

SAVONIA



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN ALA

AURINKOPANEELIEN AIHEUTTAMAT KUORMAT KATTORAKENTEILLE

TEKIJÄ Elia Väyrynen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Elia Väyrynen	
Työn nimi Aurinkopaneelien aiheuttamat kuormat kattorakenteille	
Päiväys	15.4.2025
	32/3
Yhteistyötaho Sweco Finland Oy	
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia aurinkopaneelille kohdistuvia kuormia ja selvittää, miten ne huomioidaan rakennesuunnittelussa. Työn taustalla oli Sweco Finland Oy:n tarve ohjeistukselle aurinkopaneelien kuormitustekijöiden huomioon ottamisesta. Tavoitteena oli selvittää määrittämistavat kuormille, kuten omapaino, tuuli- ja lumikuormat, sekä laatia ohjekortti rakennesuunnittelijoille kuormien laskentaa varten.</p> <p>Työn teoriaosuudessa perehdyttiin aurinkoenergian perusteisiin sekä aurinkopaneelisiin kohdistuviin kuormituksiin. Aihetta tarkasteltiin myös kirjallisuuskatsauksen avulla, jossa selvitettiin aiheeseen liittyviä standardeja, lainsäädäntöä, rakennusmääräyksiä sekä tieteellisiä julkaisuja ja artikkeleita. Tutkimuksessa analysoitiin aurinkopaneelien aiheuttamia lisäkuormia sekä uusien että olemassa olevien rakennusten katoilla. Rakennusvalvontaviranomaisten näkökulmaa selvitettiin kyselytutkimuksella, jossa tarkasteltiin heidän ohjeistuksiaan ja aurinkopaneelien lupakäytäntöjä sekä suunnitteluun liittyviä vaatimuksia.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena muodostettiin kattava kokonaiskuva aurinkopaneelisiin kohdistuvista kuormista ja niiden huomioon ottamisesta suunnittelussa. Lisäksi kuntien rakennusvalvonnasta saatiin arvokasta tietoa lupakäytännöistä. Ohjekortti laadittiin helpottamaan suunnittelijoiden työtä aurinkopaneelisiin liittyvissä työtehtävissä. Työn perusteella havaittiin, että aurinkopaneelien suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota paneeliriveihin kinostuneeseen lumikuormaan loivilla katoilla. Jatkotutkimuksen ja kehittämisen tarvetta ilmeni tuulikuorman määrittämisen osalta.</p>	
Avainsanat aurinkopaneelit, aurinkoenergia, rakentaminen, tuulikuorma, lumikuorma	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Työn taustaa.....	5
1.2	Tavoitteet ja rajaukset	5
1.3	Sweco.....	6
2	AURINGOSTA ENERGIAA	7
2.1	Aurinkoenergia Suomessa	7
2.2	Aurinkopaneelit.....	8
3	KUORMITUSTEKIJÄT JA KATTOTYYPIT	10
3.1	Omapaino.....	10
3.2	Lumikuorma.....	11
3.3	Tuulikuorma.....	15
3.4	Kattorakenne	16
3.4.1	Loivat katot.....	17
3.4.2	Jyrkät katot.....	17
4	AURINKOPANEELEILLE KOHDISTUVIEN KUORMIEN MÄÄRITYS.....	19
4.1	Laskentaesimerkki pystykuormista	19
4.2	Tuulikuorma.....	21
5	RAKENNUSVALVONNAN OHJEISTUS AURINKOPANEELEIEN SUUNNITTELUSSA	22
5.1	Tutkimuskysely kuntien rakennusvalvonnalle	22
5.2	Aurinkopaneelien luvanvaraisuus	22
5.3	Olemassa oleva ohjeistus ja noudatettavat standardit.....	23
5.4	Kiinteistönomistajan vastuu.....	24
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	25
6.1	Yhteenveto kuormituksista	25
6.2	Ohjekortti kuormitusten laskentaan	25
6.2.1	Luvanvaraisuus.....	25
6.2.2	Kohteen lähtötiedot	25
7	POHDINTA.....	27
	LÄHTEET	29
	LIITTEET	32

KUVALUETTELO

Kuva 1. Yrityksen logo (Sweco 2025d.).....	6
Kuva 2. Aurinkoenergian kasvu suomessa (Energiavirasto 2024.).....	8
Kuva 3. Aurinkopaneelien toimintaperiaate (Motiva 2024.).....	8
Kuva 4. Monikide aurinkopaneeli (Solarpower n.d.).....	10
Kuva 5. Kelluva aurinkopaneelijärjestelmä betonisilla vastapainoilla (Rautavuori 2018.).....	11
Kuva 6. Kinostunutta lunta paneelien riveissä (Pelti-Ässät, 2025.).....	12
Kuva 7. Lumikuorman ominaisarvo maan pinnalla suomessa (Lyhennetty suunnitteluohje 2020.).....	13
Kuva 8. Kuvaleike, lumikuorman muotokertoimet (EN1991-1-3 Eurokoodi I: Rakenteiden kuormat osa 1–3: Yleiset kuormat. Lumikuormat 2015.)	14
Kuva 9. Paneelikentän muoto ilman lunta (Finnwind 2018.)	14
Kuva 10. Kinostunut lumi paneelikentässä. Pinta vastaa tasakatton muotoa. (Finnwind 2018.)	14
Kuva 11. Kinostuneen lumen päälle satanut lumi. (Finnwind 2018.)	15
Kuva 12. Paneeliriveihin jää vanhaa painavaa lunta, jonka päälle sataa uutta lunta. (Finnwind 2018.).....	15
Kuva 13. Aurinkopaneelikenttä tasakatolla kulmaan asennettuna (Orima-Tuote, n.d.)	16
Kuva 14. Tasakatolla kulmaan asennetussa järjestelmässä kinostunutta lunta (Tirkkonen 2023)	17
Kuva 15. Aurinkopaneelikenttä jyrkällä katolla lappeen suuntaisesti (Orima-Tuote, n.d.)	18
Kuva 16. Vesikaton tasokuva (Elia Väyrynen, 2025.)	19
Kuva 17. Esimerkkikohteessa lumen kinostuma (Väyrynen 2025)	20
Kuva 18. Vesikaton kuormituskaavio (Väyrynen 2025.).....	21

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustaa

Uusiutuva energia ja sen myötä aurinkoenergian hyödyntäminen on viime vuosina noussut merkittäväksi osaksi kestävästä energiantuotannosta. Yhä useammat kiinteistöt, sekä yksityiset että julkiset, varustetaan aurinkopaneelijärjestelmillä. Tämä kehitys on seurausta lisääntyneistä päästövähennystavoitteista, taloudellisista säästöistä sekä uusiutuvien energiamuotojen suosion kasvusta. Aurinkopaneelijärjestelmien suunnittelussa on kuitenkin otettava huomioon useita rakenteellisia ja turvallisuuteen liittyviä tekijöitä (Solarforum 2025). Tämän työn tilaajana toimii Sweco Oy, kansainvälinen konsultti- ja suunnitteluyritys, jolla on laaja kokemus uudis- ja korjausrakentamishankkeista ympäri maailmaa. Sweco tunnetaan kestävästä, innovatiivisesta sekä ammattitaitoisesta konsulttitoiminnasta. (Sweco 2025a.)

Opinnäytetyön aihe valikoitui, koska aurinkopaneelien aiheuttamiin kuormiin ei ole ohjeistusta ja aihe tuntui itsestä mielenkiintoiselta. Aurinkopaneelien kysyntä kasvaa jatkuvasti, mikä lisää myös suunnittelutarpeita. Suunnittelun tueksi selkeä ohjekortti olisi hyödyllinen.

Opinnäytetyö palvelee tilaaja yritys Swecoa sekä muita aurinkoenergian kanssa työskenteleviä yrityksiä. Parhaiten opinnäytetyö palvelee niitä, jotka suunnittelevat uusia aurinkopaneelijärjestelmiä olemassa oleviin rakennuksiin sekä uusiin rakennuksiin. Opinnäytetyö tarjoaa kattavan ohjeen rakennesuunnittelijoille aurinkopaneelien aiheuttamista lisäkuormista ja niiden huomioon ottamisesta rakennesuunnittelussa.

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Opinnäytetyössä selvitetään aurinkopaneelien asentamisesta aiheutuvia lisäkuormia rakennesuunnittelun näkökulmasta. Työssä otetaan huomioon aurinkopaneelien asennus olemassa oleviin rakennuksiin sekä uudisrakennuksiin. Aurinkopaneelijärjestelmän asentaminen tuo rakenteille ylimääräistä painoa sekä kuormitustekijöitä, kuten tuuli- ja lumikuormat, jotka on otettava huomioon suunnitteluvaiheessa. Tavoitteena olisi löytää näille kuormitustekijöille yleispätevä laskentamenetelmä.

Tutkimusmenetelminä hyödynnetään kirjallisuuskatsausta ja kyselytutkimusta. Kirjallisuuskatsauksen avulla perehdytään aurinkoenergian perusteisiin, aurinkopaneelisiin kohdistuviin kuormituksiin sekä aiheeseen liittyviin standardeihin, rakennusmääräyksiin ja lainsäädäntöön. Lisäksi tarkastellaan aihepiiriin liittyviä tieteellisiä julkaisuja ja artikkeleita. Rakennusvalvontaviranomaisten näkökulmaa selvitetään kyselytutkimuksella, jonka avulla kartoitetaan heidän antamia ohjeistuksia, aurinkopaneelien lupakäytäntöjä ja suunnittelua koskevia vaatimuksia.

Työssä ei käsitellä aurinkopaneelijärjestelmien muita osa-alueita, kuten kiinnitystekniikkaa, asennustapoja, paneelien kestävyyttä, paloturvallisuutta tai vedeneristysratkaisuja, vaikka ne vaikuttavat järjestelmän kokonaistoimivuuteen. Tarkastelu rajataan katoille asennettaviin aurinkopaneelijärjestelmiin, eikä maa- tai seinäasenteisia ratkaisuja oteta huomioon. Kuormituksen osalta keskitytään rakenteisiin kohdistuviin kuormiin, eikä aurinkopaneelien tai niiden kiinnikkeiden mekaanista kuormitusta käsitellä.

1.3 Sweco

Sweco Group (kuva 1) on ruotsalainen suunnitteluun ja konsultointiin keskittyvä kansainvälinen asiantuntijayritys. Swecolla työskentelee arkkitehtejä, insinöörejä ja eri osa-alueiden asiantuntijoita. Globaalisti swecolla työskentelee 22 000 työntekijää ja yrityksen liikevaihto on 2,5 Mrd euroa. Sweco keskittyy tuottamaan konsultointi- ja suunnittelupalveluita rakennetekniikkaan, arkkitehtuuriin, talotekniikkaan, teollisuuteen sekä yhdyskunta- ja ympäristötekniikkaan, lisäksi yritys tarjoaa projektinjohto- ja rakennuttamispalveluita. Sweco tunnetaan erityisesti sen kyvystä yhdistää huipputason insinööritaitoa, arkkitehtisuunnittelua sekä konsultointiosaamista tarjotakseen laajalle asiakaskunnalleen kokonaisvaltaista ja kaikenkattavaa palvelua. Swecon tavoitteena on suunnitella vastuullisesti tulevaisuuden kaupunkeja, toimivaa infrastruktuuria sekä ympäristöystävällisiä ja innovatiivisia ratkaisuja eri teollisuuden aloille. (Sweco 2025a.)

Yhtiön pääkonttori sijaitsee Tukholmassa, Ruotsissa ja sen toiminta on hajautettu kahdeksalle eri liiketoiminta-alueelle; Ruotsi, Norja, Suomi, Tanska, Hollanti, Belgia, Eurooppa ja Yhdistynyt kuningaskunta. Menestys swecolla perustuu paitsi liiketoiminta-alueisiin, myös maiden sisällä tapahtuviin hajautuksiin, jossa sweco pystyy tarjoamaan asiakaskeskeistä ja paikallista palvelua kaikenkokoisissa hankkeissa. (Sweco 2025b.)

Sweco Finland on osa kansainvälistä Sweco Groupia ja on yksi Suomen johtavista suunnittelu- ja konsultointialan yrityksistä. Suomessa Sweco tarjoaa laaja-alaisesti palveluitaan rakennetun ympäristön, infrastruktuurin, teollisuuden ja ympäristöalan projekteissa. Sweco Finland painottaa toiminnassaan asiakkaiden tarpeiden ja paikallisten olosuhteiden ymmärtämistä yhdistettynä kansainvälisellä raudanlujalla asiantuntemuksellaan. Yhtiön päätoimipiste sijaitsee Helsingissä ja sillä on useita toimipisteitä eri kaupungeissa ympäri Suomea. Sweco Finland työllistää yli 3 000 asiantuntijaa. (Sweco 2025b.)

