



RAKENNUSTIETO >

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

TALVIRAKENTAMINEN

Dipl.ins. Anssi Koskenvesa

1 TALVIOLOSUHTEET

Talvikausi on se aika vuodesta, jolloin vuorokautinen keskilämpötila on nollan alapuolella. Etelä-Suomessa talven pituus on keskimäärin 140 vuorokautta. Kun tähän lisätään satunnaiset kylmät jaksot syksyisin ja keväisin, koskevat talvityöjärjestelyt noin puolta vuotuisesta rakennusajasta. Suomessa onkin hallittava menetelmät, keinot sekä materiaalit, joilla laadukas ja kustannuksiltaan kilpailukykyinen rakennus pystytään tekemään myös talvioletuhteissa.

Lähes poikkeuksetta talvirakentaminen lisää työmenekkiä ja rakennusmateriaalien kulutusta sekä viivästyttää rakentamista. Talvella tarvitaan enemmän koneita sekä kalustoa ja energiankulutus on suurempi kuin muina vuodenaikoina. Myrskyt, pakkaset, vesi- ja lumisade hi-

distavat rakennustyötä ja aiheuttavat usein keskeytyksiä. Jos näihin haittoihin ja lisiin suhtaudutaan rutiinomaisesti ja vähätellen, niistä tulee suuria lisäkustannuksia. Huolellinen suunnittelu vähentää kuitenkin talven haitta- ja kustannusvaikutuksia.

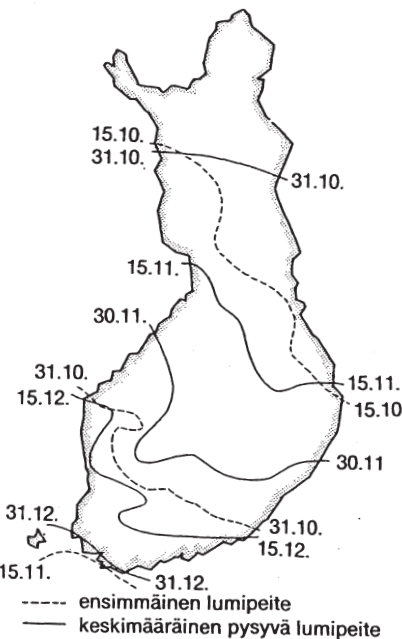
Kustannuksiin ja lisäresurssien tarpeeseen varaudutaan suunnittelemalla talvirakentaminen hyvin ja varautumalla häiriöihin. Lisätyön vaatima aika otetaan huomioon suurentamalla työryhmiä ja lisäämällä yleensäkin resursseja. Työ- ja materiaalimenekeistä on olemassa tietoa suunnittelun perustaksi. Myös koneista ja laitteista sekä energiankulutuksesta voidaan laatia suunnitelmien mukaiset laskelmat etukäteen. Sään vaikutusta sen sijaan on vaikea arvioida. Talvioletuhteita koskevat tilastotiedot helpottavat talvirakentamisen suunnittelua.

Suunnittelun apuna käytetään talvioletuhteita kuvaavia tietoja kuten

- kuukausien keskilämpötilat
- talvikuukausien keskilämpötilat
- kuukausien keskilämpötilat ilman pakkaspäiviä
- termisen talven alkamis- ja päättymisajankohdista
- pakkasrajat ja pakkaspäivärajan ylittävien päivien lukumäärän keskiarvo
- lumisadepäivien lukumäärä ja sademäärät sekä
- työajan päivittäisen keinovalaistuksen tarve tunteina.

Tilastoista saadut tiedot on tarkoitettu lähinnä alustavaan rakennustyön suunnitteluun.

Paikalliset lämpötilat ja pakkasmäärät voivat poiketa tilastotiedoista merkittävästi, sillä Suomen säätila vaihtelee vuosittain paljon. Lisäksi työmaiden sijainnin mukaan saattaa esimerkiksi sade- ja pakkaslukemissa olla suuriakin eroja. Rakentajan sääpalvelu on hyvä apu normaalien säätiedotusten täydentämiseen. Sääpalvelusta saatavat tiedot lämpötilan kehittymisestä, sateiden alkamisajankohdista ja kestoista helpottavat päivittäistä työnjärjestelyä. Säätietojen perusteella voidaan päättää esimerkiksi raudoitusten ja valujen yöllisestä suojaamisesta tai tarvittavasta lämmityksestä.



