

Kaisa Virta

Nollaenergiakerrostalon rakenneratkaisut

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Rakennetekniikka
Opinnäytetyö
2.5.2011

Tekijä Otsikko	Kaisa Virta Nollaenergiakerrostalon rakenneratkaisut
Sivumäärä Aika	54 sivua 2.5.2011
Tutkinto	Rakennustekniikan insinööri
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Rakennuspäällikkö Iikka Leskelä Lehtori Eric Pollock
<p>Tämä insinööri työ tehtiin NCC Rakennus Oy:lle. Yritys on yksi Suomen suurimmista asun- torakennusliikkeistä. Energiatehokkuusmääräykset tulevat muuttumaan vuoteen 2020 mennessä niin, että kaikki rakennettavat uudiskohteet tulee olla lähes nollaenergiataloja. Työn tavoitteeksi asetettiin löytää pääkaupunkiseudulle sijoittuvan nollaenergiakerrostalon rakenneratkaisut niin, että rakennuksen lämmitysenergiantarve olisi noin 15 kWh/m²/vuosi. Työ rajattiin käsittelemään pelkkää rakenneratkaisua, talotekniset ja talou- delliset puolet kuitenkin sivuavasti huomioiden. Jotta rakenneratkaisua saatiin testattua teoriassa, valittiin NCC:n oma, rakennusvaiheessa oleva, asuinkerrostaloprojekti malliksi lämmitysenergiantarpeen laskentaa varten.</p> <p>Tutkimustyö aloitettiin tutustumalla vuoden 2010 energiamääräyksiin ja vuonna 2012 voi- maan astuviin muutoksiin. Seuraavana tutustuttiin Ruotsin NCC:n passiivitalokohteisiin ja siellä vallitseviin rakennustapoihin. Suurimmaksi tiedon lähteeksi työn ohelle tuli kuitenkin Suomen ensimmäinen nollaenergiakerrostalo Kuopiosta. Kohteessa vierailtiin 2011 vuoden tammikuussa. Työn edetessä tutustuttiin tarkemmin rakennuksen energiaselvitykseen ja vuonna 2012 energialukuun vaikuttaviin erilaisiin energiamuotoihin. Edellä mainittujen pohjalta luotiin vaipparakenne NCC:n nollaenergiakerrostaloon ja laskettiin kyseisellä ra- kenteella mallirakennuksen lämmitysenergiatarve.</p> <p>Mallikohde Tsinnian rakenne muuttui eristepaksuuksien, ilmanvuotoluvun sekä lämmöntal- teenottolaitteen kohdalla. Lisäksi runsaasta määrästä ikkunoita jouduttiin vähentämään reilu kolmannes. Tulokseksi saatiin teoreettinen malli lämmitysenergiantarpeen tavoitteen saavuttaneesta, viihtyisästä ja arkkitehtuurisesti haastavasta nollaenergiakerrostalosta. Mallin ohelle laadittiin selvitys projektin suunnitteluun ja toteutukseen liittyvistä huomiois- ta.</p> <p>Työ antaa pohjan monelle jatkotutkimukselle. Rakennuskustannusten sekä uuden talotek- niikan tuomien alun investointien takaisinmaksuaika tulee selvittää. Lisäksi on hyvä pereh- tyä tarkemmin talotekniikan ja uusiutuvan energiantuoton moniin mahdollisuuksiin nolla- energiakohteessa.</p>	
Avainsanat	Nollaenergiakerrostalo, nollaenergiarakenneratkaisut, lämmi- tysenergiantarve, nollaenergiahankkeen toteutus

Author Title	Kaisa Virta Structure Solutions of 0-energy Apartment Building
Number of Pages Date	54 pages 2 May 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructors	Ilkka Leskelä, Manager of Construction Eric Pollock, Lecturer
<p>This graduate study was done for NCC Rakennus Oy, one of the biggest apartment building contractors in Finland. The government has established the changes for regulations in energy efficiency in 2020, goal is to construct only nearly 0-energy buildings. The objective for this graduate study was to find envelope structures for 0-energy apartment building in the metropolitan area, with 15 kWh/m²/year of need of heating energy. The study was limited to involve only the envelope structures, but also to consider the building services and the cost of the construction. Chosen structure for the envelope and the amount of the heating energy that the structure would need was tested within a real NCC:s apartment building project.</p> <p>The research was started by getting acquainted with the regulations on energy efficiency and the changes for 2012 regulations. The next step was to familiarize with passive house construction of NCC Sweden. The biggest source for the information was the first 0-energy apartment building of Finland in Kuopio. A study visit was made to Kuopio in January 2011. As the study proceeded, also the energy report of the construction and the influence of energy form for year 2012 was studied. Based on the conducted research, the envelope structures were created. The need of heating energy for the envelope structures was calculated.</p> <p>Model project Tsinnia had some changes with thickness of insulation, air-tightness and heat recovery. Also, the number of windows was decreased by more than a third. As a result, a model was created of a comfortable and architecturally challenging 0-energy house. Beside the model, a clarification was given of the observations made when planning and implementing the project.</p> <p>This study provides a basis for much further research. The pay-back-time of the cost of investments in the beginning of a construction project needs to be clarified. Also, it is important to study further the house technology and the many possibilities of revenue of renewable energy for 0-energy houses.</p>	
Keywords	0-energy apartment building, envelope structures for 0-energy, need of heating energy, execution of 0-energy project

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Määritelmät	1
1 Johdanto	3
1.1 Taustaa	3
1.2 Tutkimusongelma ja työn tavoitteet	3
1.3 Tutkimuksen rajaus ja toteutustapa	5
2 Energiatehokas rakentaminen	6
2.1 Ympäristöministeriö laatii energiamääräykset	7
2.2 Energiamääräykset vuonna 2012	8
2.3 Energiatehokkuuden parantamisen tuomat lisäkustannukset	12
2.4 Rakennratkaisut ja rakentamisen toteutus	15
2.5 Kuopion kohde – ensimmäinen Suomen nollaenergiakerrostalo	18
2.5.1 Mitä tarkoittaa nollaenergiataso Kuopion kohteessa?	19
2.5.2 Kohteessa täyttyvät nollaenergiatalomääritelmät	21
2.5.3 Kohteen talotekniikka	21
2.5.4 Kohteen rakenne	23
2.5.5 Yhteenveto Kuopiosta	26
2.6 Ruotsin passiivirakentaminen	27
2.6.1 Oma perusteinen passiivikerrostalokohde	28
2.7 Puukerrostalorakentamisesta trendi Suomeen	29
3 NCC:n nollaenergiakerrostalo	31
3.1 Vaipparatkaisut	32
3.2 Ilmatiiveys	34
3.3 Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto	34
3.4 Talotekniikka	35
3.5 Nollaenergiahankkeen läpiviennistä yleisesti	36
3.6 Vaihtoehtoiset rakennratkaisut betonirungon tilalle	38
4 Nollaenergiaratkaisujen testaus	38

4.1	Tsinnian mallitalo	39
4.1.1	Tsinnia, mallirakennuksen rakenteet	40
4.2	Malliratkaisu	42
4.2.1	Rakennuksen läpi johtuvan energian määrä	43
4.2.2	Vuotoilman tarvitsema energia	45
4.2.3	Ilmanvaihdon lämpöhäviöenergia	46
4.2.4	Muut lämpöenergiaa vievät laitteet ja systeemit	46
5	Tulos	48
6	Yhteenveto	51
	Lähteet	53

Määritelmät

E-luvulla kuvataan rakennuksen energiatehokkuutta. E-luvun yksikkö on $[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$ ja se osoittaa rakennuksen laskennallisen netto-ostoenergian vuotuisen kulutuksen lämmitettyä nettolattia-alaa kohden kerrottuna energialähteen energiamuotokertoimella. [8.]

Energiamuotokerroin on energialähteen tai energiantuotantomuodon (öljy, sähkö, puu jne.) kerroin, jolla kyseisellä energiamuodolla tuotettu energia kerrotaan E-luvun laskemiseksi. 1 kWh esim. sähköllä tuotettua energiaa ei siis ole E-luvun laskemisessa samanarvoista, kuin 1 kWh öljyllä tai pelletillä tuotettua energiaa. Näillä kertoimilla on pyritty saattamaan eri energiamuodot laskennassa ympäristövaikutuksiltaan samanarvoisiksi. [8.]

Ilmaisenergia tarkoittaa rakennuksen sisäisiä lämpökuormia. Se on huoneistossa toimivien laitteiden, ihmisten, valaistuksen ja auringon valon aiheuttamaa lämpöenergiaa. Ilmaisenergian määrään vaikuttaa edellä mainittujen määrän lisäksi erikoislasitetut ikkunat, talon massoittelu ja suuntaus. [24.]

LTO:n hyötysuhde kuvaa ilmanvaihdon poistoilman lämmön talteenoton vuosihyötysuhdetta [22.].

$N50/q50$ kuvaa rakennuksen ilmatiivyyttä. Uusissa määräyksissä ilmanvuotolukua kuvaa $q50$, joka lasketaan aiemmin käytössä olleesta $n50$ -luvusta kertomalla $n50$ -luku rakennuksen tilavuudella ja jakamalla tulos rakennuksen vaipan sisäpinta-alalla. Ilmatiivyyden yksikkö on $[\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)]$. Rakennusvaipan ilmanpitävyys tulee osoittaa mitaamalla. [25.]

Nollaenergiatalo on rakennus, joka tuottaa energiaa yhtä paljon kuin kuluttaa. Kokonaiskulutuksen summa vuositasolla on nolla [16.]. Tarkkaa määritelmää ei vielä ole ja energiataseen laskennassakin voidaan käyttää eri periaatteita: myydyin ja ostetun energian summa on sama, energialähteenä on ainoastaan uusiutuvaa energiaa tuotet-

tuna kiinteistössä tai ulkopuolella tai rakennus on riippumaton muista energianlähteistä.

Passiivitalo määritellään sen tilojen lämmitysenergian tarpeen perusteella. Rakennuksen lämmitystapaan tai energiankulutukseen ei oteta kantaa. Passiivitalon toteuttamiseksi on pystyttävä pienentämään lämmityksen energiantarvetta ulkovaipan ja ilmanvaihdon lämpöhäviöitä pienentämällä. [2.]

Rakennuksen energiankulutuksella tarkoitetaan vuotuista lämmitykseen, sähkölaitteisiin ja jäähdytykseen yhteensä kulutettu energiamäärää [27, s. 23].

U-arvo on lämmönläpäisykerroin, joka kuvaa rakennuksen eri rakennusosien lämmöneristyskykyä [25, s. 17].

Vaipparakenteet ovat rakennuksen ne rakenneosat, jotka erottavat rakennuksen lämmöneristetyt osat ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta. Vaipan osia ovat ulkoseinät, yläpohja ja alapohja sekä ulko-ovet ja ulkoikkunat.

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Tämä insinööriyö tehdään NCC Rakennus Oy:lle. NCC Rakennus Oy:n liiketoimintalueita ovat rakentaminen, asuminen, kiinteistöjen kehittäminen sekä tie- ja maanrakentaminen. Optiplan on konserniin kuuluva täyden palvelun suunnittelutoimisto. NCC:n asiakaskuntaan kuuluvat mm. asunnon tarvitsijat, toimitiloja sekä liike- ja kaupapaikkoja tarvitsevat yritykset sekä valtio ja kunnat. Suomen NCC rakentaa Suomessa, Baltiassa ja Venäjällä.

NCC:n strategia on olla luova ja vastuullinen rakennetun ympäristön kehittäjä ja rakentaja. NCC onkin aloittanut ohjelman nimeltä Green NCC. Green:in haasteiksi on luokiteltu mm. ilmastonmuutos ja kestävän kehityksen vaatimukset, johon sisältyy energiansäästö, päästöjen vähentäminen, hajautetut energiaratkaisut ja omavaraisuus. NCC Green on Suomen suurimpiin rakennusliikkeisiin kuuluvan NCC Rakennus Oy:n vastuunotto rakennetun ympäristön muokkaamisesta energiatehokkaaksi ja ympäristöä mahdollisimman vähän kuormittavaksi toimintamuodoksi. NCC haluaa olla edelläkävijänä suurten yritysten joukossa ja kehittää rakentamisensa vastaamaan yhteisiä tavoitteita energiatehokkuuden lisäämiseksi ja ympäristön suojelemiseksi.

Rakentamisen energiamääräysten tiukentuessa melkeinpä joka toinen vuosi ja yhteisten energiansäästötavoitteiden suunnatessa lujaa vauhtia kohti ympäristöystävällisempiä ratkaisuja, on NCC:n myös uudistettava ympäristöystävällisiä tavoitteitaan. Tästä johtuen uudistetaan myös Green NCC. Yhdeksi Green 2.0 -toimintaohjelman tavoitteeksi tulee nollaenergiatalon toteutus vuoteen 2014 mennessä. Hyvän toimintakokonaisuuden suunnittelu on tärkeää aloittaa jo nyt, jotta toteutuksen aikana selvittäisiin ilman vastoinkäymisiä suunnittelun ja tutkimusten puutteellisuudesta johtuen.

1.2 Tutkimusongelma ja työn tavoitteet

Insinööriyön tavoitteena on tuoda esille toimivia ratkaisuja nollaenergiarakentamiseen kerrostalokohteissa. Idea insinööriyölle on lähtöisin valtion tavoitteesta uudisrakentamisen muuttamisesta täysin nollaenergiarakentamiseen vuoteen 2020 mennessä [1.].

Viimeistään nyt intressit ekologiseen rakentamiseen on otettava huomioon määräysten siirtyessä kohti nollaenergiarakentamista. Tuleviin määräyksiin varautuessa jo nyt, luodaan hyvät edellytykset olla kilpailutilanteessa asiantuntevampi ja kokeneempi yritys tulevaisuuden määräysten täyttävänä rakennuttajana. Tämän insinööriyön aloittaessa prosessin nollaenergiarakentamiseen tutustumisesta, on seuraavien lopputöiden aiheiden hyvä jatkaa tämän työn osa-alueisiin syventymisestä esimerkiksi taloteknisten ratkaisujen jäaden pelkäksi esittelyksi tämän työn osalta.

Tässä työssä etsitään nollaenergiarakentamiseen sopivia rakenneratkaisuja. Ideana on kehittää teoriassa malli nollaenergiatalon vaipasta jo olemassa olevan NCC:n omarahtteisen A-luokan asuinkerrostalon avulla. Rakenneratkaisu tarkoittaa pelkistettyä mallia rakenteen vaipasta, joka täyttää asetetun tavoitteen lämmitysenergian määräs-tä. Nollaenergiatalon ratkaisuja kustannuksineen ja työmäärineen yritetään sovittaa tehtäväksi A-luokan asuinkerrostaloon verrattavilla lukemilla, mutta näihin asioihin työssä perehdytään vain pintapuolisesti. Tavoitteena on teoriassa saada aikaiseksi toteutuskelpoinen ja energiatehokas malli nollaenergiakerrostalosta.

Rakennuksen lämmitysenergian määrän tavoitteeksi asetetaan 15 kWh/brm²/a, passiivitalon lämmitysenergiantarvetta mukaillen. Passiivitalon lämmitysenergian tarve vaihtelee Suomessa leveysasteesta riippuen - pääkaupunkiseudulla, minne tutkimustyön nollaenergiatalo sijoittuu, se on alle 20 kWh/ brm²/a [2.]. Lähtökohtana työssä pidetään, että nollaenergiatalo on passiivitalo, jolla on oma/omia energiantuotantotapoja uusiutuvaa, päästötöntä energiaa hyödyntäen. Tämän 15 kWh/brm²a lämmitysenergi-an määrän on ajateltu täsmäävän todellisemmin nollaenergiatasoon, mikäli nollaenergiatalon lämmitysenergian määräksi edes voi asettaa arvoa. Vielä ei tiedetä miten energiatodistukseen tullaan liittämän oma sähkön- ja lämmöntuotanto ja ylijäävä sähkö tai lämpö, joten energiatodistukseen tulevaa E-lukua ei tämän takia tässä työssä laske-ta.

Apuna työssä tarkastellaan Kuopiossa alkukevästä 2011 valmistunutta nollaenergia-asuinkerrostaloa sekä tutustutaan hieman Ruotsin passiivirakentamisen käytäntöihin. Kuopion nollaenergiatalosta sekä Ruotsin passiivitalorakentamisesta kerätään informaatiota, jota hyödynnetään kootessa Suomen NCC:lle sopivaa nollaenergiakerrostalon rakenneratkaisua. Tutkitun tiedon avulla muutetaan NCC:n rakenteilla olevan matala-

energiakerrostalokohteen rakenteet halutulle nollaenergiakohteen tasolle, sekä laskeaan näillä rakenteilla sekä mallikohteen laajuustiedoilla rakennukselle lämmitysenergiatarve.

1.3 Tutkimuksen rajaus ja toteutustapa

Työssä keskitytään rakennuksen suunnitteluun nollaenergiataloksi sen vaipanrakenteen osalta. Talotekniikkaan otetaan kantaa yleisellä tasolla tutkimuksen valoittamissa rajoissa, mutta sen syvällisemmin ei talotekniikkaan puututa. Hankkeen kulkuun ei oteta kantaa, muuten kuin esimerkkikohteissa hyväksi havaittujen ratkaisuiden toteuttamista myös NCC:n nollaenergiakerrostalon suunnittelussa, laite- ja materiaalivalinnoissa sekä aikataulullisten haasteiden kohdalla.

Työtä yksinkertaistetaan niin, että rakenteissa ei oteta kantaa liitoksiin vaan U-arvot lasketaan yksinkertaisesti ulkoseinälle, alapohjalle, yläpohjalle, ikkunoille ja oville. Vaikkakin mallikohteessa on paljon erilaisia ikkunoita, ulkoseinärakenteita, alapohjia ja yläpohjia, otetaan työssä lähinnä vaan huomioon talon arkkitehtuurisesti monimutkainen talon muoto, joka passiivirakenteelle saattaa tuoda haasteita, sekä asuntojen määrä, eli lähinnä rakennuksen ulkomuoto.

