



TYÖMAAN ENERGIANKÄYTÖN HALLINTA

Juha Luoma

Opinnäytetyö
Marraskuu 2013
Rakennusalan työnjohdon
koulutusohjelma

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

LUOMA, JUHA
Työmaan energiankäytön hallinta

Opinnäytetyö 31 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Marraskuu 2013

Tämä opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Peab Oy:n kanssa. Työn tarkoituksena oli selvittää asioita, jotka vaikuttavat energiankulutukseen työmailla. Työssä käytiin läpi energiankulutukseen vaikuttavia seikkoja rakennusvaiheittain. Raportissa asioita kerrotaan yleisellä tasolla sekä käyttäen apuna esimerkkikohteita, joita ovat Peab Oy:n kohteet As Oy Vuoreksen Omega ja As Oy Vuoreksen Orion.

Suomessa vuodenaikojen vaikutus rakentamiseen on suuri, ja se aiheuttaa haasteita rakentamisen energiatehokkaalle toteuttamiselle. Lisäksi erityyppisten rakennusten ominaispiirteitä joudutaan ottamaan huomioon. Tässä työssä keskityttiin lähinnä uudisrakentamisen aikana syntyviin haasteisiin.

Työmaiden lämmittäminen ja kuivaaminen ovat suurimpia energiankuluttajia rakentamisen aikana. Sen takia näiden asioiden käsittelyyn keskityttiin tässä työssä eniten. Näiden asioiden laiminlyönti aiheuttaa myöhemmin isoja kerrannaiskustannuksia, joten senkin takia niihin on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Työn tavoitteena oli luoda muistilista työmaahenkilöstölle asioista, jotka on otettava huomioon, jotta rakentaminen olisi energiatehokasta. Työ toteutettiin kirjallisuusselvityksin ja haastatteluin. Lisäksi tehtiin myös laskentaesimerkkejä havainnollistamaan suunnittelutyön tärkeyttä.

Tuloksena syntyi muistilista, jota apuna käyttäen voidaan käydä läpi energiatehokkuuteen vaikuttavat asiat. Kun listassa esitetyt asiat käydään läpi, vähenevät energiankulutukseen liittyvät yllätykset oleellisesti.

Asiasanat: energiatehokkuus, lämmitys, kuivaus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Site Management

LUOMA, JUHA
Control of Energy Use on Construction Site

Bachelor's thesis 31 pages, appendices 3 pages
November 2013

This Bachelor's thesis was made in cooperation with Peab Oy. The aim was determine the issues that affect energy consumption at construction sites. The project covers to energy and the factors influencing the construction. Things are told in general terms, and with the help of example sites which are Peab Oy sites As Oy Vuoreksen Omega and As Oy Vuoreksen Orion.

In Finland, the seasonal impact of the construction is big and it poses challenges to construction of energy -effective manner. In addition to different types of buildings characteristics of the features have to be taken into account. This work focuses mainly on the challenges of new construction.

Heating and drying of the site is the largest energy consumer during the construction. Because of that, in this thesis the main focus is on those things. If heating and drying are not made properly, it may cause big costs later. That is why for those things must be given special attention.

The aim was to create a checklist for the people who work at construction site. It includes matters to be taken into account to be energy-efficient construction. Bachelor's thesis was made by literature reviews and interviews. Also examples of calculations were made out to illustrate the importance of planning.

The result is a checklist that can help with to go through the energy efficiency issues. When the list of the things going through, there is minor risk for the surprises related to energy consumption.

Key words: energy efficiency, heating, drying

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	KOHDETIEDOT	8
3	PERUSTUSTYÖT	9
3.1	Maanrakennustyöt	9
3.2	Anturoiden valutyöt	9
3.2.1	Anturoiden valun valmistelevat työt.....	10
3.2.2	Anturoiden valaminen.....	10
3.3	Sokkelit.....	11
4	RUNKOVAIHEEN TYÖT.....	12
4.1	Seinät.....	12
4.1.1	Paikallavaluseinät	12
4.1.2	Elementtiseinät	13
4.2	Holvit.....	14
4.2.1	Paikallavaluholvit	14
4.2.2	Ontelolaattaholvit	14
4.3	Vertailulaskelma holvin lämmityksestä	15
5	SISÄVALMISTUSVAIHEEN TYÖT	17
5.1	Teoriaa kuivatuksesta.....	17
5.2	Kuivatuksen ja lämmityksen tarve	19
5.2.1	Kosteudenhallintasuunnitelma	20
5.2.2	Kuivatustarpeen määrittäminen.....	20
5.3	Suojaustoimenpiteet	21
5.4	Olosuhdevalvonta.....	22
5.5	Muita huomioonotettavia seikkoja.....	23
6	VALAISTUS	24
6.1	Ulkovalaistus	24
6.2	Sisävalaistus.....	24
7	TYÖMAATILAT	26
8	POHDINTA	27
	LÄHTEET	28
	LIITTEET	
	Liite 1. MUISTILISTA ENERGIANKÄYTÖNHALLINTAAN LIITTYVISTÄ SEIKOISTA RAKENNUSVAIHEITTAIN	29
	Liite 2. Yhteenvedo kuivatustarpeen määrittämisestä	31

ERITYISSANASTO

Absoluuttinen kosteus	Veden määrä tietyssä tilavuudessa. Yksikkönä yleensä g/m^3 .
Kyllästyskosteus	Määrittelee, kuinka paljon vesihöyryä ilma kykenee sitomaan eri lämpötiloissa.
Suhteellinen kosteus	Absoluuttisen kosteuden suhde prosentteina kyllästyskosteu- teen. Yksikkönä RH %

1 JOHDANTO

Yhä nousevat energiakustannukset vaikuttavat oleellisesti rakennustyömaiden talouteen. Lisäksi vaihtelevat olosuhteet ja tiukat aikataulut luovat omat haasteensa työmaiden taloudelliselle energiankäytölle. Rakennusvaiheessa on olemassa useita erilaisia vaihtoehtoja työmaiden lämmitykseen, kuivatukseen ja valaistukseen. Näillä vaihtoehdoilla on kuitenkin eroja taloudellisuuteen ja tuottavuuteen liittyvissä seikoissa. Tämän lisäksi myös työturvallisuuteen liittyviä asioita on syytä pohtia ja joidenkin tapojen käyttö vaatii myös lupamenettelyjä.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on luoda muistilista rakennustyömaan energiankäyttöön liittyvistä asioista eri rakennusvaiheissa, joihin Suomen vaihtelevat olosuhteet tuovat omat lisähaasteensa. Muistilistan on tarkoitus helpottaa työmaahenkilöstöä työnsuunnittelussa ja kalustohankinnoissa, jotta työt pystyttäisiin suorittamaan energiatehokkaasti, mutta kuitenkin laadukkaasti (Liite 1).

Tämä opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Peab Oy:n kanssa. Työ tehtiin pääasiassa kirjallisuusselvityksin ja työmaahenkilöstön mielipiteitä ja toiveita toteuttaen. Työssä arvioidaan rakennusvaiheittain töissä yleisesti esiintyviä, energiatalouteen oleellisesti vaikuttavia asioita. Näihin asioihin pyritään tarjoamaan ratkaisuja. Lisäksi käydään läpi esimerkkikohteeseen liittyviä seikkoja rakennusosittain ja minkälaisia haasteita rakennusaika ja kohteen erityispiirteet saavat aikaan.