Kuva 1. Todennäköinen talven alkamisaika [9].

Taulukko 1. Työpäivien määrä, joina lämpötila on alle tietyn raja-arvon [9].

Paikkakunta	Lämpötila °C	Työpäivät						
		loka	marras	joulu	tammi	helmi	maalis	huhti
Helsinki	-15	0	0	3	4	3	3	0
	-20	0	0	0	2	2	0	0
Vantaa	-15	0	0	3	6	5	3	0
	-20	0	0	1	3	2	1	0
Turku	-15	0	1	3	5	5	3	0
	-20	0	0	1	2	2	0	0
Lappeenranta	-15	0	0	2	5	3	1	0
	-20	0	0	1	2	1	0	0
Tampere	-15	0	0	3	5	4	2	0
	-20	0	0	1	2	2	1	0
Vaasa	-15	0	1	3	4	4	2	0
	-20	0	0	1	2	2	0	0
Joensuu	-15	0	1	6	7	6	3	0
	-20	0	0	2	4	3	1	0
Oulu	-15	0	1	5	7	6	3	0
	-20	0	0	2	3	3	1	0
Sodankylä	-15	1	4	9	11	10	7	2
	-20	0	2	6	8	6	4	0

Talven kuvaustietoja on laajemmin muun muassa lähteissä [7, 9 ja 21–25].

2 TALVEN VAIKUTUS TÖIDEN SUUNNITTELUUN

2.1 Hankesuunnittelu

Talvi vaikuttaa aina rakennushankkeen toteutukseen ja kustannuksiin. Talvi tulee ottaa huomioon jo hankesuunnitteluvaiheessa, jolloin talven vaikutuksen ja lisäkustannusten minimoimiseksi selvitetään ajoitustekijät ja vertaillaan eri toteutusvaihtoehtoja. Talvikustannuksiin vaikuttavat hankkeen

- ajoitus
- laajuus
- kesto ja
- suunnitelmat.

Rakennushankkeen ajoitus vaikuttaa merkittävästi kustannuksiin pienissä hankkeissa. Laajuuden kasvaessa ajoituksen vaikutus kokonaiskustannuksiin pienenee. Kohteen tuotannollisen laajuuden ylittäessä 8 kk syntyy aina talvikustannuksia ajoituksesta riippumatta.

Ajoituksen vaikutukset voidaan ottaa huomioon esimerkiksi Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratoriossa kehitetyn laskeutemallin avulla [7].

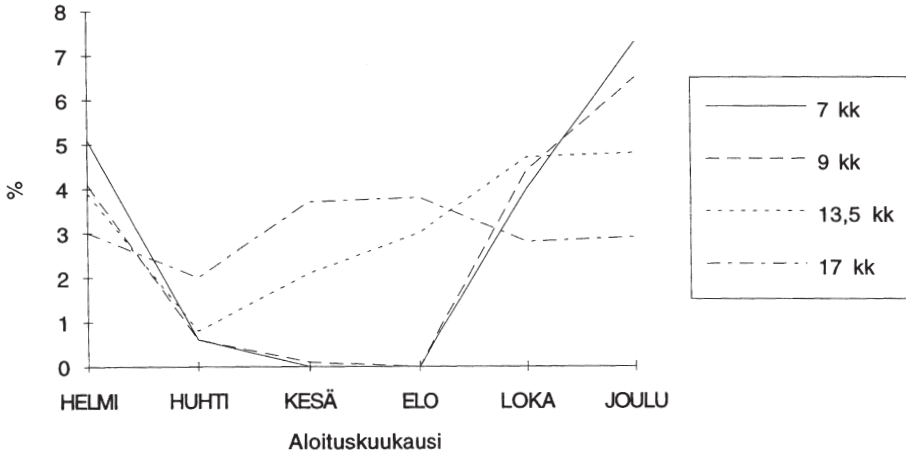
Talvirakentamisen resurssitarpeeseen vaikuttavat

- kokonaistyömenekin kasvu
- talvesta johtuvat lisätyöt
- materiaalihukat
- lisääntynyt energiatarve ja
- rakennusajan piteneminen.

