistä työkaluista.

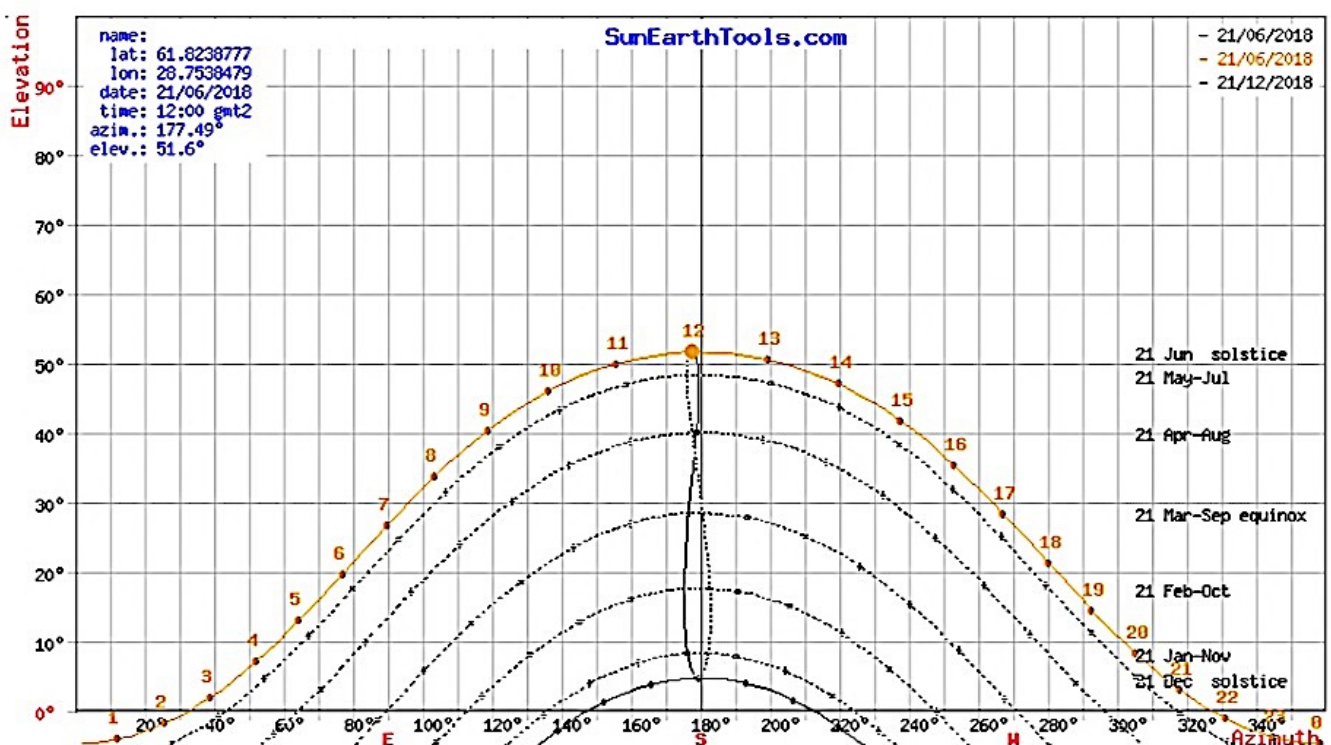
Rakennuksella ei ole tilaajaa, mutta se pyrkii noudattamaan tiettyjä reunaehtoja. Pyrkimyksenä ovat tehokkaan luonnonvalaisun ja kompaktiuden lisäksi kestävyys ja huoltovapaus, helposti saatavien ja luonnonmukaisten materiaalien käyttö, puulämmitteiset ja monenlaisiin tilanteisiin muuntuvat tilat. Vaikka varsinaista tilaajaa ei ole, oli suunnittelun apuna kuvitteellisia asiakkaita, joiden tarpeisiin Kajo vastaa.

Kuvitteellinen asiakas on pariskunta, joka viettää Kajossa aikaa ympärivuotisesti. Pariskunnan aikuiset lapset viettävät mökillä aikaa satunnaisesti, esimerkiksi kesäisin ja jouluisin. Kesäisin mökillä on mahdollisesti muitakin vieraita. Kuvitteellisen asiakkaan lapset ehkä jonakin päivänä käyttävät Kajoa perheidensä kanssa, joten lapsiperheen tarpeet on Kajossa myös huomioitu.

## 5.2 Rakennuksen muoto ja toimintojen sijoittelu

Kajo on case-esimerkki, eikä sitä ole suunniteltu ainoastaan yhdelle nimenomaiselle tontille. Suunnitelman havainnollistamiseksi Kajo on esitetty järvenrantatontille, jonka ranta on lounaaseen. Kajo sopii mainiosti saunarakennukseksi tai vierasmajaksi pien- tai kerrostalojen pihaan.

Kajon massoittelu lähti liikkeelle tilaohjelmasta, jossa pohdittiin tilojen kokoa, valaistusta, tunnelmaa sekä sitä, miten vuorokauden- ja vuodenaajat vaikuttavat sisätilojen valaistukseen.



Kuva 18. Sunearthtool.com työkalun avulla tehty kuvaaja auringon nousu ja lasku suunnista ja kulmista vuoden ympäri Kajon esimerkkitontilla.

Kuva 18 havainnollistaa auringon nousu- ja laskusuunnan ja korkeuskulman vuoden ympäri Kajon esimerkkitontilla. Auringon nousu- ja laskuilmansuunnat sekä kulma muuttuvat eri vuodenaikoina kuvan osoittamalla tavalla ja Kajon massoittelu, tilojen sijoittelu ja ikkunoiden sijoittelu pyrittiin optimoimaan kyseisen kuvaajan mukaan.

## Tilaohjelma:

### Terassi, 10 m<sup>2</sup>

Kajon tärkeimpiä tiloja, sillä se yhdistää sisätilat ja luonnon toisiinsa. Se on Kajon tärkein oleskelutila. Terassin valaisu luonnonvalolla on helppoa, haastetta tarjoavat sää- ja aurinkosuojaus. Sää ja aurinkosuoja saadaan kattamalla terassi osittain. Kajon ollessa kompakti ja luontoa kunnioittava rakennus, terassin ei ole tarkoitus olla valtavan suuri. Terassi sijoitetaan suunnitelmassa parhaalle näköalapaikalle, eri järjvimmäisemää kohti lounais-kaakko akselille.

### Sisäänkäynti 2 m<sup>2</sup>

Yhdistää terassin sisätilaan. Sisään astuttaessa näkymän tulisi olla kiinnostava, mutta sisäänkäynniltä ei kuitenkaan vaadita oleskelutilan kaltaisia maisemia. Sisäänkäynnin ja ulkotilan välisen valaistuskontrastin on oltava mahdollisimman pieni, jotta silmä tottuisi sisätilan valaistusvoimakkuuteen mahdollisimman nopeasti. Sisäänkäyntien yhteyteen on sijoitettu ikkunat valaisemaan sisätilaa ja jokaiselta sisäänkäynniltä sisään astuessa avautuu näkymä ulos läpi huoneen.

### Keittiö 3 m<sup>2</sup>

Keittiössä työskentely kaipaa valoa. Rakennussuunnittelussa se usein sijoitetaan rakennuksen rungon vaikeasti luonnonvaloa saaviin paikkoihin, mikä on ymmärrettävää etenkin suunnittelun raamien ollessa tiukat. Kajossa myös keittiö on mahdollista valaista luonnonvalolla. Myös keittiöön toivotaan näkymiä ja tuuletusmahdollisuutta.

Kansainvälisessä kirjallisuudessa keittiön päivänvalosuhteeksi suositellaan noin 2 %, ja minimissään noin 0,6 % (Vikberg, 2014). Suomen olosuhteissa arvo voisi olla jopa suurempi. Suora auringonvalo on keittiöaskareille liian voimakasta, ja valkeat pinnat voivat muuttua häikäiseviksi. Valaistuksessa tulisi hyödyntää sisältä heijastunutta valoa, joten vaaleat pinnat ovat toivottavia, mutta kiiltäviä pintoja tulisi välttää.

Oleskelu, ruokailu 10 m<sup>2</sup> Kajon tärkeimpiä tiloja, jossa vietetään aikaa ympäri vuorokauden, sekä ruokaillaan. Näkymät, kokemus yhteydestä ulkotilaan ja tunnelmallinen valaistus ovat tässä tilassa erittäin tärkeitä.

Oleskelutilan päivänvalosuhteeksi suositellaan noin 1,5 % ja vähintään 0,5 %. Olohuoneen toivotaan olevan valoisa ja kutsuva, ja Vikbergin mukaan kyseiset päivänvalosuhteet ovat olohuoneelle melko matalat. Olohuoneessa voidaankin pyrkiä 3-4 % päivänvalosuhteeseen. Asunnoissa television katselu keskittyy usein olohuoneeseen, ja liika häikäisy voi haitata näytön näkyvyyttä. Mökillä television katselu on pienemmässä roolissa, joten suuria ikkunoita ei television vuoksi tarvitse välttää.

Makuuhuone 7 m<sup>2</sup>

Makuutilassa nukutaan ja levätään. Ihminen nukkuu vuorokaudesta merkittävän osan, ja laadukas uni on ehtona valveilolaolomme virkeydelle. Unen saannille ja laadukkaalle unelle tärkeää on hämäryys, mikä etenkin kesäisin on haastava saavuttaa. Makuutilaan on siis suunniteltava pimennyskeinoja etenkin kesän aamu- ja ilta-auringon varalle. Kajossa makuuhuoneen ikkunat on sijoiteltu niin, että pimennys onnistuu esimerkiksi verhoilla, mikäli sitä kaivataan. Ikkunoiden sijoittelun ja koon vuoksi häikäisy on pientä, joten pimennys ei ole välttämätöntä. Makuutilan päivänvaloarvo voi olla keittiötä ja olohuonetta matalampi eli noin 1 %.

Wc 2 m<sup>2</sup>

Wc kuten keittiökin, ovat rakennussuunnittelussa usein keinonvalon varassa. Se ei tarkoita sitä, etteikö luonnonvalon käyttö olisi toivottua ja positiivinen asia myös wc:ssä ja pesuhuoneessa. Kajossa myös wc:hen on mahdollista saada hieman luonnonvaloa. Suuria näkymäikkunoita ei wc:hen kuitenkaan sijoiteta yksityisyyden säilyttämiseksi.

Sauna 4m<sup>2</sup>

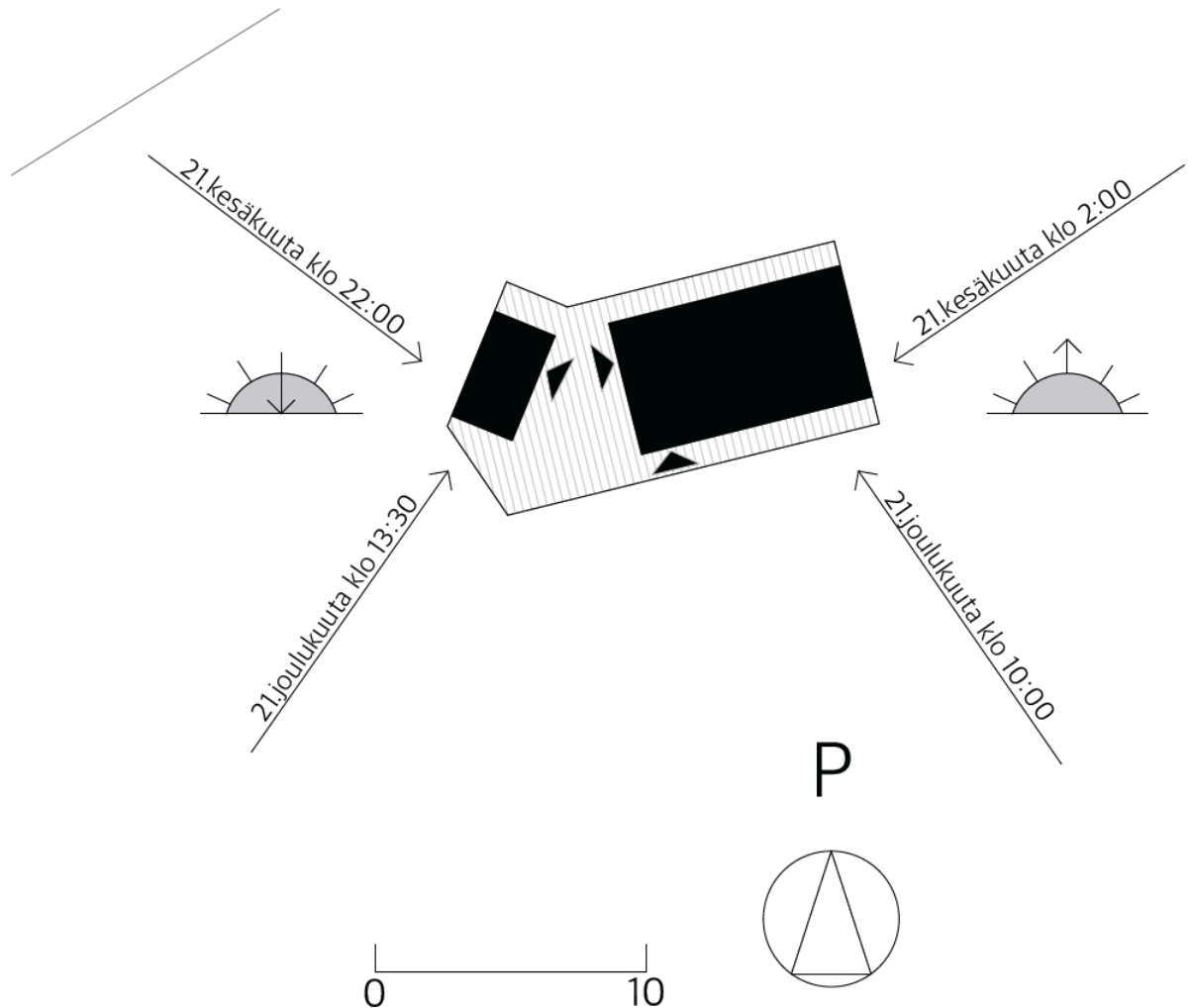
Kajon tärkeimpiä tiloja ja etenkin suomalaiselle mökkeilylle tärkeä tila. Saunassa tunnelmallisuus on tärkeintä eikä kirkas



luonnonvalaistus ole tavoiteltavaa. Ikkunoiden avulla halutaan saunaan saada yhteys luontoon, pehmeää valoa sekä maalauksellisuutta. Näkymä saunasta ulos on myös tärkeää.

#### Makuuparvi

Kajoon oli mahdollista sijoittaa myös makuuparvi etenkin vieraiden ja lasten majoittumista ajatellen. Tilan ei tarvitse olla normaalin asuinhuoneen vaatimusten mukainen.