Rakennuskonevuokraamot osaavat neuvoa kalustoon liittyvissä kysymyksissä. Työmaahenkilöstönkin on kuitenkin syytä hallita kalustoon liittyvät kysymykset ja välillä voi olla aiheellista miettiä vaihtoehtoisia menetelmiä.

Rakentamisen aikana energiaa kuluu runsaasti ja vaihteluväli energiankulutuksessa eri työmaiden välillä voi olla hyvinkin suuri. Erilaisissa tutkimuksissa on saatu selville, että vaihtelua voi olla 48-260 kWh/Rm³. Ei siis ole lainkaan sama miten energia-asiat työmaalla hoidetaan. Lämmitys on suurin energiaa kuluttava kokonaisuus rakentamisen aikana.

Energia on kallista ja sen käyttöä on syytä hallita. Täytyy silti muistaa, että jos lämmitys ja kuivatus hoidetaan riittämättömästi, voivat seuraukset olla tuhoisat. Kosteusvauriokorjauksissa energiakustannukset kertautuvat, joten työt kannattaa suorittaa laadukkaasti.

2 KOHDETIEDOT

Esimerkkikohteena käytettiin Peab Oy:n kohteita As Oy Vuoreksen Omega ja As Oy Vuoreksen Orion (KUVA 1). Kohteet ovat yrityksen omaa asuntotuotantoa ja sijaitsevat osoitteessa Pilkkakuusenkuja 8-10. Sekä Omega että Orion jakaantuvat A ja B-taloon. Kaikki talot ovat kaksikerroksisia, sillä poikkeuksella, että Orionin B-talossa on kellari, jossa sijaitsee varastotilat sekä tekniset tilat. Talot sisältävät yhteensä 40 asuntoa, 10 asuntoa/talo. Kohteen rakennusaika on Elokuusta 2013, Syyskuuhun 2014.

Erityispiirteenä kohteessa on se, että talot ovat luhtitalotyypisiä pienkerrostaloja. Talloissa on siis luhtikäytävät, eikä porraskäytävää. Tämä luo oman haasteensa työmaan energiankäyttöön, koska jokaisesta huoneistosta on kulku suoraan ulos. Kohde toteutetaan elementtirakenteisena ja välipohja ja yläpohja paikallavaluholvein. Huomattavaa on myös se, että Sandwich -elementtien lämpöeristeenä on **Polyuretaanieriste**. Tämä tekee rakennuksesta todella tiiviin ja vähentää eristeen rakennusaikaisen kastumisen riskiä. Vastaavasti tiiveys myös hidastaa jonkin verran kuivumista.



KUVA 1. Ote esimerkkikohteiden asemapiirustuksesta. As Oy Vuoreksen Orion alempana, tummennettuna ja As Oy Vuoreksen Omega ylempänä.

3 PERUSTUSTYÖT

3.1 Maanrakennustyöt

Maanrakennusvaiheen energiatehokkaaseen suorittamiseen vaikuttaa oleellisesti työn ajankohta. Tehokkainta työ olisi tehdä sulan maan aikaan mutta se ei aina ole mahdollista. Talviaikaan on käytettävä normaalia suurempaa kalustoa, jotta routaisen maan kaivaminen onnistuu. Tämä tietysti kuluttaa jonkin verran enemmän energiaa mutta vastaavasti välttyään suuremmilta sulatustoimenpiteiltä. Talvisissa maanrakennustöissä on syytä toimia ripeästi ja pintamaata sekä maassa mahdollisesti olevaa lunta ei kannata poistaa ennen varsinaista kaivutyön aloitusta, koska lumi ja mahdollinen pohjikasvillisuus toimivat hyvänä eristeenä. Lumisella alueella routaa voi olla lähes puolet vähemmän kuin alueella, josta lumi on poistettu. Myös maalajit vaikuttavat oleellisesti roudan syntymiseen. Suomessa roudan syvyys vaihtelee syvimmillään etelän 1,8 metristä pohjoisen 2,5 metriin, kun lumen ja kasvillisuuden suojaavaa vaikutusta ei oteta huomioon (Thermisol). Kaivutyö kannattaa suorittaa kerroksittain, jotta yön aikana mahdollisesti syntynyt routakerros voidaan helposti poistaa.

Esimerkkikohteessa maanrakennukseen tulevia haittoja ei sään puolesta ollut, koska työt tehtiin alkusyksystä ja säät eivät päässeet aiheuttamaan suurempaa haittaa.

3.2 Anturoiden valutyöt

Anturoiden valutyöissä voidaan vaikuttaa energiankäyttöön miettimällä erilaisia työtapoja. Varsinkin kylminä vuodenaikoina työskennellessä energiankulutukseen voidaan vaikuttaa paljon. Sääennustuksen tarkka seuraaminen on myös hyvin tärkeää, ettei valua yritetäkään ajoittaa kovimpiin pakkasiin. Tämä säästää työkuksannuksia, energiakustannuksia ja pienentää oleellisesti jäätymisen riskiä. Sääennusteita löytyy Internetistä esimerkiksi Ilmatieteenlaitoksen sivuilta www.ilmatieteenlaitos.fi.

3.2.1 Anturoiden valun valmistelevat työt

Ennen valua on huolehdittava, että pohjamaa on sula, jotta vältetään maan sulamisen aiheuttamilta vaurioilta. Kaivettu maanpinta kannattaa suojata esimerkiksi eristematoilla, jotta sulatusta tarvitsisi tehdä mahdollisimman vähän. Maapohjan sulatukseen ja lämmitykseen käytetään yleisesti höyryä, jolla lämpö saadaan ohjattua suoraan oikeaan paikkaan. Myös muotit ja raudoitukset on sulatettava ja lämmitettävä, jotta jäätyminen vaara pienenee. Hyvä olisi jos muotit voitaisiin asentaa vasta vähän ennen valua, mikä osaltaan vähentää suojauksen ja lämmityksen tarvetta.

3.2.2 Anturoiden valaminen

Valutyössä säästytään suuremmalta lämmittämiseltä jos käytetään esilämmitettyä massaa ja sen lisäksi voidaan käyttää myös nopeasti kovettuvaa sementtiä. Kun valu peitetään riipeästi eristematoilla, riittää betonin lujittumisen tuottama hydrataatiolämpö yleensä pitämään betonivalun sulana. Jos lämmitystä kuitenkin halutaan käyttää, on lankalämmitys yleensä järkevin vaihtoehto, koska se on helppo asentaa valun sekaan ja siitä ei juuri synny hukkalämpöä (KUVA 2). Esimerkiksi sähköpuhallinta käytettäessä lämmin ilma nousee väkisin ylöspäin, vaikka valu olisikin peitetty. Lämpölangan kunto on kuitenkin tarkistettava ja aina on olemassa pieni riski, että lanka rikkoutuu.



KUVA 2. Valun sisään asennettava lämmityskaapeli (www.ebeco.fi)

3.3 Sokkelit

Sokkeleiden teossa talvella on syytä miettiä valmisosien käyttöä, koska erilaisten elementtien asennustyö on talvellakin suhteellisen nopeaa ja monet paikallavalun riskit voidaan näin välttää. Elementtejä käytettäessä tarvitsee lämmittää vain saumavalut. Saumavalujen lämmitykseen kätevin ja energiatehokkain tapa on käyttää lankalämmitystä, koska se soveltuu hyvin pienien ja hankalien alueiden lämmitykseen, eikä lämpöhukkaa synny.