Rakennushankkeen laajuus vaikuttaa rakennusosien määriin ja edelleen työmenekkiin ja siten hankkeen normaalikeston. Talvikustannusten suhteellinen osuus kokonaiskustannuksista on pienissä hankkeissa suurempi kuin isoissa hankkeissa.

Hankkeen keston vaikutus talvikustannuksiin on vähäinen. Keston merkitys ilmenee, kun tarkasteltava työ tai rakennusvaihe ajoittuu talven ja kesän rakojohtaan. Vaikutus tulee ilmi selvimmän kestoaltaan lyhyissä hankkeissa.

Miten herkkiä suunnitelmat ovat talven vaikutuksille, riippuu siitä kuinka paljon ne sisältävät talvella hankalasti suoritettavia töitä ja rakennusvaiheita sekä näiden talvikustannuksista. Paljonko suunnitteluratkaisut aiheuttavat talvikustannuksia, riippuu toisaalta työlajeista ja -määristä ja toisaalta töiden ajoituksesta.



Kuva 2. Laajuudeltaan erilaisten kohteiden työmenekin vaihtelu kesäarvoon nähden prosentteina [7].

2.2 Rakentamisen valmistelu

Rakentamisen valmistelussa selvitetään hankkeen kustannuksiin vaikuttavia sisäisiä ajoitustekijöitä, vertaillaan eri tuotantotekniikoita ja varaudutaan mahdollisiin tuotannon häiriöihin.

Talvikustannuksiin voidaan rakentamisen valmistelussa vaikuttaa [19]

- sisäisellä ajoituksella
- hankkeen kestolla
- tuotantotekniikalla ja
- varautumalla häiriöihin.

Talvikustannuksia voidaan pienentää siirtämällä talvella hankalasti suoritettavat työt kesään, mikäli töiden keskinäinen riippuvuus ei muuta määrää. Sisäistä ajoitusta pystytään parhaiten hyödyntämään osakohteisiin jaetuissa ja tuotannonliselta laajuudeltaan suurissa kohteissa.

Talvikustannusten erot eri tuotantotekniikoiden välillä johtuvat runkovaiheen suoritteista, työmenekistä ja työmenekkiä vastaavasta normaalikestosta. Kun kohteen esivalmistusaste kasvaa, vähenee talven vaikutus. Erot runkovaiheen tuotantotekniikoiden talvikustannuksissa aiheutuvat pääasiassa paikalla valettavien rakenteiden työmenekistä, lisätöistä ja -kalustosta sekä energian tarpeesta. Esivalmistusasteen ollessa suuri ovat tehtävien talvityöhaitta- ja lisäprosentit pienemmät kuin esivalmistusasteen ollessa alhainen. Eri tuotantotekniikoiden työmenekkiä vastaavat normaalikestot aiheuttavat eroja talvikustannuksiin, koska tehtävät ajoittuvat eri tavalla talveen. Tuotantotekniikan vaikutus kestoon ilmenee, kun vertaillaan töitä, jotka tehdään kokonaisuudessaan joko kesällä tai talvella.

Hankkeen rakennusaika määrätään urakkasopimuksessa. Urakkasopimuksen mukaiseen urakka-aikaan vaikuttavat rakennuttajan käsitys kohtuullisesta urakka-ajasta sekä rakennuksen suunniteltu käyttöönottoajankohta, rahoituslanne ja myyntimahdollisuudet sekä viranomaisten toiminta ja suunnitelmien valmistuminen.

Yritysten tuotannon kokonaissuunnittelun vuoksi yksittäisten hankkeiden aikataulujen kiireys vaihtelee ja aloitusajankohdat eivät ole parhaita mahdollisia. Hankkeen koko rakennusaika

Taulukko 2. Tuotantotekniikan vaikutus kokonaistyömenekkiin [7].