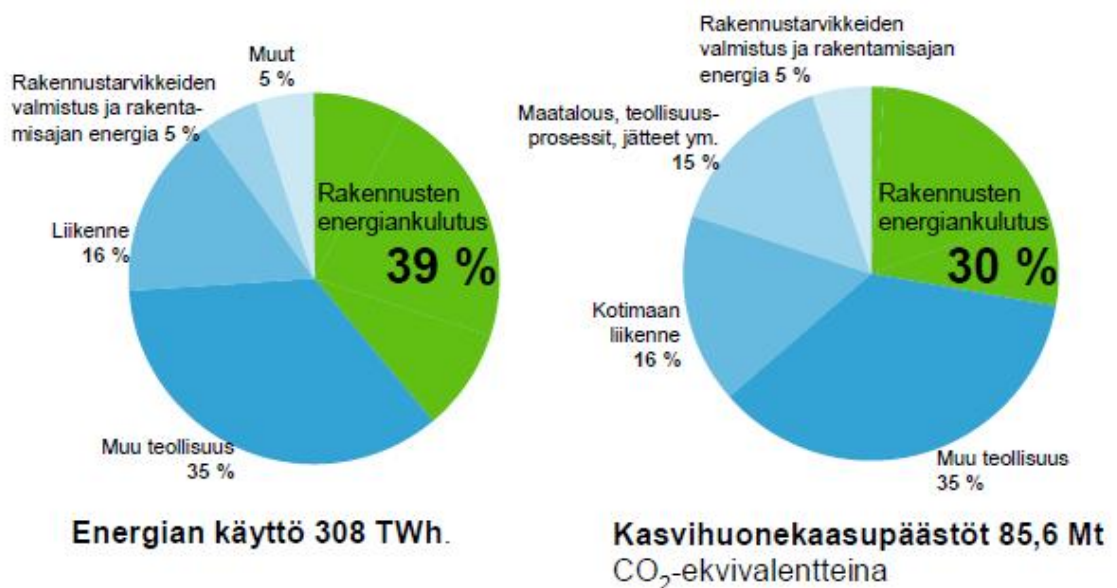
Tässä insinööriyössä rakenteet pyritään suunnittelemaan niin, että ne täyttävät määräykset vielä jopa vuonna 2020. Vuoden 2012 määräykset tuovat mukaan energiamuotokerrointen huomioimisen kokonaisenergiatarkasteluun. Niiden laskentakaavoista ja energiakertoimien huomioimisesta ei kuitenkaan ole vielä laajaa osaamista. Tässä insinööriyössä ei tämän vuoksi lasketa energiakertoimilla energiamääriä, vaan keskitytään uusiutuvan energian tuoton mahdollisuuksiin kerrostaloissa ja energian mahdollisimman pieneen kulutukseen. Näkökulmana rakenneratkaisuissa on energiatehokkuus, ja kaikilla tavoin pyritään löytämään tiiviit rakenteet.

Työssä huomioidaan myös rakenteiden muutosten tuoma taloudellinen puoli, joka nollaenergiakohteessa on todennäköisemmin nykyisten määräysten täyttävää normaali-kohdetta suurempi. Nollaenergiakohteessa on panostettava työn laatuun ja valvontaan, joka vie enemmän aikaresursseja muun muassa työnjohdolta useampien mittausten ja tarkastusten suorittamisessa verrattuna normaalikohteeseen, jossa esimerkiksi tiiveysmittaukset hoidetaan yhdellä kerralla ja satunnaisotoksina. Nollaenergiakohteen vielä

tällä hetkellä markkinoilla vähemmän kilpailutetut rakenneosat kuten tiiviimmät runko-seinäelementit maksavat hieman normaalia runkoseinäelementtiä enemmän niiden ollessa monimutkaisempia työstää. Myös talotekniikan kustannukset ovat nollaenergiakerrostalossa suuremmat hyötysuhteeltaan energiatehokkaampien laitteiden sekä oman uusiutuvan energiantuoton laitteiden kustannuksista johtuen. Moninaiset vaihtoehdot nollaenergiarakentamisen toteutukseksi mahdollistavat kuitenkin erisuuruisia kustannuksia, jotka itsessään ovat jo oman insinööriyön aihe, samoin kuin nollaenergiatalon talotekniikka ja sen eri variaatiot. Rahoitusta tarkastellaan siltä osin, että tutkitaan yritysten mahdollisuutta saada tukea valtion rahastoilta tai kehittämiskeskuksilta.

2 Energiatehokas rakentaminen

Ilmastonmuutos on todellinen uhka maapallolla mikäli energiankulutukseen ja energiantuotantomuotoihin ei puututa. Rakennusalalla on merkittävä rooli ilmastonmuutoksen torjunnassa [3.]. Rakentaminen sekä rakennukset käyttävät yli 40 % maailman energiankulutuksesta (kuvio 1). Lisättyä rakentamisen osuus teollisuudessa, on energiakulutus rakennuksissa vieläkin enemmän. Rakennuspalvelujen tarjoajana NCC haluaa ottaa vastuun hiilijalanjäljen pienentämisestä. Rakennusliikkeiden lisäksi kuluttajat ovat tietoisempia hiilijalanjäljestään ja kysyntä ympäristöystävällisemmille rakentamisen ratkaisuille kasvaa.



Kuvio 1. Rakennusten energiankäytön osuus on 39 % maamme energiankulutuksesta ja 30 % hiilidioksidipäästöistä [4.].

Ilmastonmuutokseen vaikuttaa meidän jokaisen toiminta, ja siksi jokaisen osapuolen yhteistyö on avain ilmastonmuutoksen pysäyttämisen onnistumiseen. Rakennusten energiankäytön pienentämisellä voidaan vaikuttaa energiankäytöstä aiheutuvien päästöjen määrään.

Ympäristönäkökulman lisäksi energiaa säästävällä rakentamisella pyritään päästä myös matalampiin energiakustannuksiin. Energian hinnan jatkuva kallistuminen ja pyrkimykset pienentää energian käytöstä johtuvia emissioita, painottavat energian tehokkaan käytön ja energiansäästön merkitystä. Kyse ei ole siis pelkästään energiankäytön ympäristövaikutuksista, vaan samalla energiankäytön taloudellisista vaikutuksista. Energian kallistumiseen liittyy uusiutumattomien energiavarojen hupeneminen, joka taas kannustaa uusiutuvien, vähemmän ympäristöä kuormittavien energiamuotojen käyttöön. Uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö on ehdoton kriteeri päästöjen vähentämiseen energiatehokkaimpien rakenneratkaisujen ohella. Teknologian kehittyessä jatkuvasti, pystytään uusiutuvaa energiaa, kuten aurinkoenergiaa, tuulienergiaa, vesienenergiaa ja maalämpöä, hyödyntämään tehokkaammin ja pienemmin kustannuksin.

2.1 Ympäristöministeriö laatii energiamääräykset

EU on sitoutunut vähentämään päästöjään 20 prosenttia vuoden 1990 tasosta, tavoitteena 80 prosenttia vähentäminen vuoteen 2050 mennessä. Myös uusiutuvien energiamuotojen käyttö on määrätty kattamaan 20 prosenttia sähkön, lämmityksen, jäähdytyksen ja liikenteen energian kulutuksesta [5.].

Valtionhallinnon tavoite vuoden 2015 jälkeen on, että kaikki rakennettavat, korjattavat ja vuokrattavat rakennukset olisivat passiivitaloja ja vuoteen 2020 mennessä uudet rakennukset olisivat lähes nollaenergiataloja, joka tarkoittaa sitä, että tarkasteltavan rakennuksen lämmitysenergian tarve tulisi olla käytännössä noin 20 kWh/m²/vuosi [6.].

Hallituksessa käydään jatkuvaa keskustelua energiamääräysten kiristymisen suuruudesta. Edellä mainittu tavoite saattaa hyvinkin jäädä vielä haaveeksi tai vaan ohjeistavaksi tavoitteeksi, ei niinkään määräykseksi. Ensinnäkin rakennusala mietityttää lisäkustannusten suuruus ministeriön lupaillessa vain parin prosentin nousua kustannuksissa rakennettaessa energiamääräyksiä täyttäviä taloja. Myöskin energiamuotojen kertoimista

käydään taistelua eikä niiden suuruudestakaan ole varmaa tietoa. Sillä, lämmitetäänkö rakenteiltaan passiivitaloksi suunniteltu talo uusiutumattomalla vai uusiutuvalla energialla, on suurin merkitys energialaskelmissa ja sen merkityksellisyydestä väännetään kättä asiantuntijoiden ollessa montaa mieltä asiasta. [7.]

Ympäristöministeriön laatimat ehdotukset energiamuotokertoimille, monimutkaisille energialaskelmille ja uusiutuvan energian minimimäärälle puhuttaa rakennusala ja siitä onkin tehty monia lausuntoja ympäristöministeriön ajatusta vastaan. RIL:in mukaan energiasäästötoimenpiteet eivät ole järkeviä niiden takaisinmaksuajan noustessa jopa yli rakennuksen elinkaaren. Rakennustarkastajat taas vaativat yksinkertaisempia pelisääntöjä osoittamaan rakennukset energiamääräysten mukaisiksi. Lisäksi ammattilaisia puhututtaa kiireellä tehtyjen ratkaisujen lisäävän virheiden mahdollisuuksia, muutoksien jyrätessä tieltään loppujen lopuksi järkevät ja pitkällä aikavälillä tehokkaammat ratkaisut. [7.]

Alkuvuodesta 2011 tilanne energiamääräysten ja energiatavoitteiden kannalta on muuttunut jatkuvasti. Maaliskuun lopulla ympäristöministeriö antoi uudet rakentamisen energiamääräykset koskien uudistuotantoa. Määräysten tuoma suurin muutos on siirtyminen kokonaisenergiatarkasteluun osakohtaisista vaatimuksista energiatehokkuuden suunnittelussa. Rakennuksen kokonaisenergiankäytölle asetetaan tietty vaatimustaso, joka saavutetaan vapaasti valittavilla energiaratkaisuilla. Kokonaisenergiatarkastelussa on otettu huomioon energiamuodot. Kokonaisenergiatarkastelu on välttämätön edellytys nollaenergiarakentamiseen, sillä nollaenergiarakentamiseen löytyy lukemattomia ratkaisuja erilaisten energian käytön ja tuoton ratkaisuisissa. Tämän odotetaan lisäävän kilpailua erilaisten rakennusratkaisujen välillä, kun kaikki ratkaisut ovat samalla viivalla. Nyt energiaratkaisut voidaan valita hankekohtaisesti kustannustehokkaimmiksi. Näin ollen energiamääräysten muutokset ja energiatehokkuuden parantaminen mahdollistavat myös rakennuskustannusten alenemisen. [8.]

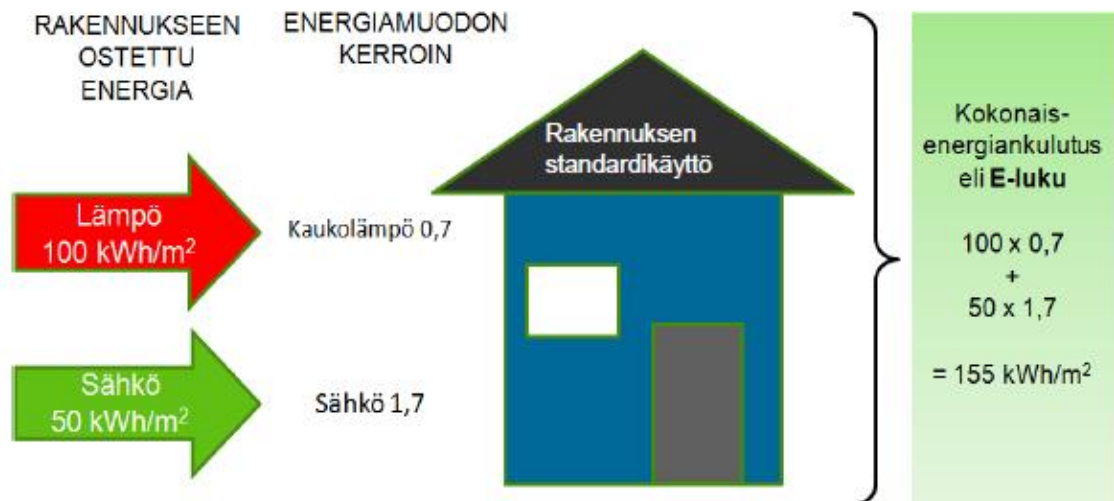
2.2 Energiamääräykset vuonna 2012

1.7.2012 astuu voimaan jälleen kiristyneet energiamääräykset. Tasoa halutaan kiristää 20 % vuoden 2010 määräyksistä, jotka jo itsessään kiristyivät 30-40 % vuoden 2007

määräyksistä. Vauhti on siis hurja, ja rakennusalan on tehtävä suuria ponnisteluja pysyäkseen ministeriön sanelemassa tahdissa.

Nyt siis samalla kun pitäisi rakentaa tuottavuuden ja kilpailun takia halvalla ja nopeasti, tulisi laadun myös parantua hurjasti, jotta tiiveys ja toimivuus asumisen edellytykset täytäten toteutuisivat. Suureksi tekijäksi asettuu osaaminen ja erittäin huolellinen suunnittelu, jotta koko systeemi olisi järkevä pitkällä tähtäimellä. Nyt rakennetaan 2050-luvun taloja, niin kuin asunministeri Jan Vapaavuori uusien energiamääräysten tiimoilta lausui maaliskuussa 2011[9.]. Tämä tosiasia herättää huomion siihen, että ratkaisut, millä nollaenergiatalo toteutetaan, ovat kauaskantoisia eikä virheisiin ja kokeiluihin ole varaa. Tämä seikka on varmaan myös monen rakennusalan ammattilaisen päällimmäisenä mietteenä, sillä kukaan ei halua virheitä omaksi syykseen. Nopea eteneminen energiaratkaisuissa on välttämätöntä kyllä, mutta onko vauhti kuitenkin liian nopea virheiden poissulkemiseksi? [7.]

Energiamääräykset muuttuvat vuonna 2012 ilmastotavoitteet, rakennuskannan pitkäaikaiset vaikutukset, taloudellisuus ja kustannustehokkuus huomioiden. Rakennusten osuus energian loppukäytöstä Suomessa halutaan pienentää. Määräykset koskevat vain uudisrakentamista siirryttäessä kokonaisenergiatarkasteluun. Energiamuodoille tulee energiatarkastelussa laskettavat kertoimet: kerroin on sitä suurempi mitä enemmän energianlähde kuormittaa luontoa. Keskimääräinen tasonkirstys nykyiseen määräystasoon verrattuna on noin 20 %. Määräykset koskevat kaikkia uusia asuinrakennuksia, toimitiloja, sairaaloita, päiväkoteja, talviasuttavia loma-asuntoja jne. Energiatarkastelussa siirrytään vanhasta lämpöhäviöitä koskevasta energiatarkastelusta kokonaisenergiatarkasteluun, johon sisältyy lämmityksen lisäksi ilmanvaihto, kuluttajalaitteet, valaistus ja lämminvesi. Rakennusluvan edellytyksenä on vuotuinen E-luku, joka asuinkerrostalolla on 130 kWh/m²/vuosi. Kuviossa 2 on esitettyä energiamuodon vaikutus kokonaisenergiankulutukseen. [8.]



Kuvio 2. E-luvun laskentaesimerkki kaukolämmöstä. [8.]

Kertoimet kuvaavat siis luonnonvarojen kulutusta. Fossiilisia energialähteitä käytettynä energiamuodonkerroin on 1, sähköllä 1,7, kaukolämmöllä 0,7 ja uusiutuvilla 0,5 [8.].

Vanha energiatehokkuusluku muuttuu siis energialuvuksi, kun mukaan tulee energiamuotokertoimet. Energiamuotokertoimilla pyritään ohjaamaan rakennusta käyttämään uusiutuvia luonnonvaroja hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. E-lukukertoimien muuttaminen tarkoittaa käytännössä sitä, että 2010 määräyksillä valmistetut A-energianluokan talot saattavat hypätä energialuokkaan C. Kuviossa 3 on esitetty energiatehokkuusluvun muuttuminen energialuvuksi. [10.]

Taulukko 1. Optiplanin malliesimerkki asuinrakennuksen energiatehokkuusluvun muuttumisesta energialuvuksi. [10.]

	ET-luku kWh/brm ² ,vuosi	E-luku kWh/m ² ,vuosi
Lämpöenergia	77,0	84,8 * 0,7 = 59,3 (ilmanvaihdon ja märkätilojen lämmitys vesikiertoisena)
Sähköenergia • kiinteistö sähkö • asukassähkö	21,4 -	8,8 * 2 = 17,5 30,7 * 2 = 61,3 (asukkaiden valaistus- ja laitesähkö)
Yhteensä	99	138

Uudet energiamääräykset vaativat uudistunutta talotekniikkaa sekä tiiviimpiä rakenneratkaisuja. Rakenneratkaisut energiatehokkaaseen rakentamiseen ovat olleet olemassa jo pitkään. Niin sanotun nollaenergiatason taloja on rakennettu jo 1990-luvulla ja niissä käytetyt ratkaisut on todettu toimiviksi, kun näiden talojen lämmitykseen käytettävän energian määrää verrataan haluttuun nollaenergiatasoon. Nollaenergiatason lämmitysenergian määrää ei siis ole missään tarkkaan määritetty, syynä nollaenergiatasoon pääsemisen monet eri ratkaisut. Tässä työssä se raja asetetaan kuitenkin noin 15 kWh/m²/vuosi, jonka ajatellaan olevan järkevällä tasolla uusiutuvan energian tuoton määrän mahdollisuudet huomioiden.

Taulukko 2. Optiplanin esitys energiamääräyksistä vuonna 2012 Green-seminaarissa 18.10.2010 [10.]