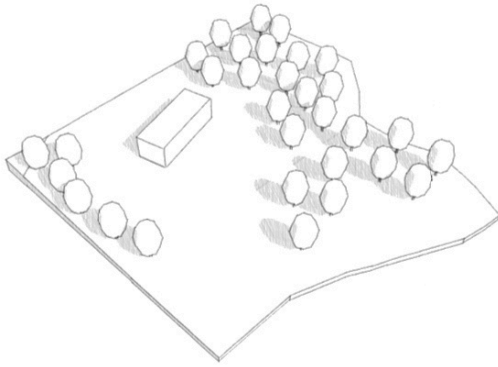


Kuva 19. Auringon nousu ja laskusuunnat kesä- ja joulukuussa.

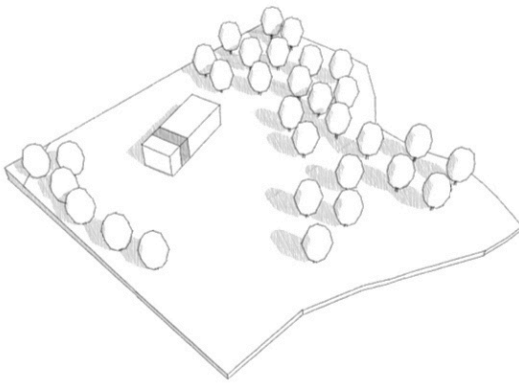
Kuvan 19 mukaan aurinko nousee kesäkuussa horisontin yläpuolelle koillisesta ja painuu sen alle luoteesta kulkien päivän aikana kuvan osoittaman reitin. Kompassin mukaan pohjoisen ollessa  $0^\circ$ , idän  $90^\circ$ , etelän  $180^\circ$  ja lännen  $270^\circ$ , nousee aurinko kesäkuussa  $25^\circ$ :teen suunnasta klo 2:00. Korkeimmillaan se nousee noin  $51^\circ$  korkeuskulmaan klo 12 ja laskee horisontin alle suunnasta  $330^\circ$  klo 22. Talvella aurinko nousee horisontin yläpuolelle kaakossa ja laskee lounaaseen. Esimerkiksi joulukuussa aurinko

nousee horisontin noin 150 °:teen sunnasta klo 10, nousee korkeimmillaan noin 5 ° korkeuskulmaan klo 12 ja laskee 205 ° suunnasta noin klo 13:30 Talviauringon lyhyen reitin vuoksi suurimmat ikkunat kannattaa sijoittaa kaakko-etelä suuntaan. Näin aurinko näyttäätyy sisätiloissa ympäri vuoden.

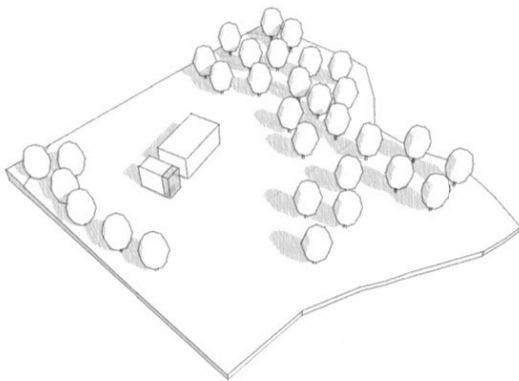
Tontille on liittymä ja pieni ajotie pohjoisesta. Autopaikat sijoittuvat tontilla pohjoiseen, josta kuljetaan mökille polkua pitkin. Kuvissa 20-23 esitetään Kajon massoittelevaiheet. Ensimmäisessä vaiheessa päätettiin massan suuntaus. Toisessa vaiheessa massasta leikattiin viipale pois sisäänkäynnin korostamiseksi ja suojaisan ulkotilan luomiseksi. Leikkaus korostaa tontin ja rakennuksen suhdetta ja avaa myös näkymän kohti rantaa mökille saavuttaessa. Seuraavassa vaiheessa tehtiin vähennys, joka avasi rakennukseen näkymän länsirantaa kohti, ja teki pienemmästä massasta, eli saunan massasta, alisteisen rakennuksen päämassalle. Neljännessä vaiheessa pienempää massaa eli saunaa käännettiin hieman, jotta syntyy poukamamainen tila terassille, joka avautuu tasapuolisesti etelä-lounas suuntiin.



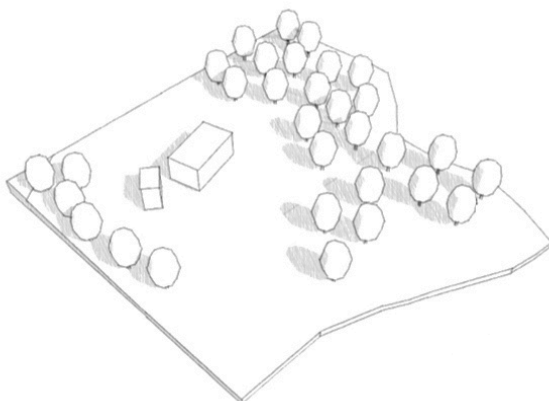
*Kuva 20. Kajon massoittelun vaihe 1: massan suuntaaminen kohti etelä-kaakko suuntaa.*



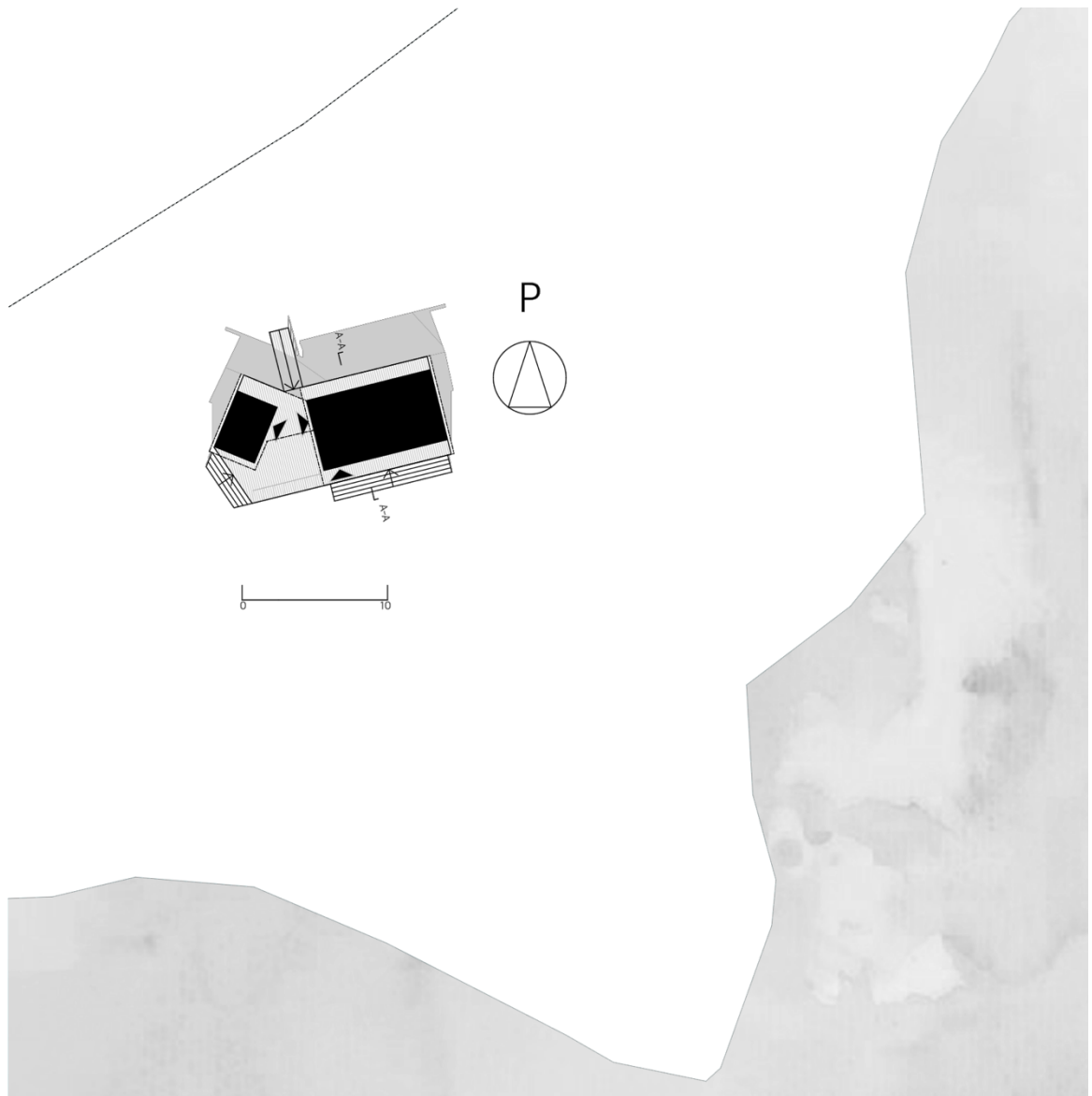
*Kuva 21. Massoittelun vaihe 2: viipaleen poistaminen sisäänkäynnin korostamiseksi, näkymän avaamiseksi ja tontin ja rakennuksen välisen suhteen korostamiseksi.*



*Kuva 22. Massoittelun vaihe 3: viipaleen poistaminen saunan massan alisteisuuden korostamiseksi, ulkotilan luomiseksi ja länsinäkömänn avaamiseksi.*

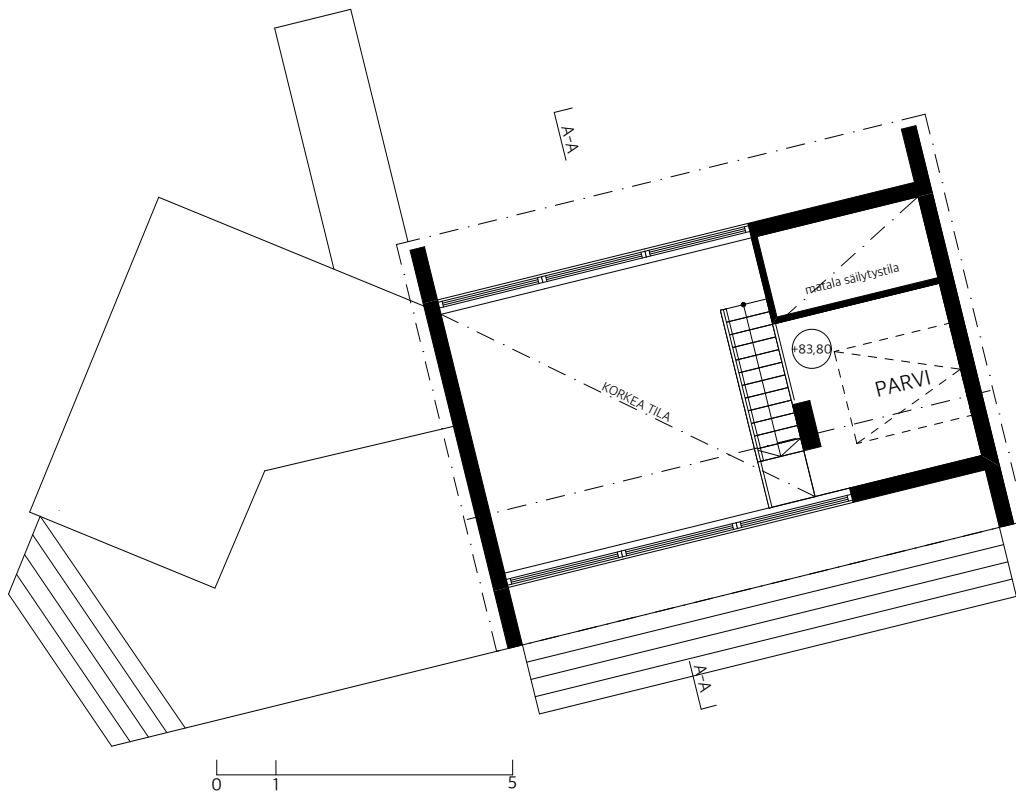
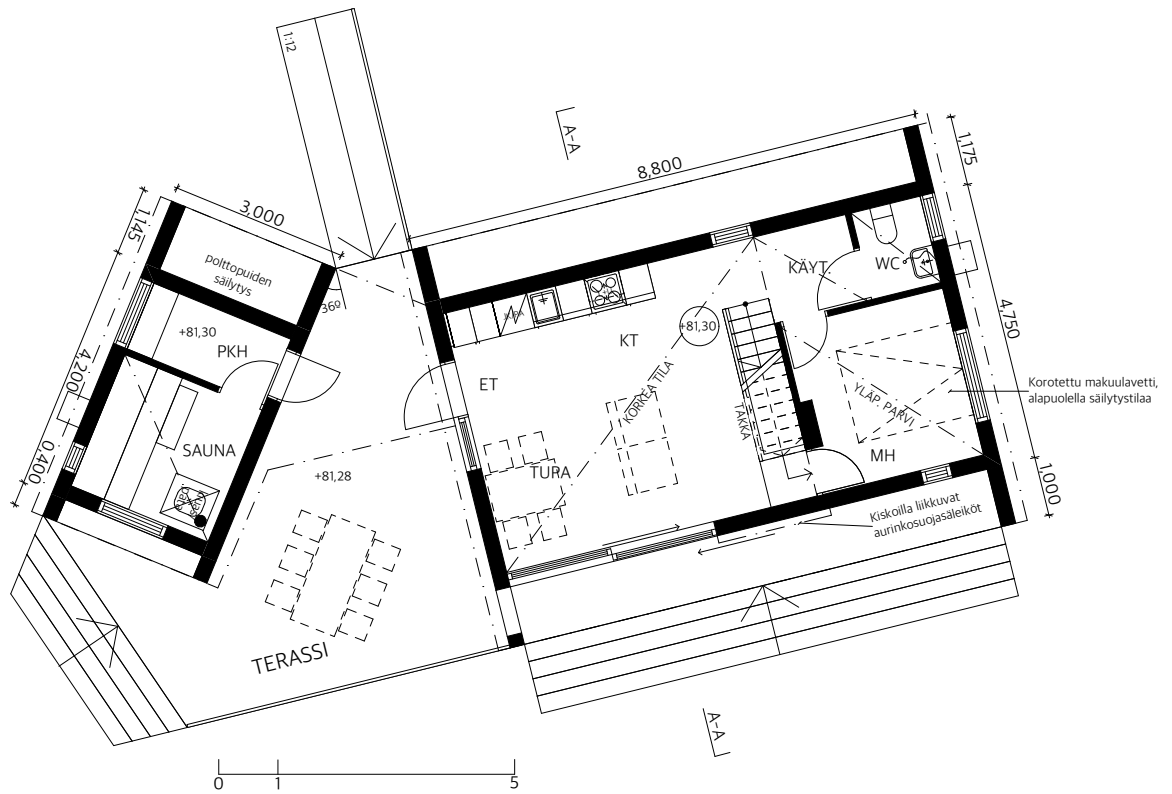


*Kuva 23. Massoittelun vaihe 4: Saunan massan kääntäminen kohti lounasta näkymän ja terassin avaamiseksi ilta-auringolle.*