Rakennustyyppi	Tuotantotekniikka	Työmenekin kasvu kesään verrattuna (%)
Asuinkerrostalo	täyselementti-tekniikka	0...6,4
	osaelementti-tekniikka	0...5,3
	rationaalinen paikallaraken-taminen	2,3...6,4
Toimistorakennus	täyselementti-tekniikka	1,1...5,3
	osaelementti-tekniikka	0,9...4,9
	rationaalinen paikallaraken-taminen	0,7...5,2

ei ole käytettävissä tuotantoon. Työmaalla syntyy useista eri syistä tuotannon keskeytyksiä, jotka on otettava huomioon aikataulussa. Keskeytyksiä aiheuttavat lomien ja arkipyhien lisäksi huonot sääolot ja tuotannon häiriöt.

Suunnittelemalla työt ilman häiriöitä ja varautumalla keskeytyksiin varmistetaan aikataulun tavoitteellisuus ja realistisuus samanaikaisesti. Aikataulun realistisuus varmistetaan varuamalla suurhäiriöille aika, ns. vapaa pelivara. Suurhäiriöiden määrä vaihtelee eri töissä. Määrään voidaan vaikuttaa tuotannon ohjaus- ja työnjärjestelykeinoin [2]. Tavanomaisen talonrakennustuotannon aikataulujen suunnittelussa suurhäiriövarauksena voidaan käyttää tarvittavasta kokonaisajasta laskettuna

- perustusvaiheen työt 5 %
- runkovaiheen työt 10 %
- sisävalmistusvaiheen työt 2 %.

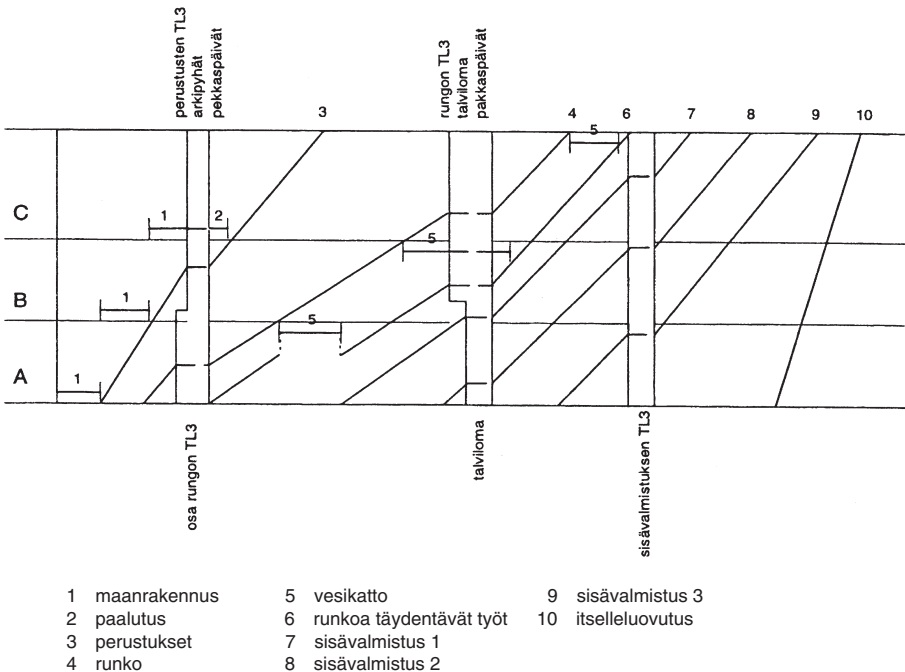
Myrskyt, pakkaset, vesi- ja lumisade hidastavat rakennustyötä ja aiheuttavat usein keskeytyksiä. Sään vaikutusta työn kestoan on vaikea arvioida, mutta esimerkiksi syys-, loka- ja marraskuussa sataa yli 1 mm vuorokaudessa noin kymmenenä päivänä. Syysmyrskyt haittaavat nosturilla työskentelyä keskimäärin pari kolme kertaa kuukaudessa.