Osa-alue	Määräystaso						
	1976	1978	1985	2003	2008	2010	2012
Rakenteiden U-arvot, W/m ² ,K							
Ulkoseinä	0,40	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Yläpohja	0,35	0,23	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Alapohja, maanvarainen	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Maanvastainen seinä	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ikkunat	2,10	2,10	2,10	1,40	1,40	1,00	1,0
Ulko-ovet	0,70	0,70	0,70	1,40	1,40	1,00	1,0
Rakennuksen tiiveys, Ilmavuotoluku n ₅₀ , 1/h	6,0	6,0	6,0	4,0	4,0	2,0	~1,38* ~0,82** ~0,78*** 2,0
Ilmavuotoluku q ₅₀ , m ³ /(h m ²)							
Ilmanvaihdon LTO-vuosihyötysuhde, %	0	0	0	30	30	45	45
Ilmanvaihdon ominaissähkötehokkuus, kW / m ³ /s	1,0	1,0	1,0	2,5	2,5	2,5	2,0

* laskettu tyypilliselle asuinkerrostalolle (yli 5 kerrosta)

** laskettu tyypilliselle BP toimistorakennukselle (yli 5 kerrosta)

*** laskettu tyypilliselle kauppapaikalle (2 kerrosta)

Kuten yllä esitetystä taulukosta 2 nähdään, U-arvot eivät muutu vuonna 2012 määräyksissä. Energiamääräyksissä otetaankin nyt kantaa kulutettavan energian lähteisiin sekä talotekniikkaan. Nollaenergiatalon yhden elementin eli uusiutuvan energian käyttö ja tuotto sekä siihen liittyvät määräykset jätettiin vuoden 2012 energiamääräyksistä pois sen tuntuessa vielä liian suurelta harppaukselta muiden määräysten ohella rakennusteollisuudelle. Uusiutuvan energian käyttö tullaan ohjaamaan siis vielä tässä vaiheessa pelkällä E-luvun kertoimella.

2.3 Energiatehokkuuden parantamisen tuomat lisäkustannukset

Uudet 2012 energiamääräykset eivät välttämättä tuo rakentamiseen lisäkustannuksia, vaan saattavat jopa vähentää niitä, kun käytön tuomat kustannukset pienenevät. Tämä kuitenkin edellyttää oikeiden ratkaisujen käyttämisen oikeassa paikassa. Energiatehokkaaseen rakentamiseen tuo kuitenkin lisäkustannuksia uusiutuvaa energiaa tuottavat talotekniikkaratkaisut. Nämä eivät kuitenkaan 2012 määräyksien mukaan ole vielä pakollisia, mutta mikäli nollaenergiataloon pyritään, on ne otettava huomioon.

Nollaenergiatalon rakentamisen kustannukset saattavat nousta tämän päivän normaali-talon rakennuskustannuksia korkeammaksi tuotannolle monimutkaisempien rakennus-elementtien, suunnittelukustannusten ja tehokkaampien sekä näin ollen myös hieman kalliimpien taloteknisten ratkaisujen kustannuksista johtuen. Vaikkakin valtio määrää

rakentamisen siirtyvän energiatehokkaaseen rakentamiseen, on sijoittajalle kuitenkin selvitettävä ja perusteltava syyt suuriin investointeihin rakentamisen alussa. Sijoittajien intressit kohdistuvat kustannustehokkaisiin ratkaisuihin, joten energiatehokkaamman rakentamisen alun kustannuksien selvityksessä on hyvä ottaa avuksi asiantuntijoiden laskelmat elinkaaren aikana tapahtuvasta takaisinmaksuajasta.

Energiatehokkuuteen investointi pienentää käytönajankustannuksia. Taulukossa 3 on esitettyä vuoden 2012 määräyksillä lasketut rakennuskustannukset. Taulukosta voidaan päätellä, että energiatehokas rakentaminen ei välttämättä tuo lisäkustannuksia. [8.]

Taulukko 3. Energiatehokkuuden kiristyminen antaa mahdollisuuden myös rakennuskustannusten pienentymiselle. [8.]

	2012 määräysten lisäkustannus (€/m ²)	2012 määräysten lisäkustannus (%)	Nykymääräysten mukainen rakennuskustannus (€/m ²)
Pientalo	-40 ... +120	-1,8 ... +5,4	2222
Kerrostalo	-30 ... +25	-1,2 ... +1,0	2500
Toimistotalo	-20 ... 0	-1,1 ... 0	1818

Talotekniikka tuo nollaenergiarakentamiseen suurimmat kustannukset. Talotekniikan osuus voi olla rakennuskustannuksista jopa kolmannes. Varsinkin markkinoiden ollessa vielä tuoreet uusiutuvaa energiaa tuottavien ratkaisujen alueella, on selvää että kustannuksiltaan järkeviin taloteknisiin ratkaisuihin päästään vasta pidemmän kokemuksen, tarkan suunnittelun ja tutkimusten tuloksena.

Energiatehokkaan rakentamisen rahoittaminen on tähän asti ollut täysin kiinni sijoittajan omasta intressistä. Määräyksiä muuttuminen ohjaa rakentamista energiatehokkaampaan suuntaan. Kuitenkin nollaenergiahankkeeseen sijoittaminen tulee lähteä tilaajan ja rakennusprojektin yhteistyökumppaneiden yhteisestä tavoitteesta. Nollaenergiahankkeen suurimmat rakennuskustannukset menee talotekniikkaan ja suunnittelun ja oikeiden ratkaisujen löytäminen ja kehittäminen vie oman siivunsa. Tällaisissa

hankkeissa onkin erittäin tärkeää panostaa suunnitteluun ja rakentamisen valmisteluihin.

Rakentamisen kustannuksiin nollaenergiahankkeessa on hyvät mahdollisuudet saada tukea valtion rahastoilta kuten TEKESiltä ja SITRALta, näiden tukiessa suurten ja pienten yritysten toiminnan kehittämistä ja uusien innovaatioiden käytäntöön panoa. TEKESin ja SITRAn toiminnan tarkoitus on edistää ja kehittää Suomea, sen talouden kasvua ja kansainvälistä kilpailukykyä. SITRAn tukirahoitus perustuu sen käynnissä oleviin toimintaohjelmiin, johon yritykset voivat hakea mukaan. Toimintaohjelma perustetaan aina edesauttamaan jonkin alan kehitystä yhteisen hyvän saavuttamiseksi. Ohjelman antaman tuen kohteena on jonkin yrityksen tai yhteisön toiminnan kehittäminen yleis-työhyödyllisempiin ratkaisuihin ja toimintaperiaatteisiin, kuten kestävä kehityksen tukemiseen. Rakennetun ympäristön uusi toimintaohjelma on ERA17 -toimintaohjelma.

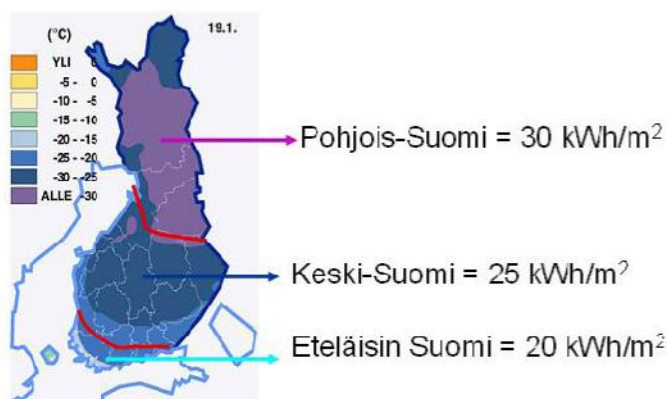
ERA17 on asuntonministerin, SITRAn ja TEKESin valitsemien asiantuntijoiden teettämä toimintaohjelma, joka tarkoittaa energiaviisaan rakennetun ympäristön aikaa Suomen juhlavuotena 2017. Asiantuntijat on kerätty yhteen kartoittamaan parhaita keinoja energiaviisaan rakentamisen edistämiseen. Ideana on aikaistaa vuoden 2020 tavoitetta nollaenergiarakentamisesta vuoteen 2017. Tämä toimintaohjelma tarkoittaa energiatehokasta, vähäpäästöistä ja laadukasta rakennettua ympäristöä, jossa ilmastonmuutoksen torjunnan edellyttämät toimenpiteet on otettu käyttöön. Energiaviisas ajattelu koskee useaa eri tekijää: maankäyttöä, uudis- ja korjausrakentamisesta, rakennusten ylläpitoa ja uusiutuvan energian hyödyntämisestä. [11.]

ERA17-toimintaohjelmaan kuuluu 31 toimenpide-ehdotusta edellä mainittuihin tekijöihin liittyen. Ehdotettujen toimenpiteiden laajuus vaihtelee aikavälien ja toimenpiteiden suuruuden välillä; osa ehdotuksista on jo otettu käyttöön ja osa vaatii edelleen jatkotutkimuksia. Jokainen ehdotuksista on kuitenkin yhtä merkittävä ja jokaiseen osaluueeseen liittyvän yrityksen, yhteisön tai yksittäisen kansalaisen yhteistyö on erittäin tärkeää tavoitteen saavuttamiseksi. Vuoteen 2050 mennessä Suomesta halutaan maailman paras rakennetun ympäristön maa. [11.]

2.4 Rakenneratkaisut ja rakentamisen toteutus

Rakenneratkaisuihin päästään hakemalla jo olemassa olevan asuinkerrostalon laskelmat ja tehdään niistä nollaenergiakerrostaloon sopivat. Apuna käytetään Viikkiin rakennettavaa Tsinnian asuinkerrostalokohdetta. Työssä valitaan yksi alkuperäinen rakenne, joka muokataan nollaenergiatasoon. Rakenneratkaisujen määrittämisessä lähdetään liikkeelle lämmitysenergiavaatimuksesta, joka asetetaan $15 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$.

Suomen lämpötilaerot asettavat suuria haasteita asuntorakentamiseen normaaliolosuhteiden eli paineiden ja kosteuksien vaihdellessa suuresti. Tässä työssä ajatellaan rakennettavan nollaenergiakerrostaloa pääkaupunkiseudulle. Alueelliset lämpötilaerot määrittävät myös passiivi-/nollaenergiatalon lämmitysenergiantarpeet. Jo Suomessa lämmitysenergiantarpeiden alueelliset erot ovat suurimmillaan 10 kWh/m^2 , kuten kuvasta 13 voidaan todeta.



Kuvio 3. Passiivitalon lämmitysenergiantarve Suomen ilmastossa [2.]

VTT:n määritelmän mukaan passiivitalon kokonaisenergiankulutus ei ylitä $27 \text{ kWh/m}^2/\text{vuosi}$. Nollaenergiatalolle ei energiamäärää ole vielä asetettu. Oletettavaa onkin, ettei nollaenergiatalon kokonaisenergiankulutukselle aseteta selkeää rajaa rakennuksen oman energian tuotannon tullessa mukaan energialaskuihin. Teoriassa nollaenergiatalo voi käyttää itse energiaa niin paljon kuin haluaa, kunhan sen oma energian tuotto yhdistettynä uusiutuvan energian ostoon ja myyntiin on yhtä suuri kuin nolla. Energiankulutuksen voidaan siis kuvitella olevan passiivitasoa nollaenergiarakennuksessa. [2.]

Rakenneratkaisuihin vaikuttaa osaltaan myös kustannukset ja mahdollinen yksinkertaistaminen itse toteutukseen. Tällä tarkoitetaan sitä, että yksinkertaisella rakenteella ja tutulla rakenneratkaisulla päästään todennäköisemmin helpommin haluttuun tulokseen, kuin että rakenteeseen lisättäisiin työntekoa hidastavia ja sitä vaikeuttavia yksityiskoh-
tia. Lähtökohtana työssä on, että ratkaisut ovat passiivitalon kaltaisia. Passiivitalon on-
gelmat tulevat myös huomioida, liittyen kosteusongelmiin ja näin ollen myös sisäilman
laatuun. Kosteustekniset kysymykset kuitenkin vaativat jo talotekniikan osaamista, jota
tämän insinööriyön pohjalla ei ole, ja täten ne jätetäänkin tämän työn ulkopuolelle.

Ihanteellinen tulos työssä olisikin löytää yksinkertainen, toteutuskelpoinen, energiate-
hokas ratkaisu asuinkerrostalon rakentamiseen, joka täyttäisi vielä vuonna 2020 valtion
ja Euroopan komission laatimat määräykset. Ennalta tarkkaan suunnitellut ratkaisut
tulevaisuuden määräyksiin antavat myös etumatkaa kilpailutilanteessa jo siinä vaihees-
sa kertyneen kokemuksen avulla.

Nollaenergiavaipparatkaisujen lisäksi suuri merkitys vaatimusluokan täyttymiseen on
talotekniikan osuus energiatehokkuudessa. Nollaenergiataloa suunnitellessa tulee valita
kohteeseen tehokkaimmat lämmitysjärjestelmät, uusiutuvan energian käyttö, oma
energian tuotto sekä käyttösähköä kuluttavat energiatehokkaat laitteet ja valaistus.
Ympäristöministeriön laatima säännös energialukujen laskemiseen on työn kirjoitusvai-
heessa vielä kesken, eikä tulevaisuuden laskelmien mukaista nollaenergiataloa voi vielä
tehdä. Siksi työssä keskitytäänkin jo olemassa olevaan, käytännössä jo koettuun las-
kentamenetelmään energiaselvitystä tehtäessä testikerrostalolle. Todetaan vielä, että
kokonaista energialaskelmaa ei kuitenkaan tässä vaiheessa tehdä, sillä työn aihe ei
käsittele kuin nollaenergiatorakenteen vaipan rakenneratkaisuiden aiheuttamaa läm-
pöhäviötä. Laskettavassa lämmitysenergian tarpeessa on mukana myös todennäköinen
ilmanvuotoluvun tavoite sekä markkinoiden tehokkain ilmanvaihtokone lämmöntal-
teenoton hyötysuhteeltaan.

Nollaenergiatasoon pääseminen vaatii muutakin kuin tarkat laskelmat energiaselvityk-
seen. Huolellinen suunnittelu työn etenemisessä, ja se miten työmaalla toimitaan, on
myös erittäin suuressa roolissa. Totuus on kuitenkin se, että huolellinen suunnittelu
tehokkaaseen nollaenergiarakentamiseen tulee kokemuksen myötä, jota nyt ei vielä
ole.

Ruotsin NCC on rakentanut hyvällä menestyksellä passiivikerrostaloja. Heillä on käytössään passiivirakenteisiin kehitetty teräsrunko, jota on nimenomaan kehitetty passiivirakentamisen edetessä. Ruotsalaisten rakentamisesta on paljon opittavaa. Ruotsalaisella passiivirakennustyömaalla rakennetaan mallitalo, jossa jokainen työntekijä voi harjoitella tiiviin passiivirakenteen tekoa. Näin varmistetaan hankkeen rakentamisen sujuvuus ja ehkäistään mahdollisia tulevia ongelmia. Tällä keinolla on todennäköistä päästä myös NCC:n ”kerralla valmista” –tavoitteeseen. Ruotsalaisten toimintatapaan kuuluu myös saman työporukan kierrättäminen samankaltaisia kohteita valmistaessa. Tämä edesauttaa virheiden välttämässä ja työntekijöiden hallitussa rakentamisessa. Kenties ruotsalaisten tapoja voisi hyödyntää myös täällä Suomessa. [12.]

Kuopion nollaenergiakerrostalon vierailun jälkeen painottui yhä selvemmin suunnittelijoiden yhteistyön tärkeys. Esimerkiksi LVI-suunnittelija ei missään vaiheessa tehnyt töitä yksin, vaan rinnalla oli jatkuvasti työn edetessä useampi asiantuntija. Näin taattiin laajemman osaamisen ja kokemuksen tuomat ratkaisut nollaenergiakohteessa. Myös laitetoimittajien osallistuminen kohdekohtaiseen suunnitteluun oli tärkeää. Kuopion kohteessa on ollut iso tukijoukko suunnittelemassa ja toteuttamassa kohdetta, jokaisella oma intressinsä mielessä pilottikohdetta rakentaessa. [13.]

Onnistuneen rakennusprojektin pohjalla on huolellinen vaihtoehtojen tarkastelu taloudellisilta ja tuotannollisilta näkökannoilta, markkinointia unohtamatta. Siksi esimerkki-kohteiden tarkastelu on kannattavaa yhteen kerättyjen ratkaisujen ja niistä syntyvien ideoiden kartoittamisessa. Ratkaisut itse nollaenergiarakenteen toteuttamiseen on jo olemassa. Tehtävänä onkin poimia parhaita toteuttamiskelpoisia ideoita jo olemassa olevan tiedon perusteella. Kuopion nollaenergiakohteesta on hyvä ottaa mallia omassa nollaenergiakohteen suunnittelussa. Tutkimustyö Kuopiossa on tehty valtion avustuksella, jolloin suunnitellut ratkaisut ja toimenpiteet ovat julkisia ja jokaisen saatavilla. Tässä työssä hyödynnetään Kuopion nollaenergiakohteesta saatua talotekniikkatietämystä sekä Ruotsin passiivirakentamisessa olennaisia tuotannon ratkaisuja. Työssä pohditaan hieman myös puun käyttöä nollaenergiatalon runkomateriaalina.

2.5 Kuopion kohde – ensimmäinen Suomen nollaenergiakerrostalo

Insinööriyön yhtenä tavoitteena oli käydä vierailulla passiivikerrostalokohteessa Ruotsissa tai Suomessa, mutta Kuopion nollaenergiakerrostalovierailu todettiin viisaammaksi ratkaisuksi insinööriyön kannalta. Kuopion nollaenergiakohteessa vierailu antoi paljon informaatiota nollaenergiarakentamisesta ja siihen liittyvistä haasteista.

Kuopion nollaenergiakohteen toteutuksessa lähdettiin liikkeelle siitä, että haluttiin talo, jossa energian kulutus ja tuotto ovat yhtä suuret. Suunnittelun lähtökohtia olivat mm. lämmitysenergiantarpeen pienentäminen, kustannustehokkuus, energiatehokas valaistusjärjestelmä, kesäaikaisten lämpökuormien hallinta sekä energiatehokas talotekniikka ja kodinkonevalikoima. [14.]

Kuopion nollaenergiakohde toteutettiin monen tahon tukemana. Sen tilaajana toimi Kuopas, Kuopion opiskelija-asunnot ja rakennuttajana Lujatalo Oy. Nollaenergiahanke lähti liikkeelle tilaajan omasta kiinnostuksesta, ja se oli mukana ARAn asumisen kehittämisen ohjelmassa, jossa päämääränä oli energiatehokkaampi rakentaminen ja vuoden 2020 tavoitteet nollaenergiarakentamisesta. Kuopion kohteessa on kyseessä opiskelija-asuntola erityistarpeita vaativille opiskelijoille. Pilottihankkeena energiatehokkaassa rakentamisessa, sekä hankkeen kohdistaminen erityistarpeita vaativien käyttöön, nollaenergiahanke toi mukaan monta rahoittajatahoa ja yhteistyökumppania. [14.]