Jos sokkeli tehdään paikallavaluna, pitää se suojata ja lämmittää huolellisesti. Lämmityskeinoina parhaita ovat tässäkin lankalämmitys tai valmiiksi lämpöeristetyt muotit. Valmiiksi raudoitettuja ja lämpöeristettyjä muotteja löytyy useilta eri valmistajilta, mutta yleensä ne sopivat parhaiten pienempien rakennusten, kuten omakotitalojen perustustöihin. Sokkeleissakin massan esilämmitys on järkevää. Joskus myös kuumabetonin käyttö voi tulla kyseeseen.

Esimerkkikohteessa sokkelit toteutetaan elementtirakenteisena. Tämä vähentää työvaiheiden määrää ja valutyöhön liittyvät riskit vähenee. Lisäksi seuraaviin työvaiheisiin päästään nopeammin käsiksi.

4 RUNKOVAIHEEN TYÖT

4.1 Seinät

Rakennuksen seinien tekoon vaikuttaa erityisesti käytettävä seinätyyppi. Paikallavaluseinät vaativat energiankäytön suhteen tarkkuutta valuvaiheessa ja kuivatusvaiheessa. Elementtiseiniä kohdalla valuvaiheen lämmitys pääsääntöisesti vältetään, mutta saumavaluja voidaan joutua lämmittämään. Saumavalujen lämmityksen toteutukseen lämpölangat ovat periaatteessa helpoin tapa. Varsinkin saumojen valuissa on kuitenkin riski siitä, että lämpölinka rikkoutuu. Sauman täytyminen kunnolla pitää varmistaa, muuten lämpölangan hyöty menetetään.

4.1.1 Paikallavaluseinät

Paikallavaluseinien lämmitykseen on olemassa kaksi päätyyppiä, joko muottilämmitys tai valun lämmitys. Nämä kaksi tapaa ovat energiatehokkuuden kannalta hyvinkin samanarvoisia, koska lankalämmitys kuluttaa energiaa 60-100 kWh/bm³, ja muottilämmitys kuluttaa 50-100 kWh/bm³. Molemmilla menetelmillä betonin kovettumisaika on 1-3 vuorokautta. (By 201, Betonitekniikan oppikirja 2004)

Lankalämmityksen asentaminen vaatii jonkun verran enemmän työtä asennuksen suhteen riippuen muottityypistä (KUVA 3). Usein esimerkiksi tarvittavan nostokaluston puute pakottaa tekemään muotit työmaalla tai sitten käytetään keveämpiä valmismuotteja. Kylmissä oloissa muotteja on eristettävä lisää, lankalämmityksestä huolimatta. Lankalämmityksessä on kuitenkin se erittäin hyvä puoli, että sitä voidaan käyttää myöhemmin myös seinän kuivaamiseen.



KUVA 3. Paikallavalettua seinää, josta vaaleammalla värillä havaittavissa lämpölankojen paikat.

Muottilämmitys toteutetaan yleensä käyttäen lämmitettäviä suurmuotteja. Muotit ovat melko helppoja asentaa, mutta kokonsa ansiosta ne sitovat myös nostokalustoa. Suurmuotteja käytettäessä liitoskohtia voidaan joutua lämmittämään jos liittyvät betonipinnat ovat kylmiä.

4.1.2 Elementtiseinät

Valmisosien käyttö on varsinkin kylminä vuodenaikoina hyvä tapa, koska lämmityksen tarve vähenee. Saumoja voidaan kuitenkin joutua lämmittämään ja myöhemmässä vaiheessa elementtiseiniäkin joutuu merkittävästi kuivattamaan. Elementtien asennus sitoo nostokalustoa, mutta monet paikallavalun työvaiheet ja riskit kyetään välttämään.

4.2 Holvit

Holvien teko toteutetaan pääsääntöisesti joko massiivisella betonilaatalla tai ontelolaatoilla, joiden päälle tehdään kohteeseen vaadittava pintavalu. Nykyisten ääneneristysvaatimusten takia massiivilaattoja on ryhdytty tekemään enemmän, koska riittävällä betonin määrällä vaatimukset on helppo täyttää. Lisäksi lattiaan asennettavat talotekniset installaatiot on yksinkertainen toteuttaa valun sisällä.

4.2.1 Paikallavaluholvit

Massiiviset holvit ovat melko työläitä rakentaa ja niistä joudutaan poistamaan todella paljon vettä kuivatuksen edessä, mikä lisää energiankulutusta voimakkaasti. Talviaikaan rakennettaessa valun lämmitys vaatii runsaasti energiaa, mikä syö tietysti rahaa. Suuruusluokkaa saa selville kohdan 4.3 karkeasta vertailulaskelmasta. Lisäksi työmaalla suoritettavia työvaiheita on enemmän, johtuen holvimuottien asennus- ja purkutöistä.

Holvien kuivatustarvetta voidaan vähentää, jos käytetään erikoisbetoneja. Erikoisbetonien käyttö vaatii yleensä erittäin hyvät olosuhteet, jotta siitä kyetään saamaan paras mahdollinen hyöty irti. Erikoisbetoni kuivuu nopeasti, mutta kastuessaan se imee itseensä runsaasti vettä ja tuon veden poistaminen kestää kauemmin kuin normaalia betonia käytettäessä. Täytyy myös muistaa, että erikoisbetonit ovat erittäin kalliita.

Esimerkkikohteessa yläpohjan holvin työnaikainen kuivatus hoidetaan niin, että valuun asennetaan kuivakaivo, jota pitkin ylimääräinen vesi ohjataan pois. Tätä tapaa käytettäessä on kuitenkin huomioitava se, että kaivon asennus on tiivis. Näin vesi ei pääse kulkemaan väärillä reiteillä. Haastetta tuo myös kaivon sulana pito pakkaskelien aikaan.

4.2.2 Ontelolaattaholvit

Ontelolaattojen asentaminen on pääasiassa helppoa ja kuivatettavaa massaa on huomattavasti vähemmän, riippuen pintavalun paksuudesta. Toki saumavaluja voidaan joutua lämmittämään ja saumoissa käytettävä massa on notkeaa, joten siitä joudutaan poistamaan runsaasti kosteutta. Tärkeimpänä toimenpiteenä energiatalouden kannalta on muistaa avata laattojen vedenpoistoreiät, jotta vettä ei jää rakenteisiin vaurioittamaan

rakennusta myöhemmässä vaiheessa ja lisäksi rakennusaikainen kuivattaminen nopeutuu.

4.3 Vertailulaskelma holvin lämmityksestä

Tässä pienessä vertailulaskelmassa verrataan kahta eri holvivalun lämmitystapaa. Ensimmäinen tapa on lämmittää holvin alapuolinen kerros nestekaasupuhaltimella ja toinen tapa on suorittaa lämmitys kaasusäteilijällä. Säteilijä on taloudellisempi lämmittäjä, mutta koska samalla halutaan lämmittää myös elementtien saumavalut, joudutaan niissä käyttämään lämpölankoja. Puhallinta käytettäessä myös seinäelementit lämpiävät.