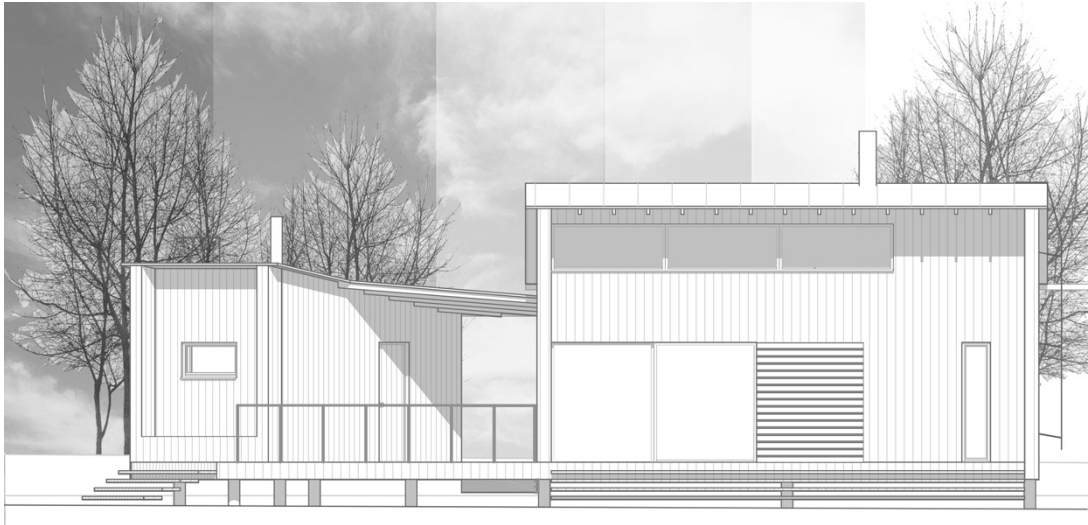
Kuva 24. Kajon sijoittelu esimerkkিতontilla

Kerrosala:	41,9 m <sup>2</sup>
Bruttoala:	48,8 m <sup>2</sup>
< 1600 mm korkeaa tilaa:	3,4 m <sup>2</sup>
Tilavuus:	246 m <sup>3</sup>
Huonekorkeus:	alakerta: 2,3 m
	korkea tila: 4,4 m
	yläkerta: 1,1-1,9m
Ulkomitat: Pituus:	8,8 m
	Leveys: 4,75 m
	Harjakorkeus: 4,9 m
Sauna: Bruttoala:	12,6 m <sup>2</sup>
	Pituus: 4,2 m
	Leveys: 3,0 m
	Harjakorkeus: 3,8 m



Kuva 25, Kuva 26, Kajon 1. krs ja parven pohjakuva, ei mittakaavassa

### 5.3 Aukotus



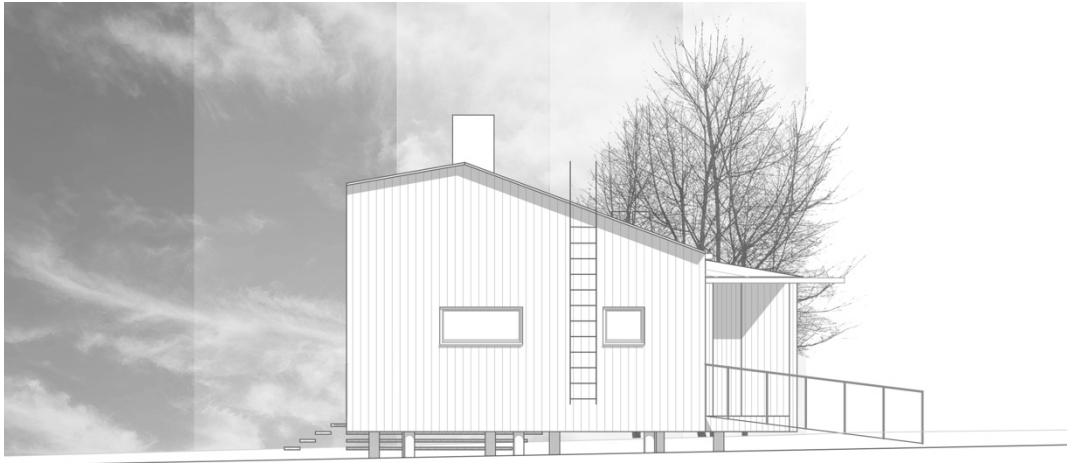
*Kuva 27. Kajon julkisivu etelä-kaakkosuuntaan.*



*Kuva 28. Kajon julkisivu lounas-länsisuuntaan.*



*Kuva 29. Kajon julkisivu luode-pohjoissuuntaan*



*Kuva 30. Kajon julkisivu koillis-itäsuuntaan.*

Kajossa jokaisella ikkunalla on funktio: näkymä, valo, tuuletus tai näiden yhdistelmä. Yhteen ikkunaan on vaikeaa sovittaa kaikkia näitä ominaisuuksia, mutta etenkin kerrostalosuunnittelussa näkee asuntoja, joissa on yksi ikkuna kapean ja pitkän huoneen päädyssä. Huoneen ainoa ikkuna on sekä näkymää, tuuletusta että valon saantia varten. Hyvän luonnonvalaistuksen määritelmät harvoin toteutuvat näissä tapauksissa.

Kajossa pääjulkisivu kohdistuu etelä-kaakkosuuntaan, mikä oli suunnittelun lähtökohta jo massoitteluvaiheessa. Etelä-kaakkosuuntaan sijoitetaan valaisu- ja näkymäikkunat, sillä se on ympärivuotisesti valaistuksen tarjoamisen kannalta hyvä ilmansuunta. Oleskelutilan näkymäikkunoista aukeaa maisema metsän läpi järvelle. Suuret näkymäikkunat sijoittuvat lattian rajaan saakka, ja ikkunan suuren koon vuoksi näkymä on laaja ja tuo luonnon elementit osaksi sisätilaa. Se on myös valaistusominaisuuksiltaan hyvä.

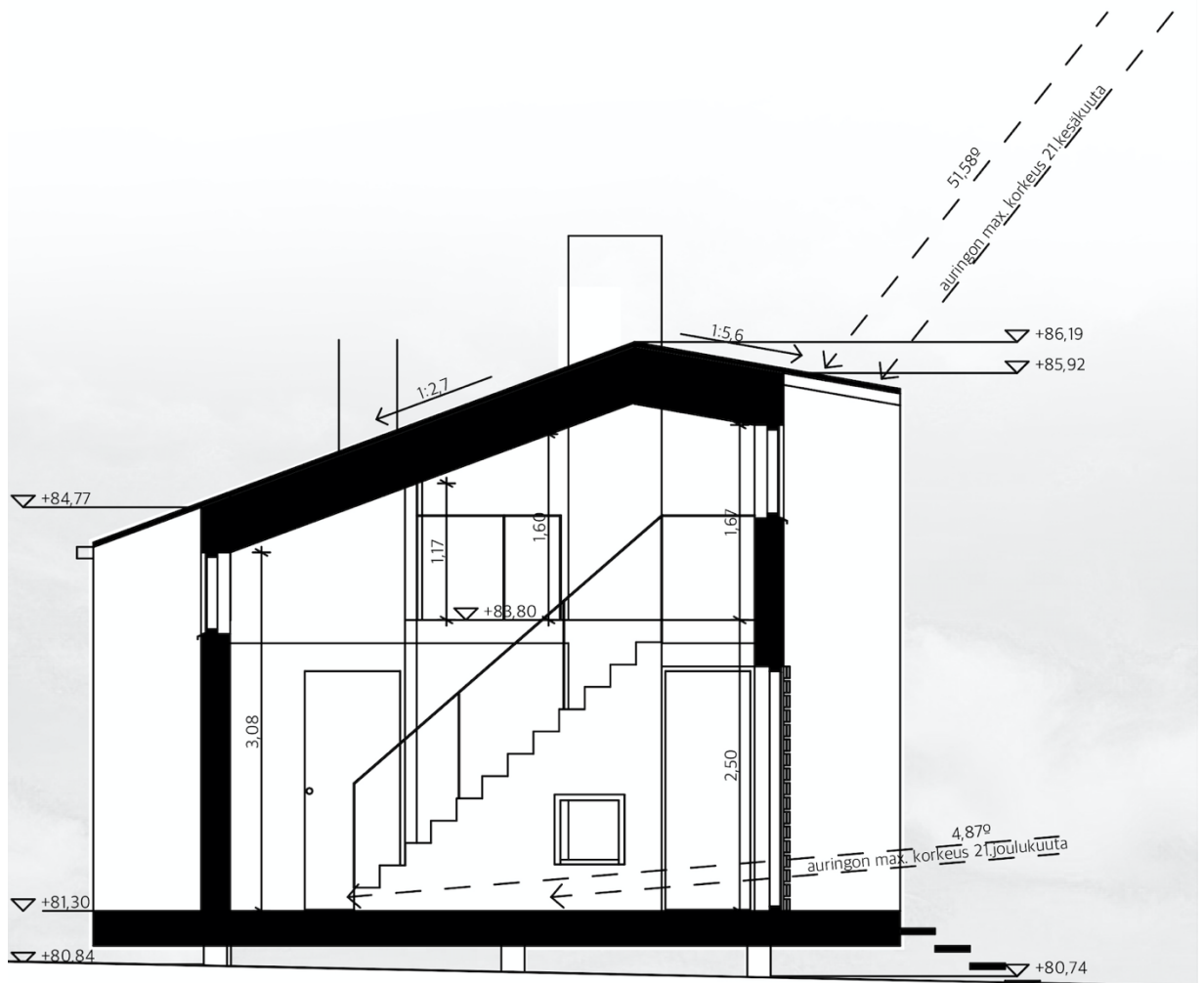
Talvella se onnistuu tehokkaasti kalastamaan vähäiset, matalalta paistavat auringonsäteet auringon noustessa juuri ja juuri horisontin yläpuolelle. Samaan ilmansuuntaan sijoittuvat myös lähes koko seinän levyiset valoikkunat, jotka ovat korkealla aivan katon rajassa. Ne ovat parven panoraamaikkunat sekä tehokkaat valoikkunat. Mikäli oleskelutilassa kaivataan yksityisyyttä, voidaan lattian rajaan sijoittuvat ikkunat peittää ja kuitenkin säilyttää luonnonvalaistus sisätiloissa. Olohuoneen näkymäikkunoiden edessä on ulkopuolisena aurinkosuojauksena ja näkösuojana kiskoilla liikkuvat säleiköt. Eteläikkunoiden valo on intensiivistä ja dynaamista. Valaistus ei muutu voimakkaasti päivän mittaan ja valoa on helppo kontrolloida. Kajossa auringon valon määrän säätely tapahtuu kiskoilla liikkuvien säleiköiden avulla. Talvisin eteläikkunat saavat enemmän kohtisuoraa valoa kuin kesäisin.

Keittiö ja oleskelutila kaipaavat myös tuuletusta. Tuuletukseen tarkoitettu ikkuna sijoittuu pohjoiseen. Se on kapea ja helppo avata, ja siitä aukeaa maisemakaistale metsään. Se on keittiön, portaikon, makuuhuoneen ja wc:n välisen tilan kiinnostavuutta lisäävä yksityiskohta.

Terassin puoleisen sisäänkäynnin vieressä oleva länsi-ikkuna on sekä valaisua että näkymää varten. Oven vieressä olevasta ikkunasta näkee hyvin terassille ja sen kautta näkee, kuka ovella seisoo. Ikkuna valaisee eteistä ja hillitsee kontrastia sisä- ja ulkotilan välillä, jotta sisään tultaessa silmä tottuisi hämärämpään valaistukseen nopeasti. Se ei kuitenkaan aiheuta matalan ilta-auringon aikaan suurta häikäisyä, sillä terassin laidalla oleva sauna suojaa ikkunaa. Keittiön yläikkunat ovat ikään kuin vastapari etelän valoyläikkunoille, tasapainottavat huoneen etu- ja takaosan välistä kontrastia ja tekevät huoneen aukotuksesta tasapainoisesti jakaantunutta. Pohjoisikkunoiden valo ei ole häikäisevää tai kuumaa.

Myös saunan yläosassa on valoikkuna. Saunaan ei yksityisyyden säilymisen vuoksi tule suuria ikkunoita. Saunassa luoteisikkuna on valoa ja näkymää varten. Päivän viimeiset auringonsäteet pääsevät siitä sisään. Toinen näkymäikkuna on etelään kohti terassia ja rantaa.





Kuva 31. Auringon vuosittaiset maksimi- ja minimikulmat Kajon esimerkkilotilla.

Kajon aukotuksessa pyritään noudattamaan Lappalaisen Energia- ja ekologiakäsikirjassa (Rakennustieto, 2010) määrittelemiä ikkunoiden pinta-alojen ohjearvoja eri ilmansuunnille. Ikkunoiden pinta-alojen ohjearvot ovat etelä- ja länsisivuilla < 30 % ja pohjois- ja itäjulkisivuilla 10-15 % ulkoseinän pinta-alasta. Kajossa etelä-kaakko suuntaan ikkunoiden pinta ala on 29 % seinän pinta-alasta, itä-koillinen suuntaan 4 %, pohjois-lounassuuntaan 13,6 % ja lounais-länsisuuntaan 10,5 %.



*Kuva 32. Havainnekuva Kajosta lounaaseen.*

#### **5.4 Pintamateriaalit**

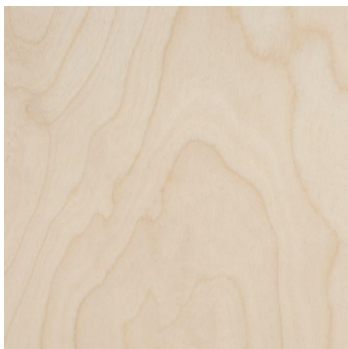
Kajon sisätilat ovat vaaleita, jotta niistä heijastuva valon määrä olisi mahdollisimman suuri. Kajon sisäpinnat ovat suurimmaksi osaksi puuta, joka on käsitelty kuultavan valkeaksi esimerkiksi öljyllä, lakalla tai vahalla. Käsitelty puu ei tummu ajan mittaan samoin kuin käsittelemätön, joten se säilyttää heijastavuutensa paremmin. Puu on kuitenkin pinnaltaan himmeä ja matta, joten siitä heijastuva valo hajoaa eikä aiheuta liiallista häikäisyä. Kajon lattia, sisäkatto ja seinät ovat kaikki yhtenäistä materiaalia, vaaleaa, kuultokäsiteltyä mäntypaneelia. Katon rajassa sijaitsevien yläikkunoiden rivistön kautta heijastuu kaltevaan sisäkattoon valoa, jonka rooli on Kajon valaistuksessa ja valaistustunnelmassa tärkeä. Heijastunut valo on pehmeää ja häivyttää kontrastia huoneen etu- ja takaosan välillä. Ikkunoiden karmit ovat seinän sävyistä, vaaleaa puuta. Vaaleiden karmien avulla sisätilan ja ikkunasta näkyvän ulkotilan välinen kontrasti pienenee. Kajon terassin pinta on vaaleaksi käsiteltyä puuta, ja se heijastaa etenkin talvisin valoa terassille sekä lattiaan saakka ulottuvien ikkunoiden kautta myös sisätiloihin. Kajon parvelle vievän portaikon sivuseinä ja takan muuri ovat valkeaa rappausta.