Kuopas teki yhteistyötä hankkeen läpiviennissä ja suunnittelussa Järvenpään Mestariasuntojen kanssa. Järvenpäähän rakennetaan parhaillaan samalla konseptilla nollaenergiakerrostalo. Yhteistyö on edesauttanut mm. rakennusvaiheessa toista kohdetta korjaamaan ensimmäisessä tehdyt virheet, lisäksi suunnitteluun ja kehittämiseen tarvittavat kustannukset puolittuvat ja sama asiantuntijaryhmän päätökset toimivat molemmissa kohteissa. Samat tutkimukset ja selvitykset jaetaan siis kohteiden kesken ja näin tieto nollaenergiarakentamisesta jakautuu useampaan suuntaan. [14.]



Kuvio 4. Kuopion nollaenergiatalon julkisivuja koristavat aurinkopaneelit ja katolle sijoitetut tyhjiöputkikeräimet.

Mukana hankkeen toteutuksessa ovat myös TEKES, SITRA ja VTT. VTT:n osuus hankkeessa on tutkia sen energiankulutusta ennen ja jälkeen rakennusvaiheen. Hankkeen energiankulutus on simuloitu VTT Talo -ohjelmalla. Dynaamisen simuloinnin perusteella tilojen ja ilmanvaihdon ominaislämmitystarpeeksi saatiin 11,2 kWh/brm²/a. [15.]

2.5.1 Mitä tarkoittaa nollaenergiataso Kuopion kohteessa?

Hankkeessa on lähdetty liikkeelle siitä, että talo tuottaa energiaa yhtä paljon kuin kuluttaa. Varastoinnin vaikeuden takia, ja energiaa tuottavan ja hyödyntävän talotekniikan toiminnan edellytyksenä, energiaa joudutaan vuodessa ostamaan verkosta reilut 21 000 kWh. Talon tuottama energia yhteen laskettuna verkosta ostettuun energiaan on lähes sama kuin sen kuluttama energia. Se ei siis itse tuota yhtä paljon kuin kuluttaa. Verkosta ostettu lämmitystuote on kaukolämpöä eli sekin ympäristöystävällinen energiamuoto. [13.]

Talon oman käytön lisäksi yhtiö pystyy myymään energiaa vielä reilut 19 000 kWh vieriseen yhtiöön, joka tässä tapauksessa on kiinteistön alla sijaitseva autohalli. Autohal-

lin rakenneratkaisujen takia ei asuintiloja ja autohallia voitu yhdistää nollaenergiakohdeksi autohallin liiallisen energiahukan takia. Energian myynti onkin ehdotonta oman tuotannon omaavalla kiinteistöllä energiapiikkien tähden. Myös alueella toimivan energiayhtiön kanssa keskusteltiin positiivisin tuloksin energian myynnistä verkkoon. Tässä vaihtoehdossa kuitenkin oli ja on vielä ongelmana se, että energian myynti tekee rakennuksesta tuotantolaitoksen, jota koskee sama verotus ja lait kuin energiavoimalaa. Tämä yhtiö tulee varmasti muuttumaan lähitulevaisuudessa, sillä kyseinen lakipykälä vanhentuu yhteisen määränpään alla kohti nollaenergiarakentamista. Lopputuloksena kiinteistön energiankulutuksesta siis on, että kun lasketaan ostettu ja myyty energia yhteen saadaan tulokseksi, että yhtiö jää tappiolla vain reilut 2000 kWh vuodessa. Tämä lukema on siis erittäin pieni yhtä asuineliötä kohden. [13.]

Talon rakenne on passiivitalon tasolla ja jopa tätä tiiviimpi. Paksut seinät ja pienet ikkunat ovat huomattavia rakenteellisia ja arkkitehtuurisia eroja normaaliin matalaenergiataloon. Yksinkertainen, pelkistetty, parvekkeeton rakenne antaa siis talolle erittäin pienen energiankulutustason. Kerrostalon lämmitysenergian tarve on noin puolet passiivitalon määritelmästä eli 11,2 kWh/brm²/a. Kuopion nollaenergiakerrostalon energialaskelmat kertovassa taulukossa 4 esiintyvillä lukemilla on laskettu yhden asunnon energiakustannukseksi 4,20 €/vuosi, joka on siis erittäin alhainen. [13.]

Taulukossa 4 on esitetty energian kulutus ja tuotto. Huomattavaa on, kuinka oman energiantuoton määrä kattaa 80 % kaikesta tarvittavasta energiasta, oman tuoton määrästä kolmannes tulee aurinkolämmöstä, toinen kolmannes ilmaisenergiasta. Kokonaisenergian kulutuksesta suurin osa kuluu ilmanvaihdossa. Kohteessa käytetyn ilmanvaihdon lämmöntalteenottolaitteen vuosihyötysuhde on 75 %, mutta markkinoilta löytyy tällä hetkellä jopa yli 90 % lämpöä talteen ottava laite. Mikäli kohteessa olisi käytössä tämän hetken markkinoiden paras lämmöntalteenotto (LTO) -laite, voisi energian kulutuksen ja tuoton suhde olla jopa tasan 0.

Taulukko 4. Kuopion nollaenergiakerrostalon energialaskelmat

KULUTUS			
ILMANVAHDON ENERGIANKULUTUS	36500	kWh	34 %
JOHTUMIS- JA VUOTOILMANVAHDON ENERGIANKULUTUS	29900	kWh	28 %
LÄMPIMÄN VEDEN ENERGIANKULUTUS	28200	kWh	26 %
PUMPPUJEN + PUHALTIMIEN PESULAKULUTUS	12500	kWh	12 %
KOKONAISENERGIAN KULUTUS	107100	kWh	100 %
TUOTTO			
OMASTA TUOTOSTA HYÖDYNNETTÄVÄ ENERGIA	85600	kWh	80 %
OSTETTAVA KAUKOLÄMPÖ	17335	kWh	16 %
OSTETTAVA KIIINTEISTÖSÄHKÖ	4230	kWh	4 %
TUOTTO+OSTOENERGIA	107165	kWh	100 %
MYYTÄVÄ AURINKOENERGIA (LÄMMITYS + SÄHKÖ)	19273	kWh	
TUOTTO (MYYTÄVÄ JA HYÖDYNNETTÄVÄ)	101270	kWh	
ILMAISLÄMPÖ	30870	kWh	30 %
MAALÄMPÖ	23800	kWh	24 %
AURINKOLÄMPÖ	33000	kWh	33 %
AURINKOSÄHKÖ	13600	kWh	13 %
EROTUS OSTETTAVA - MYYTÄVÄ ENERGIA	2292	kWh	
Yhden asunnon energiankulutus	4,2	€/vuosi	

2.5.2 Kohteessa täyttyvät nollaenergiatalomääritelmät

Talon ostetun energian ja myytävän energian erotus näyttää, että se tuottaa itse huomattavasti enemmän energiaa kuin se verkosta ostaa, lisäksi talo käyttää uusiutuvia energiamuotoja. VTT:n määritelmät nollaenergiatalosta siis pätevät kohteeseen. Yleistä määritelmää nollaenergiatalosta ei vielä esimerkiksi ympäristöministeriöltä ole tullut.

2.5.3 Kohteen talotekniikka

Hankkeen energiantuotantotavat suunnitteli Insinööritoimisto A. Mustonen yhdessä laitetoimittajien kanssa. Hankkeeseen valitut energiamuodot muotoutuivat vähitellen hankkeen edetessä. Kohteessa tehtiin paljon yhteistyötä talotekniikan toimittajien kanssa, ja järjestelmät suunniteltiin vastaamaan juuri tämän kohteen tarpeita.

Rakennuksen ilmanvaihdon esilämmitykseen ja -jäähdytykseen käytetään maalämpökaivoja. Kaivot on valittu pumppujen sijaan pumppujen suuren sähkönkulutuksen takia. Lämmitykseen on suunniteltu liuoskierteinen nestepatteri, jossa kiertää glykolia. Viskoositeettinsä takia glykoli virtaa helpommin putkissa, joka taas mahdollistaa pienemmän energian kulutuksen nesteen kierrättämiseen. Pääkaupunkiseudulla glykolin käyttö on kielletty, ja verkossa käytetään alkoholia.

Rakennukseen on liitetty aurinkokeräimiä tuottamaan aurinkosähköä ja aurinkolämpöä. Tyhjiöputkia on talon katolla 36 kpl lämmöntuotantoa varten. Talvellakin niiden lämmöntuotanto on huomattavan suurta. Tammikuista vierailua edeltävänä aurinkoisena viikonloppuna lämpöä oli kertynyt siirtimen jälkeen lämpöputkiin 131 °C verran. Talvella kaukolämmön osuus onkin vain 10 prosenttia lämmityksestä. Aurinkolämpöä myydään myös eteenpäin.

Aurinkopaneelit keräävät aurinkosähköä kiinteistön käyttöön. Ne on sijoitettu rakennuksen katolle ja kahdelle sivulle (kuvio 4, s. 19). Rakennuksen etelän ja lännen puoleiset ikkunat tulevat suojatuksi aurinkopaneeleilla ja kaksi muuta sivua paneelien näköisillä lipoilla. Paneelit lippojen kanssa estävät siis samalla huoneistojen ylikuumenemisen parvekkeiden puuttuessa talosta kokonaan. Aurinkopaneelit toimitti Naps Systems Oy.

Kohteessa hyödynnetään myös hissien jarrutusenergia sekä ilmaisenergia, jonka osuudeksi on laskettu jopa 36 % talon tuottamasta energiasta. Lukema antaa siis käsityksen auringolla tuotetusta lämmöstä joka on määrältään samaa suuruusluokkaa kuin ilmaisenergia. Lattialämmitys kiertää kylpyhuoneiden lisäksi huoneiston ulkoseinien reunaa, jolla pyritään estämään ikkunoiden huurtuminen. Tämä yhdistettynä ilmalämmitykseen kierrättää huoneiston ilmaa estääkseen haitallisen kosteuden syntymistä.

Erityistarpeita vaativien asukkaiden takia asunnoista löytyy myös puhelin. Kohteesta löytyy myös muuta erikoista tekniikkaa, talon huoneistojen lämpimän veden käyttöä vahditaan. Jokaisessa asunnossa on lämpimän veden käytön vahti, joka seuraa reaaliajassa veden kulutusta. Mikäli käyttö lisääntyy opastettua suuremmaksi, ohjataan asukasta säästeliäämpään kulutukseen. Asukkailla ja heidän asumistottumuksillaan on myös huomattava merkitys talon energiatehokkuudessa. Tämän takia asukkaille järjestetään info energiatehokkaaseen asumiseen.

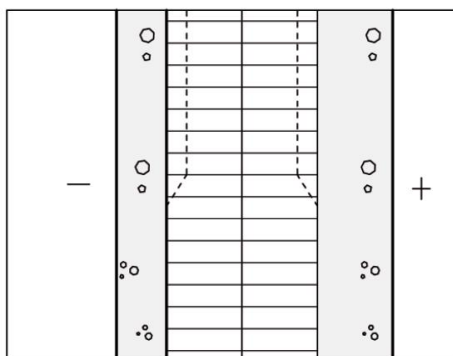
[13.]

2.5.4 Kohteen rakenne

Kuopion nollaenergiakerrostalossa on 5 kerrosta, joissa asuntoja yhteensä 45 kappaletta. Lämmitettävä bruttoala talossa on 2124 m². Asunnot ovat pieniä yksiöitä, joissa ei ole parvekkeita eikä saunaa. Talon malli on neliömäinen ja yksinkertainen. Hissikuilu kulkee keskellä rakennusta ja huoneistot kiertävät ulkoseinällä. [13.]

Kohteen rakenne on passiivitalomääräyksiä reilusti tiiviimpi. Esimerkiksi ulkoseinästä löytyy 300 mm SPU-eriste. Seinän paksuudet näkyvät syvässä ikkunoiden pielissä. Ulkoseinien tiiveyteen vaikuttaa myös parvekkeiden puuttuminen. Näin ollaan vältetty ylimääräiset saumat vaipassa. Ulkoseinille ei myöskään ole suunniteltu sähkörasioita tiiviimmän rakenteen takaamiseksi. [13.]

Ulkoseinäelementit ovat paksuja sandwich-elementtejä (kuvio 5). Kohteeseen suunnitellun elementin asennus ei tuottanut niinkään ongelmia. Elementtien valmistukseen kuitenkin kiinnitettiin normaalia enemmän huomiota ja tehtaalla käytiin useampaan otteeseen mittaamassa elementtien koot, tiiveydet ja eristeet ennen asennusta, jotta ylimääräisiä saumoja tulisi mahdollisimman minimaalisesti ja rakenteen eheys säilyisi. Lisävalujen kuivuminen tuotti asennusvaiheessa ongelmia ja niiden tekemisessäkin jouduttiin käyttämään erityistä huolellisuutta. [13.]



Kantava ulkoseinäelementti

Mörkämäalaus / Hiottu ja uritettu / Hienopesty valkobetoni

100 mm Ulkokuori. XC3,4 XF1. Raudoitus ruostumaton
Pintakäsittelynä maalatulla julkisivulla sementtiliiman poisto
(hienopesu tai hiekkapuhallus)

300 mm SPU - eriste. Tehtaalla liimattu. 0.024

150 mm Kantava sisäkuori . XC1.

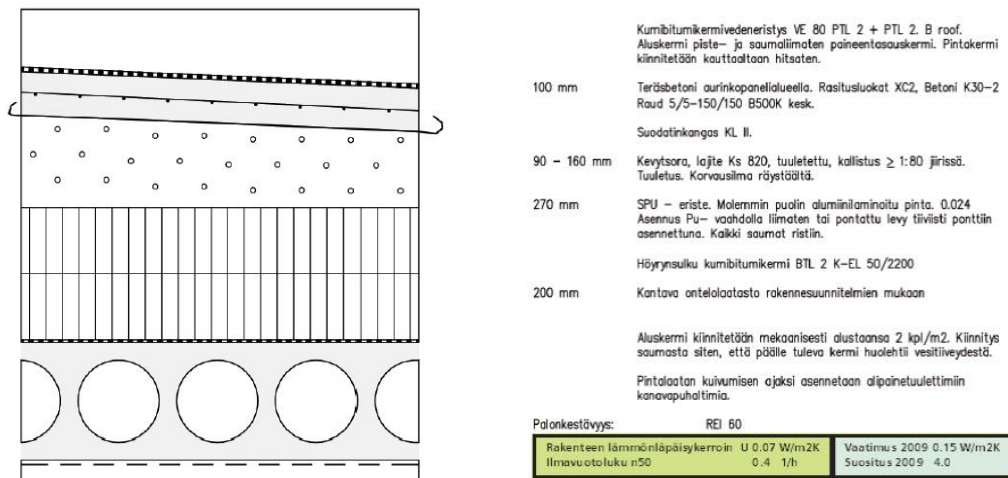
Pintamateriaali ja käsittely huoneselityksen mukaan.
(Pinta Pinta B-s1, d0)

Suunnittelukäyttökä 100 v

U-arvo	0.08 W/m ² K	Vaatus 2009 0.24 W/m ² K
Ilmavuoteluku n50	0.4 1/h	Suositus 2009 4.0

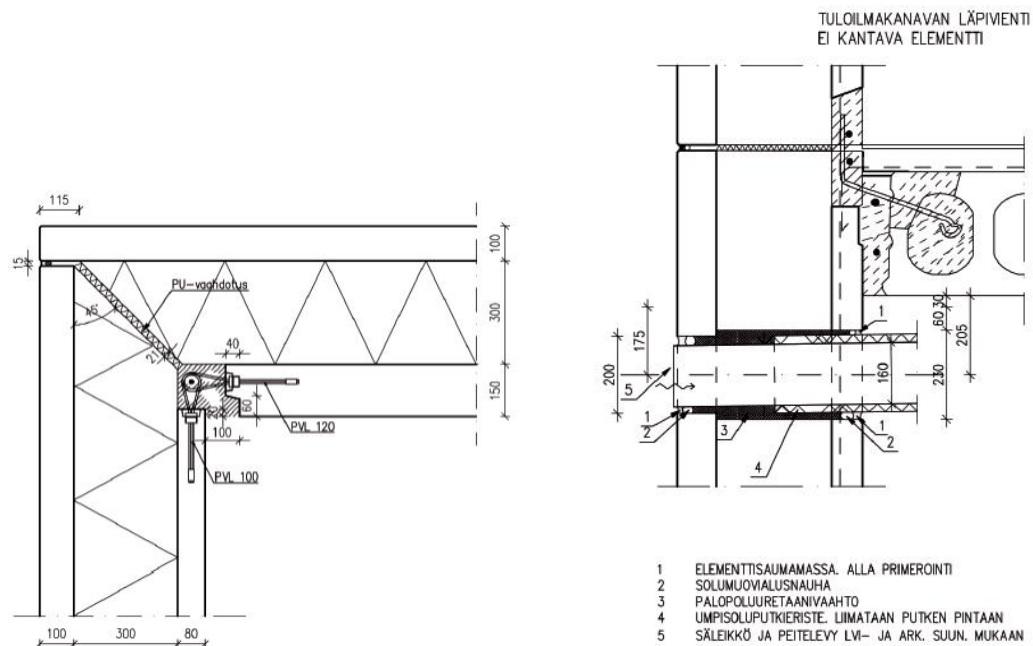
Kuvio 5. Kuopion nollaenergiakohteen ulkoseinä [16.]

Huomioitavana ratkaisuna tiiviissä yläpohjassa on erittäin hyvän lämmöneristävyyden omaava SPU-eriste, joka näkyy myös yläpohjadetaljissa (kuvio 7).



Kuvio 7. Kuopion kohteen yläpohjaratkaisu [16.]

Kuviossa 8 on esitettyä vielä muutama liitosdetalji. Tiiveys ja sen tarkka suunnittelu olivat olennaisia tekijöitä tiiviin rakenteen valmistukseen. Tiiveyden lisäksi erittäin tärkeää oli varmistaa elementtien asettuminen suunnitellusti paikoilleen. Asennusvaiheessa jokainen liitos tarkastettiin ja osa jouduttiinkin puremaan ja tekemään uusiksi pienen vuodon ilmaantuessa. Asennuksen tarkkuuden lisäksi elementit mitattiin tehtaallakin muutamaaan kertaan varmistaa elementtiliitosten suunnitellun koon. [13.]