Kuten koko Sweco-konsermi, myös Sweco Finland on sitoutunut hiilineutraaliuden ja kestävä kehityksen edistämiseen. Yhtiön tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2040 mennessä sekä puolittaa kasvihuonepäästöt vuoteen 2030 mennessä. Yhtiö noudattaa kansainvälisiä vastuullisuussitoumuksia ja YK:n kestävä kehityksen tavoitteita osana omaa vastuullisuusstrategiaa. (Sweco 2025c.)



Kuva 1. Yrityksen logo (Sweco 2025d.)

2 AURINGOSTA ENERGIAA

2.1 Aurinkoenergia Suomessa

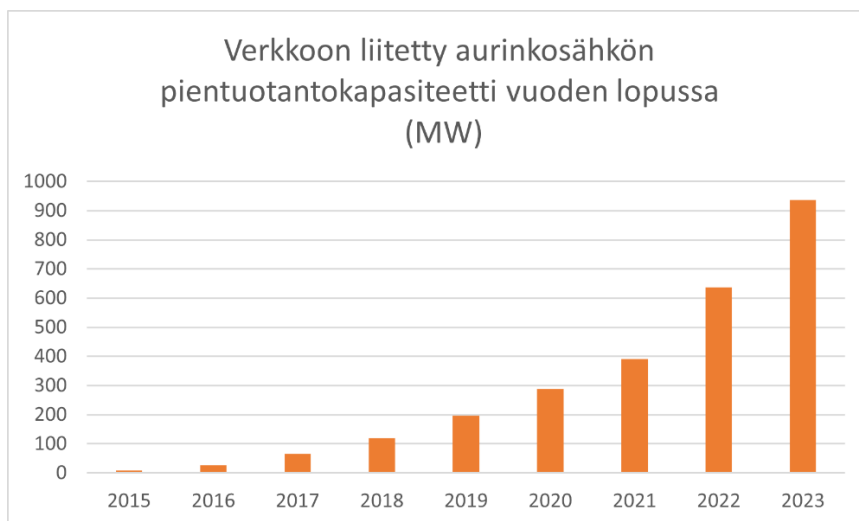
Aurinkoenergia on nopeasti kasvava uusiutuvan energian muoto, ja sen rooli Suomen energiantuotannossa kasvaa vuosi vuodelta (kuva 2). Vaikka Suomen pohjoinen sijainti tuo haasteita erityisesti talvikuukausina, jolloin auringon säteily määrä on vähäinen, kesäaikainen yöttömän yön valoisuus ja pitkät aurinkoiset päivät kompensoivat tilannetta. Suomessa aurinkoenergian käyttö on tehokkainta maaliskuusta lokakuuhun, jolloin tuotanto on merkittävää. (Fortum 2024; Rantamartti 2025.)

Aurinkosähköjärjestelmät, eli aurinkopaneelit, ovat yleistyneet sekä kotitalouksissa että yrityksissä. Paneelien hinta on laskenut viime vuosina, mikä on tehnyt investoinnista yhä houkuttelevamman. Lisäksi valtion tukipolitiikka, kuten kotitalouksille suunnatut energia-avustukset ja yritysten investointuet, on edistänyt aurinkosähköjärjestelmien leviämistä. Suomessa aurinkosähköä hyödynnetään erityisesti omakotitaloissa, mutta suuremmat järjestelmät, kuten teollisuuskiinteistöjen kattopaneelit ja aurinkovoimalat, ovat myös yleistymässä. (Solle 2025; Kosonen & Breyer 2019.)

Suomen energiatuotannon hiilineutraaliustavoitteet vuoteen 2035 mennessä antavat lisäpainoa aurinkoenergian kehittämiseksi. Aurinkosähkö täydentää erinomaisesti muita uusiutuvan energian muotoja, kuten tuulivoimaa, koska aurinko- ja tuulisähkön tuotanto vaihtelevat usein vastakkaisina aikoina: tuuliset päivät ovat usein pilvisiä, ja aurinkoiset päivät taas tyypillisesti tyynempiä. Tämä tekee aurinkosähköstä tärkeän osan Suomen energijärjestelmää. (Lehtomäki 2020.)

Vaikka aurinkosähkön osuus Suomen kokonaissähköntuotannosta on vielä suhteellisen pieni, sen merkitys on kasvanut nopeasti. Alan kehittymistä tukee myös yliopistojen ja tutkimuslaitosten, kuten LUT-yliopiston, tekemä työ uusien teknologioiden ja innovaatioiden parissa. Tavoitteena on kehittää aurinkosähköjärjestelmistä entistä kustannustehokkaampia ja kestävämpiä Suomen ilmasto-olosuhteisiin. (Kosonen & Breyer 2019.)

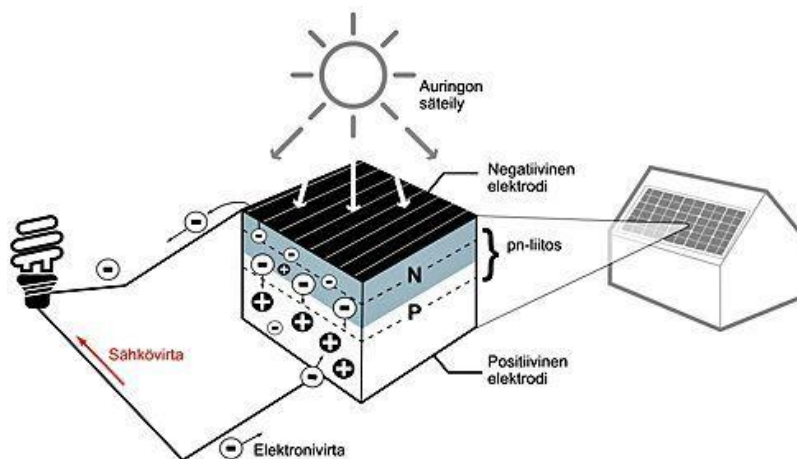
Aurinkoenergian potentiaali on Suomessa merkittävä, vaikka sen hyödyntäminen vaatii edelleen kehitystä teknologian, infrastruktuurin ja energiavarastointiratkaisujen osalta. Tulevaisuudessa aurinkoenergia voi toimia keskeisenä osana kestävästä energiantuotannosta, auttaen Suomea vähentämään riippuvuutta fossiilisista polttoaineista ja saavuttamaan hiilineutraaliustavoitteensa. (Kosonen & Breyer 2019.)



Kuva 2. Aurinkoenergian kasvu Suomessa (Energiavirasto 2024.)

2.2 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelit ovat teknologisia ratkaisuja, joiden avulla auringon säteilyenergia muunnetaan sähköenergiaksi. Ne perustuvat pääasiassa fotovoltaisiin (PV) kennoihin, jotka koostuvat puolijohdemateriaaleista, kuten piistä. Kun aurinkoenergia osuu kennon pintaan, valo synnyttää elektronien liikkeen, joka tuottaa sähkövirtaa (kuva 3). Aurinkopaneelit voivat myös hyödyntää lämpöenergiaa, jolloin puhutaan aurinkolämpökeräimistä. (Motiva 2024.)



Kuva 3. Aurinkopaneelien toimintaperiaate (Motiva 2024).

Aurinkopaneelien tärkeimpiä ominaisuuksia ovat niiden tehokkuus, kestävyys ja elinikä. Yleisesti paneelien hyötysuhde vaihtelee 15–22 % välillä, mikä tarkoittaa, että osa auringonvalosta saadaan muunnettua käyttökelpoiseksi sähköksi. Tämä hyötysuhde riippuu paneelin materiaalista ja rakenteesta, kuten yksikiteisen tai monikiteisen piin käytöstä. (Solle 2024.)

Aurinkopaneelien käyttö on lisääntynyt huomattavasti viime vuosikymmeninä erityisesti uusiutuvan energian tavoitteiden ja teknologiakehityksen myötä. Ne soveltuvat hyvin niin pientaloihin kuin teollisiin sovelluksiin. Tyypillisesti paneelit asennetaan rakennusten katoille, mutta niitä voidaan sijoittaa myös maahan tai integroituina osaksi julkisivua. (Motiva 2023.)

Paneelien suunnittelussa ja käytössä huomioidaan niiden mekaaninen kestävyys ja ympäristöolosuhteet. Esimerkiksi lumikuorma ja tuulikuorma vaikuttavat merkittävästi siihen, miten paneelien tukirakenteet mitoitetaan. Lisäksi niiden oma paino on otettava huomioon erityisesti vanhemmissa rakennuksissa, joissa rakenteiden kantokyky saattaa olla rajallinen.

Aurinkopaneelien käyttöikä on yleensä 25–30 vuotta, ja niiden toiminta ei vaadi aktiivista ylläpitoa. Käyttöön liittyvät kustannukset muodostuvat pääosin alkuinvestoinnista, mutta paneelit tuottavat ilmaista energiaa koko elinkaarensa ajan. Tämä tekee niistä taloudellisesti houkuttelevan vaihtoehdon, erityisesti alueilla, joissa aurinkosäteily on runsasta. (Solle 2024.)

3 KUORMITUSTEKIJÄT JA KATTOTYYPIT

3.1 Omapaino

Katolle asennettavat aurinkopaneelit ovat rakennukseen liitettyjä kiinteitä sähkölaitteita. Eurokoodin standardin mukaan kiinteiden laitteiden omapaino tulee huomioida rakennesuunnittelussa. Mitoituksessa käytettävä omapainon ominaisarvo tulee selvittää tuotteen valmistajalta. (EN1991-1-1 Eurokoodi I: Rakenteiden kuormat osa 1–1: Yleiset kuormat, Tilavuuspainot, Omapaino ja Rakennusten hyötykuormat 2002, 1–26.)

Tyypillinen kiteinen piiaurinkopaneeli (kuva 4) on kooltaan noin 1,6 metriä x 1,0 metri ja sen paino on yleensä 15–25 kilogrammaa paksuudesta ja materiaalivalinnasta riippuen. Tämän mukaan paneelin paino on 9,4–15,7 kilogrammaa per neliömetri. (Shielden 2024.)



Kuva 4. Monikide aurinkopaneeli (Solarpower n.d.)

Loivilla katoilla järjestelmät asennetaan usein kelluvana (kuva 5). Kelluvasti asennettua järjestelmää ei kiinnitetä alustaansa ollenkaan, vaan järjestelmä tuetaan vastapainoilla. Kelluvan järjestelmän etuna on, että asennustelineitä ei tarvitse kiinnittää poraamalla reikiä vesikatteeseen, mikä vähentää vesikaton vaurioitumisen riskiä. Perinteisellä kelluvalla asennuksella, jossa käytetään betonisia vastapainoja, tulee rakennuksen katon kantavuudessa huomioida keskimäärin 25 kilogramman lisäkuorma per neliömetri. (Aurinkovoimaloiden turvallisuusohje n.d., 2.)



Kuva 5. Kelluva aurinkopaneelijärjestelmä betonisilla vastapainoilla (Rautavuori 2018.)

Aurinkopaneelien omapaino on pieni verrattuna muihin kuormiin, jotka rasittavat kattorakenteita. Vertailun vuoksi suomessa lumesta aiheutuvien kuormien ominaisarvo on 200–360 kilogrammaa neliometriä kohden. (Lyhennetty suunnitteluohje 2020.)

Aurinkopaneelijärjestelmien omapainosta aiheutuva lisäkuorma on pieni, mutta vähäisyydestä huolimatta pitää olemassa olevien rakennusten kattorakenteiden kantavuustarkastelu tehdä. Useimmiten pientalot ovat mitoitettu raskaammille kuormille kuin olisi tarpeen ja kapasiteettiä riittää lisäkuormituksille. Tasakattoisissa toimitilarakennuksissa tilanne saattaa olla puolestaan päinvastainen, johon tuen pitkistä jänneväleistä sekä tehokkaasta mitoituksista. Ennen 70-lukua suunniteltuihin rakennuksiin tulee kiinnittää erityistä huomiota, koska tuolloin rakenteet suunniteltiin huomattavasti pienemmillä mitoitusarvoilla sekä eri standardeilla. Edellä mainituiden seikkojen takia kantavuuden tarkastelu on osoittautunut tarpeelliseksi ja kattorakenteita on jouduttu vahvistamaan aurinkopaneelijärjestelmän asennuksen yhteydessä. (Finsolar 2017.)