Sisäpintojen illuminanssia eli heijastusta havainnollistavasta taulukosta (TAULUKKO 3 ja 4) voidaan huomata, kuinka vaalea sisäkatto sekä vaalea seinä heijastavat valoa ja ovat etenkin pilvisellä säällä tärkeässä asemassa. Yläikkunat ovat aivan seinän yläosassa, jotta katon heijastus olisi mahdollisimman suuri. Suuri näkymäikkuna on kiinni seinässä ja seinän vaalea pinta heijastaa valoa merkittävästi. Tällä keinolla kontrasti sisä- ja ulkotilan välillä pienenee.

Korkealle sijoittuvien pohjoisikkunoiden vaikutus heijastukseen jää pienemmäksi. Ikkunat ovat matalammalla eli kauempana kirkasta zenitiitä. Ne kuitenkin pehmentävät huoneen etu- ja takaosan välistä valaistusvoimakkuutta ja tekevät huoneen aukotuksesta tasapainoisesti jakaantunutta.

Keittiössä sisäpinnoista heijastunut valo on erittäin tärkeässä osassa. Keittiön tasot sekä kalusteen rungot ja ovet ovat vaaleaa koivuvaria, joka heijastaa hyvin valoa. Pinta on kuitenkin matta, joten heijastus ei ole häikäisevä, vaan se hajottaa valon pehmeästi.

Sisäpintojen materiaalit:

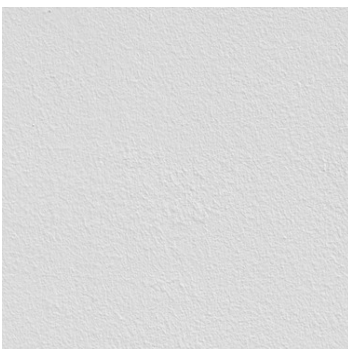


*Kuva 33. Koivuvaneri, kiintokalusteet*

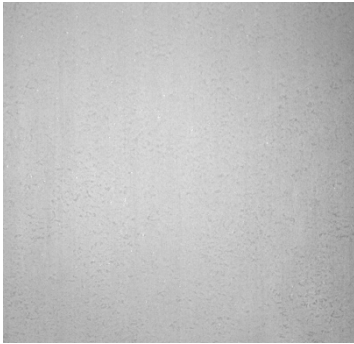
*Kuva 34. Vaalea kuultokäsittely mäntypaneeli, sisäkatto, -seinät, -lattia.*

*Kuva 35. Sinkkipeltivesikate*

*Kuva 36. RR33, musta teräskaide parvella*



Ulkopintojen materiaalit:



*Kuva 37. Sinkkipeltivesikate*

*Kuva 38. Mustaksi maalattu kuusipaneeli, ulkoseinät.*

*Kuva 39. Vaalea kuultokäsitelty terassilauta ja seinien ulkoverhouspaneeli.*

*Kuva 40. RR33, musta latta-teräskaide*



*Kuva 41. Havainnekuva Kajosta.*

## 5.5 Tulosten tarkastelu

### 5.5.1 Massoittelun vaikutus

Kajon suunnittelussa pyrittiin noudattamaan teoriaosuudessa opittuja nyrkkisääntöjä hyvän luonnonvalaisun aikaansaamiseksi. Säännöt jakautuivat massoittelu-, aukotus- ja pintamateriaalivaiheisiin. Massoittelun ensimmäinen vaihe oli rakennuksen suuntaus ja tilojen sijoittelu auringon liikerata ja mahdolliset varjostavat esteet huomioon ottaen. Kajon esimerkkilotilla tilanne on suunnittelijan kannalta erittäin hyvä, sillä tontti on noin hehtaarin kokoinen tontti ja laskee loivasti kohti etelärantaa. Tontilla ei ole muita rakennuksia. Tontti sijaitsee niemessä, joten rakennusmassan suuntaus itä- tai länsirantaa kohti olisi myös ollut mahdollista, mutta etelään suuntautuva pääjulkisivu on valaistusominaisuuksiltaan paras.

Massaa käännettiin hieman kohti kaakkoa, sillä varhainen päivänvalo on kyseisessä kohteessa terveysvaikutuksiansa vuoksi toivottavaa. Sauna ja terassi sijoittuvat ilta-auringon puolelle, sillä ilta-auringon haluttiin iltaisin saunoessa ja vilvoitellessa paistavan saunaan. Uimarannan ja laiturin ajateltiin sijoittuvan lounaaseen.

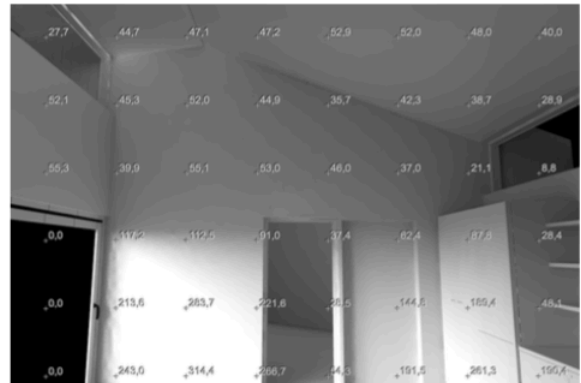
Tuloksia tarkastellessa massoittelussa kompastuskivenä on ollut yhdistelmä, jossa massan suuntaus on etelä-kaakko suuntaan ja sauna asettuu sen länsipuolelle. Saunan ja rakennuksen välinen kulma aiheuttaa sen, että länsiaurinko hädän tuskin paistaa terassille. Terassin vaalea pinta toki heijastaa valoa hyvin, ja se aukeaa lounaaseen, joten se ei ole pimeä iltaisinkaan, mutta saunan ja päämassan välistä sijaintia muuttamalla länsiaurinkokin valaisisi terassia ja rakennusta. Mikäli saunan ja päärakennuksen välinen kulma halutaan säilyttää samana, tulisi massan orientaatiota hieman kääntää kohti etelää tai jopa lounasta. Jos päämassan suuntaus halutaan säilyttää etelä-kaakko suunnassa, tulisi saunan massaa kääntää enemmän kohti länttä.

## 5.5.2 Mittaukset

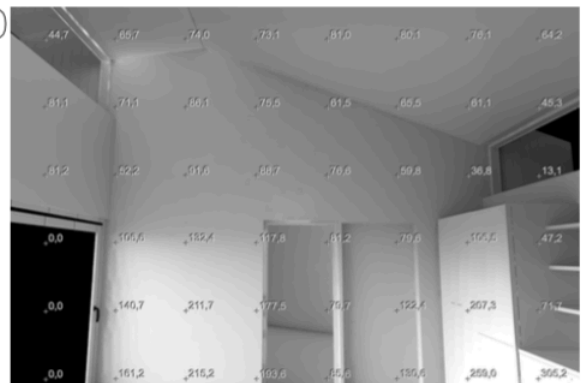
ILLUMINANSSI/  
aurinkoinen sää

21/3

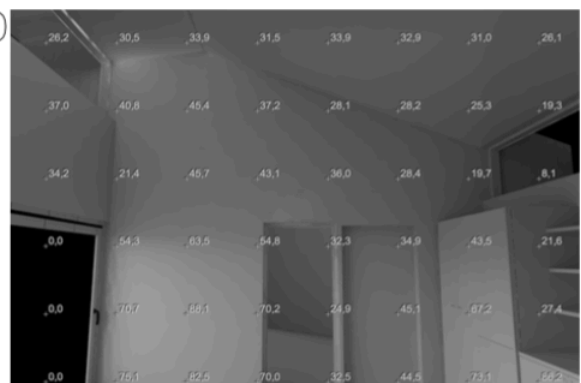
klo 0900



klo 1200



klo 1500





TAULUKKO 3. Kajan tuvan sisäpintojen illuminanssin vaihtelu aurinkoisella säällä 21.3, 21.6 ja 21.12 kello 9:00, 12:00 ja 15:00 (Perustuu Day Light Visualizer -työkaluun)

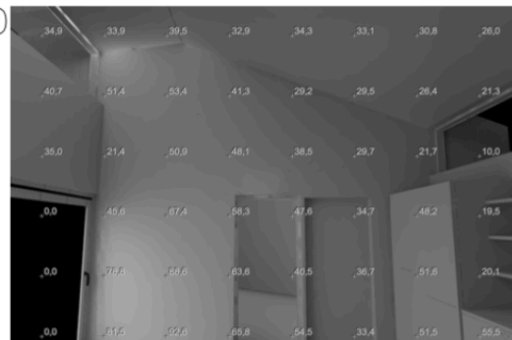
ILLUMINANSSI/  
pilvinen sää

21/3

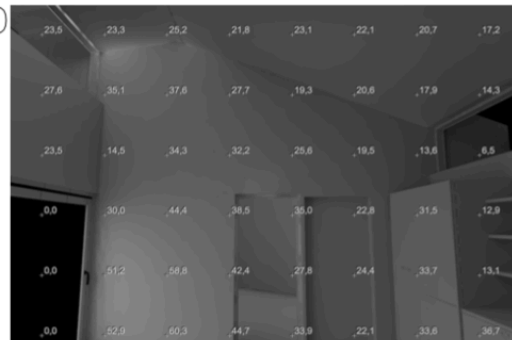
klo 0900



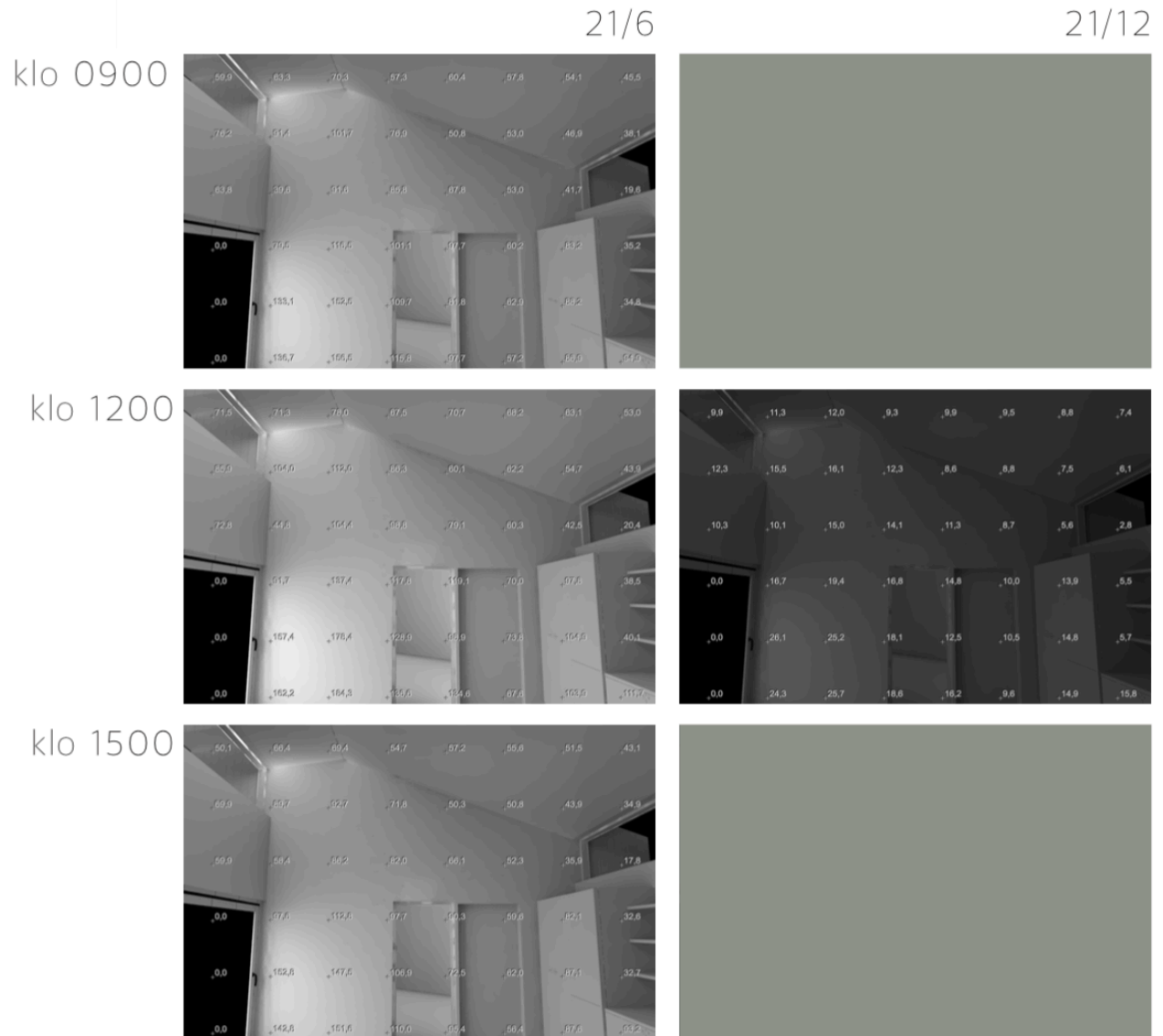
klo 1200



klo 1500







TAULUKKO 4. Kajon tuvan sisäpintojen illuminanssin vaihtelu pilvisellä säällä 21.3, 21.6 ja 21.12 kello 9:00, 12:00 ja 15:00 (Perustuu Day Light Visualizer -työkaluun)

Taulukot 3 ja 4 esittävät kajon oleskelutilan, sisäänkäynnin ja keittiön sisäpintojen heijastusta lukseina pilvisellä ja aurinkoisella säällä 21.3, 21.6 ja 21.12 klo 9:00, klo 12:00 ja kello 15:00. Kuvat on tuotettu Velux Daylight Visualizer -ohjelman avulla. Kuten kuvista voi huomata, ulkopuoliset vaaleat pinnat toimivat myös heijastavina pintoina kajossa. Suuren näkymäikkunan kohdalla ei kameran asettelun ja kulman vuoksi ole heijastavia pintoja, ja lasin heijastavuuden ollessa matala, heijastaa lasi 0 luksia.

Tulosten tutkimisessa on otettava huomioon eri toimintojen vaatima valaistusvoimakkuus. Esimerkiksi lukemiseen riittävä valaistusvoimakkuus on noin 100 luksia, mutta toivottava valaistusvoimakkuus lukemiseen ja muuhun tarkkaan työskentelyyn on noin 300-500 luksia. Keittiössä työtasoilla tehdään tarkkaa työtä, joten 300 luksia on usein ohjearvona keittiön tasojen valaistukselle. Sisätilojen yleisvalaistuksen tulisi olla yli 100 luksia. (Lampputieto.fi, N.d). Nämä ovat keinovalaistuksen suunnittelun ohjearvoja, joita voi kuitenkin pitää myös luonnonvalaistusta suunniteltaessa viitteellisinä tavoitearvoina.