Säähäiriöihin kuten pakkasen, tuulen ja sateen aiheuttamiin keskeytyksiin varaudutaan, ja ne merkitään aikatauluun erillisiksi puskurijakoiksi eri rakennusvaiheiden loppuun tai ne sijoitetaan aikatauluun 2–3 kuukauden välein.

Tuulen ja sateen keskeytysten määrä arvioidaan kohdekohtaisesti. Pakkaspäiviä varten aikatauluun varataan 16 työvuorota siten, että joulukuun ja maaliskuussa on 2 pakkaspäivää kuukautta kohti sekä tammi- ja helmikuussa 6 päivää. Pakkaspäivien määrät perustuvat alueellisesti sovituihin pakkasrajoihin ja Ilmatieteen laitoksen pitkän ajan säätilastoihin.

Jotta talvirakentamisen suunnittelusta olisi hyötyä, on tiedettävä, miten rakennustyömaalla toimitaan häiriöiden sattuessa. Häiriöiden ehkäisyyn on paneuduttava erityisen huolellisesti. Säähäiriöiden haitat ovat ehkäistävissä suunnittelemalla vaihtoehtojärjestelyt työn ajoitukselle sekä työmaan suojaukselle, valaistukselle ja lämmitykselle. Nämä asiat tulee ottaa huomioon työmaan laatusuunnitelmassa.

Rakennustyömaan suojaus-, lämmitys- ja kuivatus toimintojen suunnittelu on osa häiriöiden ennalta ehkäisyä sekä työmaan ajallista ja taloudellista suunnittelua. Lämmityksen ja kuivatuksen tarve on erilainen rakentamisen eri



Kuva 3. Kriittisten tehtävien paikka-aikakaavio. Tuotannon keskeytykset merkitään niiden todellisiin tai luultaviin kohtiin [2].

vaiheissa. Työmaalämmitystä suunniteltaessa tehdään ennakkovalmistelut kunkin lämmitettävän kohteen osalta erikseen. Lämmitys- ja kuivatusoimet otetaan huomioon aikataulussa ja työmenetelmiä valittaessa. Pyrkimyksenä on loppullisen lämmitysjärjestelmän saattaminen toimintakuntoon mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta tilat saadaan lämmitettyä tasaisesti. Lämmityksen ja sen suunnittelun merkitys korostuu ympärivuotisessa rakennustoiminnassa.

Työmaan valaistuksella on suuri vaikutus työturvallisuuteen ja työn laatuun. Työmaan sähkö- ja valaistussuunnitelman merkitys korostuu pimeällä talvikaudella. Ulkopuolisen yleisvalaistuksen tulee antaa työmaan jokaiseen kohtaan valoa kahdelta suunnalta työturvallisuutta haittaavien varjojen estämiseksi. Sisäpuolinen vakiovalaistus on oltava kulkureiteillä, varastoissa ja työtiloissa.

Talvi vaikuttaa myös työmaasuunnitelmaan. Tilaa on varattava lumen kasaamiselle, ajoteiden leventämiseksi sekä mahdollisille höyrykatiloille ja polttoaineille. Lisäksi on suunniteltava tarvikkeiden varastointi ja niiden suojaus alueella.

2.3 Rakennusvaihe

Rakennusvaiheen suunnittelussa talven vaikutusta säädellessään

- tuotantomenetelmillä
- työnsuunnittelulla ja
- häiriöihin varautumisella.

Tuotantomenetelmät, työnsuunnittelu ja häiriöihin varautuminen kuuluvat tiiviisti yhteen. Eri vaihtoehtojen kustannuksia ja toteutusta vertailtaessa otetaan huomioon myös talven ja siltä suojautumisen vaikutukset. Pakkas- ja sadepäivien vaikutuksiin tulee varautua ja tuotantoa ohjata niin, että häiriöiltä vältytään. Oleellista on töiden ja hankintojen suunnitelmien mukainen ja huolellinen toteutus.