Yhteenvetona voidaan todeta, että jyrkillä katoilla ilman vastapainoja aurinkopaneelien omasta painosta aiheutuvan kuorman ominaisarvo on n. 0,16 kN/m². Loivilla katoilla, missä järjestelmä asennetaan kelluvana sekä tuetaan vastapainoilla kuorman ominaisarvo, on n. 0,25 kN/m². Lopullinen tieto mitoitukseen tarvittavasta paneelijärjestelmän painosta tulee kuitenkin kohteen aurinkopaneeli toimittajalta (Perttilä 2025).

3.2 Lumikuorma

Aurinkopaneelijärjestelmien suunnittelussa ja rakenteiden kantavuustarkastelussa täytyy huomioida normaali lumikuorma ja asennustavan aiheuttama kinostunut lisälumikuorma (Aurinkovoimaloiden yleissuunnitteluohje 2023). Suomessa kaikki kattorakenteet suunnitellaan rakentamismääräysten mukaisille lumikuormille, käyttäen rakentamismääräyskokoelman määrittämiä varmuuskertoimia. Mitoitettavat lumikuormat vaihtelevat alueellisesti välillä 1,4–2,6 kN/m². Nämä arvot on määritelty

vaakasuorille pinnoille, joten todellinen lumikuorma riippuu kattokulmasta ja rakenteiden yhteisvaikutuksesta, joka voi aiheuttaa lumen kerääntymistä tietyille alueille. Vertailun vuoksi aurinkopaneeleille tyypillinen kuormituksenkestävyys on $5,4 \text{ kN/m}^2$, mutta on myös valmistajia, joiden paneelit kestävät $2,4 \text{ kN/m}^2$. (RT 103756 Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmät 2025, 18; Finnwind 2018, 3.)

Kattorakenteet sekä katolle asennettavat laitteet ja järjestelmät on suunniteltava kestäväksi niihin kohdistuvat lumikuormat koko niiden elinkaaren ajan. Tämä koskee sekä kantavia kattorakenteita että aurinkopaneelijärjestelmää ja sen osia. Koska aurinkopaneelisiin kohdistuvien lumikuormien mitoitusta varten ei ole vielä luotu erillisiä standardeja, suunnittelussa on sovellettava eurokoodin standardia SFS-EN 1991-1-3 sekä Suomen kansallisia liitteitä. (Finnwind 2018, 1; Kortetmäki ym. 2023, 108.)

Eurokoodin standardissa sekä suomen kansallisessa liitteessä on ohjeet lumikuormien määrittämiseen rakennuksille sekä vesi- ja maarakennuskohteille. Standardin mukaan lumikuormat luokitellaan staattisiksi kuormiksi. (EN1991-1-3 Eurokoodi I: Rakenteiden kuormat osa 1–3: Yleiset kuormat. Lumikuormat 2015, 1–22.)

Lumi voi kinostua katoille moniin eri muotoihin, mikä tulee huomioida mitoituksessa. Kinostumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat katon muoto, sen lämpöominaisuudet, vesikatteen pinta, alhaalta tuleva lämpö määrä, viereisten rakennusten läheisyys, ympäröivä maasto sekä vallitseva ilmasto, erityisesti tuulisuus, lämpötilan vaihtelut ja sateiden olomuoto (vesi ja lumi). (EN1991-1-3 Eurokoodi I: Rakenteiden kuormat osa 1–3: Yleiset kuormat. Lumikuormat 2015, 26.)

Lumikuormia laskettaessa huomioidaan kinostumattoman ja kinostuneen lumen aiheuttamat kuormituskaaviot. Kinostumaton lumikuorma edustaa tasaisesti jakautunutta kuormitusta, joka määräytyy katon rakenteen mukaan ja ei ole vielä altistunut ilmaston vaikutuksille. Kinostuneen lumikuorman osalta kuormituskaavio kuvaa lumikuorman jakautumista tilanteessa, jossa lumi on liikkunut katolla esimerkiksi tuulen tai liukumisen seurauksena. (EN1991-1-3 Eurokoodi I: Rakenteiden kuormat osa 1–3: Yleiset kuormat. Lumikuormat 2015, 16–28.)



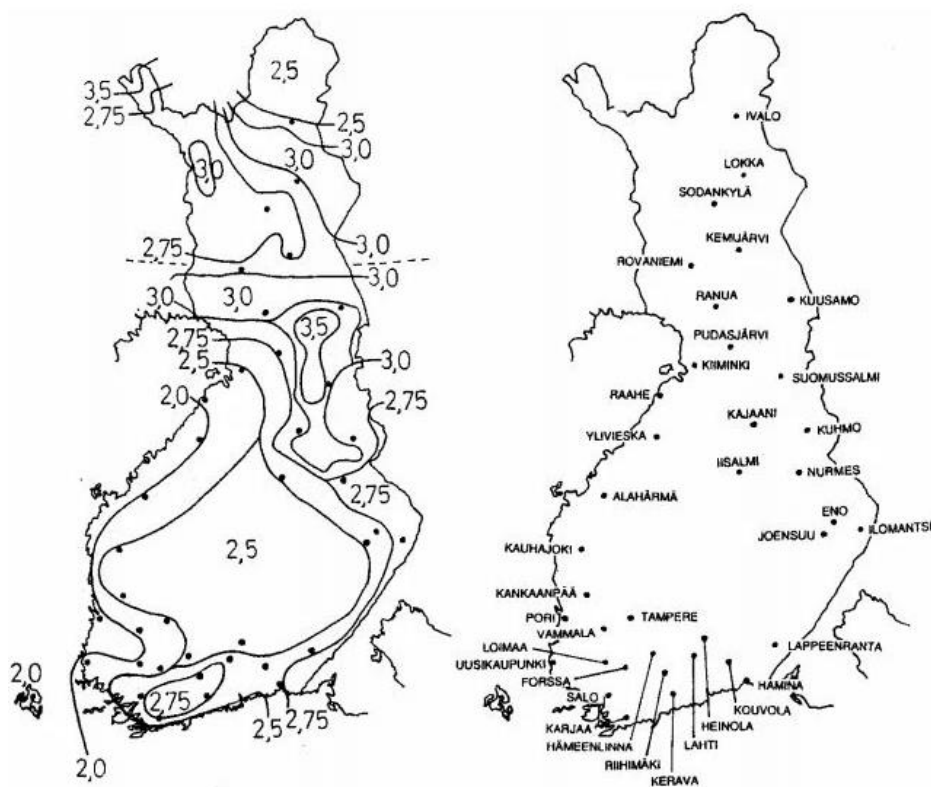
Kuva 6. Kinostunutta lunta paneelien riveissä (Pelti-Ässät, 2025.)

Lumikuorma vesikatolle lasketaan eurokoodin (EN1991-1-3, 2015) mukaan kaavasta 1. Laskennassa otetaan huomioon paikkakuntaakohtainen lumikuorman ominaisarvo, lumikuorman muotokerroin, tuulensuojaisuskerroin ja lämpötilakerroin.

$$S = \mu_i \times C_e \times C_t \times S_k \quad (1)$$

missä

- S on katon lumikuorma (kN/m^2)
- S_k on lumikuorma massa, ominaisarvo (kN/m^2). Lumikuorman ominaisarvo maassa katsotaan paikkakunnan mukaan kuvasta (kuva 7).
- μ_i on lumikuorman muotokerroin, kertoimet esitetään kuvassa (kuva 8.)
- C_e on tuulensuojaisuskerroin, kerroin on 0,8 kun maasto on tuulinen, muulloin 1,0
- C_t on lämpötilakerroin, jonka suuruus normaalisti eristetyissä yläpohjissa 1,0

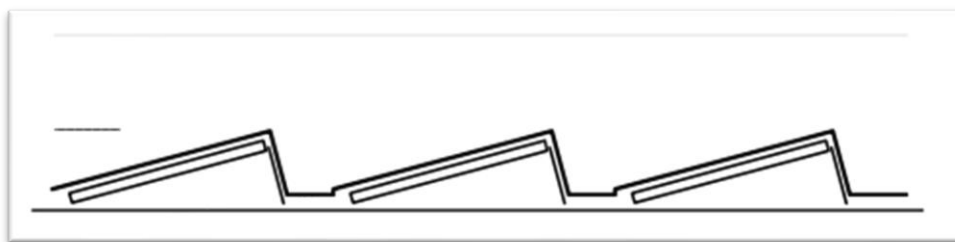


Kuva 7. Lumikuorman ominaisarvo maan pinnalla suomessa (Lyhennetty suunnitteluohje 2020.)

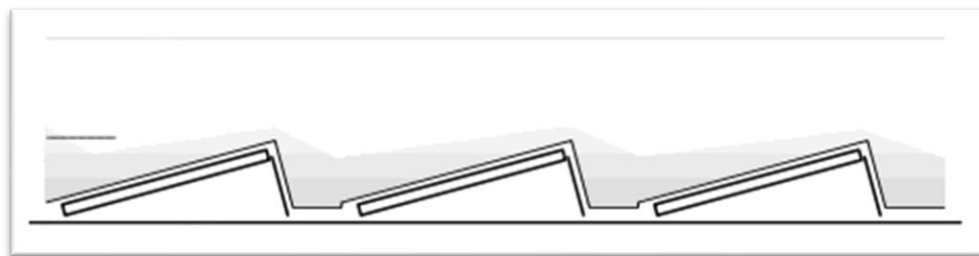
Katon kaltevuuskulma α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8(60-\alpha)/30$	0,0
μ_2	$0,8+0,8\times\alpha/30$	1,6	1,6

Kuva 8. Kuvaleike, lumikuorman muotokertoimet (EN1991-1-3 Eurokoodi I: Rakenteiden kuormat osa 1–3: Yleiset kuormat. Lumikuormat 2015.)

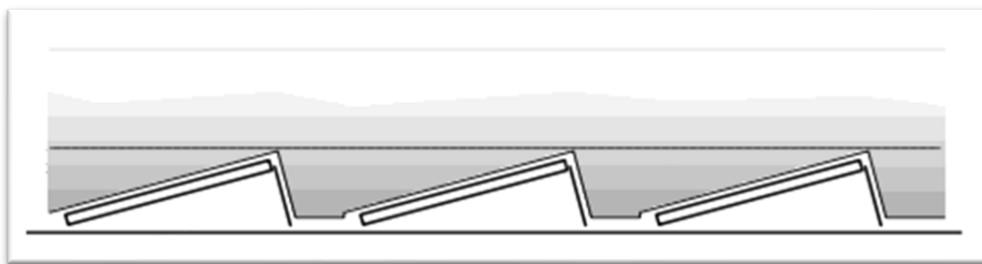
Kinostunut lumikuorma paneeliriveissä lasketaan Finnwind'in ohjeen "Aurinkopaneelien asennuksen standardinmukaisuuden tarkistus" mukaan. Ohje on laadittu lumikuormien kinostumisen laskentaan eurokoodin standardia (EN1991-1-3, 2015) soveltaen. Ohjeen mukaan paneelikenttään kinostuneen lumen keskimääräinen korkeus lasketaan ja kerrotaan lumen tilavuuspainolla. Kuvissa havainnollistetaan kinostumista ja lisälumikuorman syntyä. Kuvassa (kuva 9) esitetään paneelikenttä ilman lunta. Kuvassa (kuva 10) lumi on kinostunut paneelikenttään. Kuvassa (kuva 11) koko paneelikenttä on peittynyt lumella. Kuvassa (kuva 12) paneelirivien väliin on jäänyt vanhaa, tiivistynyttä lunta, jonka päälle on satanut uutta lunta.



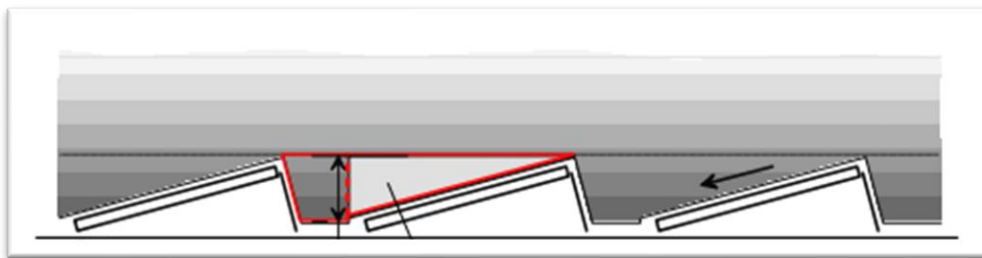
Kuva 9. Paneelikentän muoto ilman lunta (Finnwind 2018.)