Maaliskuussa saavutettiin aurinkoisella säällä aamulla ja keskipäivällä hyvä valaistusvoimakkuus oleskelu/ruokailutilassa ruokapöydän sijoituskohdassa, sekä keittiössä. Klo 9:00 oleskelu/ruokailutilassa mitattiin 280 luksia, joka on riittävä valaistusvoimakkuus esimerkiksi lukemiseen. Keittiössä mitattiin aamulla noin 190 luksia, joka on arvona hyvä, mutta voi erityistä tarkkuutta vaativissa tehtävissä olla hieman liian hämärä. Keskipäivällä ruokapöydän kohdalla mitattiin 211 luksia ja keittiössä 305 luksia eli valaistusominaisuuksiltaan erittäin hyvät arvot. Iltapäivisin sekä olohuoneen että keittiön valaistusvoimakkuus jää hieman alle 100 luksin, joten tarkkuutta vaativissa tehtävissä lisävaloa joudutaan käyttämään, mutta yleisvalona valaistus on vielä riittävä. Valaistusvoimakkuudet olohuoneen ja keittiön välillä ovat melko tasaiset, eli kontrasti ei ole suurta. Se on tiiviissä avoimessa tilassa toivottua.

Pilvisellä säällä ei maaliskuussa päästä yli 100 luksin yleisvalon ohjearvoon minään kellonaikana. Ikkunapinta-alaa kasvattamalla se ehkä olisi mahdollista, mutta ikkunoiden ollessa jo pinta-alaohjeistuksen ylärajalla, ei se olisi kokonaisuutena kuitenkaan taloudellinen ratkaisu.

Kesäkuussa saavutettiin aurinkoisella säällä hyvät valaistusvoimakkuudet aamusta iltapäivään sekä oleskelu/ruokailutilassa että keittiössä. Aamulla klo 9:00 oleskelutilassa

saavutetaan noin 240 luksia, klo 12:00 320 luksia ja klo 15:00 188 luksia. Valaistusvoimakkuus on siis hyvin tasaista koko päivän. Keittiössä mitattiin aamulla 400 luksia, keskipäivällä 290 luksia ja iltapäivällä 190 luksia. Aamulla keittiössä on siis erinomainen työskentelyvalaistus, iltapäivällä edelleen hyvä, mutta hieman himmeämpi aamuun verrattuna.

Pilvisellä säällä on valaistusvoimakkuus kesäkuussa hyvin tasainen. Valaistusvoimakkuus on oleskelutilassa läpi päivän 100-180 luksia, eli yleisvalaistukseksi riittävä. Keittiössäkin päästään sadan luksin tuntumaan aamulla klo 9:00 sekä iltapäivällä klo 15:00. Keskipäivällä valaistusvoimakkuus on yli 100 luksia. Pilvinen ilmasto siis tarjoaa haasteita valaistuksessa myös kesäisin.

Joulukuun 21. päivä, jolloin mittaukset suoritettiin, aurinko nousee noin klo 10, ja laskee noin klo 13:30. Tämä tarkoittaa sitä, että valaistusvoimakkuutta ei klo 9:00 ja klo 15:00 voinut mitata. Aurinkoisella säällä klo 12:00 oleskelutilassa saavutetaan 62 luksia ja keittiössä 121 luksia. Keittiön valaistusvoimakkuus on siis talviauringon aikaan lähes kaksinkertainen. Tämä johtuu siitä, että matalalta paistava aurinko osuu kohtisuoraan vaaleisiin keittiökalusteisiin, jotka heijastavat sitä hajottaen. Olohuoneessa auringonvalo ei törmää kohtisuoraan kalusteisiin, mutta lattia heijastaa sitä hyvin.

Joulukuussa pilvisellä säällä on koko tilassa hämärää, alle 50 luksia. Tämä tarkoittaa sitä, että jopa yleisvalaistuksessa joudutaan turvautumaan keinovaloon.

LUMINANSSI/  
klo 1200

21/3/PILVINEN



21/3/AURINKOINEN



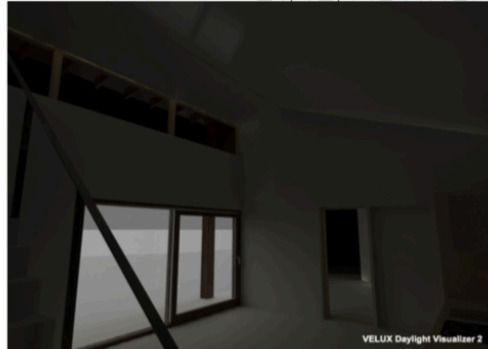
21/6/PILVINEN



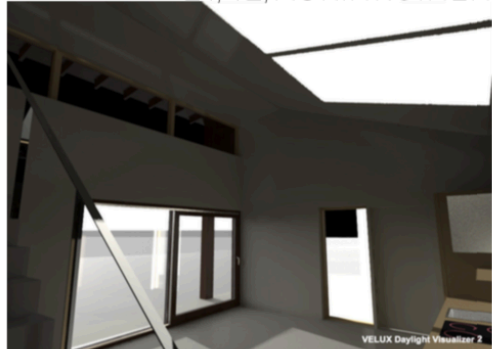
21/6/AURINKOINEN

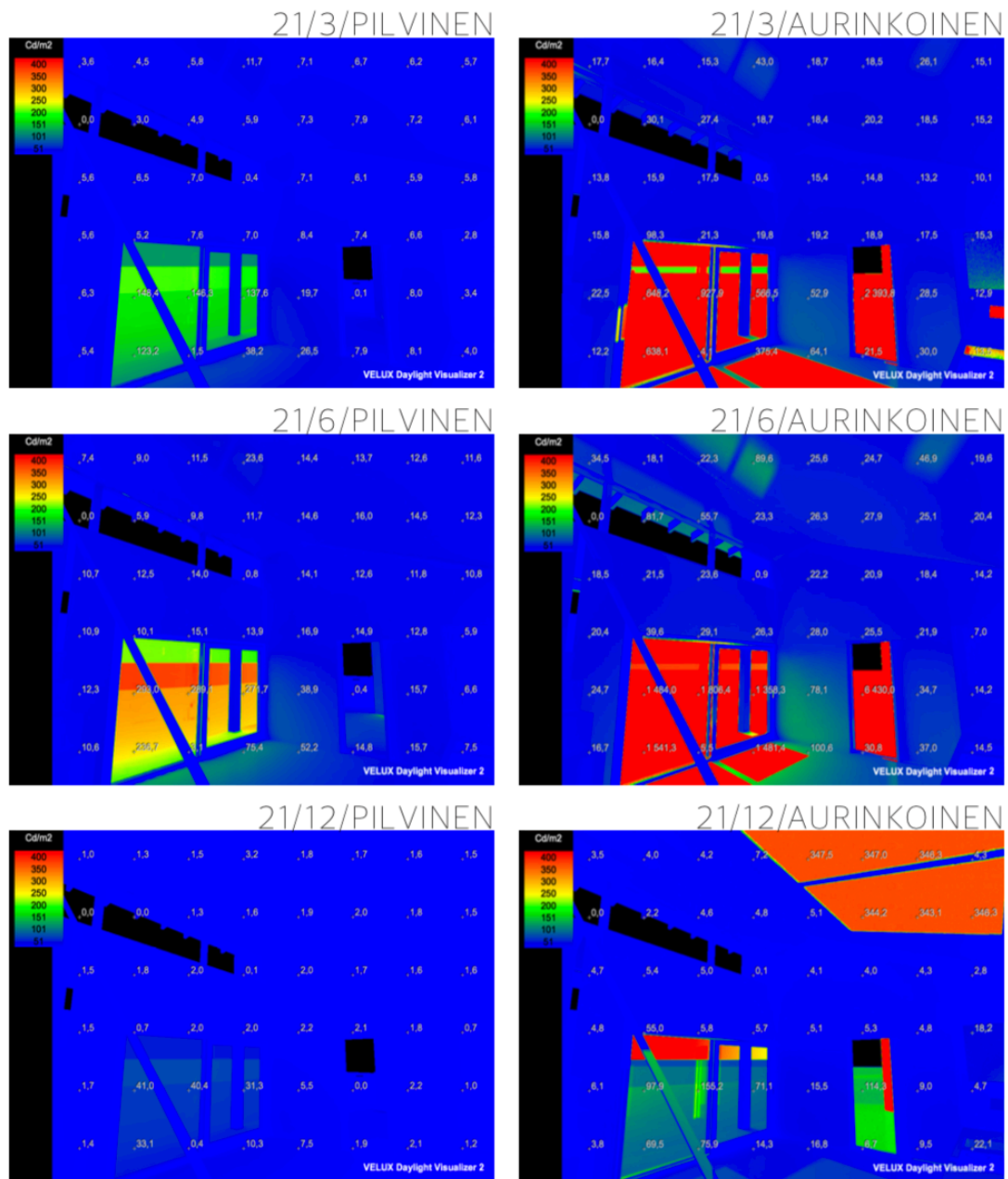


21/12/PILVINEN



21/12/AURINKOINEN

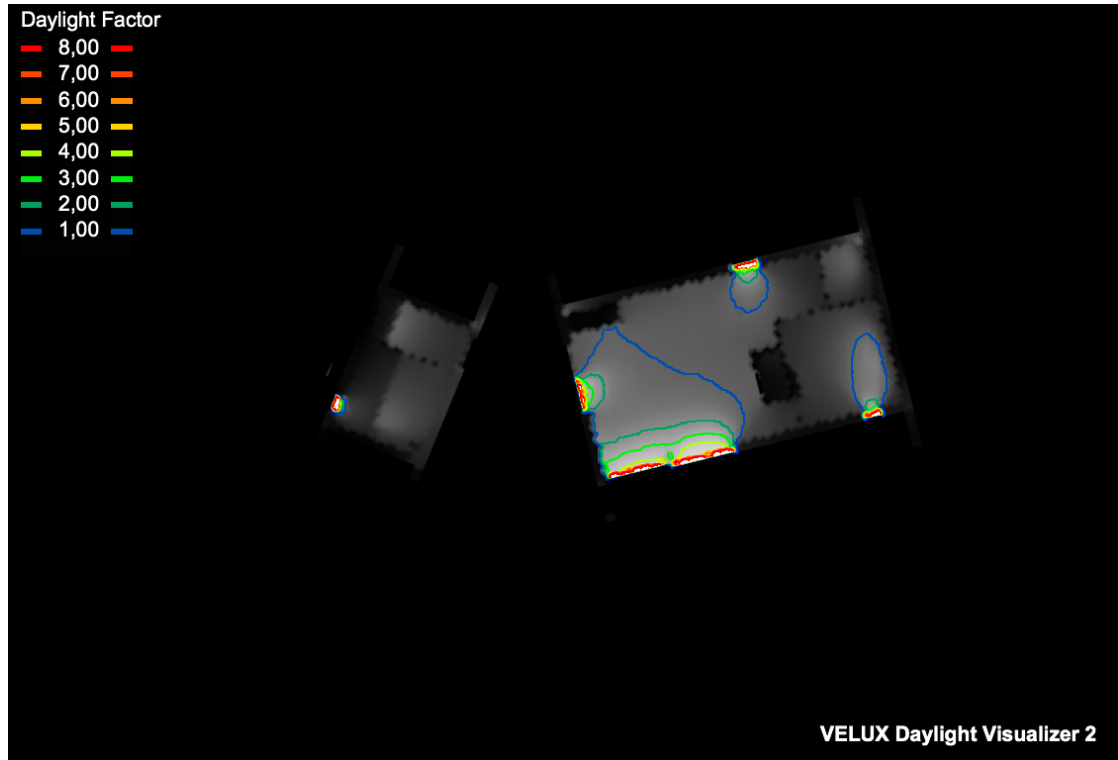




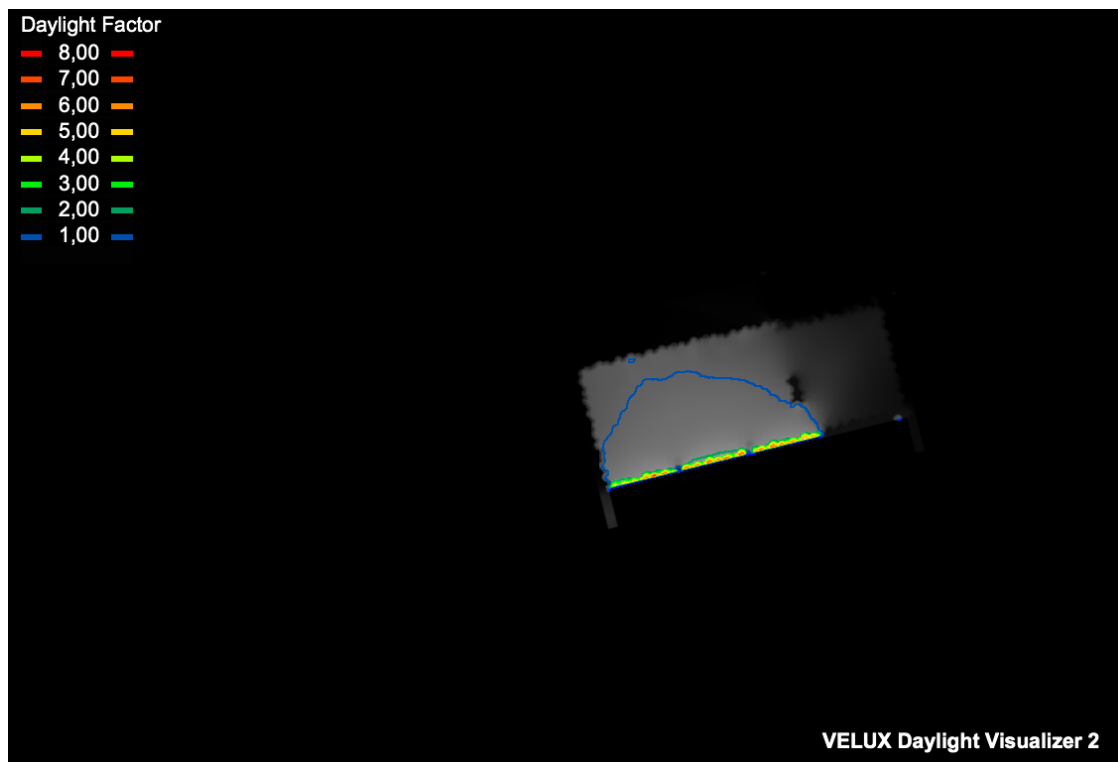
TAULUKKO 5. Luminanssi aurinkoisella ja pilvisellä säällä (Perustuu Day Light Visualizer -työkaluun)

Taulukossa 5 kuvataan oleskelutilan ja keittiön luminanssia 21.3, 21.6 ja 21.12 aurinkoisella ja pilvisellä säällä klo 12:00. Luminanssi kertoo pinnasta heijastuvaa valovoimaa eli pintakirkkautta, ja sen mittayksikkö on kandela per neliometri ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). Luminanssi syntyy pinnan valaistusvoimakkuuden ja heijastuksen yhteisvaikutuksesta, mutta Kajon sisäpinnoilla on ainoastaan heijastavia ominaisuuksia. Klo 12 aurinko paistaa lä-

hes suoraan olohuoneen ikkunoista sisään, joten tarkastelussa on keskeisenä osana lattian ja katon heijastavuus. Seiniin ei osu suoraa valoa klo 12, ja siksi niiden heijastavuus on kyseisissä kuvissa melko pieni.