Taulukkoon (TAULUKKO 1), on koottu keskeisiä valun lämmitykseen liittyviä määrätietoja ja kuluja. Holvin betonimäärä laskettiin selvittämällä holvin pinta-ala pohjapiirustuksista ja kertomalla se holvin paksuudella(260mm). Elementtien pystysaumojen määrä laskettiin pohjapiirustuksesta. Laitteiden energiankulutuksia on haettu Hämäläisen (Hämäläinen 2012) diplomityöhön liittyvistä taulukoista. Kaasun energiantuotto 12,8 kWh/kg löytyy ainakin AGA:n tuote-esittelystä (www.aga.fi).

Vertailulaskelma tehtiin Vuoreksen Omegan A-talon ensimmäisen kerroksen välipohjan ja elementtisaumojen valun lämmityksestä.

TAULUKKO 1. Holvi- ja saumavalujen määriä ja kustannuksia.

	Betonin määrä m³	80
	Saumojen määrä kpl	30
	Lämmityslangan hinta €/m, alv 0 %	10
	Kaasun hinta €/kg, alv 0 %	1,5
	Sähkön hinta €/kWh alv 0 %	0,12
	Nestekaasupuhallin	Nestekaasusäteilijä
Energian kulutus kWh/m³	350	135
Energian kulutus yht. kWh	28000	10800
Kaasun määrä (kg)	2187,5	843,75
Kaasun hinta €	3281,25	1265,625
	Lämpölangan määrä (m)	Lämpölangan hinta €
Saumoja 30 kpl, 3m/kpl	90	900

Kaasupuhallinta käytettäessä saadaan kustannuksiksi 3281€. Kaasusäteilijää ja lankalämmitystä käytettäessä kustannuksiksi saadaan yhteensä 2266€, jos lankalämmityksen energiakustannukseksi arvioidaan 100€. Täytyy myös huomioida se, että saumojä joudutaan lämmittämään ennen valua jollakin muulla keinolla jos käytetään lankalämmitystä.

Tästä karkeasta laskelmasta voidaan päätellä, että säteilylämmittäjän ja lämpölojkojen käyttö on taloudellisempaa. On kuitenkin huomioitava, että kyseistä tapaa käytettäessä on oltava äärimmäisen huolellinen, koska saumoissa lämpölojka on herkkää rikkoutumaan. Nestekaasun käyttö lämmityksessä tuottaa aina kosteutta ilmaan ja siitä syystä säteilylämmittimen pienempänä kaasun kuluttajana olisi parempi vaihtoehto.

Säteilylämmitystä käytettäessä lämmitettävässä kohteessa on enemmän kalustoa, mikä lisää työvaiheita ja mahdollisesti myös näkyy vuokrakustannuksissa. Tämä tasoittaa kustannuseroja merkittävästi. Säteilijöitä käytettäessä lämpö ei myöskään jakaannu yhtä tasaisesti kuin puhallinta käytettäessä. Näistä syistä säteilylämmittäjien käyttö ei ole saavuttanut suurta suosiota rakentajien keskuudessa holvien lämmityksessä.

5 SISÄVALMISTUSVAIHEEN TYÖT

Sisävalmistusvaiheella on suurin merkitys työmaan energiankäytön kannalta. Lämmitystä, kuivatusta ja valaistusta on suunniteltava etukäteen, jotta työt saadaan hoidettua tehokkaasti, mutta energiaa säästään. Lisäksi suojaamisen tarve on huomioitava, sillä ilmavirtojen ja ylimääräisen kosteusrasituksen kulkeutuminen sisälle aiheuttaa turhaa energiankulutusta.

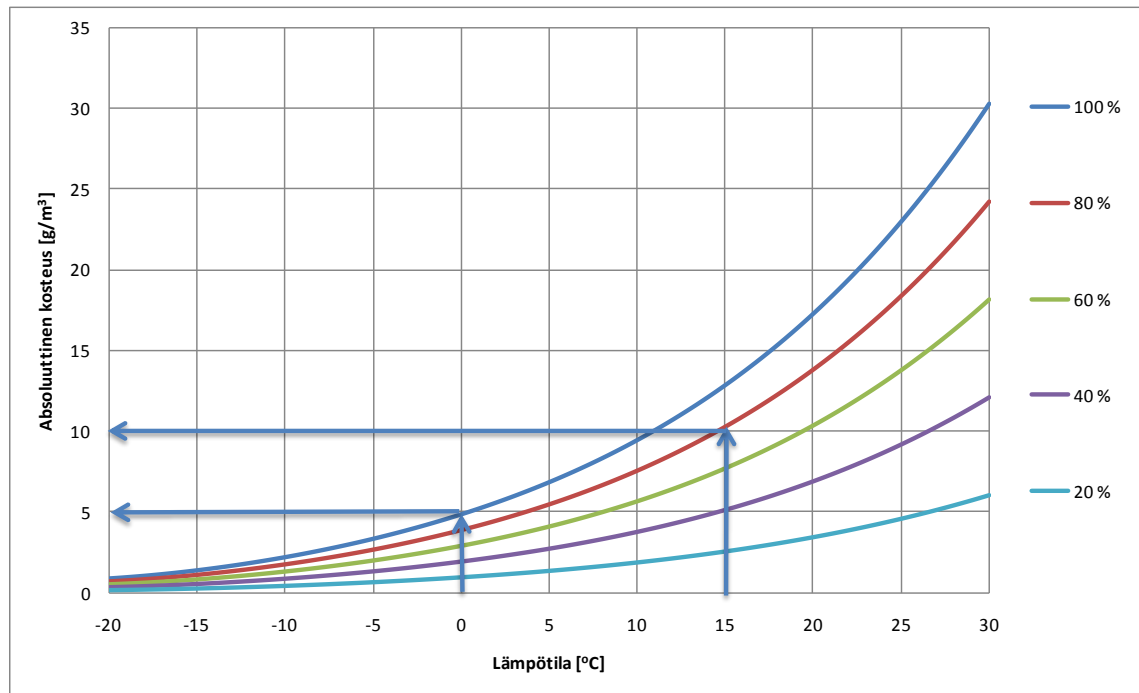
Oman haasteensa luo myös se, miten poistettava kosteus saadaan johdettua hallitusti ulos. Esimerkkikohteessa hallittua kosteudenpoistoa on mietitty monelta kantilta. Vaihtoehtoina on esimerkiksi jättää yhdestä ikkunasta eristeet ja listoitukset tekemättä ennen viimeistelyvaihetta ja päästää sitä kautta kosteus ulos. Riskinä tässä menetelmässä on se, että kosteus voi tiivistyä ikkunan karmien pinnalle ja näin pinnat voivat vaurioitua. Toinen vaihtoehto on jättää yksi ikkuna kokonaan asentamatta, aukko suojataan ja suojaukseen jätetään reikä, josta kosteus poistetaan. Varsinkin ensimmäisinä rakennettavissa taloissa tämä voisi olla toimiva tekniikka, koska kuivatus on jo varsin pitkällä ennen ikkunoiden asennusta. Jälkimmäisinä runkovaiheessa olevissa taloissa viimeisen ikkunan asennusta joudutaan siirtämään. Tämä aiheuttaa sen, että ikkunaa joudutaan varastoida pitempään ja jos varastointia ei tehdä huolellisesti, voi ikkuna vaurioitua.