Kuva 10. Kinostunut lumi paneelikentässä. Pinta vastaa tasakaton muotoa. (Finnwind 2018.)



Kuva 11. Kinostuneen lumen päälle satanut lumi. (Finnwind 2018.)



Kuva 12. Paneeliriveihin jää vanhaa painavaa lunta, jonka päälle sataa uutta lunta. (Finnwind 2018.)

Kinostunut lumikuorma lasketaan kaavalla 2.

$$S_{kinostunut} = h_{keskiarvo} \times g_{lumi} \quad (2)$$

missä

- $S_{kinostunut}$ on kinostunut lumen ominaisarvo paneelikentässä (kN/m^2)
- $h_{keskiarvo}$ on kinostuneen lumen keskimääräinen korkeus (m)
- g_{lumi} on lumen tilavuuspaino (kN/m^3)

3.3 Tuulikuorma

Tuulikuormat aurinkopaneeleihin ja kattoihin liittyvät vahvasti paikallisiin olosuhteisiin sekä asennustapaan. Tuulen aiheuttama kuormitus voi kohdistua rakenteisiin ja kiinnikkeisiin sekä alaspäin suuntautuvana paineena että ylöspäin suuntautuvana nosteena tai imuna. Katon lappeen suuntaisesti asennettuihin aurinkopaneeleihin kohdistuu tyypillisesti pienempi tuulikuorma kuin silloin, kun paneelit asennetaan lappeen tasosta poikkeavaan kulmaan. Tämän vuoksi suositellaan ensisijaisesti välttämään asennustapoja, joissa paneelien asennuskulma poikkeaa lappeen tasosta. (RT 103756 Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmät 2025, 17.)

Katon lappeilla reuna-alueille kohdistuu huomattavasti suurempi tuulikuorma kuin keskialueille. Tästä syystä aurinkopaneelit sijoitetaan usein selvästi etäälle katon reunoista, tai reuna-alueiden

kiinnityksiin kiinnitetään erityistä huomiota. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi tiheämpää kiinnikeväliä tai kelluvassa asennuksessa suurempaa painomäärää. (RT 103756 Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmät 2025, 17–18; RT 103076 Verkkoon kytketyt aurinkosähköjärjestelmät 2019, 11–12.)

Eurokoodin standardissa sekä suomen kansallisessa liitteessä (EN1991-1-4 Eurokoodi I: Rakenteiden kuormat osa 1–4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat 2011.) on ohjeet tuulikuormien määrittämiseen rakennuksille sekä vesi- ja maarakennuskohteille. Se antaa ohjeita tuulikuorman laskentaan eri pinta-aloille, kuten koko rakennukselle, sen osille ja kiinnitettäville elementeille, kuten verhousrakenteille, kaiteille ja melusteille. Aurinkopaneelit kuuluvat rakenteeseen kiinnitettäviin osiin, mutta standardi ei sisällä tarkkoja ohjeita paneelien tuulikuormien laskentaan.

3.4 Kattorakenne

Aurinkopaneelien asennukseen vaikuttavat vesikaton rakenne sekä kattokulma. Loivilla katoilla (tasakatoilla) aurinkopaneelit asennetaan tyypillisesti erillisten asennustelineiden avulla 20–45 asteen kulmaan. Kuvassa (kuva 13) tasakatolle asennetut aurinkopaneelit. Kulmaan asennus tehostaa aurinkoenergian hyödyntämistä, sillä se maksimoi paneeleihin osuvan auringon säteilyn ja parantaa näin energiantuottoa. (Solle n.d; Toimivat katot 2019, 12.)

Jyrkillä katoilla aurinkopaneelit asennetaan usein lappeen suuntaisesti, koska katon jyrkkyys tarjoaa itsessään riittävän kallistuksen energiantuotannon kannalta. Tämä asennustapa on rakenteellisesti yksinkertaisempi ja vähentää asennustelineiden tarvetta. Katon kulma ja sen myötä aurinkopaneelien asennuskulma vaikuttavat olennaisesti niiden alttiuteen tuuli- ja lumikuormille. (Solle n.d; Toimivat katot 2019, 62; Energiaeiki n.d; Finnwind 2024.)



Kuva 13. Aurinkopaneelikenttä tasakatolla kulmaan asennettuna (Orima-Tuote, n.d.)

3.4.1 Loivat katot

Loiviksi katoiksi luokitellaan katot, joiden kaltevuus on 1:10–1:80, ja tästä loivemmaksi kattoja ei tulisi suunnitella (Toimivat katot 2019, 12). Loivilla katoilla kulmaan asennettuna aurinkopaneelit mahdollistavat lumen kinostumisen paneelirivien väleihin ja näin ollen lisäävät kattorakenteelle kohdistuvaa lumikuormaa. Kuvassa (kuva 14) esitetty tapaus, jossa lunta on kinostunut paneeliriveihin. Kuva on otettu keväällä, mikä viittaa siihen, että lumi on peittänyt paneelikentän ennen sen sulamista. Loivilla katoilla aurinkopaneelit altistuvat myös tuulen aiheuttamille voimille, kuten tuulen paine alaspäin ja noste ylöspäin. (Finnwind 2018; RT 103756 Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmät 2025.)



Kuva 14. Tasakatolla kulmaan asennetussa järjestelmässä kinostunutta lunta (Tirkkonen 2023)

3.4.2 Jyrkät katot

Jyrkiksi katoiksi luokitellaan katot, joiden kaltevuus on 1:20 ja jyrkempi (Toimivat katot 2019, 62). Jyrkillä katoilla lumi- ja tuulikuormien huomiointi poikkeaa tasakatoista ja on huomattavasti yksinkertaisempaa. Jyrkillä katoilla aurinkopaneelit asennetaan usein lappeen suuntaisesti (kuva 15). Lappeensuuntaisessa asennuksessa tuuli- ja lumikuormat huomioidaan samalla tavalla kuin vesikatolle tulevat kuormat.

Sorsa (2016, 51) on tutkinut Satakunnan ammattikorkeakoululle tehdyssään opinnäytetyössään ”Aurinkojärjestelmien asennus ja vaikutus rakenteisiin”, että jyrkillä katoilla aurinkopaneelien kohdistuva kuorma ei ole suurempi kuin pelkälle katolle kohdistuva kuorma. Katon kuormitus lisääntyy siis vain aurinkopaneelien omapainon verran. Lumikuorma voi jopa olla pienempi jyrkillä katoilla, koska paneelit lämmitessään valuttavat lumen pois.

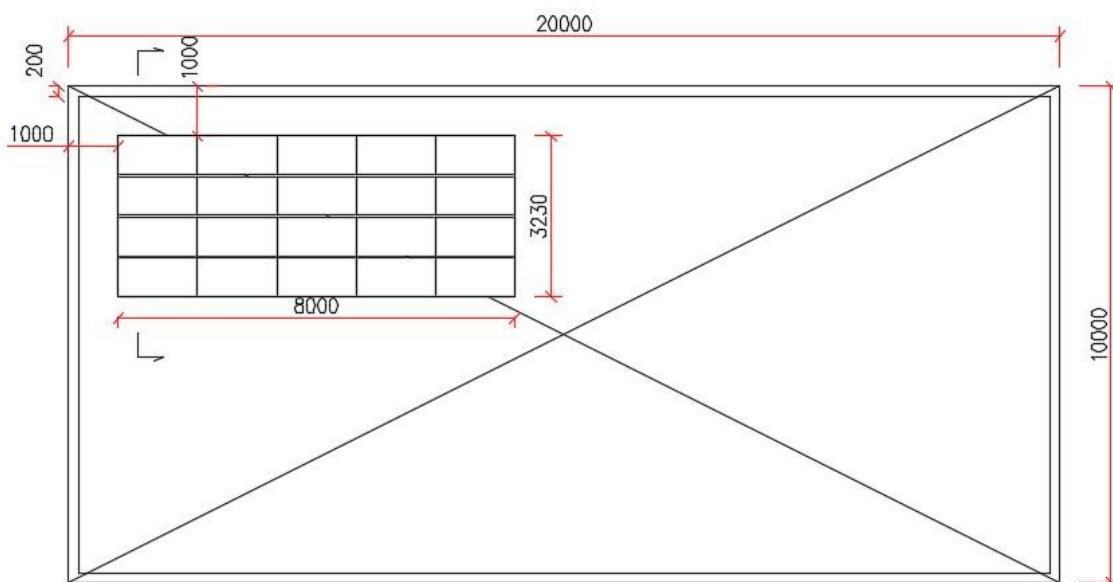


Kuva 15. Aurinkopaneelikenttä jyrkällä katolla lappeen suuntaisesti (Orima-Tuote, n.d.)

4 AURINKOPANEELEILLE KOHDISTUVIEN KUORMIEN MÄÄRITYS

4.1 Laskentaesimerkki pystykuormista

Pystykuormien osalta laskentaesimerkki tehdään teoreettisella kohteella. Kuvassa 16 esitetty kohteen tasokuva. Pystykuormia aurinkopaneeleilla ovat lumikuorma ja omapaino. Kohde on tasakattoinen teollisuushalli ja sijaitsee Kuopiossa. Kohteeseen asennetaan kelluva 25 m² kokoinen aurinkopaneelijärjestelmä. Paneelit asennetaan 30 asteen kulmaan. Seuraavaksi lasketaan vesikatolle tuleva lumikuorma sekä paneeliriveihin kinostunut lumikuorma. Lumikuorma vesikatolle lasketaan eurokoodin standardin SFS-EN 1991-1-3 mukaan. Kelluvan aurinkopaneelijärjestelmän omapainona käytämme teoriaosioon pohjautuvaa kelluvan järjestelmän painoa 0,25 kN/m².



Kuva 16. Vesikaton tasokuva (Elia Väyrynen, 2025.)

Vesikaton lumikuorma määritetään eurokoodin mukaisesti kaavalla 3. Muotokerroin on tasakatoilla 0,8. Lämpötilakerroin on 1,0 normaalisti eristetyillä kattorakenteilla. Kohde sijaitsee normaalissa maastossa, joten tuulensuojaiskerroin on 1,0. Kuopiossa lumikuorman ominaisarvo maassa on 2,5 kN/m². Lumikuorma vesikatolla on 2,0 kN/m².

$$S = \mu_i \times C_e \times C_t \times S_k = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 2,5 \text{ kN/m}^2 = 2,0 \text{ kN/m}^2 \quad (3)$$

Seuraavaksi lasketaan paneeliriveihin kinostunut lumikuorma. Lumikuorman laskennassa käytetään Finnwind'in ohjetta "Aurinkopaneelien asennuksen standardinmukaisuuden tarkistus". Ohjeen mukaan paneelikenttään kinostuneen lumen keskimääräinen korkeus lasketaan ja kerrotaan lumen tilavuuspainolla. Lumen tilavuuspaino vaihtelee olosuhteiden ja lumen tuoreuden mukaan, mutta keskimääräinen tilavuuspaino vanhalle useita viikkoja tai kuukausia sitten sataneelle lumelle on 2,5–3,5 kN/m³ (EN1991-1-3, 2015.). Esimerkkitapauksessa lumen tilavuuspainona käytämme 3,0 kN/m³.