Kuva 42. Kajon alakerran päivänvaloarvot maaliskuussa klo 11.



Kuva 43. Kajon yläkerran päivänvaloarvot maaliskuussa klo 11.

Kuvat 42 ja 43 ovat Velux Daylight Visualizer -ohjelmalla tuotetut päivänvaloarvoa eli Daylight Factoria esittäviä kuvia, joissa päivänvaloarvo on laskettu pisteittäin ja niiden avulla on piirretty vyöhykkeet. Päivänvaloarvo laskettiin pilvisellä säällä. Ohjelman yksinkertainen laskentamekanismi aiheutti sen, että se osasi huomioida vain kyseisen projektiorajan kohdalla leikkautuvat ikkunat. Tämän vuoksi kuvien päivänvalosuhteet eivät todennäköisesti ole täysin paikkansapitäviä. Pohjoisten yläikkunoiden vaikutus päivänvalosuhteeseen jäi tapauksissa kokonaan arvioimatta. Valon jakaantumista voidaan kuitenkin tarkastella kuvien avulla.

Oleskelu ja ruokailutilassa saavutetaan tilan parhaat päivänvaloarvot, jotka kuvaajan mukaan asettuvat 1-2 %. Yläikkunoiden vaikutus niihin on yläkerran projektion mukaisesti noin 1 %. Olohuoneessa siis saavutetaan tilaohjelmassa asetetut päivänvaloarvotavoite noin 3-4 %. Keittiön päivänvalosuhteen tavoitearvo oli vähintään 2 %, mutta Kajossa alakerran kuvaajan mukaan päivänvalosuhte on alle 1%. Yhdistettynä yläikkunoiden vaikutukseen, se saattaisi nousta lähelle tavoitetta, mutta on silti matalahko. Makuuhuoneen päivänvalaistussuhteessa yläikkunan vaikutusta on myös vaikea arvioida, mutta tavoitearvo, noin 1% täyttyy kuvaajassa. Päivänvalon jakaantuminen on onnistunut, sillä makuuhuone ja pesuhuoneessa on pienimmät päivänvaloarvot ja oleskelu- sekä ruokailutiloissa suurimmat.

### 5.5.3 Mittaustulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Mittausten perusteella voidaan todeta, että Kajossa parhaat luonnonvalo-olosuhteet saavutetaan aamupäivisin. Aurinkoisella säällä Kajon luonnonvalaistus on miellyttävän tasainen, mutta iltapäivällä valaistusvoimakkuus laskee hieman. Jo aiemmin mainittujen massoittelun muutosten avulla iltapäivän valaistusolosuhteita voitaisiin parantaa. Etelä- ja pohjoissuuntaisten yläikkunoiden pinta-alaa kasvattamalla niiden valaistusvaikutusta saataisiin korkeammaksi. Pinta-alan kasvattamista tulisi kuitenkin harkita tarkoin, sillä pinta-alojen ohjearvot ovat nyt jo Energia- ja ekologiakäsikirjassa annettujen ohjearvojen ylärajalla. Nyt ikkunoiden valaisevuus jää pienemmäksi kuin suunnitteluvaiheessa toivottiin. Pohjoispuolen yläikkunoiden muuttaminen pohjoislappeella oleviksi kattoikkunoiksi voisi parantaa keittiön ja oleskelutilan luonnonvalaistusominaisuuksia huomattavasti. Nyt pohjoisten ikkunoiden valaisuominaisuudet ovat heikohkot niiden aiheuttamaan lämpöhäviöön suhteutettuna. Kajon päivänvalosuhteiden paikkansapitävyys on

epäselvää, mutta niiden voidaan kuvia tulkitsemalla todeta yltäneen lähes tavoitearvoihin niiden jäädessä kuitenkin hieman matalahkoiksi.

Mittaukset toteutettiin maaliskuussa, kesäkuussa ja joulukuussa. Mukaan olisi voinut ottaa yhden syyskuukauden, jotta mittauksilla olisi katettu luonnonvalaistusolosuhteet tasaisesti vuoden ympäri. Mittausten perusteella voidaan todeta, että tilojen luonnonvalaismaksimointi tarkoittaa usein lämpöhäviöiden kasvamista, ja energiatehokkuuden heikentymistä.



## 6 Johtopäätökset

### 6.1 Tutkimuksen tulokset

Opinnäytetyön pyrkimyksenä oli tutkia suunnittelijan työkaluja, pohjoisen luonnonvalon erityispiirteitä ja suunnittelijan tekemien ratkaisujen vaikutusta rakennuksen luonnonvalaistukseen. Lisäksi pohdittiin, kuinka pohjoisen valon luonne ja käyttäytyminen vaikuttavat suunnitteluun ja onnistuneeseen toteutukseen. Luonnonvalolla pyrittiin korostamaan pohjoisen luonnon ominaispiirteitä. Pohjoisen valon määrän ja liikkeen vaihtelu on pohjoisessa suurta ja näin ollen haaste arkkitehtisuunnittelulle. Pohjoisen valon liikettä havainnollistettiin kuvaajalla, jossa esitettiin auringon kulmien vaihtelu vuodenajan mukaan. Lisäksi todettiin, että väite: ”aurinko nousee idästä ja laskee länteen” on karkea yleistys, joka pitää esimerkiksi Helsingin leveysasteilla paikkansa vain maaliskuuhuhtikuussa ja syys-lokakuussa.

Luonnonvalon on keinovaloon verrattuna energiatehokas ja terveellinen valaistusmuoto. Luonnonvaloon liitettiin myös käyttäjän kokemus tilan miellyttävyydestä.

Hyvän luonnonvalaistuksen määrittely ei ole yksiselitteistä. Valon tarve eri tilojen ja toimintojen välillä todettiin hyvin vaihtelevaksi. Esimerkiksi työskentelytilassa ja makuuhuoneessa hyvä luonnonvalaistus tarkoittaa eri asiaa, koska tiloissa tapahtuvaa toimintaa tukee erilainen valaistus. Hyvä luonnonvalaistus on siis eri asia kuin tasainen valaistus. Pyrkimys hyvään valaistukseen ajautuu helposti myös ristiriitaan energiatehokkuuden kanssa, sillä lämpöliikkeiden täytyy myös olla hallittuja.

Hyvä luonnonvalaistus kiteytyi seuraaviin sääntöihin:

1. Huolehditaan riittävästä valon määrästä ja ikkunapinta-alan määrästä tilan käyttötarkoituksen mukaan.
2. Pyritään siihen, että valo jakautuu tilaan riittävän tasaisesti ja että myös näkyvät pinnat saavat miellyttävän ja tilaan sopivan valoisuuden (luminanssin).
3. Vältetään kirkkaita, häikäiseviä alueita näkökentässä, erityisesti jos näkötehtävät sitä edellyttävät.
4. Valo tulisi olla hallittavissa häikäisyn estämiseksi sekä sitä tulisi pystyä muuttamaan vuorokausirytmien sekä vuodenaikojen mukaan.

5. Käyttäjällä on oltava riittävä näkösuoja ja tilanteesta riippuen riittävästi yksityisyyttä.
6. Rakennuksen lämpöliikkeiden eli luonnonvalon aiheuttaman mahdollinen ylikuumentumisen ja aukotuksen aiheuttamien lämpövuotojen on oltava hallittuja.
7. Luonnonvalon tulisi olla harkittu osa arkkitehtuuria, ilmentää tilan erityispiirteitä sekä luoda tilaan sen käyttötarkoituksen edellyttämää tunnelmaa.

Näiden tavoitteiden täyttämiseksi pohjoisilla leveysasteilla oli tutkimustulosten mukaan otettava huomioon pilvisen ilmaston vaikutus sekä auringon liikkeen muutos vuodenaikojen ja vuorokaudenaikojen mukaan. Ulkopuolisten esteiden vaikutus on myös otettava huomioon massoittelussa, aukotuksessa sekä pintamateriaalien valinnassa. Suomen pilvisten olosuhteiden ja valon epätasaisen jakaantumisen ohella ulkopuoliset, varjostavat esteet ovat suurimpina haasteina luonnonvalaisulle. Suomen pilvisessä ilmastossa, jossa suurin osa valosta on hajavaloa, ikkunanpinta-alan pitäisi olla mahdollisimman suuri ja ikkunoiden tulisi sijaita mahdollisimman korkealla, jotta huone voidaan valaista luonnon valolla mahdollisimman syvälle runkoon. Eteläjulkisivu on valaisun kannalta usein paras julkisivu, sillä siihen sijoittuvien ikkunoiden kautta tiloihin saa valoa tasaisesti aamusta iltaan. Eteläikkunoiden aurinkosuojaus on helppo toteuttaa, sillä aurinko paistaa keskipäivällä korkeasta kulmasta, ja jo pieni katos varjostaa eteläikkunoita tehokkaasti. Kattoikkunat ovat pohjoisessa ilmastossa tehokas valaisukeino ja ne kannattaa esimerkiksi harjakatossa sijoittaa etelän sijaan pohjoislappeelle häikäisyn ehkäisemiseksi.

Eri toimintojen jakaminen ikkunoilla on kannattava ajatus, esimerkiksi erilliset ikkunat näkymää, valoa, ja tuuletusta varten. Monipuoliset ja useaan ilmansuuntaan aukeavat ikkunat mahdollistaisivat myös kiinnostavan ja muunneltavan valaistuksen. Suomalaisessa asuntosuunnittelussa törmää kuitenkin valitettavan usein ratkaisuun, jossa yksi suuri ikkuna on huoneen ainoa, ja se palvelee jokaista kolmea edellä mainittua tarkoitusta.

Suomen luonnonvalo-olosuhteissa sisä- ja ulkopintojen heijastukset ovat tärkeässä osassa rakennuksen valoisuuden lisäämisessä etenkin tiiviissä rakennetussa ympäristössä. Tiiviissä rakentamisessa viereisten rakennusten pintamateriaaleilla on suuri vaikutus tilojen päivänvalosuhteeseen.

## 6.2 Loppusanat

Aihe valikoitui opinnäytetyön tekijän mielenkiinnosta luonnonvalon käyttömahdollisuuksia kohtaan. Onnistunut luonnonvalaistus on yhdistävä tekijä miellyttäväksi ja kiinnostavaksi koetuissa rakennuksissa. Tutkintoon sisältyvässä opetuksissa käydään läpi luonnonvalon käytön yleiset perusteet, mutta valon ominaisuuksien ymmärrys ei ole ollut kattavaa eikä sitä välttämättä osata valjastaa suunnittelun käyttöön parhaalla mahdollisella tavalla. Opinnäytetyön myötä ymmärrys valon liikkeestä ja vaihtelusta pohjoisilla leveysasteilla lisääntyi. Tutkimusta tehdessä tutustuttiin lukuisiin rakennuksiin ja niiden luonnonvalaistuksiin.

Hanna Vikbergin diplomityö Luonnonvalon hyödyntäminen suomalaisissa kerrostaloasunnoissa on ainoa suomalainen teos aiheesta, josta ylipäätään pohjoismaista kirjallisuutta löytyi hyvin vähän. Suomalaisen kirjallisuuden puuttuminen olikin yksi suurimmista haasteista opinnäytetyölle, sillä luonnonvalo on Suomessa hyvin erityislaatuista. Vikbergin työ on yksittäisistä lähteistä merkittävin ja lisäsi ymmärrystä sekä kiinnostusta aihetta kohtaan. Luonnonvalon toimintaperiaatteita ei yksityiskohtaisesti opeteta oppilaitoksissa, joten sen käyttäytymistä pohjoisilla leveysasteilla ei ehkä rakennusten suunnittelussa oteta kovin hyvin huomioon. Tästä huolimatta Suomesta löytyy esimerkiksi rakennuksia ja arkkitehteja, jotka ovat hallinneet luonnonvalon käytön mestarillisesti.

Opinnäytetyötä tehdessä auringonliikettä analysoivat ohjelmat ja simulaattorit olivat tärkeässä roolissa. Opinnäytetyössä tärkein luonnonvalaistusolosuhteiden simulointityökalu oli Velux Daylight Visualizer, jolla voidaan laskea ja simuloida tietomallien sisätilojen luonnonvalaistusolosuhteita. Sunpathtool.org oli auringonvalon liikkeen vaihtelun ymmärtämistä ja tutkimista tukeva työkalu. Molemmista ohjelmista on varmasti jatkossa hyötyä suunnittelutyön avustamisessa.

Toivottavaa on, että lukija voi oppia Suomen ja Pohjoismaiden luonnonvalon käyttäytymisestä sekä soveltaa tietoa tulevilla suunnittelutehtävissä.