5.1 Teoriaa kuivatuksesta

Jotta betoni saadaan kuivumaan, on siinä oleva vesi saatava höyrystymään. Tähän tarvitaan lämpöä. Haihtuvan veden poistamiseen tarvitaan myös lämpöä sekä ilmanvaihtoa. Lämmin ilma pystyy sitomaan itseensä enemmän kosteutta kuin kylmä ilma, joten ilman suhteellinen kosteus ei kerro kaikkea ilman vesipitoisuudesta. Jos ulkoilman lämpötila on alle 0°C, niin ilmakehässä on vettä korkeintaan 5g. Jos lämpötila on 20°C, niin ilmakehässä voi olla 17,3g vettä. Näissä tapauksissa puhutaan kyllästyskosteudesta.

Työmaaolosuhteissa lämpötilaa ei voida kohtuuttomasti nostaa, koska liian lämpimässä ilmassa työn teko ei ole mielekäästä. Lisäksi liiallinen lämpö voi aiheuttaa betonin halkeilua ja betoni voi myös menettää lujuuttaan. Useiden tutkimusten perusteella voidaan

päätellä, että ihanteelliset olosuhteet kuivatukseen saavutetaan kun lämpötila on 20°C ja ilman suhteellinen kosteus, RH 50 %. Tällöin kosteuspitoisuus on 8g/m³. Kuviossa esitetään kosteuspitoisuuksia suhteessa lämpötilaan ja suhteelliseen kosteuteen (KUVIO 1).



KUVIO 1. Kuviossa tulkittavissa absoluuttinen kosteus, kun tiedetään lämpötila ja suhteellinen kosteus (www.tut.fi).

Vuodenajalla on suuri merkitys kuivatuksen onnistumisen kannalta. Syksyisin ilma on kostea ja viileää, mikä johtaa siihen, että ilmanvaihtoa on tehostettava. Ilman on siis vaihduttava useamman kerran tunnissa, mikä puolestaan johtaa siihen, että viileää ulkoilmaa joudutaan lämmittämään enemmän. Tämä taas nostaa lämmityskustannukset korkeiksi. Talvella lämmön nosto tehostaa kuivumista, kunhan pidetään huoli, ettei ilma vaihdu liikaa, eikä lämmitetä ulkoilmaa.

Betonirakenteiden kuivatuksessa huomioitavaa on se, että vaikka betonielementti sinälään vaikuttaa kuivalta, on siinä silti poistettavaa vettä 80 litraa/m³ (Pentti, 1999). On selvää, että tuollaisen vesimäärän poistaminen vaatii runsaasti energiaa. Tämän lisäksi betoniin voi rakentamisen aikana kertyä ulkoisista rasituksista syntyvää kosteutta. Täytyy myös muistaa se, että betoni luovuttaa itseensä kertynyttä kosteutta merkittävästi hitaammin kuin se pystyy sitä itseensä imemään.

5.2 Kuivatuksen ja lämmityksen tarve

Koska jokainen rakennettava kohde on yksilöllinen, joudutaan joka kohteeseen miettiä keinot rakennusaikaiseen kosteudenhallintaan, lämmitykseen ja kuivatukseseen. Tämän vuoksi kohteista tehdään etukäteen kosteudenhallintasuunnitelma.

Jokaisesta kohteesta on määriteltävä poistettavan kosteuden määrä ja mietittävä myös muut kosteusrasitukset, jotka vaikuttavat lämmitykseen ja kuivatukseseen. Tämän jälkeen täytyy suunnitella laitteistoa vedenpoiston toteuttamiseen. Apua kuivatustarpeen määrittämiseen saa Tampereen Teknillisen Yliopiston Internet –sivuston kautta löytyvästä työmaan ilmanvaihdon ja lämmityksen suunnittelu –työkalusta. (<http://www.tut.fi/fi/tietoa-yliopistosta/laitokset/rakennustekniikka/tutkimus/rakennustuotanto-ja--talous/rakentamisen-prosessit/rakennustuotanto/site/index.htm>)

Lämmitystavan määrittämiseen vaikuttaa kohteen tyyppi. Jokaisessa kohteessa taloudellisinta olisi saada oma lämmitysjärjestelmä käyttöön mahdollisimman nopeasti. Esimerkkikohteeseen pyritään kytkemään kaukolämpöön mahdollisimman nopeasti, koska rakennusvaiheessa kaukolämmöllä lämmittäminen on selvästi kustannustehokkain tapa. Tätä tapaa käytettäessä vedetään lämmönvaihtimelta letkut lämmitettäviin kohteisiin, joissa ne liitetään puhaltimeen. Esimerkkikohteeseen haastetta lämmityksen toteuttamiseen tuo se, että matka lämmönvaihtimelta kauimmaiseen asuntoon on n.50m, joten vaihtimen teho ei välttämättä riitä, kun käytetään termooni-lämmitystä. Tällöin lisälämmityksenä voidaan joutua käyttämään sähkölämmittimiä. Lisälämmityksen tarvetta seurataan olosuhdevalvonnalla, josta kerrotaan kohdassa 5.4. Jos kuivatuksen edetessä huomataan, että lämmitys ei kuivata rakenteita tarpeeksi nopeasti, voi kuivainten käyttö tulla kyseeseen. Jos kuivaimia joudutaan käyttämään, on vaippa pidettävä täysin tiiviinä ja kaikki reiät tukittuna, ettei sisätiloihin vedetä ulkoa kosteaa ilmaa kuivatettavaksi. Myös kaikkea ylimääräistä veden käsittelyä on sisätiloissa vältettävä kuivatuksen aikana, koska kuivatus hidastuu ja on sitä kautta myös kalliimpaa. Esimerkiksi tasoitteiden sekoittaminen on syytä keskittää yhteen paikkaan.

5.2.1 Kosteudenhallintasuunnitelma

Huolellisesti tehty kosteudenhallintasuunnitelma säästää työmaahenkilöstöä monilta yllätyksiltä. Hyvässä kosteudenhallintasuunnitelmassa käydään läpi rakennusosittain kaikki kosteudenhallinnan kannalta oleelliset riskitekijät. Toimenpiteet riskien välttämiseen tai niiden korjaamiseen, pitää löytyä kosteudenhallintasuunnitelmasta. Aikataulujen tuomat rajoitteet pitää huomioida suunnitelmaa tehtäessä. Lisäksi pintamateriaalit tuovat omat rajoitteensa. On tiedettävä vaatimukset sen suhteen, minkälaisissa olosuhteissa kulloinkin käytettävää pintamateriaalia voi asentaa. Seppälän (Seppälä 2008) kosteudenhallintasuunnitelman mallissa käydään kattavasti läpi hyvän suunnitelman vaatimukset.

Esimerkkikohteen kosteudenhallintasuunnitelmassa on huomioitu tarkasti kohteen erityisvaatimukset ja pyritty löytämään toimivat ratkaisut riskien minimoimiseksi. Erityisesti holvien riittävän kuivumisajan varmistamiseen on kiinnitetty paljon huomiota, jotta pinnat olisivat varmasti kuivat ennen pintamateriaalien asennusta. Myös kuivumisen toteutumisen valvomisesta on suunnitelmassa huolehdittu.