Kuvio 8. Kuopion kohteen liitosdetaljeja [16.]

Rakenne suunniteltiin niin tiiviiksi, että lämmönläpäisykertoimet alittavat reilusti määräkysissä vaaditut maksimiarvot. Rakenteen U-arvot olivat:

- Alapohja 0,1 W/m²K
- Ulkoseinä 0,08 W/m²K
- Yläpohja 0,07 W/m²K
- Ikkunat 0,68 W/m²K
- Ovet 0,74 W/m²K
- Ilman vuotoluku n50 on 0,4 1/h
- Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde 75 %. [15.]

2.5.5 Yhteenveto Kuopiosta

Kuopion nollaenergiakerrostalon onnistumisen edellytykset olivat suuret ponnistelut suunnittelussa ja jokaisen osapuolen saumaton yhteistyö rakennusvaiheen edetessä. Projektin kustannuksista suurimmat menot olivat hankekohtaisten ratkaisujen suunnittelussa ja energiatehokkaassa, uudenaikaisessa talotekniikassa. Kehittävä ja tutkimusluontoinen rakentaminen kuitenkin rahoitti itseään kuulumalla osaksi ARA:n asumisen kehittämisen ohjelmaan, SITRAn ja TEKESin tukemaan toimintaan kehittää rakentamista uusien innovaatioiden siivittämänä sekä laitetoimittajien pilottikohteeseen osallistuvaa markkinoivaa yhteistyötä.

Valmistunut nollaenergiakerrostalo antaa suuntaa muille nollaenergiahankkeille. Siinä käytetyt ratkaisut ovat julkista tietoa valtion tuen takaamana ja rakennuttaja itse haluaa henkilökohtaisesti jakaa opittua ja tutkittua tietoa nollaenergiarakentamisesta. Uusiutuvan energiantuoton osuus on laskennallisesti suhteellisen pieni sen ollessa samaa suuruusluokkaa ilmaisenergian kanssa. Aurinkokeräimillä saatua energiaa ei kuitenkaan pysty vielä todentamaan ennen kuin tekniikka on saanut toimia jonkin aikaa ja osoittaa kapasiteettinsa. Kuopion ollessa suhteellisen pohjoisessa Suomen mittakaavassa, on merkittävää, että keskellä talvea, tammikuun viimeisenä päivänä auringon paistaessa kerääntyi aurinkolämmön keräimiin jopa 131 C° asteen lukema. Lämmön määrä on huomattava ja tulevaisuus näyttää, mihin laitteet todellisuudessa kykenevät pienemmälläkin auringonvalon määrällä.

2.6 Ruotsin passiivirakentaminen

Ruotsin NCC on toteuttanut 6 kohdetta tilaajilla ja yhden, näistä tuoreimman, omaperusteisena. Näistä aiemmista projekteista Ruotsin NCC on kerännyt tietoa mittaustulosten, tuotannossa ja hankinnoissa hyväksi havaittujen ratkaisuiden ja asiakaskyselyjen perusteella. Nämä tiedot on kerätty yhteen ja niistä saatu informaatio on hyödynnetty aina seuraavissa projekteissa. Toteutusten myötä usko passiivitalorakentamiseen on kasvanut ja näin ollen on asetettu passiivirakentamiselle tavoitteet, joihin sisältyy mm. rakennusvaihe perinteisen talon kustannuksin, asiakkaan laatutietoisuuden ja ympäristökohtaisen ajatuksen markkinointi ja edeltävien tuloksena bisnesmalli paremmalla myyntikatteella.

Ruotsin NCC:n passiivirakentamisen prosessista olisikin hyvä ottaa mallia nimenomaan ajatusmallien muokkaamisessa. Jotta passiivirakentaminen olisi myös yritykselle kannattavaa, tuodaan markkinointiin mukaan voimakas viestintä ympäristöystävällisyydestä. NCC on julkaissut kirjan passiivirakentamisesta sekä rakentanut "mallitalon" passiivitalosta, jota kierrätetään messuilla ja erilaisissa tilaisuuksissa. Lisäksi NCC on kehittänyt asukkaille energiakellon, joka kertoo reaaliajassa asukkaan energiankulutuksesta. Näin asukas voi omilla valinnoillaan vaikuttaa energiankulutukseensa itse ja huomata heti tuloksen omalla seinällään. Energiakello näyttää asukkaalle poikkeamat kulutuksessa ja paljastaa energiavarkaat. Energiakellon tyyppinen ratkaisu on hyvä myyntivaltti energiatehokkaassa rakentamisessa. Asukkaan annetaan näin itse vaikuttaa omaan energian säästämiseen. Tämän kaltaisia ratkaisuja voisi ottaa myös Suomeen, nostamaan yritystä esille muista energiatehokkaan rakentamisen toteuttajista.

Ruotsissa NCC Property Development on ottanut testaukseensa tuulivoiman hyödyntämisen. NCC:n Solnan konttorin katolle on asennettu näyttävä tuulivoimala. Voimala käynnistyy jo tuulen nopeudella 2 m/s ja tuottaa energiaa 2,5 kW tuulen nopeuden ollessa 8 m/s. Myös tämä toimii näyttävänä mainoksena NCC:n vastuusta ympäristöasioissa.

[17.]

2.6.1 Oma perusteinen passiivikerrostalokohde

Omaperusteinen passiivikerrostalo Beckomberga sijaitsee Tukholmassa. Kiinteistö käsittää viisi 4-kerroksista taloa. Asuntojen koot vaihtelevat 56-136 m² välillä. Ominaisenergian kulutus energiatodistuksessa on 45 kWh/m²a. Runko on pilari-palkki –systeemi. Ulkoseinä koostuu NCC Teknik:in yhdessä vastaavan työnjohtajan kanssa suunnittelema kevytseinärakenteesta, jossa tukirakenteena toimivat teräspilarit. Suunnittelussa on huomioitu vaipan tiiveys, lämmöneritys, lämmöntalteenotto, aurinkoenergian hyödyntäminen (auringon valon lämpösäteily huoneistoon), aurinkosuojat sekä vähän energiaa kuluttavat kodinkoneet ja valaistus. Kohteessa käytetyn huonekohtaisen ilmanvaihtokoneen lämpötilahyötysuhde on 87 % (REC Temovex). Asumisviihtyvyyttä lisää itsekantavat parvekkeet, joiden liittyminen runkoon on eristetty hyvin kylmäsiltojen minimoimiseksi. Kohteessa on jokaisessa huoneistossa informaatiotaulu (Manodo Sbox), joka kertoo asukkaalle reaaliajassa oman veden ja sähkön kulutuksen.

Rakenne on erittäin hyvin eristetty: alapohjassa on käytetty 300 mm EPS-eristettä, ulkoseinissä sekä mineraali- että kivivillaa yhteensä 360 mm ja yläpohjassa puhallusvillaa 600 mm. Kivivilla on teräspilareiden kohdalla. Höyrinsulkuna on käytetty 0,2 mm muovia, sisäpinnasta viiden sentin päässä asennettuna, jottei asukas riko vahingossa höyrinsulkua. Ikkunatiivistyksessä sekä ulkoseinän ja sisäpuolisten rakennneosien yhdistyksessä on käytetty saumausmassaa. Taulukossa 5 on esitettyinä rakenteen U-arvot.

Taulukko 5. Kohteen U-arvot

Rakennekuvaus	U-arvo, W/m ² K
Ulkoseinä	0,12
Yläpohja	0,098
Alapohja, maanvar. laatta	0,11
Ikkunat ja ovet	0,9
Vaipan tiiveys, q ₅₀	0,3 l/s m ²
Ilmanvaihdon LTO:n lämpötilahyötysuhde	87%

Kohteen toteutuksessa on otettu huomioon myös rakentamisaikainen ympäristöystävällisyys mm. jätteen täydellisessä lajittelussa sekä rakennusmateriaalien ympäristöystävällisyydessä.

Työnlaatua valvoo työnjohtajan lisäksi työntekijä itse. Työntekijä on opastettu tiiviiseen rakentamiseen, joten työnlaadun edellytetään olevan tarkoituksen mukainen. Työsuorituksen jälkeen työntekijä kuittaa tehdyn työnsä valmiiksi. Vaikka kohde on lähtökohtaisesti pyritty suorittamaan mahdollisimman perinteisellä tavalla, on ulkoseinien runkoelementin asennus ollut työläämpää kulmarautojen asennuksista johtuen. Toisena normaalista poikkeavana ongelmana on ollut normaalia paksumman höyrynsulun asentaminen, joka on hieman hidastanut työvaihetta. Kyseessä on kuitenkin uudemman toimintatavan toteuttaminen, joka harjaantumalla saadaan sujuvaksi. Rakennusvirheidensä alun takia on ensimmäisen talon kustannukset hieman korkeammat.

[17.]

2.7 Puukerrostalorakentamisesta trendi Suomeen

Palomääräysten muututtua uusiin rakennusmääräyksiin, on jopa 8-kerroksisen puukerrostalon rakentaminen mahdollista. Rakennusliike Reponen lähti uuden haasteen kimppeen ja päätti toteuttaa yhdessä puuelementtitoimittajien, Versowood Oy:n ja Koskisen Oy:n, kanssa viisikerroksisen passiivipuukerrostalon. Kohteessa ovat ulkoseinät puuelementeistä, samoin kuin välipohjat. Parvekelaatat valetaan betonista. Jokaisessa huoneistossa toimii oma osastoitu palonestojärjestelmä. Kohteesta tulee Suomen turvallisin kerrostaloasunto. Palonestojärjestelmään kuuluu sprinklerit sekä jokaiselta parvekkeelta poisjohtavat tikapuut. Sprinklereillä varustetuissa asuintaloissa ei ole vuosiin kohdattu ainuttakaan tulipalosta aiheutuvaa kuolemaa. [18.]

Pienellä hiilijalanjäljellä rakennettava hybridipuukerrostalo pursuaa ekologisuutta, ja kohde herättää varmasti monen tahon mielenkiinnon. Puukerrostalorakentamisesta voisi tulla puuteollisuudelle uusi markkinarako paperiteollisuuden hiipuessä. Puuelementtirakentaminen saattaisi myös kilpailuttaa betonielementtimarkkinoita kehittymään nopeammin. [18.]

Kohteen julkisivua ei ole haluttu peittää rappauksen alle vaan kohteen runkomateriaali- valinnat on yhtenäistetty julkisivumateriaalien kanssa. Taloa koristaa kauniit puuverho- ukset (kuvio 9).



Kuvio 9. Vierumäelle rakenteille oleva puukerrostalo on julkisivultaankin puuta [18.].

Puukerrostalorakentamisessa on tällä hetkellä vielä muutamia seikkoja, jotka horjutta- vat intressejä puulla rakentamiseen. Tällaisia ovat mm. paksut ja hieman työläämmät välipohjat ja liitokset, puurakenteen vaurioituminen vesivahinkotilanteessa sekä kehiti- tymättömät markkinat. Puulla rakentaminen tulisi kuitenkin ottaa tarkempaan harkin- taan rakennettaessa ekologisempia rakenteita. Energiatehokkuutta haetaan tällä het- kellä tiiviiden rakenteiden ja kehittyneen talotekniikan avulla. Kun taloista on saatu tarpeeksi tiiviitä ja talotekniikka on kunnossa, aletaan seuraavaksi kiinnittää enemmän huomioita rakennusaikaiseen energian säästämiseen. Suureen syyniin tulevat seuraa- vaksi uusiutuvien ja pienen hiilijalanjäljen omaavat rakennusmateriaalit. Tässä vaihees- sa puulla rakentaminen astuu varmasti kuvioihin. [19.]

Puulla rakentamista on estänyt ennen kaikkea kysynnän puute, joka markkinataloudes- sa on toimialan kasvua rajoittava tekijä. Puu koetaan kerrostalorakentamisessa riskialti- tiina akustisuuden, paloturvallisuuden, kosteus- ja homeongelmien sekä rakennuskus- tannusten mahdollisen kasvun johdosta. Nämä uhkakuvat ovat syntyneet, kun puuker-

rostalorakentamisen ohi kiirineet betoni- ja teräsrakentaminen ovat tulleet testatuksi ja tutuiksi rakennuttajille. Puurakentamiseen siirtyminen vaatisi siis uuden rakennustavan opettelua, eikä se rakennuttajaa kiireellisillä aikatauluilla ja suppeilla budjeteilla kiinnosta. [19.]

Rakennetun ympäristön muuttuessa energiatehokkaampiin ratkaisuihin, tulee puulla olemaan uusiutuvana luonnonvarana todennäköisesti vahvempi rooli rakentamisessa. Palomääräysten muuttuessa suunnittelun joustavuus paranee ja puurakentaminen pysyy kehittymään nopeammin. Puun tuomat edut eivät riitä yksinään herättämään puulla rakentamisen "buumia" vaan se vaatii suuria ponnisteluja ja määrätietoista yhteistyötä jokaiselta taholta. [19.]

3 NCC:n nollaenergiakerrostalo

Nollaenergiakerrostalon lämmitysenergian tarpeen tavoitteeksi asetetaan tässä työssä noin 15 kWh/brm²/a. Tätä lämmitysenergiatarvetta lähetään hakemaan erilaisten ratkaisuiden avulla. Koska nollaenergiatalo koostuu tiiviin passiivitalon rakenteista, otetaan jo toteutuneista passiivitaloista sekä Kuopion nollaenergiakohteesta mallia rakenneratkaisuihin. Uusien ideoiden kehittyessä, on todellisen uutuustuotteen mahdollistaminen lyhyellä aikavälillä todennäköisempi tutulla rakenteella. Tästä johtuen runkoa lähdetään suunnittelemaan betonielementeistä, puu- ja teräsrunkorakentamisen sijaan. Muutos tällä hetkellä rakennettavaan passiivitaloon on lähinnä talotekniikassa ja energiamuotojen valinnoissa, sekä tietysti vielä paremman eristeen asentamisessa huolelliset saumat ja läpiviennit huomioiden.

NCC:n nollaenergiakerrostalon rakenneratkaisuna pidetään sellaista rakennetta, jonka tiiveydellä saadaan rakennuksen lämmitysenergiatarpeeksi noin 15 kWh/m²/a. NCC:n asuntorakentamisen ollessa tällä hetkellä betonielementtirungolla toteuttamista, valitaan testattavaksi Kuopiossa käytetyt ulkoseinäelementtirakenteet. Betonielementillä rakentaminen myös nollaenergiakohteessa perustuu jo ennalta tuttuun rakennustavan varmuuteen ja materiaalitunnettavuuteen. Tämän hetkiselällä nopealla rakentamisen kehittymisen aikakaudella on varmintaa kehittää jo tuttua rakennustapaa, säästäten näin suunnitteluajan liiallista venymistä ja rakentamisen valmistelua sekä rakentamisaikaisen virheiden syntymistä ja niiden jatkuvaa korjaamista.

Erittäin tärkeänä NCC pitää asunnon viihtyvyyttä. Nollaenergiatason rakennus vaatii lämpövuotojen minimoinnin, joka tarkoittaa pieniä määriä ikkunoita sekä parvekkeiden poisjäämistä. NCC:n nollaenergiatalon halutaan kuitenkin tarjoavan asukkaalle samat olosuhteet, jonka tämän päivän normaalitalo tarjoaa. Asunnoissa tulee olla luonnonvaloa, tilavuutta, parvekkeet sekä isoimmissa huoneistossa saunat.

3.1 Vaipparatkaisut

Vaipparatkaisun malli otetaan Kuopion kohteesta. Kohteessa käytetty betonielementtiulkoseinä sekä paksu, vähäisillä läpivienneillä toteutettu yläpohja hyödynnetään jo Kuopiossa testattuna kohteena. Oleellista ulkoseinän ja välipohjien liitoksissa on tiiveys, eli huolellinen suunnittelu kylmäsiltojen estämiselle ja rakennusaikainen tarkkuus saumojen työstämisessä ovat erittäin oleellisia asioita. Alapohjaratkaisuna käytetään Tsinian omaa alapohjaratkaisua lisäten siihen paksumpi eristekerros. U-arvot on saatu suoraan Kuopion kohteen materiaaleista sekä SPU Systems Oy:n kotisivuilta [20.].

Kantava ulkoseinäelementti (U-arvo=0,08 W/m²K)

- Esim. märkämaalaus tai rappaus
- 100 mm betoni ulkokuori, pintakäsittely hienopesulla maalattavalta kohdalta
- 300 mm SPU-eriste, tehtaalla liimattu
- 150 mm kantava betoni sisäkuori
- Pintamateriaali arkkitehdin mukaan.

Ulkoseinälle ei sijoiteta ainuttakaan sähköläpivientiä. Mahdolliset julkisivun muutokset tehdään rikkomatta elementtirakennetta kylmäsiltojen estämiseksi. Mikäli talotekniikan suunnittelussa päädytään huoneistosta suoraan ulos kulkeutuviin tulo- ja poistoilma- reitteihin on läpiviennit eristettävä huolellisesti. Esimerkkidetallit läpivienneistä löytyvät Kuopion detaljeista (kuvio 8, s. 25).

Yläpohja (U-arvo=0,07 W/m²K)

- Singeli
- Vedeneristys kumibitumikermi
- 100 mm teräsbetoni aurinkopanelialustoina
- Suodatinkangas
- 90-160 mm kevytsoraa, tuuletus ja kallistukset
- 270 mm SPU-eriste, molemmin puolin alumiinilaminoitu pinta.
- Höyrynsulku kumibitumikermi
- 200 mm kantava ontelolaatasto.

Alapohja (U-arvo=0,1 W/m²K)

- Pintamateriaali
- 3...20 mm pintabetoni
- 370 mm ontelolaatta
- 120+100 mm SPU-eriste, alumiinilaminoitu ja tehtaalla liimattu
- Tuuletettu alustila
- Sepeli tai sora
- Suodatinkangas
- Perusmaa.

Saumakohtien suunnittelussa käytetään ohjeistavana mallina Kuopion kohteen liitosdetaljeja. Tässä työssä ei kuitenkaan kiinnitetä huomiota saumakohtiin sen enempää.