### Lainatut lähteet

- Anselmo, F.;& Mardaljevic, J. (2013). *Daylight Mapping- Planet Earth. D/A, 19/2013.*
- Baker, N.;& Steemers, K. (2002). *Daylight Design of Buildings.* James&James.
- Brandi, U. (2006). *Lighting Design: Principles, Implementation, Case Studies.* Birkhäuser.
- Cambo Baeza, A. (2013). Sitaatti.
- Corrodi, M.;& Spechtenhauser, K. (2008). *Illuminating: Natural Light in Residential Architecture.* Birkhäuser Verlag AG, Basel.
- Encyclopedia Britannica. (N.d.). *Shoji, Japanese architecture.* Haettu 11/2018 osoitteesta Encyclopedia Britannica: <https://www.britannica.com/technology/shoji>
- Ensto Pro. (27.11.2008). *Värivaikutelma.* Haettu 9/2018 osoitteesta Ensto Pro: <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228397989485/1228398056227/1228463228201.html>
- Ensto Pro, silmän toiminta. (21.11.2008). *Silmän toiminta.* Haettu 9/2018 osoitteesta EnstoPro: <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228397989485/1228398045688/1228463369850.html>
- Frank Lloyd Wright. (ei pvm). Sitaatti.
- Fysiikan oppikirja: valo.* (9/2016). Haettu 3/2018 osoitteesta Wikikirjasto: <https://fi.wikibooks.org>
- Jetzinger, J. (3.4.2004). *Ihminen valon vallassa.* Haettu 3/2018 osoitteesta Yle.fi: <https://yle.fi/uutiset/3-5155406>
- Kallunki, E. (31.3.2017). *Kevätaurinko muuttaa aivojemme toimintaa: mielihyvä lisääntyy, toisten ihmisten seura houkuttelee.* Haettu 10/2018 osoitteesta Yle.fi: <https://yle.fi/uutiset/3-9514501>
- Korpela, J. K. (3/2018). *Mittayksiköt.* Haettu 3/2018 osoitteesta [jcorpela.fi](http://jcorpela.fi): [jcorpela.fi](http://jcorpela.fi)
- Lampputieto.fi. (N.d). *Valaistusvoimakkuus eri tiloissa.* Haettu 11/2018 osoitteesta [lampputieto.fi](http://lampputieto.fi): <https://lampputieto.fi/valaistussuunnittelu/valaistusvoimakkuus-eri-tiloissa/>
- Lampputieto.fi. (n.d.). *Väriämpötila-Kelvin-arvo.* Haettu 11/2018 osoitteesta [lampputieto.fi](http://lampputieto.fi): <https://lampputieto.fi/lampun-valinta>
- Lappalainen, M. (2010). *Energia- ja ekologiakäsikirja.* Rakennustieto.
- Le Corbusier. (2013). *Le Corbusier: Towards a New Architecture.* Courier Corporation.
- Liu, D.;Fernandez, ..;Hamilton, A.;Lang, N.;Gallagher, J. M.;Newby, D.;. . . Weller, R. (2014). *UVA Irradiation of Human Skin Vasodilates Arterial Vasculature and*

- Lowers Blood Pressure Independently of Nitric Oxide Synthase*. Journal of Investigative Dermatology.
- Mardaljevic, J.;& Francesco Anselmo. (2013). *Daylight Mapping Planet Earth*. Haettu 4/2018 osoitteesta International Velux Award: [iva.velux.com](http://iva.velux.com)
- Oja, H. (2013). *Aikakirja 2013*. Helsingin yliopiston almanakkatoimisto.
- Otavan suuri ensyklopedia. (1979). Lämpösäteily. Teoksessa *Otavan suuri ensyklopedia 5. osa (kriminologia-makuaisti)* (ss. 3904-3905). Otava.
- Philibert, J. (2005). One and a Half Century of Diffusion: Fick, Einstein, before and beyond. Teoksessa *Diffusion Fundamentals 2*.
- Physics class room. (1996-2018). *Light Absorption, Reflection and Transmission*. Haettu 3/2018 osoitteesta the Physics Classroom: <http://www.physicsclassroom.com>
- Rakennustieto. (2008). *RT 07-10912 Luonnon valon käyttö sisätiloissa*. Rakennustieto.
- Rakentaja.fi. (5/2012). Haettu 11/2018 osoitteesta Rakentaja.fi: [https://www.rakentaja.fi/artikkelit/9222/rakennusosien\\_u\\_arvot.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/9222/rakennusosien_u_arvot.htm)
- Ruuhonen, A. (Ohjaaja). (1967). *Ihmisiä kaukana pohjoisessa* [Elokuva].
- Sanvendi, G. (2001). *Handbook of Industrial Engineering*. John Wiley & Sons.
- Schöck Bauteile GmbH. (4 2015). Rakennusfysiikan käsikirja, rakennusten kylmäsillat.
- Sommar, H. (18.11.2010). *Yle.fi*. Haettu 3/2018 osoitteesta Kaamos kuriin valohoidoilla: <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2010/11/18/kaamos-kuriin-valohoidoilla>
- Tieteen Kuvalehti. (10/2018). *Vuodenaikojen vaihtelu*. (1) Haettu 3/2018 osoitteesta Tieteen Kuvalehti: <https://tieku.fi/luonto/vuodenaajat/vuodenaikojen-vaihtelu>
- Ursa, Tähtitieteellinen yhdistys. (N.d.). *Zeniitti*. Haettu 11/2018 osoitteesta Zebenelgenubi: <http://www.astro.utu.fi/zubi/astro.htm>
- Vikberg, H. (2014). *Valoisa asunto, luonnonvalon hyödyntäminen suomalaisissa kerrostaloasunnoissa*. Aaltoyliopisto, arkkitehtuurin laitos.
- Yle.fi, Yle oppiminen. (18.1.2007). *Näköaisti*. Haettu 9/2018 osoitteesta Yle Oppiminen: <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2007/01/18/nakoaisti>

**Kuvalähteet:**

Kuvat, joissa ei ole mainittu lähdettä ovat opinnäytetyön tekijän omia tuotoksia, ja tekijänoikeus kuuluu opinnäytetyöntekijälle. Kuvat, joissa on maininta ”Perustuu tietoon:”, tai ”Piirretty perusteella”, on opinnäytetyön tekijän omia tuotoksia, joiden sisältämä tieto perustuu viitattuun lähteeseen, ja kuvan tekijänoikeus kuuluu opinnäytetyön tekijälle. Opinnäytetyöntekijä myöntää kuville käyttöoikeuden ei-kaupallisiin tarkoituksiin ehtona, että tekijään viitataan tarkasti.

Kuvat ilman voimassa olevaa lisenssiä:

Kuva 2. Tekijä Leonardo Da Vinci, lähteestä [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eye\\_Line\\_of\\_sight.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eye_Line_of_sight.jpg), kuvalla ei ole voimassa olevaa tekijänoikeutta.

Creative Commons lisensoidut kuvat, joille on myönnetty yleinen käyttösuostumus lisenssin Attribution Share-alike 2.5 mukaan (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>):

Kuva 5. Tekijä: Mike Holek, sivustosta [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Color\\_temperature.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Color_temperature.svg)

Kuva 10. Tekijä: Wojtek Gurak, sivustosta <https://www.flickr.com/photos/wojtekgurak/6421676633>

Kuva 17. Tekijä: Julian A. Henderson, sivustosta [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/61/Bronx\\_Library\\_Center\\_second\\_floor\\_interior.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/61/Bronx_Library_Center_second_floor_interior.jpg)

Kuvat, joiden käytöstä opinnäytetyön tekijä ja kuvien tekijänoikeuden haltija ovat tehneet sopimuksen:

Kuva 6 ja 7. Tekijä Tuomas Uusheimo

Kuva 15. Tekijä Ilona Ravattinen

**LIITTEET**

Liite 1. Vapaa-ajan asunto Kajo

# K A J O

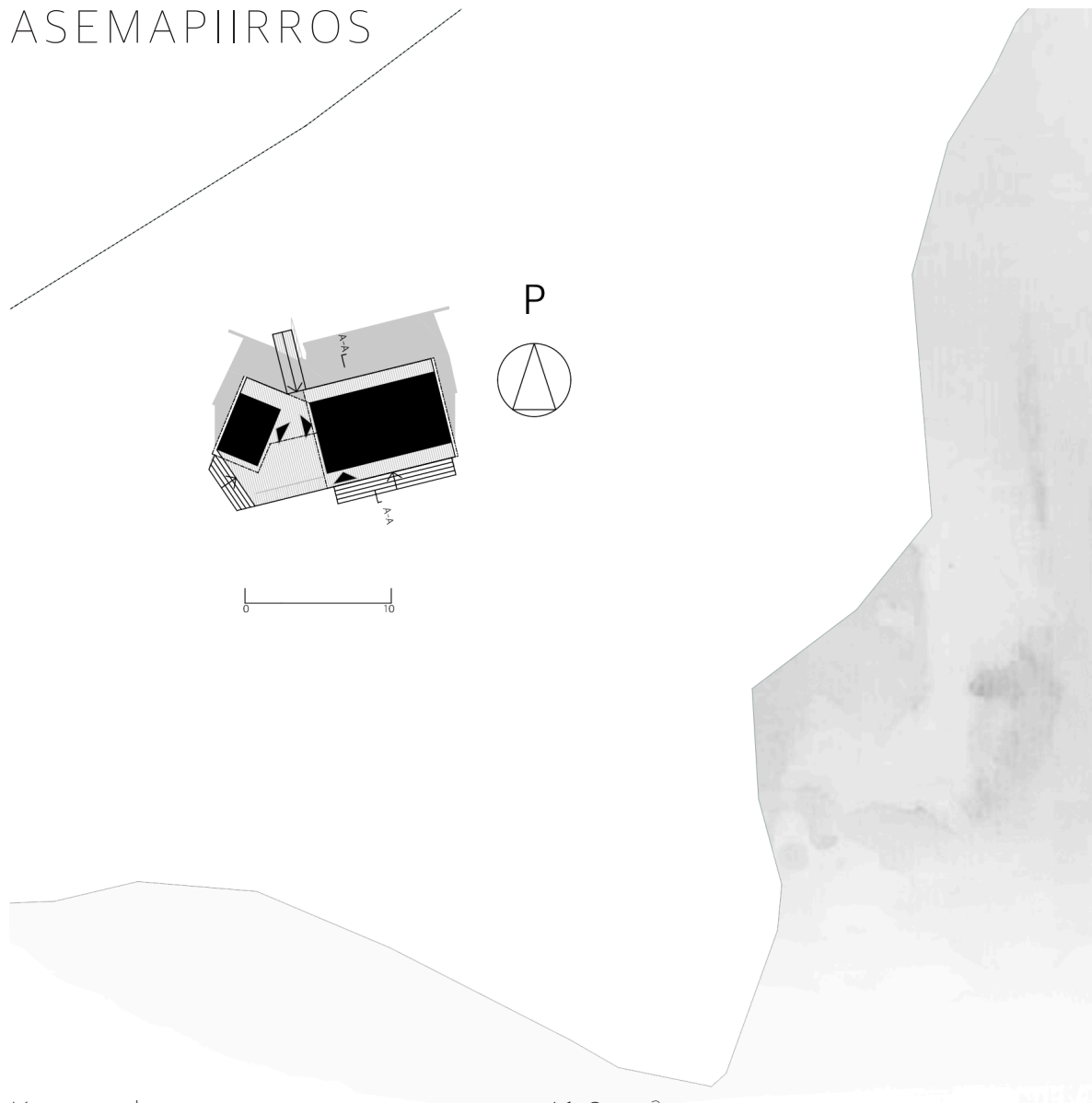
luonnonvalon käyttö arkkitehtisuunnittelussa pohjoisilla leveysasteilla



sanni hujanen/opinnäytetyö/joulukuu2018/rakennusark-  
kitehdin koulutusohjelma/tampereen ammattikorkeakoulu



# ASEMAPIIRROS



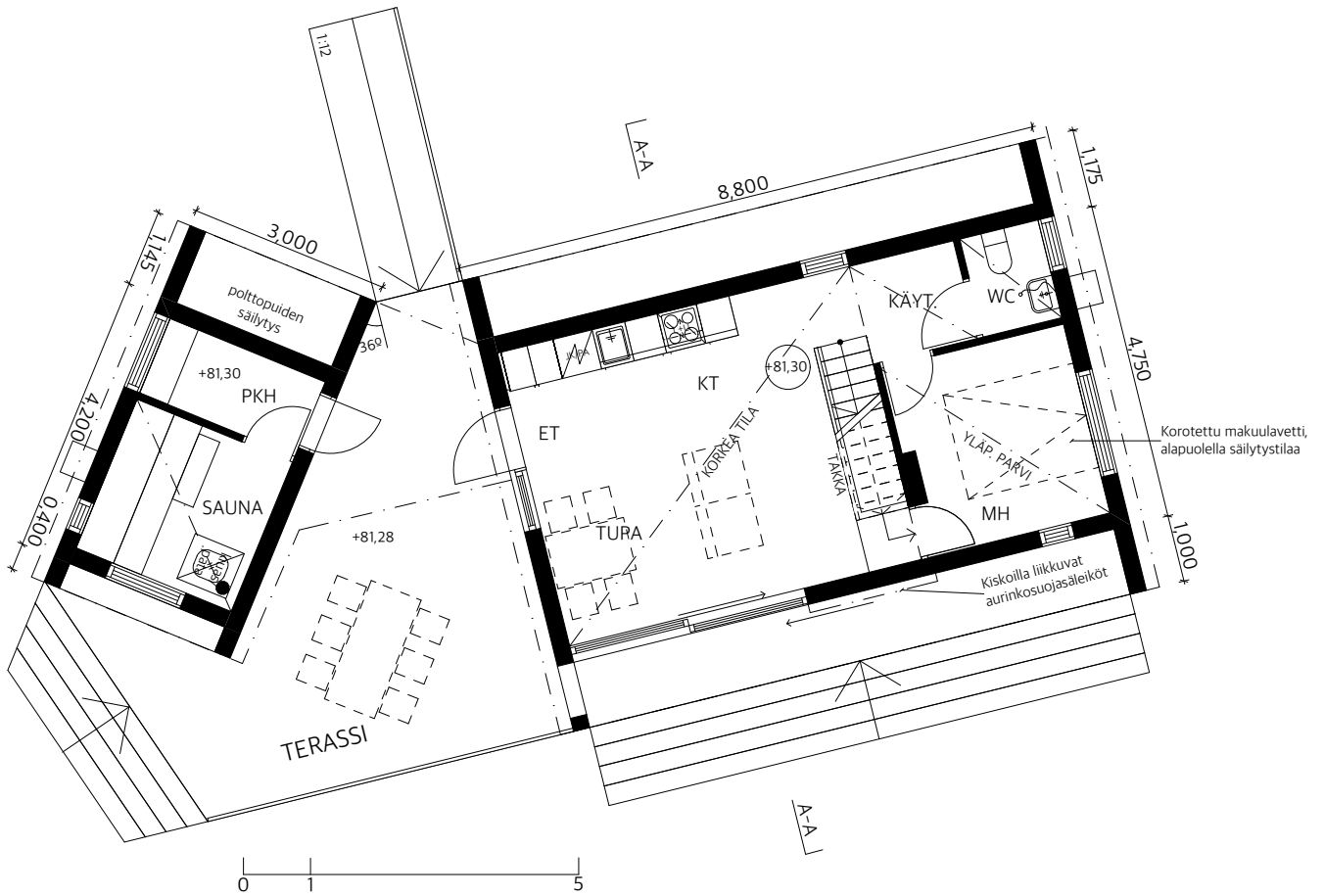
Kerrosala:	41,9 m <sup>2</sup>
Bruttoala:	48,8 m <sup>2</sup>
> 1600 mm korkeaa tilaa:	3,4 m <sup>2</sup>
Tilavuus:	246 m <sup>3</sup>
Huonekorkeus:	
alakerta:	2,3 m
korkea tila:	4,4 m
yläkerta:	1,1-1,9m