5.2.2 Kuivatustarpeen määrittäminen

Rakennuksen kuivatustarpeen määrittämiseksi lasketaan, paljonko vettä täytyy poistaa. Poistettava vesimassa lasketaan selvittämällä sisätiloihin rajoittuvat betonirakenteet. Tässä tapauksessa etsittiin pohjapiirustuksista kaikki ulkoseinät ja väliseinät sekä ala-, väli- ja yläpohjat. Tähän kohtaan on siis laskettu sekä As Oy Vuoreksen Omegan, että Orionin poistettava vesimäärä. Piirustuksista selvitettiin rakenteiden paksuudet ja laskettiin betonin määrä (m^3). On tiedettävä myös rakennuksen tilavuus, joka tässä tapauksessa on $8000 m^3$. Betonin määrä kerrottiin oletetulla betonista kuivatettavan veden määrällä ($80l/m^3$). Esimerkkikohteessa kuivatettavaksi vesimääräksi saatiin **99 000** litraa. Tämä sisältää betonirakenteista haihtuvan kosteuden, eikä ulkoisista syistä aiheutuva lisäkosteutta. Kuivausajan määrittämisessä käytetään apuna TTY:n Microsoft Excel työkalua. Yhteenveto tuloksista liitteessä (LIITE 2). Kohteen kuivatuksen aloitus, eli ”lämpö päälle” ajankohdat ajoittuvat Joulukuun 2013 ja Maaliskuun 2014 välille. Kun taulukkoon syötetään laskemalla saadut arvot ja valitaan ilmanvaihtokerroin, saadaan oletettu kuivumisaika. Taulukossa on oletuksena, että sisäilman lämpötila on $20^{\circ}C$ ja

ilman suhteellinen kosteus RH on 55 %. Tässä tapauksessa IV-kerroin 1 kerta tunnissa lienee totuudenmukaisin vaihtoehto, se vaatii jo melko tiiviisti suojatun kohteen, mutta rakennusaikana tuota tiiviimmäksi rakennusta on haasteellista saada. Näillä arvoilla saadaan kuivatusajaksi Joulukuussa 81 vrk, Tammikuussa 75 vrk, Helmikuussa 73 vrk ja Maaliskuussa 82 vrk. Pisimmillään kuivatus kestäisi siis noin 12 viikkoa.

On silti muistettava, että työkalu antaa vain suuntaa antavia tuloksia, joten niitä on vielä laskennan jälkeen syytä pohtia. Esimerkiksi lasketun kohteen välipohjan paksuus on 260mm. Vanha nyrkkisääntö lattian kuivumisesta, eli 1cm/vko toteutuu kohteessa 13 viikossa, kun holvi pääsee tuulettumaan molempiin suuntiin. Tämän lisäksi lattian pintatasoite tuo vielä hetkellisen lisäkuivatustarpeen. Voidaan siis olettaa, että holvi on pinnoituskuiva noin 17 viikkoa ”lämpö päälle” ajankohdan jälkeen. Myös kohteen kosteudenhallintasuunnitelmassa on holvien kuivumisajaksi arvioitu 17 viikkoa. Tuon ajan lisäksi on vielä talosta riippuen 1-5 viikkoa aikaa lattioiden pinnoitustöiden aloitukseen.

5.3 Suojaustoimenpiteet

Suojaaminen on energiatehokkuuden kannalta tärkeää. Isojen aukkojen suojaus ja se millä tavalla suojaus tehdään, voidaan vaikuttaa paljon energiankulutukseen. Aukon suojaaminen pressulla on parempi kuin jättää suojaamatta kokonaan, mutta jos aukon suojaa vaikkapa eristelevyllä, on se jo varsin tehokas suojaus. Lisäksi pressut ovat herkkiä irtoamaan tuulenpuuskien voimasta, mikä voi aiheuttaa paitsi lämpöhukkaa, myös kosteuden kulkeutumista sisätiloihin. Pressujen näkee usein repsottavan, joten joku tukevampi tapa olisi varmasti parempi.

Väliaikaisten ovien käyttö on suositeltavaa, koska ison aukon aiheuttama lämpöhäviö on merkittävä. Vaikka väliaikaisista ovista kertyykin kustannuksia ja ne hieman hankaloittavat liikkumista, tuo niiden käyttö varmasti kustannussäästöjä etenkin talviaikaan rakennettaessa. Esimerkkikohteen työmaahenkilöstö on havainnut hyväksi keinoksi väliaikaiset ovet, jossa vanerilevyyn kiinnitetään Styrox -levy. Ovien kiinnipysyminen varmistetaan oven yläreunaan ja karmiin kiinnitettävällä jousella.

Materiaalien haalaukset on myös suunniteltava huolellisesti, jotta aukkoja ei tarvitse pitää auki kohtuuttoman pitkään. Myös tuulikaapin tekeminen haalausaukon eteen voi olla järkevää, jos sellaisen saa järkevästi toteutettua.

5.4 Olosuhdevalvonta

Vaikka rakennuksen kuivatus- ja lämmitystarpeet on etukäteen hienosti laskettu, ei se yksistään riitä työn laadukkaan toteuttamisen varmistamiseen. Koska ihanteelliset olosuhteet on ennalta määritelty, tulee myös valvoa, että ne pysyvät sellaisena koko ajan. Työmaata on valvottava kosteusmittareilla sekä silmämääräisesti.

Käytettävien rakennekosteusmittareiden on oltava kalibroituja ja niitä käyttävien henkilöiden tulee olla mittauksiin perehtyneitä. Mittaustulokset on kirjattava ylös ja tulosten avulla seurataan kuivumisen edistymistä. Myös pintakosteusmittareita voi käyttää apuna kuivumisen edistymisen seurannassa, mutta pintakosteusmittarin antavat tulokset eivät missään tapauksessa ole virallisia tuloksia ja niihin on aina suhtauduttava suurella varauksella.

Koska lämmitystarvetta laskiessa on määritelty olosuhteet ja tarpeet sille, kuinka ihanneolosuhteet saavutetaan, on pidettävä huoli siitä, että työmaa on fyysisesti siinä kunnossa kuin on kuivumisen kannalta määritelty. On siis valvottava, että ovet pysyvät kiinni silloin kun niistä ei kuljeta. Kaikki muutkin suojaukset täytyy päivittäin tarkistaa, ettei yllätyksiä pääse tapahtumaan. Myös lumen ja muiden ulkoisten kosteuslähteiden kulkeutumista sisään on valvottava. Ei sovi myöskään vähätellä työntekijöiden vastuun korostamista kosteudenhallinta-asioissa. Valvonta ei saa mennä käyttäyksen puolelle vaan työntekijöille on korostettava asian merkitystä projektin kannalta, aivan kuten muissakin rakennusprojektin vaiheissa. Tällä tavalla saadaan kaikki työmaalla työskentelevät mukaan luomaan yhteistä energiatehokkaasti toteutettua kohdetta.

5.5 Muita huomioonotettavia seikkoja

Lämmityksen ja kuivatuksen onnistumiseen vaikuttaa oleellisesti myös se millä tavoin sisätilat on järjestelty. Kuivatettavien pintojen tulisi olla puhtaita ja muutenkin vapaasti tuulettuvia. Esimerkiksi rakennusmateriaalien kasaaminen seinän viereen hidastaa kuivumista, koska ilmavirta ei pääse vapaasti kuivattamaan pintoja. Ilman tulisi siis päästä kiertämään vapaasti ilman turhia esteitä. Kuivatettavien lattioiden päälle tavaraa varastoitaessa, on syytä nostaa materiaaleja ilmaan Esimerkiksi kuormalavojen tai lankkujen avulla, jotta ilmankierto tehostuu.