Ikkunoissa otetaan käyttöön Skaalan uudet, energiatehokkaat, Skaala Alfa Frostfree -ikkunat, jolle on annettu U-arvoksi 0,72 W/m²K. Ikkunat ovat MSE-ikkunoita, joissa on halkaistu karmi. Ikkunat eivät ole tuuletusikkunoita. Erittäin merkittävänä ominaisuutena kyseisissä ikkunoissa ovat huurtumattomat lasit, joka passiivitalokohteissa on ollut erittäin yleinen ongelma. Parvekeovina käytetään Skaalan Alfa-malliston yksilehtisiä Alfa IOA -alumiiniparvekeovia, joiden U-arvo on 0,67 W/m²K. [21.]

Ikkunoiden tarkemmat detaljit tehdään Kuopion nollaenergiakerrostalon mukaisesti (kuvio 6, s. 24).

Taulukko 6. NCC:n nollaenergiakerrostalon rakenneratkaisut

NCC:n nollaenergia U-arvot	
Alapohja	0,10 W/m ² K
Ulkoseinä	0,08 W/m ² K
Yläpohja	0,07 W/m ² K
Ikkunat	0,72 W/m ² K
Ovet	0,67 W/m ² K
Ilman vuotoluku n50	0,4 1/h
Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde	90 %

Taulukon 6 U-arvoja käytetään teoreettiseen laskentaan tavoitellun lämmitysenergian tarpeen saavuttamiseksi.

3.2 Ilmatiiveys

Ilmatiiveydellä on suuri merkitys energiankulutukseen. Hyvä ilmatiiveys edellyttää tarkkaa yksityiskohtien suunnittelua sekä sitäkin huolellisempaa työsuoritusta. Esimerkiksi valitussa kohteessa Tsinniassa on erittäin paljon kulmauksia eli moninaisia liitoksia, joiden toteutuminen suunnitellun mukaisesti on erittäin haasteellista. Ilmatiiveyden varmistamiseksi passiivitason rakenteet rakennetaankin yleensä erittäin yksinkertaisen malliseksi välttämään turhat kulmaukset ja näin ollen myös mahdolliset epäonnistuvat saumaliitokset. Ilmanvuotoluku voitaisiin määrittää erittäin alhaiseksi. Alhaisin Suomessa mitattu ilmanvuotoluku on 0,09 1/h, joka alittaa erittäin kaukaa passiivitalolle asetetun rajan 0,60 1/h. Mittauskohteena on SPU:n kehittämä betonielementtitalo Mäntyharjulla. Näihin lukemiin on kuitenkin erittäin haasteellista päästä niin monimuotoisessa talossa kuin Tsinnian kohteessa on, että realistisena tavoitteena voidaan pitää 0,40 1/h, joka sekäkin vaatii jo erittäin tarkkaa työsuoritusta ja ylimääräisiä valmiin sauman tarkasteluja.

3.3 Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto

Ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla saadaan helposti ilman sen kummempia rakenteellisia muutoksia parannettua energiatehokkuuslukua. Tekniikan kehittyessä markkinoille tulee jatkuvasti uusia paremmilla vuosihyötysuhteilla toimivia ilmanvaihtokoneita. Talotekniikan kehittyneet ratkaisut vievät kuitenkin suhteessa suurimman osan uudistune-

den ratkaisuiden investoinneista, joten niiden valinnassa tulisi harkita hinta-hyötysuhdetta erittäin tarkkaan. Tässä työssä ei kuitenkaan ole tarkoitus puuttua investoinnin suuruuteen vaan löytää tehokkaimmat ratkaisut energiatehokkaaseen asuin-kerrostaloon.

Enervent on tuonut markkinoille ilmanvaihtojärjestelmään integroitavan poistoilmalämpöpumpun, joka yhdessä pyörivän lämmönsiirtokoneen kanssa tarjoaa yli 90% vuosihyötysuhteen. Kyseessä on passiivitaloihin erinomaisesti sopiva Enervent Greenair HP. Laitteen tarkempi soveltuvuus kerrostalokohteeseen jää tässä yhteydessä selvittämättä, koska kyseessä on teoreettinen vaihtoehto poistoilmalämpöpumpuksi parhaan mahdollisen lämmöntalteenoton hyötysuhteen saavuttamiseksi. Toivottavaa laitteelta kuitenkin olisi hiljainen ääni, mikäli laite sijoitettaisiin huoneistokohtaisesti. Myös sen huoltomahdollisuudet tulisi mitoittaa, mutta katsottakoon tässä työssä tarkemman laitteen tarkastelun menevän talotekniikan osaamisen eli työn aihealueen ulkopuolelle. [22.]

3.4 Talotekniikka

Työssä on tarkoitus pohtia ratkaisuja liittyen lämmitysenergiankulutukseen. Omaan energiantuottoon liittyvät ratkaisut ovat jo oman insinööriyön kokoinen aihe. Työssä on kuitenkin hyvä pohtia vaihtoehtoja oman energian tuottamiselle.

Oman energian tuottaminen ei ole niinkään hankalaa ja kallista kuin voisi ajatella. Talotekniikkaan sijoittamisen on laskettu maksavan itsensä takaisin 5-10 vuodessa. Merkitys oman uusiutuvan energian tuotolle kasvaa varmasti tulevaisuudessa energian hinnan noustessa jatkuvasti ylöspäin. Tänä päivänä tehdyt investoinnit saattavat täten maksaa itsensä takaisin nopeammin kuin olisi kuvitellut. Taloudellisten syiden ohella on myös todellinen huoli ympäristön kuormituksista liiallisilla hiilidioksidipäästöillä. Tarjolla onkin monia vaihtoehtoja päästöttömän energian tuottamiselle. Näitä energiamuotoja ovat maalämpö, aurinkoenergia, tuuli- ja vesivoima. Asuntorakentamisessa otollisia näistä vaihtoehdoista ovat maalämpö ja aurinkoenergia niiden suhteellisen huomattomien voimaloiden ja keräinten johdosta. Asuinalueella on tärkeää, ja jo kaavasakin on rajoitettu, estetiikka rakennusten ulkomuodossa. Tästä johtuen esimerkiksi ison tuulivoimalan pystyttäminen keskellä asuinaluetta on suhteellisen mahdotonta.

Sen sijaan maalämmön hyödyntäminen isolla asuinalueella on erittäin kannattavaa. Sen asentaminenkin olisi järkevää laajalle tontille, jolloin putkia ei tarvitsisi kaivaa niin syvälle ja näin sen asennuskustannukset jäisivät matalammiksi. Talojen katoille voisi asentaa aurinkokeräimiä niiden olematta kenenkään tiellä. Aurinkoenergiasta tuotetut energiapiikit voitaisiin jakaa asuinalueella talojen keskuudessa.

Nollaenergiatalon määritelmien mukaan mm. uusiutuvan energian tuoton määrän tulisi olla sama kuin mitä talo kuluttaa. Tämän ja muiden määritelmien ohella lähdetään kuitenkin hakemaan ratkaisua, jossa lämmitysenergian määrä saataisiin niin pieneksi, että talon tarvitsema energiamäärä saataisiin mahdollisesti sen omasta tuotannosta.

Omassa energiantuotannossa tulisi siis hyödyntää aurinkokeräimillä ja -paneeleilla tuotettua lämpöä ja sähköä, maalämpökaivon tuottamaa lämpöä sekä verkosta otetun lämmitysenergian tulisi olla kaukolämpöä. Toivottavaa olisi, että verkosta otettu sähkö olisi tuuli- tai vesienergiaa vaikkapa lähettyvillä sijaitsevasta voimalasta. Laajalla mitta-kaavalla asuinalueelle voitaisiin suunnitella oma tuulivoimala täyttämään käyttösähkön tarpeet.

Talotekniikkaan nollaenergiataloihin olisi hyvä lisätä Ruotsin NCC:llä esiintyvä energiakello. Energiakello antaisi vastuuta kantavalle asiakkaalle mahdollisuuden osallistua vielä tehokkaammin energian ja sähkölaskujen säästämiseen. Yksi merkitsevä tekijä energiatehokkaassa asumisessa syntyy asukkaan omista intresseistä ja kukapa ei haluaisi säästää sähkölaskuissa. Energiakello näyttäisi asukkaalle sähkön ja lämpimän veden kulutuksen reaaliajassa. Energiakello auttaisi asukasta ymmärtämään kuinka huomattavia säästöjä asukas voisi saada tarkkailemalla omaa energian kulutustaan. Energiakelloon pystyttäisiin lisäksi integroimaan esimerkiksi ovipuhelin, joka kerrostaloissa olisi erinomainen lisä energialaskureiden lisäksi. Yhtäläilla mukaan voisi liittää hälytyspainikkeet tai vaikkapa taloyhtiön vikailmoituspainikkeet.

3.5 Nollaenergiahankkeen läpiviennistä yleisesti

Työn keskittyessä rakenneratkaisuihin, jää itse prosessin kulun käsittely yleiseen tarkasteluun. Toteutuneista kohteista on jäänyt mieleen muutamia toteuttajien painottamia seikkoja, jotka ovat olleet takaamassa hankkeiden onnistumista. Tässä osassa

pohditaan tutkimuksen edetessä ilmenneitä suunnitteluun, rakentamiseen ja markkinointiin liittyviä huomioita nollaenergiahankkeessa.

Onnistunut nollaenergiahanke vaatii motivoituneen työryhmän. Saumaton yhteistyö suunnittelijoiden ja asiantuntijoiden välillä takaa parhaat ratkaisut ja mutkattoman toteutuksen. Suunnittelijan sekä asiantuntijoiden olisi hyvä osallistua myös rakentamiskäytäntöihin tarkistuksiin yhdessä työnjohdon kanssa. Toteutuksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon ylimääräiset työvaiheiden tarkastelut ja työvaiheiden tarkemmat läpikäynnit jokaisen työvaiheen täydellisen onnistumisen takaamiseksi. Työn tarkkuus saattaa viedä odotettua enemmän aikaresursseja, joten viivästykset on huomioitava. Esimerkiksi elementtiasennuksen jälkitöihin tulisi varata kunnolla aikaa saumojen tiiveyden takaamiseksi.

Rakenne- ja LVISA-suunnittelussa olisi hyvä työstää ideoita jo toteutuneista ja näin ollen myös testatuista kohteista, kuten Kuopion nollaenergiatalosta ja Ruotsin NCC:n passiivikerrostaloista. Edellä mainituissa kohteissa on tehty monia eri ratkaisuja tiiveyden takaamiseksi, kylmäsiltojen vähentämiseksi sekä turhien läpivientien poistamiseksi taloteknisessä suunnittelussa. Rakennusvaiheessa tiiveyttä olisi hyvä mitata erilaisin kokein ja mittauksin.

Työmaan riskitekijät onnistuneen projektin tiellä ovat huolellisuuden sekä tarkastusten puute. Työvaiheet tulevat olla tarkoin suunniteltuja ja niiden vaatimustaso tulee täyttyä jokaisessa työsaumassa, eikä vain satunnaisotoksissa. Tarkkaavaisen ja suunnitelmallisen työnjohdon lisäksi jokaisen työntekijän perehdyttäminen työnlaatuun on tarpeellista. Tiiveysasioissa olisi hyvä ottaa mallia Ruotsissa ja käydä mallin avulla läpi työnlaadun tavoite. Näin ei kenellekään jää epäselväksi kuinka tarkkaa työn tulee olla. Opastuksen lisäksi on Ruotsissa jokaisen työntekijän kuitattava työvaiheen valmistuminen. Näin työntekijä saadaan kantamaan vastuu omasta työsuorituksestaan ja todennäköisesti saadaan myös virheiden määrä vähennettyä.

Markkinoinnin vaikutus kasvaa erikoisprojektien kohdalla. Asiakkaat on saatava vakuuttamaan suuremman alun investoinnin kannattavuudesta sekä yleensä nollaenergiarakentamisen tuomista hyödyistä. Markkinoinnin tulisikin keskittyä painottamaan elinkaa-

rikustannuksessa näkyviä hyötyjä. Lisäksi voimakkaana vetonaulana voisi toimia vielä tällä hetkellä vähemmän tavattu energiakello ja siihen lisättävät muut ominaisuudet.

3.6 Vaihtoehtoiset rakenneratkaisut betonirungon tilalle

NCC:n tyypillinen rakenneratkaisu asuinkerrostalorakentamisessa on lähestulkoon aina betonielementtirunko. Kyseessä on kauaskantoisella kokemuksella tutuksi ja turvallisesti koettu rakennetyyppi. Betonirunkorakentamisessa on hyötynä tutut työvaiheiden toistumiset ja kokemus itse materiaalista. Työvaiheet sujuvat helpommin ja nopeammin niin suunnittelijoiden, työnjohdon kuin työntekijöidenkin kannalta. Betonitoissa on kuitenkin myös omat riskinsä, kuten erittäin raskaat ja kömpelöt työvaiheet, sekä ei niin ekologinen rakennusmateriaali.

Betonirungon tilalle olisikin hyvä ottaa harkintaan puuelementein tai teräsrunkoelementein rakennettava asuintaloratkaisu. Puu- ja teräsrunko mahdollistavat paksummat eristekerrokset ja näin ollen myös mahdollisesti ohuempat seinämät. Puurakentamisen ympäristöystävälliset ja taloudelliset näkökulmat ovat varmasti esillä tulevaisuudessa. Ymmärrettävää kuitenkin on, että tällä hetkellä muutaman vuoden visiossa uusien rakenneratkaisujen kohdalla rytmi on turhan nopea, varsinkin kuin energiatehokkuusmääräykset tuovat jo itsessään suuren määrän muutoksia rakennuskulttuuriin.

4 Nollaenergiaratkaisujen testaus

Nollaenergiaratkaisujen tulee täyttää seuraavat kriteerit: lämmitysenergiantarve noin $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, rakennustenkustannukset suhteellisen samalla tasolla kuin ne nykyisen normaalikohteen kohdalla ovat, ja kohteessa tulee olla omia uusiutuvia energiamuotoja hyödyntäviä voimaloita.

Työssä lähdetään testaamaan luvussa neljä päätettyjä rakenneratkaisuja todelliseen rakennusprojektiin. Rakennemateriaalit (betonirunko) pysyvät lähestulkoon samana, mutta tiiviimmät ikkunat sekä enemmän lämpöä eristävä lämmöneriste tuottavat pienemmät U-arvot.

Testattavan nollaenergiarakenteen U-arvot olivat

- 220 mm SPU-eristetty ontelolaatta-alapohja, 0,10 W/m²K
- 300 mm SPU-eristetty sandwich -ulkoseinäelementti, 0,08 W/m²K
- 160 mm kevytsoraa, 270 mm SPU-eristetty yläpohja, 0,07 W/m²K
- Skaalan MSE -ikkunat, 0,72 W/m²K
- Skaalan Alfa IOA -alumiiniparvekeovet, 0,67 W/m²K
- Ilmanvuotoluku n50, 0,4 1/h
- Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, 90 %.

Tavoitteena on tutkia arkkitehtuurisesti haasteellisen rakenteen sopivuutta passiivi- tai nollaenergiarakenteeksi. Ratkaisuna nollaenergiataloksi on tuottaa viihtyisä asuinrakennus, jossa normaaliasumisolosuhteisiin tottunut asiakas saa nauttia arkkitehtuurisesti näyttävästä, valoisasta ja avarasta asuinympäristöstään. Nollaenergiatalo kykenee kaikkien näiden normaalien asumistottumusten ohelle tarjoamaan lisäksi uudistunutta ja taloudellista talotekniikkaa, joiden toimintaan asukas pääsee itse osallistumaan ja vaikuttamaan energiakellon ja sen tuomien lisäominaisuuksien kera.

4.1 Tsinnian mallitalo

Tässä työssä on tarkoituksena ottaa malli jo valmiista NCC:n kohteesta ja muokata se mahdollisimman lähelle nollaenergiatasoa. Tavoitteena onkin saada lämmitysenergiatarpeeksi laskennallisesti 15 kWh/m²,a. Tässä työssä tarkastellaan nyt vain yhtä taloa NCC:n omasta asuntorakennuskohteesta, Tsinniasta (Viikinportti 2, 00790 Helsinki), ja tarkastellaan teoreettisesti kyseisen kohteen yhden talon mahdollisuuksia muuttua nollaenergiataloksi.

Esimerkkirakennus sisältää muutamaa eri vaipparakennetta, mutta tässä työssä se yksinkertaistetaan yleisemmän mukaan. Ikkunoille ja oville on määritelty muutamiakin U-arvoja, mutta malliratkaisussa käytetään vain yhtä U-arvoa vaipparakennetta kohden.

Tsinnian kohde rakennetaan Viikkiin alueelle, josta kaavaillaan energiatehokasta asuinympäristöä. Alueella kulkee mm. huoltokiskot, jota kaavaillaan otettavaksi käyttöön raitiovaunukulkuyhteydeksi Helsingin keskustaan. Kohteeseen kuuluu 5 rakennusta,

jotka ovat kaikki 5-kerroksisia. Asuntojen koot vaihtelevat 51,5 -81,0 m²:een. Jokaiseen huoneistoon kuuluu oma sauna ja parveke, jotka tekevät haasteellisemmiksi muuntaa taloa nollaenergiatasolle. Talon muoto ja ikkunoiden paljous ovat myös tekijöitä, jotka vaikeuttavat haluttuun nollaenergiatasoon pääsyä. Talo toteutetaan betonielementtitalona.



Kuvio 10. Mallinnettu kuva Tsinnian kiinteistöstä. Mallitalona työssä on talo D.

Tsinnia on energiatehokkuudeltaan matalaenergiatalo, jossa on jo tehty ympäristöstävällisiä ratkaisuja. Lämmitysmuotona on kaukolämpö ja kohteessa on asuntokohtainen lämpimän ja kylmänveden kulutuksien mittaus. Talot on varustettu niin sanotulla kaksoislämmitysjärjestelmällä, jonka ansiosta asukkaalla on itse mahdollisuus säädellä oman asuntonsa lämpötilaa ja maksaa siitä kulutuksen mukaan. Näin asukas voi itse vaikuttaa tilojen lämmitykseen kuluvaan energian määrään.