## Ulkomitat:

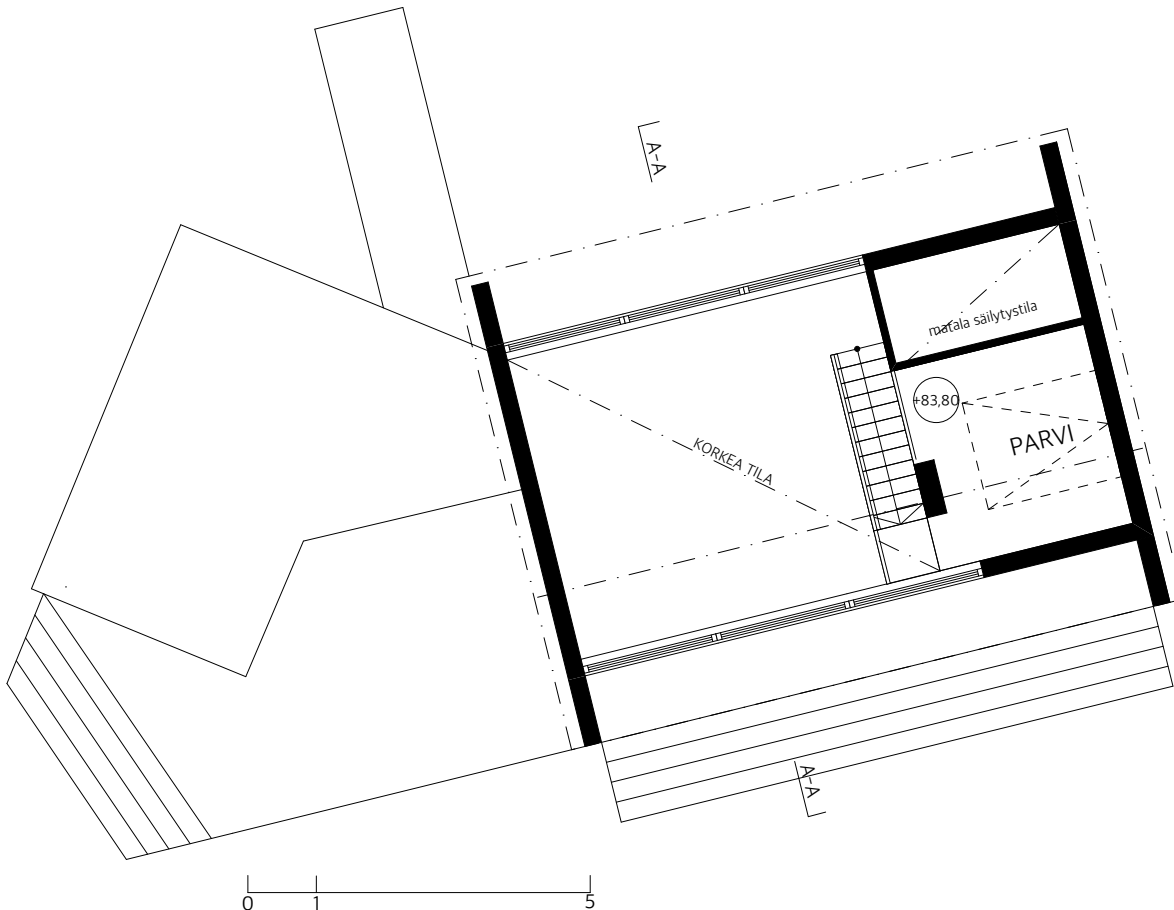
Pituus:	8,8 m
Leveys:	4,75 m
Harjakorkeus:	4,9 m

Sauna:	Bruttoala:	12,6 m <sup>2</sup>
	Pituus:	4,2 m
	Leveys:	3,0 m
	Harjakorkeus:	3,8 m

# POHJAPIIRROS 1. KRS



# POHJAPIIRROS PARVI



JULKISIVUT  
KAAKKOON



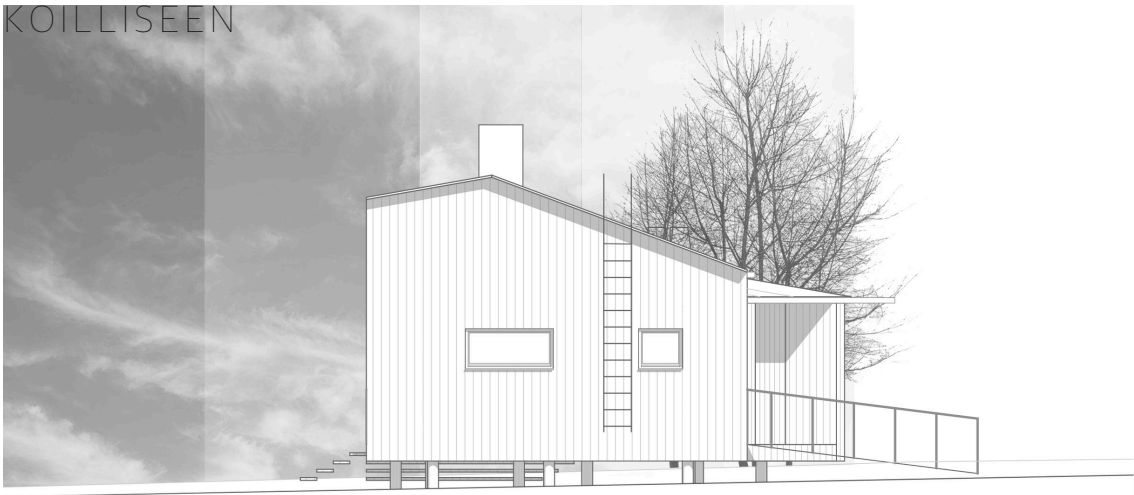
LOUNAASEEN



LUOTEeseen



KOILLISEEN



# PINTAMATERIAALIT

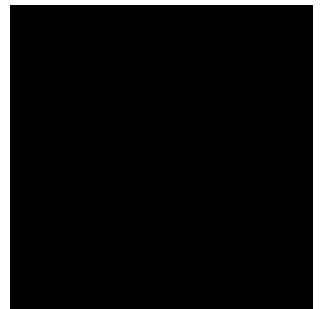
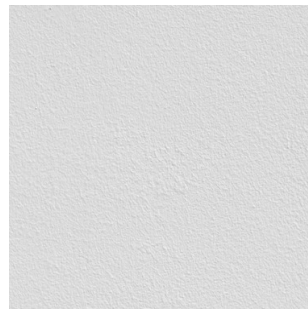
## SISÄMATERIAALIT

seinät ja katto:  
vaalea kuultokäsitelty mäntypaneeli

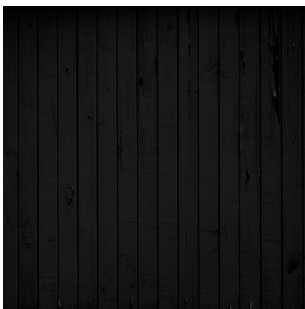
kiintokalusteet:  
koivuvaneri

takka ja muuri:  
valkea rappaus

teräskaitteet:  
RR 33, musta

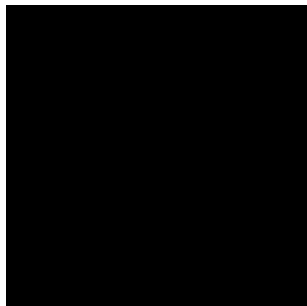
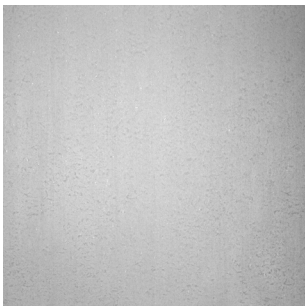


## ULKOMATERIAALIT



seinät:  
mustaksi maalattu kuusipaneeli

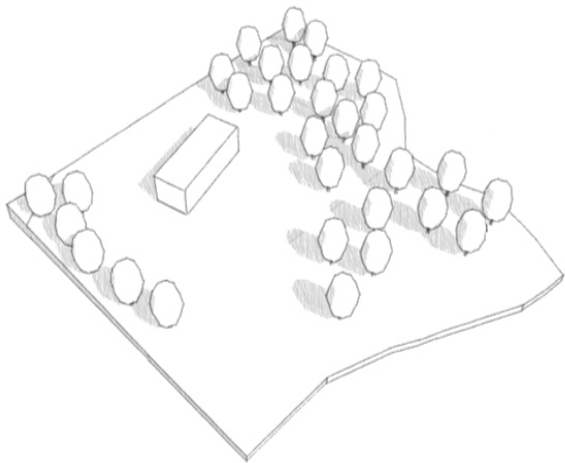
seinät:  
vaalea kuultokäsitelty kuusipaneeli



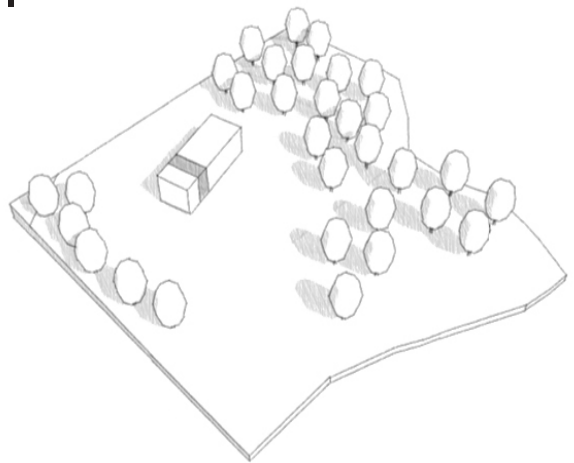
katto:  
sinkkipeltivesikate

teräskaitteet:  
RR 33, musta

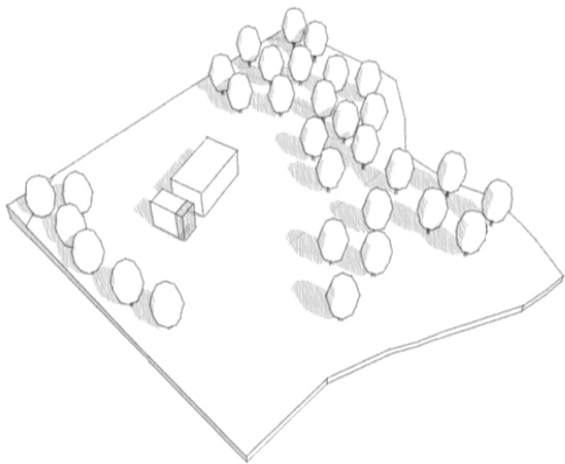
1. Massan suuntaaminen pohjois-eteläsuuntaan.



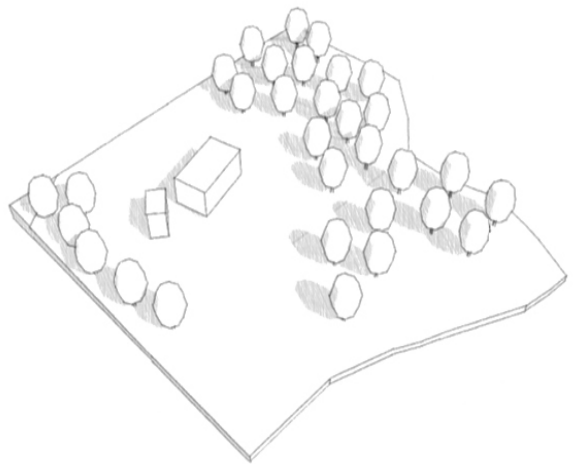
2. Leikkaus: sisäänkäynnin korostaminen, näkymän avaaminen, tontin ja rakennuksen välisen suhteen korostaminen



3. Massan leikkaus: saunan massan alisteisuus, ulkotila ja kulkureitti länteen.

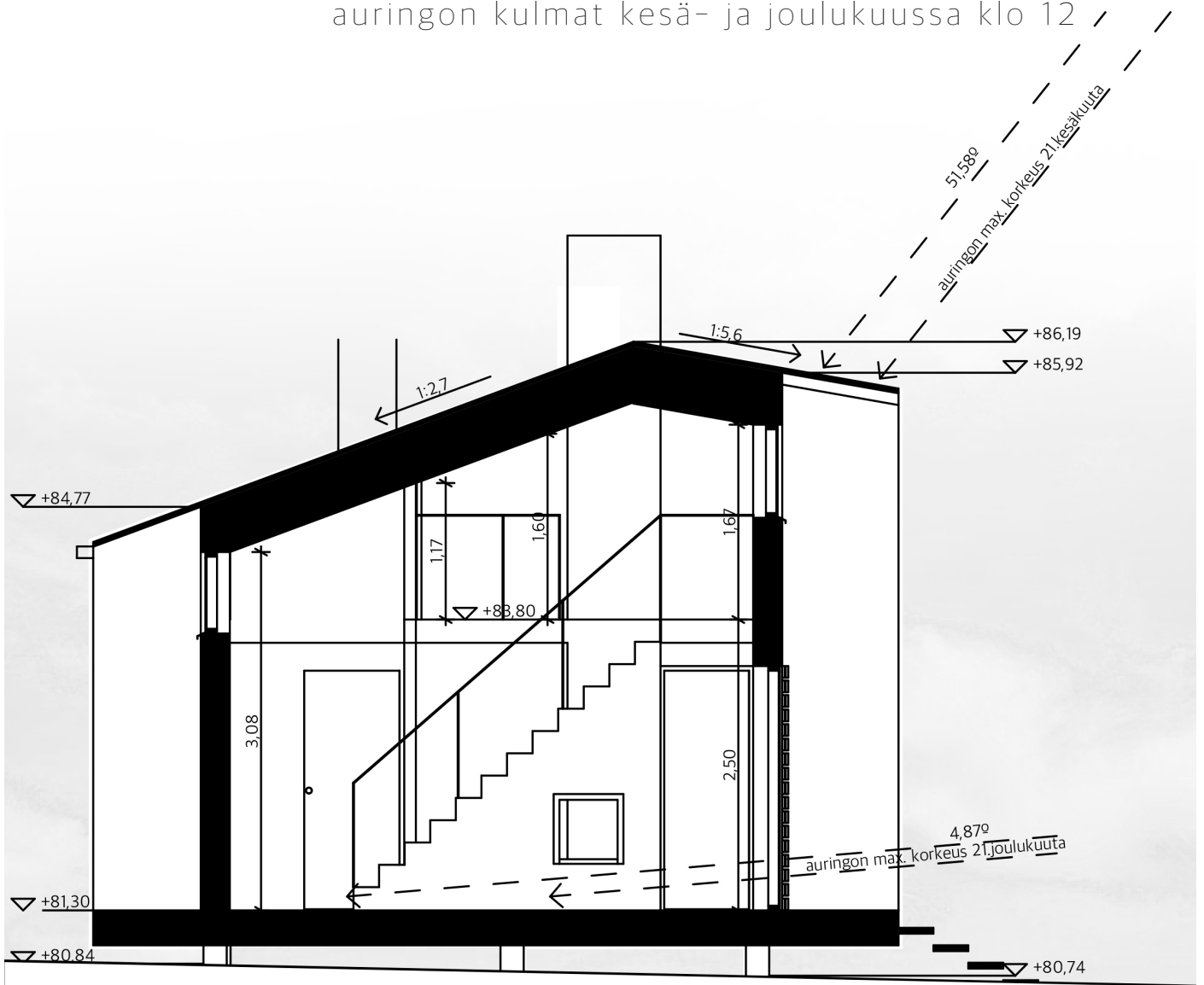


4. Massan suuntaus: näkymän avaaminen länteen, terassin avaaminen länteen.



# LEIKKAUS A-A

auringon kulmat kesä- ja joulukuussa klo 12



# AURINGON NOUSU- JA LASKUSUUNNAT

kesä- ja joulukuussa