Ylimääräisen kosteusrasituksen tuominen sisälle pitäisi pystyä eliminoimaan. Sen vuoksi talvella on syytä kiinnittää huomiota siihen, ettei lunta ja jäätä kulkeutuisi sisälle jaloissa tai materiaalien mukana. Siksi on tärkeää, että sisäänkäynnit pidetään puhtaana.

Koska esimerkkikohde on lamellitalon tyyppinen, joutuu siellä kiinnittämään erityistä huomiota sisäänkäyntien puhtauteen. Lumitöitä joudutaan talven aikana tekemään runsaasti ja kenkien putsamiseen ennen sisään menoa on oltava asianmukaiset mahdollisuudet, koska veden kuivattaminen sisätiloista on todella kallista.

6 VALAISTUS

Valaistusteknologia on mennyt viime vuosina hurjasti eteenpäin. LED –tekniikka ja muut uutuustuotteet ovat syrjäyttämässä vanhat hehkulamput ja halogeenit. Uudistusten myötä energiatehokkuus ja valaisimien käyttöikä ovat parantuneet. Esimerkiksi Halogeenilampun teho, lm/w (lumen/watti) on 15 lm/w, kun taas nykyään yleisesti käytetyn monimetallilampun teho on 70-100 lm/w. LED –valon teho puolestaan on 40-60 lm/w. Kun taas vertaillaan kyseisten lamppujen polttoikää, on LED – valo ylivoimainen 50 000 tuhannella tunnilla, monimetallilampun polttoikä on 10 000-18 000 tuntia. Halogeenilamppu palaa vain 2 000 tuntia (Taloon.com)

6.1 Ulkovalaistus

Ulkovalaistuksen toteuttamiseen käytännöllisin vaihtoehto on käyttää valomastoja. Valomastoja on kahta eri tyyppiä, konttivalomastoja ja tavallisia maassa seisovia valomastoja. Konttivalomastot ovat käytännöllisiä kohteissa, joissa tilaa on vähän. Maston kiinnittäminen konttiin käy helposti siihen tarkoitukseen valmistetuilla osilla. Valomastoja löytyy myös pyörien avulla liikuteltavina versioina. Valomastoilla voidaan korkeimmillaan päästä noin 15 metrin korkeuteen. Joidenkin valomastojen juureen on mahdollista laittaa myös oma generaattori. Myös torninostureiden runko on hyvä paikka kiinnittää valaisin.

Ulkovalaisimet ovat tehokkaita, joten niiden käyttö vaatii myös runsaasti energiaa. Tämän takia on syytä miettiä, kannattaako koko ulkovalaistusta polttaa koko aikaa. Osa ulkovalaistuksesta on hyvä pitää päällä työmaan yleisen ilmeen takia, koska pieni valaistus pitää ylimääräiset kulkijat helpommin poissa silloin, kun työmaalla ei työskennellä. Näin työmaa on asutuman näköinen.

6.2 Sisävalaistus

Sisävalaistuksen toteuttamiseen on nykyisin paljon uusia tekniikoita. Vanhat halogeenit ovat poistumassa ja hyvä niin, koska ne ovat helposti rikkoutuvia ja palovaarallisia.

Nykyään työmaalla ovat yleistymässä käytännölliset ja vähän energiaa kuluttavat poijuvalaisimet. Rakennuskonevuokraamo Cramolta saadulla valaistuksen energialaskelma pohjalla voidaan laskea eri valaisimien energiankulutuksia. Jos käytetään Elbjörnin ledeillä toimivaa poijuvalaisinta (KUVA 4) ja niitä asennetaan työmaalle 100 kappaletta, on vuotuinen sähköenergian hinta 2987€, kun valot palavat 24h/vrk. Jos käytetään ohjattua järjestelmää ja poltetaan valaisimia 16h/vrk, niin hinta on 1991€. Kyseiset poijuvalaisimet ovat sen verran pieniä, että työkohteessa joudutaan käyttämään hieman tehokkaampaa työvalaisinta. Tähän tarkoitukseen hyvin soveltuva valaisin on 2x36w loisteputki (KUVA 5). Jos sellaisia on käytössä 40 kpl, niin energiaa kuluu vuodessa 3084€:n edestä, ympäri vuorokauden poltettaessa. Jos nämä valaisimet ovat käytössä 16h/vrk, niin sähkönhinta on 2056€. Työkohteen valaisimia ei kuitenkaan ole syytä käyttää muulloin kuin silloin, kun töitä tehdään kyseisessä kohteessa, joten sillä tavalla sähköä voidaan säästää vielä enemmän.



KUVA 4. Elbjörn boj 230/23, poijuvalaisin (www.elbjorn.com).



KUVA 5. Elbjörn EBC-840, työvalaisin (www.elbjorn.com).

Oikein valitulla työmaan sisävalaistuksella ja sen oikeanlaisella käytöllä voidaan siis säästää tuhansia euroja. Se ei vielä yksistään riitä valtaviin säästöihin, mutta auttaa jonkin verran työn tehokkuudesta tinkimättä. Edellisessä kappaleessa mainittu sisävalaisimien määrä voisi soveltua esimerkkikohteen valaistukseksi.

7 TYÖMAATILAT

Työmaatilojen käytöllä on myös vaikutusta energiankulutukseen. Varastokonttien valojen turha polttaminen ja työmaakopin oven auki pitäminen syövät turhaan energiaa. Varteenotettava vaihtoehto työmaatiloiksi ovat jo olemassa olevat rakennukset, jotka ovat rakenteiltaan energiatehokkaampia. Toki myös vuokrattavien työmaakoppien rakenne on muuttunut energiatehokkaampaan suuntaan, koska eristeet ovat parantuneet.

Työmaakoppien lämmitys kuluttaa energiaa ja siksi sisälämpötila olisikin hyvä pitää kohtuullisena. Työmaatilojen kohdalla olisi järkevää miettiä mahdollisuutta ohjata lämmitystä siten, että työpäivän päätteeksi lämpötilaa voisi laskea ja ennen työpäivän alkua lämpö alkaisi jälleen nousta. Myös työmaatilojen valaistukseen on kiinnitettävä huomiota, jotta energiankulutus pysyy siltäkin osin aisoissa.

8 POHDINTA

Lopuksi voidaan todeta, että järkevällä energiankäytöllä voidaan vaikuttaa oleellisesti työn lopputulokseen ja varsinkin talouteen. Hyvällä suunnittelulla ja toteutuksella sekä toteutuksen valvonnalla vältytään yllätyksiltä, jotka heikentävät laatua ja tuottavuutta. Hyvä olisi myös saada kohteiden rakennusajat sellaisiksi, että rakentaminen olisi mahdollisimman taloudellista. Tämä olisi sekä tilaajien, että rakentajien etu.

Huomattavaa on myös se, että esimerkiksi lämmitystavoissa on eroja, mutta suuremmat vaikutukset syntyvät silti olosuhteista. Halvastakin lämmitystavasta voi tulla todella kallis jos suojaukset tai ilmanvaihto toteutetaan huolimattomasti. Vastaavasti kallis lämmitystapa voi olla taloudellisesti kuitenkin melko hyvä, jos olosuhteet ovat otolliset. On siis pyrittävä löytämään kustannustehokkain tapa ja luotava sille optimaaliset olosuhteet.