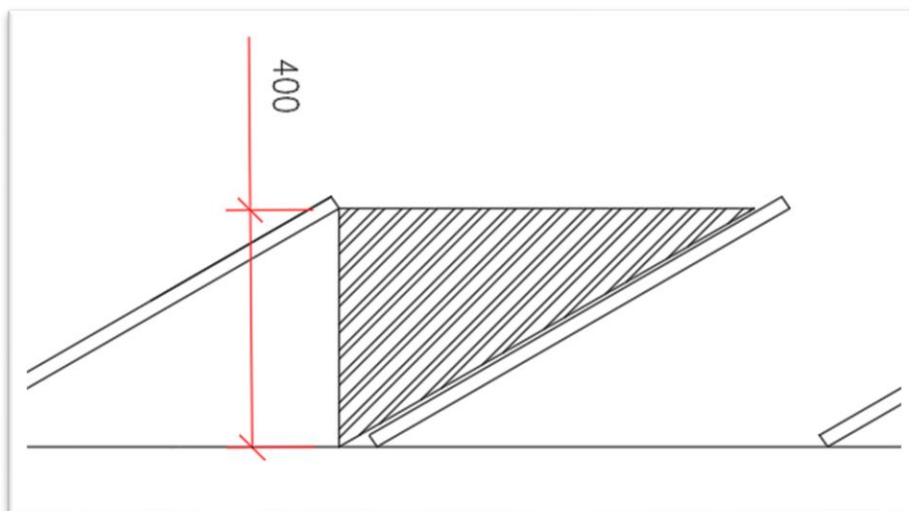
Kinostunut lumikuorma lasketaan kaavalla 4.

$$S_{\text{kinostunut}} = h_{\text{keskiarvo}} \times g_{\text{lumi}} \quad (4)$$

missä

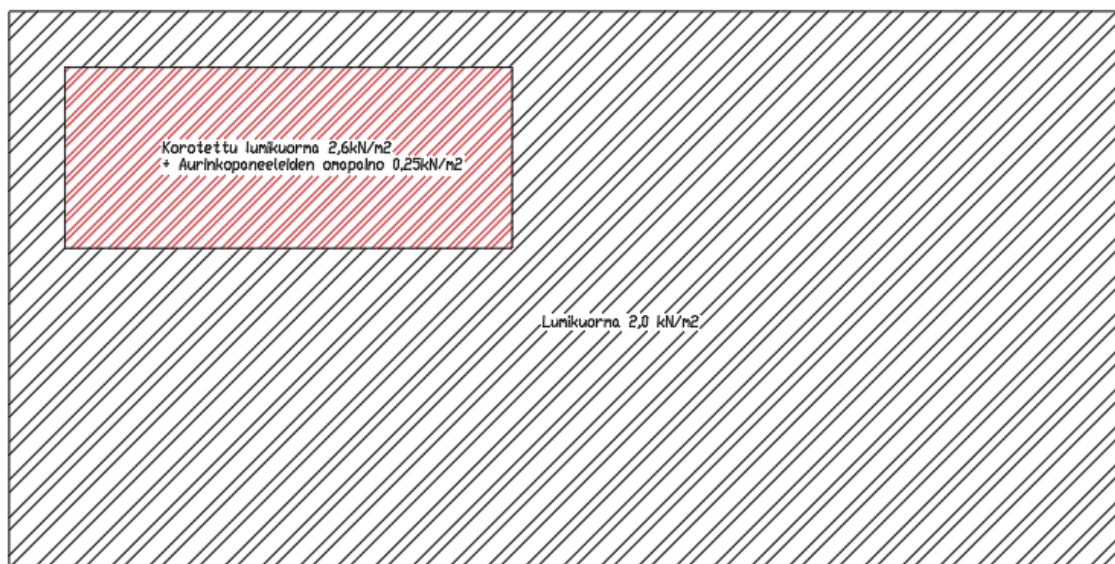
- $S_{\text{kinostunut}}$ on kinostunut lumen ominaisarvo paneelikentässä (kN/m²)
- $h_{\text{keskiarvo}}$ on kinostuneen lumen keskimääräinen korkeus, kuvassa 17 keskimääräinen korkeus on 0,4 m / 2
- g_{lumi} on lumen tilavuuspaino, esimerkkitapauksessa 3,0 kN/m³

$$S_{\text{kinostunut}} = (0,4 \text{ m} / 2) \times 3,0 \text{ kN/m}^3 = 0,6 \text{ kN/m}^2$$



Kuva 17. Esimerkkikohteessa lumen kinostuma (Väyrynen 2025)

Esimerkkikohteessa laskennan tulokset on esitelty kuvassa 18. Vesikatolle tuleva lumikuorma on 2,0 kN/m², lukuun ottamatta kohtaa missä aurinkopaneelikenttä sijaitsee. Aurinkopaneelikentän kohdalla korotettu lumikuorma on 2,6 kN/m², koska paneeliriveihin kinostuu lunta. Kelluvan aurinkopaneelijärjestelmän omapaino on 0,25 kN/m².



Kuva 18. Vesikaton kuormituskaavio (Väyrynen 2025.)

4.2 Tuulikuorma

Kari Kilkki (2018) on tutkinut LUT-yliopistossa tehdyssään diplomityössään Aurinkopaneelijärjestelmän kuormitusten mallinnus tasakatoille asennettavia aurinkopaneeleita. Kilkki (2018, 57) toteaa että, aurinkopaneelien tuulikuormien laskenta on vielä kehittymässä ja tuulikuormien määrittäminen on monimutkaista. Kilkki toteaa (2018, 57) myös, että hyvin soveltuva standardia ei ole ja rakennuksen muoto, sijainti sekä ympäristö vaikuttavat tuulivirtoihin ja se tekee mitoituksesta monimutkaista. Myös Rakennustiedon (RT 103756 Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmät 2025) ohjekortissa todetaan, että tuulikuormien laskentaan ei ole yleissääntöä ja tuulikuormat huomioidaan kohdekohtaisesta eurokoodin standardia soveltaen. Tuulitunnelitestit, erilaiset simulaatioavusteiset ohjelmat ja Eurokoodiin perustuvat laskentamenetelmät antavat erilaisia vastauksia tuulen aiheuttamista kuormista. Suomessa käytettävä standardi on Eurokoodi, mutta se ei monen asiantuntijan mielestä sovellu aurinkopaneelien tuulikuormien mitoittamiseen. (Kilkki 2018.)

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää yleispätevä tapa tuulikuormien määrittämiseen, mutta sellaista ei löytynyt. Aurinkopaneelisiin kohdistuvan tuulikuorman määrittämiseen ei ole yksiselitteistä menetelmää. Hyvän tuulikuormien määritysmenetelmän kehittäminen edellyttäisi eri menetelmien laske- mista, vertailua ja testaamista. Koska tämä vaatisi paljon aikaa ja laajentaisi työn liian suureksi, sitä ei käsitellä tässä opinnäytetyössä.

5 RAKENNUSVALVONNAN OHJEISTUS AURINKOPANEELIEN SUUNNITTELUSSA

5.1 Tutkimuskysely kuntien rakennusvalvonnalle

Opinnäytetyössä tarkasteltiin aurinkopaneelien luvanvaraisuuteen ja rakennesuunnitteluun liittyviä käytäntöjä kuntien rakennusvalvontaviranomaisten näkökulmasta. Aineisto kerättiin sähköpostikyselyllä, jonka kohteena olivat Suomen 30 suurinta kuntaa.

Kyselymenetelmä valittiin, koska se mahdollisti tiedon keräämisen laajalta joukolta kuntia tehokkaasti ja samanaikaisesti. Kyselyyn päädyttiin tilaajan toiveesta – tilaaja halusi saada kattavan kuvan eri kuntien lupakäytännöistä ja mahdollisesti olemassa olevista ohjeistuksista aurinkopaneelien suunnitteluun liittyen.

Kysely lähetettiin rakennusvalvontayksiköihin 3.2.2025, ja vastausaika annettiin kolme viikkoa, kyselyn päättyessä 24.2.2025. Vastauksia saatiin yhteensä 15 eri kunnalta. Tilaajalle tärkeimpien kuntien vastausaktiivisuutta pyrittiin parantamaan lähettämällä kysely useisiin rakennusvalvontayksikön sähköpostiosoitteisiin.

Aineisto kirjattiin saapumisjärjestyksessä Excel-tiedostoon, jossa vastaukset järjestettiin kysymysten mukaisiin sarakkeisiin. Aineiston analyysi tehtiin kysymys kerrallaan. Jokaisesta kysymyksestä pyrittiin muodostamaan yleispätevä yhteenveto, joka kuvasi useimmin toistuvia käytäntöjä ja näkemyksiä. Menetelmä mahdollisti erilaisten vastausten vertailun ja sen, että voitiin tunnistaa sekä yhteneväisyyksiä että poikkeuksia kuntien välillä. Näin saatiin muodostettua selkeä kokonaiskuva siitä, miten aurinkopaneelien luvanvaraisuus ja ohjeistukset vaihtelevat eri kunnissa.

Seuraavat kunnat osallistuivat kyselyyn, järjestettyinä asukasluvun mukaan suurimmasta pienimpään: Helsinki, Tampere, Vantaa, Oulu, Turku, Jyväskylä, Kuopio, Lahti, Pori, Joensuu, Seinäjoki, Kotka, Hyvinkää, Lohja ja Kerava.

Tutkimuskysymykset ja vastauksien yhteenveto käsitellään seuraavissa alaluvuissa. Liitteessä 2 ja 3 on tutkimuskysymysten ja kuntien vastauksien koonti.

5.2 Aurinkopaneelien luvanvaraisuus

Ensimmäinen kysymys käsitteli aurinkopaneelien luvanvaraisuutta:

Onko aurinkopaneelijärjestelmien lisäys olemassa olevaan rakennukseen tai uuteen rakennukseen luvanvaraista? Onko olemassa jokin kokoluokka, jossa lupa vaaditaan? Mikä lupa näissä tapauksissa vaaditaan?

Kuntien vastaukset olivat pääosin yhdenmukaisia. Uusi rakentamislaki tuli voimaan 1.1.2025, minkä seurauksena lähes kaikilla kunnilla oli valmisteilla uusi kuntakohtainen rakennusjärjestys. Useat kunnat perustuivat vastauksissaan tähän vireillä olevaan rakennusjärjestysluonnokseen.

Aurinkopaneelien asennus rakennuksen katolle ei yleensä vaadi lupaa. Lupa vaaditaan, mikäli kyseessä on suojeltu rakennus tai aurinkopaneelit vaikuttavat merkittävästi kaupunkikuvaan. Lappeen-suuntainen asennus pientaloissa oli lähes poikkeuksetta vapautettu luvanvaraisuudesta. Mikäli aurinkopaneelijärjestelmän asennus edellyttää kantavien rakenteiden vahvistamista, hankkeelle vaaditaan lupa. On myös erilaisia kuntakohtaisia poikkeuksia, kuten Vantaalla, uusi rakennusjärjestys voi rajoittaa aurinkopaneelien asennuksia lentoliikenteen vuoksi.

Kunnilla ei ollut yhtenäistä linjausta aurinkopaneelientän kokoperusteisesta luvanvaraisuudesta. Joillakin kunnilla, kuten Joensuulla, Jyväskylällä ja Lahdella, oli aurinkopaneelientän kokoon liittyvä lupaehto. Esimerkiksi yli 100 m² tai 25 kWp:n aurinkopaneelienttä edellytti luvan hakemista.

Uuden rakentamislain voimaantulon myötä käytössä on vain yksi lupatyyppi: rakentamislupa. Tätä lupaa haetaan tarvittaessa myös aurinkopaneelien asentamista varten. Useissa kunnissa valmis-teilla oleva rakennusjärjestys määrittää tarkemmin luvanvaraisuuden rajat. Valmistuttuaan uudet rakennusjärjestykset julkaistaan kuntien verkkosivuilla.

5.3 Olemassa oleva ohjeistus ja noudatettavat standardit

Toinen ja neljäs kysymys käsitteli olemassa olevaa ohjeistusta, standardeja sekä muita rakennusvalvonnasta tulevia vaatimuksia:

Jos olemassa olevaan rakennukseen lisätään aurinkopaneeleita, onko olemassa ohjeistusta lisäkuormituksen tarkasteluun? Vaatiiko rakennusvalvonta kuormien lisääntymisestä rakennesuunnittelijan lausunnon? Minkä standardin mukaisesti aurinkopaneelijärjestelmän aiheuttama kuormitus mitoitetaan?

Yhtenevä linjaus rakennusvalvontaviranomaisilta lisäkuormitusten tarkasteluun oli, että virallista ohjeistusta ei ole. Aurinkopaneelihankkeeseen ryhtyvällä on huolehtimisvelvollisuus varmistaa, että rakennus täyttää rakentamista koskevat määräykset. Jos hanke vaatii luvan, rakennusvalvonta voi edellyttää rakennesuunnittelijan lausuntoa rakenteiden kantavuudesta ja lisäkuormien huomioimisesta. Esimerkiksi Kuopion rakennusvalvonta edellyttää luvanvaraisissa aurinkopaneelihankkeissa aina rakennesuunnittelijan lausuntoa hakemuksen liitteeksi. Lausunnossa tulee huomioida kinostunut lumi sekä mahdolliset muut lisäkuormat. Useat kunnat kuitenkin suosittelevat rakennesuunnittelijan käyttöä, vaikka lupaa ei edellytetä.

Rakennusvalvontaviranomaiset ohjeistivat kuormitusten tarkastelussa käyttämään eurokoodin standardeja EN 1991-1-3 (Lumikuormat) ja EN 1991-1-4 (Tuulikuormat) sekä ottamaan huomioon aurinkopaneelien omanpainon valmistajan ilmoituksen mukaan. Useissa vastauksissa käy ilmi, että lisäkuormituksen hahmottaminen ja standardin soveltaminen on rakennesuunnittelijan tai hankkeen pääsuunnittelijan vastuulla.