4.1.1 Tsinnia, mallirakennuksen rakenteet

Kohde on pistemäinen, monia kulmia sisältävä 5-kerroksinen rakennus. Porrashuone ja hissikuilu ovat talon keskellä ja asunnot porrashuoneen ympärillä. Jokaisessa asunnossa on yksi tai kaksi parvekettä ja niiden yhteydessä erittäin suuret ikkunat. Suunniteratkaisuna rakennuksella on ollut täyttää vuoden 2010 energiavaatimukset ja että lämpöahiö vastaa matalaenergiatasoa. Työtä helpotetaan niin, että pelkistetään rakennus

ulkoseiniltään yhtenäiseksi rakenteen poiketessa vain parvekkeiden kohdalla kantavasta sisäkuorielementistä sandwich -elementtiin. Pohjakerros poikkeaa myös hieman yleemmistä kerroksista, mutta työssä kerrokset käsitellään yhtäläisinä. Taulukossa 7 on listattuna kohteen laajuustiedot ja Tsinnian energiaselvityksessä esitetyt laskentatulokset. Näitä tietoja tarvitaan työssä valitun rakenteen lämmitysenergianmäärän mitoituksessa. [24.]

Taulukko 7. Rakennuksen laajuustiedot ja laskentatulokset [24.]

Rakennustilavuus	5026	rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	1538	m ²
Kerroskorkeus	3	m
Huonekorkeus	2,6	m
Ilmatilavuus, lämmin	3590	m ³
Julkisivu pinta-ala	1036	m ²
Ikkunapinta-ala, maanpäällinen kerrostasoala	12	%
Ikkunanpinta-ala, julkisivun pinta-ala	18	%
Lämpöhäviö vertailutasosta	77	%

Vuoden 2010 energiamääräysten mukaisessa ulkoseinärakenteessa on kantava sisäkuori ja ohut rappaus. Ulkopuolelta sisälle rakenne sisältää 10 mm ohutrappauksen, 230 mm eristevillalevyn, 150 mm betonia ja pintamateriaalin (tasoite ja maalaus). Lämmönläpäisykerroin $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. [29.]

Yläpohjarakenteena on ulkoa sisälle päin suojakiveys 30 mm, vedeneriste 3 mm, kevytsorabetonilaatta 60 mm, lämmöneristeenä kevytsora 700 mm, katto EPS 100 mm, ontelolaatta 370 mm ja pintakäsittely 5 mm. Lämmönläpäisykerroin $U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$. [29.]

Kantavan alapohjan rakenne on ulkoa sisälle päin karkea kovaeriste Ukorex Ultra 80s lattia 170 mm, ontelolaatta 370 mm, pintabetonitasoite 15 mm, lautaparketti 15 mm ja alusmateriaali 3 mm. Lämmönläpäisykerroin $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. [29.]

Puuikkunat tulevat asuntoihin Fenestralta. Niiden U-arvo vaihtelee $0,83\text{-}1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Asunnoissa on ikkunaovet parvekkeelle, joiden U-arvo on $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. [29.]

Kohteesta energiaselvityksen on laatinut NCC:n tytäryhtiö suunnittelutoimisto Optiplan Oy. Energiatohokkuusluvaksi on saatu 98 kWh/brm²/vuosi. Energiatohokkuusluokaltaan rakennus on vuoden 2010 energiamääräysten mukaisesti luokkaa A. Kohteen sääkorjattu, vuotuinen, energiantarve on 680 00 kWh/vuosi, josta lämmitysenergian osuus on 495 000 kWh/vuosi ja kiinteistösähköä 185 000 kWh/vuosi. Edellä mainitut lukemat koskevat siis koko kiinteistöä. Laskuissa on kuitenkin käytetty energiatodistuksessa käytettävän säävyöhykkeen mukaisia lukemia, jolla kokonaislämmitysenergian kulutukseksi on saatu 560 869 kWh/vuosi ja näin ollen tarkasteltavan rakennuksen lämmitysenergian kulutuksen laskennoissa on käytetty lukemaa 112 037 kWh/vuosi. Ilmanvuotolukuna on käytetty $n_{50} = 1,0$ l/h. Bruttoneliöitä kohteessa on 7 389 brm², josta tarkasteltavan rakennuksen osuus on 1 476 brm². [24.]

Energiaselvityksen lämmitysenergiälaskenta sisältää vaipan, vuotoilman, ilmanvaihdon LTO:n ja käyttöveden lämmityksen lämpöhäviöt, lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöt ja lämpökuormat. Tarkasteltavan rakennuksen vuotuinen lämmitysenergiantarve on 76 kWh/brm²/vuosi, josta työssä tarkasteltavan vaipan lämpöhäviöiden osuus on 59 596 kWh/vuosi. [24.]

4.2 Malliratkaisu

Rakeneratkaisuissa lähdetään liikkeelle siitä, että tarkasteltavan rakenteen lämmitysenergiantarve pitäisi muuttua 76 kWh/brm²/vuosi lukemaan 15 kWh/brm²/vuosi. Kappaleessa neljä esitetyt rakeneratkaisut sijoitetaan edellä mainittuun Tsinnian kohteeseen. Kyseessä on täysin teoreettinen laskenta siitä, että voiko ylipäänsä näin monimutkainen rakenne olla passiivi- tai nollaenergiaprojektin rakenne. Energiankulutus lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 laskukaavojen mukaisesti. Rakennuksen energiankulutukseen vaikuttaa rakennuksen lämpöhäviöenergiat, jotka syntyvät vaipan lämmöneristävyydestä, rakenteen ilmatiiveydestä sekä ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteesta. Energiankulutukseen vaikuttavat myös käyttöveden lämmitys, lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergia, jäähditys sekä hyödynnettävät sisäiset lämpökuormat. [25, s. 2.]

Tässä työssä käytettävät lämpöhäviöenergiat, jotka eivät synny rakenteesta, ilmatii-
veydestä tai lämmöntalteenoton hyötysuhteesta, otetaan laskuihin mukaan suoraan
Tsinnian energiaselvityksessä esiintyvistä tiedoista. Jäähdytystarvetta tulee todennäköi-
sesti esiintymään kesäisin passiivi- tai nollaenergiarakenteellisessa, mutta sen tarkaste-
lu jätetään työn ulkopuolelle. Oletettavaa kuitenkin on, että maalämpökaivoja hyödyn-
netään kesällä jäähdytystarpeisiin maalämpökaivojen vaikuttaessa Kuopion kohteen
talotekniikkaratkaisujen mukaan ilmanvaihdon esilämmitykseen tai -jäähdytykseen.

4.2.1 Rakennuksen läpi johtuvan energian määrä

Ensimmäisenä otetaan tarkasteluun rakenteiden läpi johtuvan energian määrä. Rakenn-
teiden läpijohtuvan energian määrä lasketaan kaavalla [25, s. 18]:

$$Q_{\text{joht}} = \sum H_{\text{joht}} * (T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulko}}) * \Delta T / 1000$$

$$H_{\text{joht}} = \sum (U_{\text{ulkoseinä}} * A_{\text{ulkoseinä}}) + \sum (U_{\text{yläpohja}} * A_{\text{yläpohja}}) + \sum (U_{\text{alapohja}} * A_{\text{alapohja}}) + \sum (U_{\text{iikkuna}} * A_{\text{iikkuna}}) + \sum (U_{\text{ovi}} * A_{\text{ovi}})$$

U = vaipparakenteen U-arvo

A = vaipparakenteen pinta-ala

Tulko = kuukauden keskilämpötila

ΔT = kuukauden pituus

Laskentamenetelmässä lämpöenergia lasketaan joka kuukaudelle käyttäen Helsingin
normaaleja keskimääräisiä ulkolämpötiloja. Sisälämpötila pidetään vakiona eli 21
°C:ssa. Tuuletustilallisen alapohjan lämpötilaerona käytetään 20 % pienempää arvoa.
[25, s. 19.]

Taulukossa 8 näkyvät laskennassa käytettävät vaippapinta-alat ja vaipparakenteiden U-
arvot. Vaippapinta-alat on saatu suoraan Tsinnian energiaselvityksestä ja U-arvot on
kappaleessa 4 valittujen rakenneratkaisujen lämmönläpäisevyyškertoimet.

Taulukko 8. Laskennassa käytettävät pinta-alat ja lämmönläpäisevyysarvot

		Ulkoseinä	Alapohja	Yläpohja	Ikkunat	Ovet
U-arvot	[W/m ² K]	0,08	0,1	0,07	0,72	0,67
Pinta-alat	[m ²]	796	277	272	187	53

Taulukko 9. Rakennuksen eri vaipparakenteiden läpijohtuva lämpöenergia

	Kuukau- den pituus ΔT	Ulkoläm- pötila	Sisäläm- pötila	Ulko- seinä	Alapohja	Yläpohja	Ikkunat	Ovet	Yht.
	[h]	[°C]	[°C]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Tammi	744	-6,9	21	1322	460	395	2795	737	5709
Helmi	672	-6,8	21	1190	414	356	2515	663	5138
Maalis	744	-2,9	21	1132	394	339	2394	631	4890
Huhti	720	2,9	21	830	289	248	1755	463	3584
Touko	744	9,9	21	526	183	157	1112	293	2271
Kesä	720	14,9	21	280	97	84	591	156	1208
Heinä	744	16,6	21	208	73	62	441	116	900
Elo	744	15	21	284	99	85	601	159	1228
Syys	720	10	21	504	176	151	1066	281	2178
Loka	744	5,4	21	739	257	221	1563	412	3192
Marras	720	0,1	21	958	333	287	2026	534	4139
Joulu	744	-4,1	21	1189	414	356	2514	663	5136
Yhteensä				9163	3189	2740	19373	5110	39574

Taulukossa 9 laskettujen energiamäärien mukaan, rakennuksen vaipan läpi kulkee teoreettisen laskennan jälkeen nyt 39 574 kWh lämpöenergiaa.

Huomattavaa on kuitenkin ikkunoiden kautta johtuva suuri energiamäärä. Määräyksissä on asetettu valoaukon osuudeksi 10 % huoneistopinta-alasta. Ikkunallisten ovien sekä ikkunoiden yhteiseksi prosentuaaliseksi osuudeksi tulee suunnitellulla rakenteella nyt kuitenkin 16 % osuus maanpäällisestä kerrostasoalasta. Ikkunoiden osuutta on mahdollista siis vähentää jopa 87 m², jolloin rakenteen vaipan läpi johtuvan energian määräksi tulee 30 561 kWh/vuosi. Pienempää arvoa ei kuitenkaan nyt käytetä, koska kokonaislämmitysenergian tarpeen laskennassa on sisäisissä kuormissa auringon valon tuoma lämmitysenergiämäärä mukana, ja ikkunapinta-alojen muuttuessa myös aurinkoenergian lukema muuttuisi.

4.2.2 Vuotoilman tarvitsema energia

NCC:n nollaenergiaratkaisussa vuotoilman määräksi päätettiin 0,4 l/h. Seuraavassa lasketaan vuotoilman tarvitsema energia. Myös vuotoilman laskennassa tarkastellaan koko vuoden aikana tarvitsemaa energiamäärää [25.]. Rakenteiden läpi vuotavan ilmamäärän tarvitsema energia saadaan kaavalla:

$$Q_{\text{vuotoilma}} = H_{\text{vuotoilma}} * (T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulko}}) * \Delta T / 1000$$

$$H_{\text{vuotoilma}} = 1,2 \text{ kg/m}^3 \text{ (ilman tiheys)} * 1000 \text{ Ws/kgK (ilman ominaislämpökapasiteetti)}$$

$$* q_{v,\text{vuotoilma}}$$

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = n_{50} / 25 * (3590 \text{ m}^3 / 3600) = 0,0156 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ eli}$$

$$H_{\text{vuotoilma}} = 19,15 \text{ W/K.}$$

Taulukossa 10 on laskettu koko vuoden aikana kulunut vuotoilman tarvitsema energia.

Taulukko 10. Vuotoilman aiheuttama kokonaishäviöenergia

	Kuukauden pituus ΔT	Ulkoläm- pötila	Sisäläm- pötila	$Q_{\text{vuotoilma}}$
	[h]	[°C]	[°C]	[kWh]
Tammi	744	-6,9	21	398
Helmi	672	-6,8	21	358
Maalis	744	-2,9	21	341
Huhti	720	2,9	21	250
Touko	744	9,9	21	158
Kesä	720	14,9	21	84
Heinä	744	16,6	21	63
Elo	744	15	21	85
Syys	720	10	21	152
Loka	744	5,4	21	222
Marras	720	0,1	21	288
Joulu	744	-4,1	21	358
Yhteensä				2755

Vuotoilman tarvitsema energia yhden vuoden aikana on 2 755 kWh.

4.2.3 Ilmanvaihdon lämpöhäviöenergia

Ilmanvaihtolaitteen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi saadaan jopa 90 % valitsemalla markkinoiden tehokkaimpia laitteita. Osa laskennassa käytetyistä arvoista on saatu Tsinnian energiaselvityksestä [24.]. Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia saadaan kaavalla

$$Q_{iv} = \sum(H_{iv} * (T_{sisä} - T_{ulko}) * \Delta T)/1000$$

$$H_{iv} = 1200 * 0,629 \text{ m}^3/\text{s (poistoilmavirta)} * (1 - 0,90 \text{ (LTO:n vuosihyötysuhde)}) = 75,48 \text{ W/K}$$

Taulukko 11. Ilmanvaihdon tarvitsema energia koko vuoden ajalta. Kaikkialle tiloihin on asettu lämmöntalteenotto.

	Kuukauden pituus ΔT	Ulkoläm- pötila	Sisäläm- pötila	Q_{iv}
	[h]	[°C]	[°C]	[kWh]
Tammi	744	-6,9	21	1567
Helmi	672	-6,8	21	1410
Maalis	744	-2,9	21	1342
Huhti	720	2,9	21	984
Touko	744	9,9	21	623
Kesä	720	14,9	21	332
Heinä	744	16,6	21	247
Elo	744	15	21	337
Syys	720	10	21	598
Loka	744	5,4	21	876
Marras	720	0,1	21	1136
Joulu	744	-4,1	21	1410
Yhteensä				10861

Taulukossa 11 laskettujen energiamäärien mukaan, ilmanvaihdon lämpöhäviö on siis vuodessa 10 861 kWh.

4.2.4 Muut lämpöenergiaa vievät laitteet ja systeemit

Edellä laskettujen lämmitysenergian tarpeiden lisäksi tulee huomioida myös käyttöveden lämmitys, lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöt sekä sisäiset lämpökuormat. Niiden

tarkempaan laskentaan ei tässä työssä oteta kantaa, joten määrät otetaan suoraan Tsinnian rakennusluvan energiaselvityksestä, lämmitysenergiälaskennan tulosten erittelystä. Lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöt sekä lämpökuormien määrät muuttuvat muutettujen rakenteiden ohella, mutta koska kyseessä on teoreettinen tarkastelu lämmitysenergianmäärän vähentämiseksi, käytetään alkuperäisten ratkaisuiden pohjalta laskettuja energiahukkia. Käyttöveden lämmitykseen kuluva energia on sama kuin alkuperäisessä versiossa.

Rakennusluvan energiaselvityksessä on eriteltyä lämmitysenergiälaskennalle koko kiinteistön, eli viiden rakennuksen lämmitysenergiakulut. Niinpä tässä työssä käytettävät arvot ovat rakennusten välisten bruttopinta-alojen suhteen lasketut esimerkkirakennuksen osuudet (20%) energiankulutuksesta.

Taulukko 12. Muokatun rakenteen energiankulutus vuoden aikana

	[kWh]
Rakennuksen vaipan lämpöhäviöenergia	30 561
Vuotoilman lämpöhäviöenergia	2 755
Ilmanvaihdon lämpöhäviöenergia	10 861
Käyttöveden lämmitys	41 731
Lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöt	41 375
Sisäiset lämpökuormat (hyödynnettävä)	-93 669
Yhteensä	33 614

Kokonaisenergian kulutukseen vaikuttaa energialähteen lämmöntuottolaite, joka kyseisessä kohteessa on kaukolämpö. Kaukolämmön vuosihyötysuhde on 1,0, jolloin kokonaisenergiankulutus on sama kuin tarvittava ostoenergian suuruus. Rakennuksen koko vuoden kokonaisenergiankulutus on taulukon 12 mukaan siis

$$33\,614 \text{ kWh} / 1\,538 \text{ m}^2 = 22 \text{ kWh/m}^2/\text{vuosi}.$$

Mikäli laskennassa olisi huomioitu ikkunapinta-alan vähennykset, tulisi energiankulutus jo lähelle tavoiteltua lämmitysenergiankulutusta. Ikkunapinta-alan vähennyksellä saa-

taisiin lämmitysenergiatarpeeksi 16 kWh/m²/vuosi, joka on siis jo erittäin lähelle tavoiteltua 15 kWh/m²/vuosi tulosta.

5 Tulos

Työn tavoitteena oli saada toimivat rakenneratkaisut nollaenergiakerrostaloon niin, että lämmitysenergiatarpeeksi saataisiin 15 kWh/m²/vuosi. Tärkeinä lähtökohtina rakenneratkaisujen lisäksi oli myös viihtyvyyden säilyttäminen asuinhuoneistossa, normaaliasumisolosuhteita pois jättämättä. Tarkoituksena oli hyödyntää Kuopion nollaenergiatalovierailusta saatuja tietoja sekä miettiä, miten ruotsalaisen rakennustapakulttuurin hyviä ideoita saataisiin kulkeutumaan myös tänne Suomeen.

Ruotsalaisesta rakennustavasta on syytä ottaa mallia sen järjestäytyneisyyden ja itseään toistavan toimintamallin osalta. Ruotsissa rakentamisen lähtökohtana on, että jokainen projektiin osallistuva kantaa vastaan suorituksestaan, jolloin tavoitteeseen tähtää niin suunnittelija kuin rakennusmies. Hyvillä valmistautumisilla sekä koulutuksilla taataan onnistuneet passiivitaloprojektit. Ruotsissa ei myöskään pelätä kokeilla vieraita ratkaisuja vaan niitä haetaan ja testataan tehokkaimpien tulosten saavuttamiseksi. Toisaalta myös Ruotsin mainonta energiatehokkaasta rakentamisesta sekä ympäristöstävällisistä näkökodista on ihailtavaa. Yksi Ruotsin NCC:n energiatehokkaan rakentamisen mainoskikka on ympäri maata kierrätettävä malli passiivitalosta. Tämän mallin avulla niin asiakkaat kuin toteuttajatkin pääsevät tutustumaan passiivirakenteeseen. Ruotsissa on käytössä myös betonin lisäksi teräs ja puu runkomateriaalina.