Energiankäytön hallinta koostuu useista erikokoisista kokonaisuuksista, jotka hallitsemalla työmaa on laadukas ja taloudellisesti kannattava. Mihinkään kohteeseen ei ole yhtä ainoaa oikeaa ratkaisua, joten eri vaihtoehtoihin kannattaa tutustua työtapoja valittaessa.

LÄHTEET

Thermisol. Luettu 23.10.2013. www.thermisol.fi

Ebeco. Luettu 23.10.2013. www.ebeco.fi

Suomen Betoniyhdistys 2009. By 201, Betonitekniikan oppikirja 2004

Ilmatieteenlaitos. Luettu 30.10.2013. www.ilmatieteenlaitos.fi

Hämäläinen J. 2012 Rakennustyömaan energiatutkimus. Diplomityö.

AGA. Luettu 30.10.2013.

<http://www.aga.fi/international/web/lg/fi/like35agafi.nsf/docbyalias/propane>

Pentti M, Hyypöläinen T, 1999. Ulkoseinärakenteiden kosteustekninen suunnittelu. Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Työmaan ilmanvaihdon ja lämmityksen suunnittelu. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Luettu 15.10.2013. <http://www.tut.fi/fi/tietoa-yliopistosta/laitokset/rakennustekniikka/tutkimus/rakennustuotanto-ja--talous/rakentamisen-prosessit/rakennustuotanto/site/index.htm>

Seppälä P, 2008. Kosteudenhallintasuunnitelma. Luettu 2.11.2013. <http://www.pohjoismaisetrakennuspaivat.fi/index.htm>

Taloon.com, valaisininfo. Luettu 15.11.2013.

http://www.taloon.com/info/tietoa_rakentajalle/valaisininfo

Elbjörn. Luettu 19.11.2013. <http://www.elbjorn.com/fi/tuotteet/valaistus>

Liite 1. MUISTILISTA ENERGIANKÄYTÖNHALLINTAAN LIITTYVISTÄ SEIKOISTA RAKENNUSVAIHEITTAIN

Maanrakennustyöt

- Varaa riittävän suuri kaivinkone kalusto, jos maasta pitää poistaa rou-
taa.
- Älä poista lunta tai pintakerrosta liian varhain, koska ne suojaavat
maata roudalta.
- Tee kaivutyö kerroksittain.

Perustukset

- Huolehdi, että maa on sulaa. (Höyrytys, eristematot)
- Muottien on oltava sulia. Huolehdi tarvittaessa muottilämmityksestä.
- Seuraa sääennusteita. Liian kovalla pakkasella työ on kalliimpaa ja
jäätymisen riski kasvaa.
- Huolehdi valun lämmityksestä. (Lämpölangat, suojaus eristematoilla)
- Mieti sokkelien valun lämmitys tapauskohtaisesti. (Jos sokkeli vale-
taan paikalla)
- Suunnittele sokkelielementtien saumojen valut. Riittääkö pelkkä suo-
jaus vai onko syytä käyttää lämpölankoja?

Runkotyöt

- Käytetäänkö seinissä muottilämmitystä vai lämpölankoja, jos seinät
valetaan paikalla?
- Mikä on kohteessa sopivin tapa valaa elementtisaumat?
- Miten estetään ylimääräisen kosteuden pääsy rakenteisiin?
- Mieti holvien valun lämmitystapa. Säteily, puhallin ja näiden hyödyt,
haitat ja kustannukset.
- Ontelolaattojen saumojen valun lämmitystarpeen ja tavan suunnittelu.
- Miten vesikatto suojataan, ettei kosteutta pääse rakenteisiin.

Sisävalmistusvaiheen työt

- Mieti kohteeseen sopiva työnaikaisen lämmityksen muoto.
- Oma lämmitysjärjestelmä on otettava mahdollisimman nopeasti käyt-
töön.
- Laske lämmityksen tarve.
- Suunnittele, mistä kosteus saadaan hallitusti ulos.
- Osastoinnilla on hyvä hallita lämmityksen onnistumista.

- Huolehdi riittävästä ilmanvaihdosta. Ilma ei saa vaihtua liikaa, ettei lämpö karkaa ja rahaa kulu turhaan.
- Valvo olosuhteita!
- Jos on tarvetta käyttää kuivaimia, muista että kaikkien reikien on silloin oltava tukittuna. Ulkoilmaa on turha kuivata!
- Suunnittele oviin toimiva ratkaisu, joka estää lämmönkarkailun. Ovet kiinni!
- Suunnittele tavaroiden varastointi sisätiloihin järkevästi, että kuivatettavat pinnat ovat vapaina. Näin ilmankierto tehostuu ja kuivuminen on nopeampaa.
- Pyri estämään ylimääräisen kosteuden kulkeutuminen sisätiloihin.

Valaistus

- Suunnittele riittävä valaistus. Ei liian tehokasta valaistusta, ettei energiaa kulu turhaan.
- Mieti valaistuksen ohjausta. Kaikkia valaisimia ei kannata polttaa koko aikaa ja suurin osa valaistuksesta kannattaa ottaa yöksi pois päältä.
- Sisävalaistuksen on oltava selkeä, ettei turhia jatkojohtoja tarvitse vetää.
- Vanhat halogeenityövalaisimet kuluttavat paljon sähköä ja ovat palovaarallisia.

Työmaatilat

- Työmaatilojen lämmityksen ohjaus työaikojen mukaan säästää energiaa.
- Ovien aukipitäminen vie lämpöä harakoille. Ovet kiinni!
- Varastokoppeja on turha valaista silloin, kun niitä ei tarvita.

Liite 2. Yhteenvedo kuivatustarpeen määrittämisestä

1(1)

	Tam- mi	Hel- mi	Maa- lis	Huh- ti	Tou- ko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Mar- ras	Joulu	YHT
Kosteuden poistoaika, teoreettinen (h)	1896	1842	2054	2421	3360	990 5	- 26582	- 36212	725 2	360 5	2471	2079	
Kosteuden poistoaika (h/kk)	744	672	744	720	744	720	720	744	720	744	720	744	
Lämmitysteho, IV (kW):	82	84	73	56	34	18	9	14	31	47	63	75	
Lämmitysteho, haihdutus [kW], teoreettinen mak- simi	37	38	34	29	21	7	-3	-2	10	19	28	34	
Lämmitysteho, vaipan läpi johtuva	16	16	14	11	7	3	2	3	6	9	12	15	
Lämmitysteho (kW):	134	138	121	96	61	28	9	15	46	75	103	123	
Lämmitysteho ilman haihdutusta (kW):	98	100	87	67	41	21	11	17	37	56	75	89	
Lämmitysenergia (MWh):	100	93	90	69	46	20	6	11	33	56	74	92	
Lämmitysenergia ilman haihdutusta (MWh):	73	67	64	48	30	15	8	13	26	41	54	67	
Ilman vaihdon ja vaipan energian kulutus (MWh)	73	0	0	0	0	0	0	0	26	41	54	67	261
Veden haihduttamisen energian kulutus (MWh)													70
Energian kulutus yhteensä (MWh)													331
Energian kulutus / RM3 (kwh/rm3)													41

Eu-
roa 36363,
3

Veden ominaishöyrystyslämpö 2,54 MJ/kg