5.4 Kiinteistönomistajan vastuu

Kolmannessa kysymyksessä haluttiin saada selville kiinteistönomistajan vastuuta:

*Mikä on kiinteistönomistajan vastuu? Voiko kiinteistönomistajaa velvoittaa poistamaan katolta kinos-
tunutta lunta, jotta rakenteet eivät kuormitu liikaa.*

Useat vastauksista perustuivat rakentamislakiin, jossa mainitaan, että kiinteistönomistajalla on viime kädessä täysi vastuu kiinteistön kunnossapidosta. Rakentamislain mukaan hankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että hanke suunnitellaan ja toteutetaan rakentamista koskevien määräysten mukaisesti. Aurinkopaneelien osalta tämä tarkoittaa, että kiinteistönomistajan vastuulla on varmistaa rakennesuunnittelijan suorittama kantavuustarkastelu syntyvistä lisäkuormista ennen aurinkopaneelijärjestelmän asentamista.

Useiden kuntien vastauksissa todetaan, että rakennuksen rakenteiden on kestettävä aurinkopaneelien aiheuttamat lisäkuormitukset ilman, että ne heikentävät rakenteiden turvallisuutta. Lisäksi rakenteiden tulisi olla suunniteltu siten, ettei niiden käyttö edellytä jatkuvaa lumikuorman tarkkailua tai mahdollista lumen poistoa.

Poikkeustapauksissa, jos lumikuorma kasvaa yli suunnitellun, kiinteistönomistajan odotetaan ryhtyvän toimenpiteisiin, mutta rakennusvalvonnan pakkokeinot ovat harvinaisia ja hitaita. Mikäli turvallisuus vaarantuu merkittävästi, rakennusvalvonta tai muut viranomaiset voivat puuttua asiaan, esimerkiksi antamalla kehotuksia tai tekemällä virka-apupyyntöjä.

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Yhteenveto kuormituksista

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että aurinkopaneelijärjestelmän asentaminen katolle lisää rakenteisiin kohdistuvia kuormia vähintään järjestelmän omapainon verran. Loiville katoille (tasakatot) kulmaan asennettu järjestelmä kuormittaa rakenteita enemmän kuin lappeen suuntainen asennus jyrkällä katolla.

Lumikuorman osalta lisäkuormien laskeminen opinnäytetyön esimerkkilaskun avulla on yksinkertaista. Laskelmassa tarkastellaan pahinta mahdollista tilannetta, jossa paneelirivit peittyvät vanhalla painavalla lumella, ja niiden päälle kertyy vielä normaali lumikuorma. Tässä tapauksessa aurinkopaneeleista johtuva lumen kinostuminen ja paneelien omapaino lisäsi kuormitusta $0,85 \text{ kN/m}^2$. Lappeensuuntainen asennus ei yleensä aiheuta ylimääräistä lumikuormaa.

Tuulikuorman huomioidaan lappeensuuntaisissa asennuksissa samalla tavalla kuin kattorakenteelle tuleva kuorma. Tasakatolle kulmaan asennetun aurinkopaneelijärjestelmän tuulikuorman huomioiminen osoittautui oletettua haastavammaksi. Lukuun ottamatta tuulikuormaa, muut tavoitteet kuten omapaino, lumikuorma ja mitoitusstandardit selvisivät opinnäytetyössä.

6.2 Ohjekortti kuormitusten laskentaan

Yksi opinnäytetyön tavoitteista oli laatia ohjekortti, joka tukee rakennesuunnittelijaa aurinkopaneelisiin liittyvien työtehtävien yhteydessä. Ohjekortin tarkoituksena on tarjota rakennesuunnittelijalle kattava ja selkeä kokonaiskuva aurinkopaneelijärjestelmien asennukseen liittyvistä tekijöistä. Ohjekortti on liitteessä (liite 1), ja sen tavoitteena on toimia käytännönläheisenä työkaluna, jonka avulla rakennesuunnittelija voi varmistaa, että aurinkopaneelijärjestelmän suunnitteluprosessissa otetaan kaikki seikat huomioon. Ohjekortissa käydään läpi, minkä standardin mukaan kuormat mitoitetaan. Tuuli- ja lumikuormien osalta on vaikea antaa yleispätevää ohjetta, koska jokainen kohde on erilainen. Omapainon huomiointiin on selkeät ohjeet.

6.2.1 Luvanvaraisuus

Ohjekortissa (liite 1) käydään läpi, milloin aurinkopaneelien asennuksessa tarvitaan lupa. Ohjekorttiin on tiivistetty edellisessä kohdassa käsitellyn rakennusvalvonnalle tehdyn sähköpostikyselyn tulokset, jotka tarjoavat suunnittelijoille tietoa eri kuntien käytännöistä. Lisäksi ohjekortin liitteenä (liite 3) on kuntakohtaiset rakennusvalvonnan vastaukset, jotka tarjoavat tarkempaa tietoa eri alueiden vaatimuksista. Mikäli suunnittelukohde sijaitsee jossakin niistä kunnista, jotka osallistuivat kyselytutkimukseen, rakennesuunnittelija voi hyödyntää liitettä tarkistaakseen suoraan kyseisen kunnan lupaedellytykset. On kuitenkin huomioitava, että tutkimus on tehty keväällä 2025, ja kunnan lupaedellytykset sekä ohjeet saattavat muuttua. Voimassa olevat ohjeet selviävät kunnan rakennusjärjestyksestä.

6.2.2 Kohteen lähtötiedot

Kohteen lähtötiedot vaikuttavat suunnitteluprosessiin. Näitä lähtötietoja ovat mm. rakennuksen ikä, koko sekä kattukulma. Ohjekortissa (liite 1) selvennetään, miten aurinkopaneelit otetaan huomioon

sekä suunnitteilla olevissa että jo olemassa olevissa rakennuksissa. Lisäksi siinä käsitellään katto-tyyppien vaikutusta aurinkopaneelien asennukseen ja tuodaan esiin tyypillisiä eroavaisuuksia jyrkien- ja loivien kattojen välillä.

7 POHDINTA

Tämä opinnäytetyö oli itselleni merkittävä kokemus ja ensimmäinen varsinainen tutkimustyöni. Projekti oli mielenkiintoinen ja haastava, mutta ennen kaikkea erittäin opettava. Työn aikana opin paljon niin teknisestä sisällöstä kuin tutkimusprosessistakin. Esimerkiksi luotettavien lähteiden etsiminen, raportointikäytännöt sekä tiedonhankintamenetelmät olivat minulle täysin uusia asioita, joiden omaksuminen vaati alussa perusteellista perehtymistä. Työn edetessä huomasin kuitenkin kehittyväni näissä osa-alueissa huomattavasti, mikä tulee varmasti hyödyttämään minua tulevaisuudessa. Lisäksi työ kehitti kykyäni jäsentää ja analysoida tietoa, mitä pidän tärkeänä taitona tulevaisuuden pulmia ratkoessa.

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin hyvin, ja erityisesti rakennusvalvonnan osalta lopputulos oli parempi kuin mitä alun perin odotin. Vaikka työ tarjosi paljon vastauksia, se myös nosti esiin uusia kysymyksiä. Erityisesti tuulikuorman järkevän määrittämistavan löytäminen oli yllättävä haaste. Opinnäytetyön rajallisen aikataulun vuoksi ei ollut mahdollista perehtyä syvällisesti eri laskentamenetelmiin tai kehittää yhtä yleispätevää laskentatapaa tuulikuormien määrittämiseksi. Tämä on selkeä jatkotutkimuksen aihe, sillä nykyisten laskentatapojen soveltuvuus aurinkopaneelijärjestelmien suunnitteluun ei vaikuta täysin selkeältä. Koska paneelisiin kohdistuva tuulikuorma on rasitus rakenteille, sen tarkempi määrittäminen olisi tärkeää, jotta aurinkopaneelijärjestelmien suunnittelu olisi mahdollisimman turvallista. Jatkossa olisi hyödyllistä tutkia erilaisia laskentamenetelmiä ja mallinnuksia, joilla tuulikuormia voitaisiin arvioida tarkemmin. Keskustelin erään kunnan rakennusvalvojan kanssa, ja pohdimme, voisiko RTY ry:n ylläpitämälle Rakentamisen yhteiset Topten-käytännöt verkkosivustolle laadittava Topten-kortti toimia selkeänä ja yhtenäisenä ohjeistuksena aurinkopaneelien rakenteelliseen suunnitteluun. Tällainen ohjeistus voisi helpottaa sekä suunnittelua että toteutusta.

Työn aikana yllätti myös se, kuinka vähän virallista ja yhtenäistä tietoa aurinkopaneelien aiheuttamista kuormituksista on saatavilla. Julkisen sektorin ohjeistukset ovat hyvin rajallisia, ja alan toimijoilla ei näyttänyt olevan yhtenäistä lähestymistapaa aiheeseen. Tämä aiheuttaa haasteita suunnittelijoille ja rakentajille, sillä ilman selkeitä suuntaviivoja jokainen toimija joutuu kehittämään omat menetelmänsä kuormien määrittämiseen. Erityisesti yksityisen sektorin yritysten suhtautuminen herätti kysymyksiä: monikaan yritys ei ollut halukas kommentoimaan aihetta tai vastaamaan kysymyksiini. Rakennusvalvonnan osalta vastaaminen oli puolestaan kattavaa ja selkeää, mikä oli erittäin positiivista. Tämä sai minut pohtimaan, onko alalla yleisestikään olemassa vakiintuneita käytäntöjä aurinkopaneelien kuormitusten arviointiin, vai soveltaako jokainen toimija omia laskentamenetelmiään. Tämä puute korostaa tarvetta laajemmalle yhteistyölle ja standardisoinnille, jotta aurinkopaneelien asennuksiin liittyvät rakenteelliset tekijät saadaan yhdenmukaistettua ja turvallisiksi.

Vaikka työ osoitti, että aurinkopaneelijärjestelmien kuormituslaskelmiin liittyy epävarmuuksia, uskon, että tämä tutkimus tarjoaa hyödyllistä tietoa tilaajaorganisaatiolle ja myös muille aurinkopaneelialan yrityksille. Lisäksi työ voi edistää keskustelua siitä, miten alalle voitaisiin kehittää yhtenäisempiä standardeja ja ohjeistuksia. Tämä voisi edellyttää esimerkiksi rakennusalan ja energiateollisuuden yhteistyötä sekä virallisten säädösten kehittämistä, jotta aurinkopaneelijärjestelmien suunnittelu ja toteutus voisivat perustua johdonmukaisiin ja luotettaviin periaatteisiin.

Opinnäytetyön luotettavuuden varmistamiseksi tutkimuksessa pyrittiin käyttämään mahdollisimman ajantasaista, asiantuntevia ja luotettavia lähteitä, kuten standardeja ja teknisiä julkaisuja. Tutkimusmenetelmät ja rajaukset on kuvattu avoimesti, ja tulosten esittämisessä on pyritty läpinäkyvyyteen myös niiden aiheiden osalta, joihin liittyi epävarmuuksia tai tiedollisia puutteita – kuten tuulikuormien määrittämiseen. Eettisesti

työssä noudatettiin hyvää tieteellistä käytäntöä. Kaikki käytetyt lähteet on merkitty asianmukaisesti, eikä tutkimuksessa ole käytetty harhaanjohtavaa tai manipuloitua tietoa. Työssä mukana olleilta asiantuntijoilta pyydettiin lupa tietojen hyödyntämiseen, ja heidän anonymiteettinsä säilytettiin.

Kaiken kaikkiaan tämä opinnäytetyö vahvisti ammatillista osaamistani ja antoi arvokasta kokemusta tutkimustyön tekemisestä. Projekti kehitti kykyäni itsenäiseen tiedonhakuun ja ongelmanratkaisuun sekä paransi ymmärrystäni eri standardien soveltamisesta käytäntöön. Vaikka työ toi esiin myös alan kehityskohteita, pidän sitä onnistuneena ja hyödyllisenä sekä itselleni että laajemmalle yleisölle. Jatkossa olisi tärkeää tutkia tarkemmin erityisesti tuulikuorman määrittämistä sekä mahdollisuuksia yhtenäisten ohjeiden kehittämiseen aurinkopaneelijärjestelmien suunnittelussa. Näin voitaisiin edistää aurinkopaneelijärjestelmien turvallista ja tehokasta suunnittelua.