Rakenteilla on suuri merkitys energiatehokkaassa talossa. Tiiveydestä on huolehdittava jo rakennusaikaisin mittauksin ja jokaisen työntekijän on oltava valmis ottamaan vastuu tehtävästään tarkan rakentamisen onnistumiseksi. Tiivistä vaipparakennetta ei välttämättä saada aikaiseksi hyviä U-arvoja omaavista rakenteista - työn laadulla ja valvonnalla sekä hyvällä suunnittelulla on suuri merkitys. Huonosti tehty ei ole tiivis.

Kuopion kohteesta saatiin paljon informaatiota. Valtion tukemana kohteena oli siitä saatavilla paljon yksityiskohtaista tietoa. Kuopion ratkaisut asumisviihtyvyyden kannalta tuntuivat kuitenkin tänne pääkaupunkiseudulla totuttuihin asumisen ominaisuuksiin hieman puutteellisilta. Kuopion rakennemallia hyödyntäen, lähdettiin hakemaan hieman

valoisampaa, parvekkeellista, pääkaupunkiseudulla totuttuihin asumisolosuhteisiin tähtävää nollaenergiarakennetta.

Tsinnian kohteen vaipparakenne muuttui eristävydeltään tehokkaammaksi. Runkoseinäelementin eristettä muutettiin eristevillalevystä SPU -eristeeksi. Runkoseinäelementit ovat kauttaaltaan sandwich -elementtejä. Elementin ulkokuori on pintakäsiteltyä betonia. U-arvo muuttui 0,17:stä W/m^2K 0,08:aan W/m^2K . Yläpohjaan muutettiin eristeeksi 270mm SPU -eristelevy sekä kevytsoran määrää vähennettiin. Yläpohjan U-arvo muuttui 0,09:stä W/m^2K 0,07:ään W/m^2K . Alapohjan U-arvo miltei puolittui vaihtamalla tähänkin vaipparakenteeseen eristeeksi molemmiin puolin alumiinilaminoidun SPU -levyn. Nyt U-arvo on siis 0,1 W/m^2K , 0,17:sta W/m^2K sijaan.

Ikkunat vaihdettiin Fenestran puuikkunoista Skaalan Alfa Frostfree -ikkunoihin. U-arvo pieneni reilut 0,20 W/m^2K . 1,0 W/m^2K U-arvon omaavat ikkunaovet vaihdettiin Skaalan Alfa-malliston yksilehtisiin Alfa IOA -alumiiniparvekeoviin, joiden U-arvot ovat 0,67 W/m^2K . Suurin lämmitysenergian kulutuksen muutos saatiin yli puolet pienemmän tavoitellun ilmanvuotoluvun ja ikkunoiden vähentämisen avulla. Ikkunat ja ikkunalliset ovet kattavat nyt ikkunapinta-ala minimin eli 10 % huoneistopinta-alasta. Lisäksi ilmanvaihdon lämmöntalteenottolaitteeksi valittiin markkinoiden tehokkain laite hyötysuhteeltaan. Enervent on tuonut markkinoille ilmanvaihtojärjestelmään integroituvan poistoilmapumpun, joka tarjoaa yhdessä lämmönsiirtokoneen kanssa jopa 90 % hyötysuhteen.

Tulokseksi saatiin, että NCC:n asuntorakentamiselle tutulla betonielementtirakentamisella voidaan saada aikaiseksi viihtyisä nollaenergiakerrostalo. Teoreettisella laskennalla saatiin viisikerroksisen asuinkerrostalon lämmitysenergianmäärän laskennalliseksi tulokseksi 16 kWh/m²/vuosi. Pienillä muutoksilla tuloksena olisi varmasti tämä tavoitteeksi asetettu 15 kWh/m²/vuosi. Muutos lämmitysenergiatarpeessa mallikohteessa on huikea, kun lähtötilanne antoi tarkasteltavan rakenteen lämmitysenergian tarpeeksi 76 kWh/ m²/vuosi. Työssä käytetyssä mallikohteessa on erittäin monikulmainen julkisivu, joka osaltaan aiheuttaa myös hieman ahtaita kulmauksissa huoneistoissa. Tämä tuleekin huomioida siinä, että seinän paksuutta kasvatettiin yli 160 mm, joka juuri kyseisessä kohteessa saattaisi koitua ongelmaksi tontin ollessa jo muutoinkin ahdas.

Nollaenergiarakennuksen mallin kehittelyn tuloksena on vielä jopa vuonna 2020 rakentamisen energiamääräykset täyttävä rakenne. Uusiutuvan energian käyttö takaa energialuvun pienemmät kertoimet, jolloin rakennusluvan energianselvityksessä jääetään alle suurimman sallitun rajan, joka asuinkerrostalolla on vuoden 2012 energiamääräyksissä 130 kWh/m²/vuosi [26.].

Tuloksessa on muistettava, että kyseessä on teoreettinen, yksinkertaistettu laskentamalli kohteesta, joka sisältää erittäin paljon liitoskohtia, joiden tiivis rakentamisen suoritus on erittäin tarkan valvonnan ja ohjeistuksen tulos. Lisäksi kohde vaatii erittäin osaavan suunnitteluorganisaation taustalle, jotta rakenteista ja talotekniikasta saadaan toimiva kokonaisuus. Lisäksi on huomioitava jäähdytysenergian tarpeellisuus näin hyvin eristetyssä kohteessa [27, s.54]. Sen tarve jätettiin nyt laskuista pois ajatellen maalämpökaivon tuottamaa ilmanvaihtokoneen esijäähdytystä kesän lämpimiin olosuhteisiin. Myös talon sijoittelulla, ikkunoiden suuntauksella ja massoittelulla on merkityksensä energiankulutukseen, mutta tämäkin jätettiin yksinkertaistetussa mallissa huomioidematta [27, s. 51-54; 28, s.115-116].

Työssä tutustuttiin vain pintapuolisesti rakennuskustannuksiin. Onkin tarpeellista esittää laskelmia siitä, miten nollaenergiarakentaminen ja siihen liittyvät kustannukset jakautuvat rakennusliikettä ja muita nollaenergiataloprojektin osapuolia kohden. Yleisesti voi mainita, että VTT:n Jyri Niemisen mukaan energiatehokkaan rakennuksen alun korkealta tuntuvat kustannukset maksavat itsensä takaisin jo 5-10 vuodessa. Rakennusliikkeen ja toisaalta asiakkaan, sekä yleisen kysynnän, kannalta alun investoinnit tutkimuksiin ja suunnitteluun tuntuvat suurilta, mutta kantavat kuitenkin tulosta pitkälle. Helpotusta näihin nollaenergiatalon rakenteellisiin ja taloteknisiin lisäinvestointeihin on toistaiseksi mahdollista saada tukea valtiolta.

Lähtökohtana rakennusliikkeellä on tarjota energiatehokkaampi asuinympäristö nykyisen hintaluokan suuruudella. Tämä on mahdollista, kunhan rakennusmenettelyistä sekä suunnitelmista on tehty tarkat tutkimukset jo hyvissä ajoin ennen rakentamisen alkua.

Energiatehokasta rakennusta suunniteltaessa on tärkeää muistaa käyttäjän vaikutus energiatehokkaaseen rakennukseen. Tästä johtuen onkin syytä kouluttaa käyttäjät eli tässä tapauksessa asukkaat energiatehokkaaseen asumiseen. Koulutuksen ohella ener-

giatehokasta asumista voisi tukea Ruotsin energiakellon tyyppinen ratkaisu, josta asukkaat voisivat seurata reaaliajassa omaa energian kulutustaan. Energiankulutuksen seuranta voisi tukea valmiit laskennat energian käytön hinnasta.

Nollaenergiarakentaminen on vasta niin alussa, että sen monista toteutusvaihtoehdoista löytyy vielä vaikka kuinka paljon tutkittavaa. Ennen kaikkea oman energiantuotannon perusteellinen tutkiminen on kannattavaa ennen jokaista nollaenergiaprojektia. Jo itse rakennusympäristö vaikuttaa siihen miten nollaenergiatalon rakenne- ja taloteknilliset ratkaisut tulisi suunnitella. Talotekniikan opiskelija löytää aiheesta monia hyviä tutkimusaiheita. Hyödyllistä on kartoittaa ennen kaikkea, että mikä uusiutuvan energian tuotantomuoto olisi oivallinen esimerkiksi rannikolle sijoittuvaan nollaenergiataloon vallitsevat sääolosuhteet huomioiden.

6 Yhteenveto

Nollaenergiatalon idea on yksinkertaistettuna se, että sen vuotuinen energiankulutus on ostettu ja myyty energia yhteenlaskettuna nolla. Energiantuotantomuotoja on monia ja jokaiseen kohteeseen asuinympäristön mukaan on syytä miettiä kaikkein energiatehokkaimmat ratkaisut. Uusiutuvan energian tuoton tarvitsee olla sitä pienempää mitä vähemmän rakennuksella on tilojen ja lämpimän veden lämmitys- tai jäähdytystarvetta. Tähän vaikuttavat niin tiiviit rakenteet ja energiatehokkaat laitteet kuin itse osaana asumisen.

Nollaenergiatalon monet määritelmät mahdollistavat tällä hetkellä sen, että minkä tahansa energialuvun omaava rakennus voi olla nollaenergiatalo, kunhan se vaan tuottaa ja myy uusiutuvaa energiaa tarpeeksi itse suhteessa ostettuun energiaan. Tällä hetkellä ei ole vielä mahdollista myydä itse tuotettua energiaa verkkoon lainsäädännöstä johtuen ja toiseksi energiaa ei osata vielä varastoida. Tästä johtuen on keksittävä ratkaisu, miten hyödyntää rakennuksen tuotetun energian hyödyntämisestä ylijäävä energia. Yhtenä ideana voisi pitää alueellista energian kierrätystä. Energiaa tuottava talo myisi energiaa viereiseen taloon, joka ei itse tuottaisi energiaa, mutta olisi kuitenkin nollaenergiarakenteinen talo. Saksassa talojen ylimääräinen energia myydään verkkoon. Huono puoli tässäkin on kuitenkin se, että taloihin verkosta ostettu energia on kivihii-lestä saatua energiaa, kun taas myyty sähkö on uusiutuvaa aurinko- tai tuulienergiaa.

Hiilidioksidipäästöttömyyden tavoittelu täten kumoutuu. Mikäli uusiutuvaa energiaa tuottavat talot toimisivat jonkinlaisen alueellisen verkon sisällä, voisivat talojen asukkaat olla varmoja siitä, että heidän rakennuksessaan ei käytettäisi varmasti muuta kuin uusiutuvaa energiaa.

Nollaenergiatalosta tekee energiatehokkaan sen uudenaikainen talotekniikka. Oman energian tuotannon taloteknisiä ratkaisuja on julkisuudessa vain muutamia, joten uusille ideoilla uusiutuvan energiantuotannon sekä energiatehokkaampien talokoneiden markkinoilla on tilaa. Talotekniikan kehittyessä tulisi hyödyntää kaikki mahdollinen olemassa oleva tekniikka ja luoda näiden pohjalta uusia ratkaisuja. Uusiutuvat energiamuodot ovat todellakin varteenotettavia energianlähteitä. Esimerkiksi toisin kuin voisi luulla, on aurinkoenergialla jopa täällä Suomessakin mahdollisuutensa. Sen todisti Kuopion kohteessa keskellä synkintä talvea mitattu aurinkolämpöenergia.

Työn laatuun puuttumisesta pitäisi tosissaan ottaa mallia Ruotsista, jossa työnaikaiset tiiveysmittaukset ja hyvään rakentamiseen opastavat koulutukset vaikuttavat. Jokainen työntekijä opastetaan hyvään rakentamiseen, mikäli opastus on tarpeellinen. Sitten kun on hyvä työryhmä kasassa, ja kokemusta passiivirakentamisesta on, käytetään samaa ryhmää rakentamaan seuraavaakin passiivikohdetta. Näin vältetään edellisessä kohteessa tehdyt virheet ja hankkeen sujuvuus kasvaa.

Rakennusteollisuuden muuttuessa ripeää vauhtia kohti ympäristöystävällisempää ja energiatehokkaampaa tuotantoa, olisi syytä ihan tosissaan miettiä uusia ja mahdollisesti kustannustehokkaampia ratkaisuja muun muassa runkomateriaaleihin. Yrityksen strategiaa ajatellen toimivampana ratkaisuna on kuitenkin keskittyä betonirunkoiseen rakentamiseen ja sen tuomiin mahdollisuuksiin. Tutulla rakennusmateriaalilla päästään helposti tavoiteltuun tulokseen nollaenergiarakentamisesta, kunhan suunnittelu ja työlaatu vastaavat toivottua tulosta.

Lähteet

- 1 Korhonen, Timo U., Puhe Green -seminaarissa, 18.10.2010. Helsinki: NCC:n pääkonttori.
- 2 Nieminen, Jyri. *Passiivitalo* [verkkodokumentti, viitattu 20.2.2011]. Saatavissa: <http://passiivitalo.vtt.fi/files/passiivitalon%20maaritelma.pdf>
- 3 Asuntonministeri Jan Vapaavuori Pohjois-Suomen Rakentajapäivillä 24.9.2008 [www-sivut, viitattu 15.1.2011]. Saatavissa: <http://www.environment.fi/default.asp?contentid=297394&lan=FI>
- 4 Ympäristöministeriö, *Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakentamisen ohjaukseen* [verkkodokumentti, viitattu 13.3.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=80592>
- 5 Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle, *Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia* [verkkodokumentti, viitattu 12.3.2011]. Saatavissa: http://www.tem.fi/files/20585/Selontekoehdotus_311008.pdf
- 6 Nieminen, Jyri, *Matalaenergiarakentamisen tulevaisuuden näkymät* [verkkodokumentti, viitattu 12.3.2011]. Saatavissa: http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS_0_201_403_994_2095_43/http%3B/tek-es-ali1%3B7087/publishedcontent/publish/programmes/yhdyskunta/documents/seminaarit/jyrinieminen.pdf
- 7 Mölsä, Seppo, *Ministeriölle sata kertaa EI*, Rakennuslehti 13.1.2011.
- 8 Ympäristöministeriö, *Uudet rakentamisen energiamääräykset annettu*, [www-sivut, viitattu 4.4.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=380147&lan=FI>
- 9 Heikkonen, Heikki, *Ympäristöministeriö otti lisäajan rakentamisen energiamääräysten käsittelyyn*, Rakennuslehti 13.12.2010
- 10 Optiplan, Powerpoint -esitys Green -seminaarissa, 18.10.2010. Helsinki: NCC:n pääkonttori.
- 11 ERA-17 loppuraportti [verkkodokumentti, viitattu 3.4.2011] Saatavissa: http://era17.fi/wp-content/uploads/2010/10/ERA17_loppuraportti.pdf
- 12 Boqvist, Albert, Puhe Green-seminaarissa, 18.10.2010. Helsinki: NCC:n pääkonttori.
- 13 Vierailu Kuopion nollaenergiakerrostalokohteessa 2.2.2011.
- 14 Kuopion Opiskelija-asunnot Oy:n toimitusjohtajan, Tuula Vartiaisen haastattelu, 2.2.2011, Kuopio.
- 15 VTT, Kuopion nollaenergiatalon energialaskentaraportti

- 16 Nollaenergiakerrostalo [www-sivut, viitattu 12.1.2011] Saatavissa: <http://www.nollaenergia.fi/dokumentit/kuopio/Detaljit.pdf>
- 17 Kulojärvi, Marjo, *Matalaenergia- ja passiivikerrostalorakentamisen haasteet ja käytännöt Suomessa ja Ruotsissa*. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. 2010.
- 18 Passiivipuukerrostalon tiedote 16.12.2010 [verkkodokumentti, viitattu 30.03.2011] Saatavissa: http://www.livingbusiness.fi/attachments/suomen_ensimmainen_yli_neljakerroksinen_puukerrostalo_vierumaele_2_.pdf
- 19 Vapaavuori, Jan, Puhe Puurakentaminen on ekoteko -seminaarissa, 7.4.2011 [verkkodokumentti, viitattu 9.4.2011] Saatavissa: <http://www.vapaavuori.net/index.php?news&nid=317>
- 20 SPU Systems Oy, *Rakennedetaljit, Uudiskohteet* [verkkodokumentti, viitattu 27.3.2011] Saatavissa: http://www.spu.fi/files/spu/rakennedetaljit/U-ARVOTAULUKKO_091218.pdf
- 21 Skaala, *Esitteet ja ohjeet* [verkkodokumentti, viitattu 3.4.2011] Saatavissa: http://www.skaala.com/esitteet_ja_ohjeet.html
- 22 Enervent, *Neljä energiatehokasta vaihtoehtoa* [verkkodokumentti, viitattu 7.4.2011] Saatavissa: <http://www.enervent.fi/main.asp?menuid=110140&countryid=100&langid=1>
- 23 NCC Rakennus Oy, Myytävät asunnot, *Helsingin Tsinnia, Viikki* [www-sivut, viitattu 2.3.2011] Saatavissa: http://www.ncc.fi/asunnot/paakaupunkiseutu/helsinki/tsinnia/fi_FI/tsinnia/
- 24 Optiplan Oy, *As Oy Helsingin Tsinnia, Rakennusluvan energianselvitys*, 2010.
- 25 Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D5 *Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, Määräykset ja ohjeet 2010*. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.
- 26 Ympäristöministeriö, *Uusien rakennusten energianmääräykset* [verkkodokumentti, viitattu 4.4.2011] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=126212&lan=fi>
- 27 RIL 249-2009 *Matalaenergiarakentaminen. Asuinrakennukset*. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörienliitto RIL ry.
- 28 Lappalainen, Markku, *Energia- ja ekologiakäsikirja*. Tampere: Tammerprint Oy. 2010.
- 29 Germano, Jani, *Asunto Oy Helsingin Tsinnia, Rakennetyypit*. 30.9.2010.