LÄHTEET

Työssä käytetty tekoälyä seuraavasti: ChatGPT 2025. OpenAI. GPT-4. Käytetty kielentarkistukseen ja tiedon etsintään. tammikuu-huhtikuu 2025. <https://chat.openai.com>

Aurinkovoimaloiden turvallisuusohje n.d. Helen. <https://www.helen.fi/globalassets/aurinko/yritykset/aurinkovoimaloiden-turvallisuusohje.pdf>. Viitattu 12.2.2025.

Aurinkovoimaloiden yleissuunnitteluohje 2023. Tampereen tilapalvelut. Julkaistu 13.4.2023. https://tampereentilapalvelut.fi/materiaalit/suunnitteluohjeet/Aurinkovoimaloiden_yleissuunnitteluohje_2023_liitteineen.pdf. Viitattu 18.2.2025.

Energiaeki n.d. Aurinkopaneelien asennus. Verkkojulkaisu. <https://www.energiaeki.fi/aurinkopaneelit/asennus/>. Viitattu 6.3.2025.

Energiavirasto 2024. Aurinkosähkön tuotantokapasiteetti nousi 1000 megawattiin. Valokuva. <https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-tuotantokapasiteetti-nousi-1000-megawattiin>. Viitattu 8.2.2025.

EN1991-1-1 Eurokoodi I: Rakenteiden kuormat osa 1–1: Yleiset kuormat, Tilavuuspainot, Omapaino ja Rakennusten hyötykuormat 2002. Helsinki: Suomen standardoimistomisto. <https://www.eurocodes.fi/kuormat/>. Viitattu 7.4.2025.

EN1991-1-3 Eurokoodi I: Rakenteiden kuormat osa 1–3: Yleiset kuormat. Lumikuormat 2015. Helsinki: Suomen standardoimistomisto. <https://www.eurocodes.fi/kuormat/>. Viitattu 13.2.2025.

EN1991-1-4 Eurokoodi I: Rakenteiden kuormat osa 1–4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat 2011. Helsinki: Suomen standardoimistomisto. <https://www.eurocodes.fi/kuormat/>. Viitattu 16.2.2025.

Finnwind 2018. Aurinkopaneelien asennuksen standardinmukaisuuden tarkastus. Suunnitteluohje. https://finnwind.fi/wp-content/uploads/upload_photos/ohjeet/Ohje%20paneeliasennuksen%20tarkastukseen%20-%20lumikuorma.pdf. Viitattu 24.2.2025.

Finnwind 2024. Aurinkovoimala ja Suomen lumikuormastandardit. Verkkojulkaisu. <https://finnwind.fi/lumikuormastandardin-vaatimukset-aurinkopaneeleille-suomessa/>. Viitattu 3.2.2025.

Finsolar 2017. Kestääkö katto aurinkovoimalan? – katso tarkistuslista. Verkkojulkaisu. <https://finsolar.net/kestaako-katto-aurinkovoimalan/>. Viitattu 24.2.2025.

Fortum 2024. Fortumilla kehitteillä kolme aurinkovoimahanketta Kemiönsaareen. Verkkojulkaisu. https://www.fortum.fi/media/2024/10/fortumilla-kehitteilla-kolme-aurinkovoimahanketta-kemionsaareen?utm_source=chatgpt.com. Viitattu 2.2.2025.

Kilkki, K. 2018. Aurinkopaneelijärjestelmän kuormitusten mallinnus. Diplomityö. Energiatekniikan koulutusohjelma. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/156248/diplomityo_kilkki_kari.pdf;jsessionid=9154A0FC841A524568CFCB52057AFC7A?sequence=1. Viitattu. 12.3.2025.

Kortetmäki A., Lehto I., Heikkilä T., Orrberg M., Ylinen M., Andersen M. & Nikander M. 2023. Aurinkosähkijärjestelmän suunnittelu ja toteutus. Helsinki: Sähköinfo Oy

- Kosonen & Breyer 2019. Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa. LUT-yliopiston artikkeli. 27.2.2019. Päivitetty 27.6.2023. <https://www.lut.fi/fi/artikkelit/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa>. Viitattu 3.2.2025.
- Lehtomäki 2020. Hiilineutraali Suomi – aurinkotuotanto ja akut avainasemassa. Carunan blogi. 26.11.2020. <https://caruna.fi/ajankohtaista/hiilineutraali-suomi-aurinkotuotanto-ja-akut-avainasemassa>. Viitattu 3.2.2025.
- Lyhennetty suunnitteluohje 2020. Puuinfon suunnitteluohje. <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/Eurokoodi-5-Lyhennetty-suunnitteluohje-5.-PAINOS-2020-P%C3%84IVITYS-22.7.-web.pdf>. Viitattu 20.2.2025.
- Motiva 2023. Aurinkopaneelien asentaminen. Verkkojulkaisu. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkopaneelien_asentaminen. Viitattu 4.2.2025.
- Motiva 2024. Aurinkosähköteknologiat. Verkkojulkaisu. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat. Viitattu 4.3.2025.
- Orima-Tuote, n.d. Aurinkopaneelit. Valokuva. <https://orima.fi/>. Viitattu 9.3.2025.
- Pelti-Ässät 2025. Aurinkopaneelit katolla – Lumen pudotukset ja katon huoltotoimet? Valokuva. <https://www.peltiassat.fi/blogit-ja-jutut/aurinkopaneelit-katolla-lumen-pudotukset-huoltotoimet>. Viitattu 24.2.2025.
- Perttilä 2024. Kuormitustekijöiden selvitys opinnäytetyöhön. Yksityinen sähköpostiviesti 19.2.2025. Viestin saaja: Elia Väyrynen.
- Rantamartti 2025. Kohta Suomessakin on miljoonia aurinkopaneeleja – mitä niille tapahtuu, kun käyttöikä loppuu. YLE-verkkolehti. 10.1.2025. <https://yle.fi/a/74-20135427>. Viitattu 2.2.2025.
- Rautavuori 2018. Aurinkosähkö lisääntyy Suomessa kovaa vauhtia, kun yritykset investoivat tuhansien paneelien voimaloihin. Valokuva. <https://yle.fi/a/3-10406640>. Viitattu 13.2.2025. Viitattu 12.2.2025.
- RT 103076 Verkkoon kytketyt aurinkosähköjärjestelmät 2019. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://www.rakennustieto.fi/>. Viitattu 26.2.2025.
- RT 103756 Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmät 2025. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://www.rakennustieto.fi/>. Viitattu 20.3.2025.
- Shielden 2024. Aurinkopaneelien mitat ja paino: kaikki mitä sinun tarvitsee tietää! Verkkojulkaisu. https://fi.shieldenchanel.com/blogs/solar-panels/solar-panel-dimensions-and-weight?utm_source=chatgpt.com. Viitattu 20.2.2025.
- Solarforum 2025. Aurinkovoimalan käyttö ja sen vaikutus tulevaisuuden energiantuotantoon. Verkkojulkaisu. <https://solarforum.fi/aurinkovoiman-kaytto-ja-sen-vaikutus-tulevaisuuden-energiantuotantoon/>. Viitattu 24.1.2025.
- Solarpower n.d. Aurinkopaneeli 140W. Verkkojulkaisu. <https://solarpower.fi/tuote/aurinkopaneeli-140w/>. Viitattu 12.2.2025.

Solle n.d. Aurinkopaneelien asennuskulma – maksimoi energiantuotto! Verkkajulkaisu.

<https://solle.fi/aurinkopaneelien-asennuskulma/>. Viitattu 2.3.2025.

Solle 2024. Aurinkopaneelien käyttöikä – Miten pitkään todella kestävät? Verkkajulkaisu.

<https://solle.fi/aurinkopaneelien-kayttoika/>. Viitattu 4.2.2025.

Solle 2025. Aurinkopaneelien hinta vuonna 2024. Verkkajulkaisu. [https://solle.fi/aurinkopaneelien-](https://solle.fi/aurinkopaneelien-hinta/)

[hinta/](https://solle.fi/aurinkopaneelien-hinta/) Viitattu 3.2.2025.

Sorsa, T. 2016. Aurinkojärjestelmän asennus ja vaikutus rakenteisiin. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Satakunnan ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/106711/TeemuSorsa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Viitattu 12.3.2025.

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/106711/TeemuSorsa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Viitattu 12.3.2025.

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/106711/TeemuSorsa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Viitattu 12.3.2025.

Tirkkonen 2023. Milloin kerrostaloon kannattaa rakentaa oma aurinkovoimala? Nämä asiat vaikuttavat. Kauppalehden artikkeli. Valokuva. <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/milloin-kerrostaloon-kannattaa-rakentaa-oma-aurinkovoimala-nama-asiat-vaikuttavat/6add85da-5dad-49a0-86da-16c849f494c6>. Viitattu 7.3.2025.

<https://www.kauppalehti.fi/uutiset/milloin-kerrostaloon-kannattaa-rakentaa-oma-aurinkovoimala-nama-asiat-vaikuttavat/6add85da-5dad-49a0-86da-16c849f494c6>. Viitattu 7.3.2025.

<https://www.kauppalehti.fi/uutiset/milloin-kerrostaloon-kannattaa-rakentaa-oma-aurinkovoimala-nama-asiat-vaikuttavat/6add85da-5dad-49a0-86da-16c849f494c6>. Viitattu 7.3.2025.

<https://www.kauppalehti.fi/uutiset/milloin-kerrostaloon-kannattaa-rakentaa-oma-aurinkovoimala-nama-asiat-vaikuttavat/6add85da-5dad-49a0-86da-16c849f494c6>. Viitattu 7.3.2025.

Toimivat katot 2019. Kattoliiton ohje. https://www.kattoliitto.fi/wp-content/uploads/pdf/Toimivat_katot_2019_netti.pdf. Viitattu 4.3.2025.

https://www.kattoliitto.fi/wp-content/uploads/pdf/Toimivat_katot_2019_netti.pdf. Viitattu 4.3.2025.

Sweco 2025a. Sweco on Euroopan johtava suunnittelun ja konsultoinnin asiantuntijayritys. Verkkajulkaisu. <https://www.sweco.fi/>. Viitattu 26.1.2025.

<https://www.sweco.fi/>. Viitattu 26.1.2025.

<https://www.sweco.fi/>. Viitattu 26.1.2025.

Sweco 2025b. Tietoa Swecosta. Verkkajulkaisu. <https://www.sweco.fi/tietoa-swecosta/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.sweco.fi/tietoa-swecosta/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.sweco.fi/tietoa-swecosta/>. Viitattu 27.1.2025.

Sweco 2025c. Olemme vahvasti sitoutuneita vastuullisuuteen. Verkkajulkaisu.

<https://www.sweco.fi/vastuullisuus/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.sweco.fi/vastuullisuus/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.sweco.fi/vastuullisuus/>. Viitattu 27.1.2025.

Sweco 2025d. Logo. Valokuva. <https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

<https://www.swecogroup.com/press-releases/logo/>. Viitattu 27.1.2025.

Väyrynen, E. 2025. Kuvaleikkeet Autocad-ohjelmasta. Viitattu 12.3.2025.

LIITTEET

LIITE 1: OHJEKORTTI

LIITE 2: TUTKIMUSKYSYMYKSET

LIITE 3: VASTAUKSIEN KOONTI

LIITE 1: OHJEKORTTI

Ohjekortti aurinkopaneelien aiheuttamien lisäkuormitusten tarkasteluun

Luvanvaraisuus

- Lupaa ei yleensä vaadita, ellei kyseessä ole suojelukohde tai kaupunkikuvallisesti merkittävä rakennus
- Jos projektissa vahvistetaan kantavia rakenteita, lupa vaaditaan
- Pienet järjestelmät esim. 100 m² tai 25 kWp ja pienemmät eivät vaadi lupaa
- Selvitä luvanvaraisuus kuntakohtaisesti rakentamisjärjestyksestä tai ottamalla yhteyttä kunnan rakennusvalvontaan
- Liitteenä olevassa listassa 15 kunnan vastaukset koskien luvanvaraisuutta
- HUOM! Lista tehty keväällä 2025, vastaukset voivat muuttua

Aurinkopaneelit uuden rakennuksen katolle

- Aurinkopaneelit otetaan huomioon kohteen rakennesuunnittelussa
- Mitoitus eurokoodien mukaan
- Paneelit käsitellään kohteen rakentamisluvan yhteydessä

Aurinkopaneelit olemassa olevan rakennuksen katolle

- Selvitä onko kantavilla rakenteilla kapasiteettia lisäkuormille
- Eriyishuomiota vanhemmat teollisuushallit, toimistokiinteistöt sekä ennen vuotta 1970 suunnitellut rakennukset. Nämä on suunniteltu eri standardien mukaan
- Jos projekti vaatii kantavien rakenteiden vahvistamista, rakentamislupa tarvitaan
- Mitoitus aina eurokoodien mukaan

Lumikuorma

- Aurinkopaneelit kinostavat lunta etenkin tasakatoilla kulmaan asennettuina
- Yksi tapa laskea lumikuorma on opinnäytetyön esimerkin mukaisesti, jossa sovellettu eurokoodia ja finnwind ohjetta

- Jyrkillä katoilla lappeensuuntaisesti asennettuna paneelit eivät kinosta lunta, joten lumikuorma ei muutu
- Aurinkopaneeleiden kuormitustapaus arvioidaan paneeliasennuksen muodon mukaan
- Laske lumikuorma eurokoodin standardia EN 1991-1-3 sekä Suomen kansallisia liitteitä soveltaen.

Tuulikuorma

- Huomioi, että tarkkoja ohjeita tuulikuormien määrittämiseen ei ole ja jokainen kohde on tapauskohtainen, joten tuulikuormat lasketaan mahdollisimman tarkkaan eurokoodia soveltaen
- Paneeleihin kohdistuvaan tuulikuormaan vaikuttaa mm. katon kulmapyörteet, järjestelmän geometria, kuten rivivälit, kallistuskulma ja paneelien korkeus
- Jyrkillä katoilla paneelit asennetaan usein lappeensuuntaisesti, jolloin tuulikuormitus rakennukseen ei muutu
- Tuulikuorman vaikutus korostuu tasakatoilla kulmaan asennetuissa paneelientissä
- Tuulikuorman aiheuttama paine alaspäin ja noste ylöspäin korostuvat katon nurkka-alueilla
- Laske tuulikuorma eurokoodin standardia EN 1991-1-4 sekä Suomen kansallisia liitteitä soveltaen.

Aurinkopaneeleiden omapaino

- Suunnittelussa pitää ottaa huomioon paneelien omapaino
- Aurinkopaneeleiden omapaino $0,16 \text{ kN/m}^2$
- Aurinkopaneeleiden omapaino vastapainoilla $0,25 \text{ kN/m}^2$
- Yllä olevat arvot tyypillisiä tapauksia, varmista aina järjestelmän paino aurinkopaneeleiden toimittajalta

LIITE 2: RAKENNUSVALVONNAN TUTKIMUSKYSYMYKSET

- 1. Onko aurinkopaneelijärjestelmän lisäys olemassa olevaan rakennukseen tai uuteen rakennukseen luvanvaraista? Onko olemassa jokin kokoluokka, jossa lupa vaaditaan? Mikä lupa näissä tapauksissa vaaditaan?**

- 2. Jos olemassa olevaan rakennukseen lisätään aurinkopaneeleita, onko olemassa ohjeistusta lisäkuormituksen tarkasteluun? Vaatiiko rakennusvalvonta kuormien lisääntymisestä rakennesuunnittelijan lausunnon?**

- 3. Mikä on kiinteistönomistajan vastuu? Voiko kiinteistönomistajaa velvoittaa poistamaan katolta kinostunutta lunta, jotta rakenteet eivät kuormitu liikaa.**

- 4. Minkä standardin mukaisesti aurinkopaneelijärjestelmän aiheuttama kuormitus arvioidaan?**

LIITE 3: RAKENNUSVALVONNAN VASTAUKSET

Kunta	Vastaus 1	Vastaus 2	Vastaus 3	Vastaus 4
Helsinki	<i>Rakennusjärjestyksen mukaan kattoasennukset pääsääntöisesti vapautettu luvasta. Lupa voi olla tarpeen, jos paneelit vaikuttavat merkittävästi energiatehokkuuteen tai rakennuksen elinkaarivaikutuksiin.</i>	<i>Luvanvaraisissa hankkeissa rakennusvalvonta voi vaatia rakennesuunnittelijan selvityksen. Kiinteistön omistajan vastuulla on huomioida paneelien omapaino ja lumikuormat.</i>	-	<i>Eurokoodien mukaisesti, erityisesti lumikuorma ja mahdollinen kinostuminen otettava huomioon.</i>
Tampere	<i>Luvanvarainen, ellei kunnallinen rakennusjärjestys toisin määrää. Ei määritelty kokorajoja.</i>	<i>Ei tunnettua ohjeistusta, eikä rakennusvalvonta edellytä lausuntoa, jos hanke ei ole luvanvarainen.</i>	<i>Vastuu on kiinteistönomistajalla. Velvoittaminen lumenpudotukseen on harvinaista. Rakenteet tulisi suunnitella kestämään lumikuormat.</i>	-
Vantaa	<i>Rakennusjärjestyksessä vapautettu luvasta katolle sijoitettavat aurinkokeräimet. Uusi rakennusjärjestys voi rajoittaa vapautuksia lentoliikenteen vuoksi.</i>	<i>Ei omaa ohjeistusta. Jos luvanvaraisessa hankkeessa esitetään kuormitustarkastelu, se tehdään. • Jos paneelit lisätään myöhemmin ilman lupaa, lausuntoa ei vaadita.</i>	<i>Kiinteistönomistajalla on huolehtimisvelvollisuus (RakL 91 §). Mahdolliset velvoitteet kohdistuvat omistajaan. Rakentamislaki ei kata sopimuksista johtuvia riitatilanteita.</i>	<i>Suomen rakentamismääräyskokoelma.</i>
Oulu	<i>Vapautettu luvasta, jos paneelit ovat lappeen suuntaisia ja yhtenäinen kokonaisuus. Suojelluilla alueilla ja arvokkailla kohteilla lupa aina vaaditaan.</i>	<i>Omakotitaloa suuremmissa hankkeissa edellytetään lupaehtona rakennesuunnitelmat. Kantavuuden tarkastelussa käytetään eurokoodeja ja muita standardeja.</i>	-	<i>Eurokoodit EN 1991-1-3 (lumikuormat) ja EN 1991-1-4 (tuulikuormat). Ei virallista ohjeistusta, mutta valmistajien ohjeita on saatavilla.</i>
Turku	<i>Ei vaadi lupaa, ellei kyseessä ole suojeltu rakennus tai rakenteita vahvistetaan. Luvan nimi: rakentamislupa.</i>	<i>Ei virallista ohjeistusta, mutta luvanvaraisissa hankkeissa vaaditaan rakennesuunnittelijan lausunto. Jos lupaa ei vaadita, suositellaan rakennesuunnittelijan käyttöä.</i>	<i>Kiinteistönomistaja vastaa rakennuksesta ja sen kunnossapidosta. Lumen poiston valvominen on vaikeaa.</i>	<i>Eurokoodien mukaisesti.</i>
Jyväskylä	<i>Rakennusjärjestykseen ehdotettu</i>	<i>Rakennusvalvonta voi pyytää lisäselvityksiä,</i>	<i>Kiinteistönomistaja vastaa rakennuksen</i>	-

	<i>luvanvaraisuuden rajaksi 100 m² tai 25 kWp. Rajan tarkka määrittely vielä kesken.</i>	<i>mutta ei automaattisesti vaadi niitä.</i>	<i>kunnossapidosta ja turvallisuudesta. Rakennusvalvonnan pakkokeinot ovat hitaasti toimivia, mutta muut viranomaiset voivat puuttua tilanteeseen.</i>	
Kuopio	<i>Rakentamislain muutoksen jälkeen (1.1.2025) lupa tarvitaan, jos vaikutus kaupunkikuvaan on merkittävä tai rakennus on suojeltu.</i>	<i>Rakennesuunnittelijan lausunto vaaditaan hakemuksen liitteenä, ja siinä tulee huomioida lisäkuormat.</i>	<i>Rakenteet tulisi suunnitella niin, ettei lumia tarvitse poistaa.</i>	<i>Eurokoodi 1: Osa 1-3 (lumikuormat) ja SFS-EN IEC 62938:2020.</i>
Lahti	<i>Rakennusjärjestyksessä määritetty vapautus alle 50 kVA paneeliasennuksille. Suojelluissa kohteissa tarvitaan poikkeamislupa.</i>	<i>Luvanvaraisissa hankkeissa vaaditaan rakennesuunnittelijan tarkastelu, jos kantavuudesta on epäilyksiä.</i>	<i>Kiinteistönomistaja vastaa kantavuuden riittävydestä. Periaatteessa lumikuormaa ei pitäisi joutua poistamaan, mutta käytännössä näin voi tapahtua.</i>	<i>Valmistajan ilmoittama paino, rakennesuunnittelija mallintaa kinostumisvaaran.</i>
Pori	<i>Rakennusjärjestys kesken. Suojelukohteissa vaaditaan lupa. Myös jos rakenteita vahvistetaan, niin lupa vaaditaan.</i>	<i>Ei virallista ohjeistusta. Isoissa hankkeissa edellytetään rakennesuunnittelija lausuntoa.</i>	-	<i>Eurokoodin mukaisesti.</i>
Joensuu	<i>Rakennusjärjestyksessä esitetty lupavapautus alle 50 m² paneelialalle. Suojelluilla ja arvokkailla alueilla lupa vaaditaan.</i>	<i>Ei virallista ohjeistusta. Rakennesuunnittelijan lausunto voidaan pyytää, mutta pientalojen lapekatoille asennettaessa ei yleensä vaadita.</i>	<i>Kiinteistönomistaja vastaa rakennuksestaan. Lumenpudotusta ei yleensä määrätä, mutta se voi perustua rakentamislakiin, jos turvallisuus vaarantuu.</i>	<i>Rakennusten kuormat tarkastellaan eurokoodien mukaisesti, erillistä standardia ei löytynyt.</i>
Seinäjoke	<i>Rakentamislupa vaaditaan, ellei kyseessä ole omakoti- tai paritalo ja paneelit asennetaan lappeen suuntaisesti. Historiallisesti merkittävässä rakennuksissa lupa aina tarpeen.</i>	<i>Kiinteistön omistaja vastaa katon lisäkuormituksesta. Lupakäsittelyssä tarkastellaan vastuukysymystä, mutta lausunto vaaditaan tapauskohtaisesti.</i>	<i>Kiinteistönomistajalla on huolehtimisvelvollisuus (RakL 91 §). Hankkeen tulee täyttää lakisääteiset vaatimukset.</i>	<i>Kulloinkin voimassa oleva standardi, vastuu pää- tai erityissuunnittelijalla.</i>
Kotka	<i>Uusien rakennusten osalta käsitellään rakennuslupaprosessissa. Olemassa olevissa rakennuksissa tapauskohtainen arviointi. Lupatyyppi: rakentamislupa.</i>	<i>Hankkeeseen ryhtyvällä on huolehtimisvelvollisuus. Rakennusvalvonta voi tapauskohtaisesti edellyttää rakennesuunnittelijan lausuntoa.</i>	<i>Rakennusomistaja vastaa täysin (RakL §91 ja §140). Rakennusvalvonta voi antaa kehotuksia (RakL §141).</i>	<i>Hankkeen suunnittelija arvioi tapauskohtaisesti.</i>

Hyvinkää	<i>Alle 50 m² järjestelmät vapautettu luvasta. Suojellut rakennukset ja suuremmat järjestelmät vaativat luvan</i>	<i>Ei kansallista tai kunnallista ohjeistusta. Hankkijan vastuulla on varmistaa rakenteiden kestävyys rakennesuunnittelijan avulla.</i>	<i>Kiinteistönomistajan vastuulla on varmistaa, ettei muutoksista aiheudu turvallisuusriskejä (RakL 5 §, luku 4).</i>	<i>Voimassa olevat normit</i>
Lohja	<i>Luvanvaraisuus riippuu rakennusjärjestyksestä. Aurinkopaneelikentät voivat vaatia poikkeamisluvan ennen rakentamislupaa.</i>	<i>Kuormitusnormit tulevat ympäristöministeriön asetuksista. Lupaa haettaessa voidaan vaatia lausunto, mutta tämä ei aina ole pakollista. Lumiesteet on huomioitava turvallisuuden kannalta</i>	<i>Kiinteistönomistajan vastuulla on ryhtyä tarvittaviin toimiin, jos lumikuorma ylittää suunnitellun kuormituksen.</i>	-
Kerava	<i>Omakotitalon katolle saa asentaa paneelit ilman lupaa, jos rakennus ei ole suojeltu. Muissa rakennuksissa vaaditaan rakentamislupa.</i>	<i>Lisäkuormituksen tarkastelu jää hankkeen toteuttajan vastuulle. Lupapäätöksessä voidaan vaatia lausuntoa tapauskohtaisesti.</i>	-	<i>Rakennesuunnittelijan vastuulla, lähtökohtana omapainon lisäys.</i>