Koska laatu syntyy vain tekemällä ja hyvin suunniteltu on puoliksi tehty, syntyy puolet laadustakin hyvällä suunnittelulla. Kriittisten tehtävien osalta tarkka suunnittelu on perusteltua laatuvaatimusten sekä ajallisten ja taloudellisten tavoitteiden toteuttamiseksi. Kun varmistetaan aloitus- ja toimintaedellytykset, sovitaan laadunvarmistustoimista, analysoidaan mahdolliset ongelmat ja niiden ehkäisy sekä ohjataan työtä, saavutetaan myös asetetut tavoitteet.

3 SUOJAUS

3.1 Suojauksen tarve

Useimmat rakennusaineet on suojattava kosteudelta. Kosteus on yleensä vesisadetta, betonin kasteluvettä tai jokin muu työnaikainen kosteus-

rasitus. Kosteutta voi siirtyä myös maasta, rakenteista tai rakennusaineista toiseen, mikäli niiden välillä ei ole estetty kosteuden leviämistä.

Työnaikainen suojaus estää kosteudelle alttiiden rakennusaineiden ja rakenteiden vaurioitumisen heti tai myöhemmin, vähentää korjauskustannuksia ja lyhentää kuivatusaikaa. Lämmittämällä suojatilaa estetään jäätymisvaurioita, edistetään kuivumista ja varmistetaan työn eteneminen suunnitellusti.

Kosteuden aiheuttamat ongelmat ovat hyvin yleisiä työmaillamme. Teräs ruostuu, puu lahoaa, turpooa ja halkeilee, materiaalit homehtuvat, valettavat rakenteet kärsivät pakkasvaurioita, maalit ja laatat irtoilevat. Materiaalien vaurioiden korjaaminen ja niistä aiheutuva terveyshaitat on otettava huomioon jo suojauspäätöksissä tehtaessä.

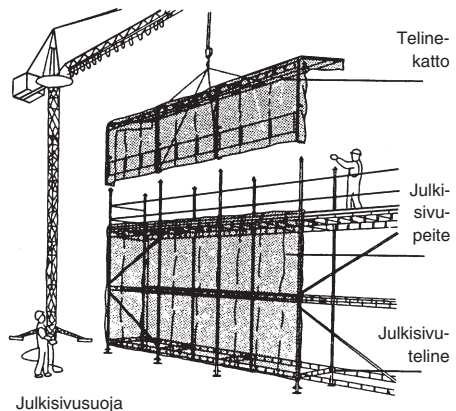
Huolellinen rakennusaikainen suojaus auttaa vähentämään säähäiriöiden vaikutusta ja on osa laadukasta rakentamista. Rakennusaineiden ja -osien suojauksesta tulee huolehtia paitsi rakennustyömaalla myös kuljetuksen aikana sekä tuotteita varastoitaessa tehtaalla tai jälleenmyyjällä.

3.2 Suojaukskaluston valinta

Työkohteiden suojauksessa voidaan käyttää esimerkiksi

- sääsuojia
- suojapeitteitä tai
- julkisivusuojia.

Sääsuoja on kantavan rungon, pitkittäisorsien ja katemateriaalin muodostama suojatila, joka siirretään miesvoimin tai nostokalustolla. Sääsuoja-



Julkisivusuoja

Kuva 4. Julkisivusuoja [18].

jat ovat erikokoisia, -muotoisia ja eri tarkoitukseen valmistettuja. Sääsuojia on helppo ja nopea koota sekä siirtää työpisteestä toiseen. Suojien avulla monet talvella vaikeasti hallittavat työvaiheet saadaan toteutettua suunnitellusti.

Suojapeitteitä ovat rakennus-, julkisivu- ja erikoispeitteet. Rakennuspeitteet kestävät sään ja vuodenaikojen rasituksia sekä läpäisevät huonosti auringon valoa. Julkisivupeitteet ovat ohuita, kevyitä ja ne läpäisevät auringon valoa. Verkkokangaspeitteet läpäisevät myös ilmaa ja pölyä. Erikoispeitteitä ovat esimerkiksi lämpö-, eriste- ja verkkovahvistetut peitteet.

Julkisivusuojia muodostuu pystysuojasta ja telinekatosta. Pystysuojia koostuu rakennustelineeseen kiinnitettävistä rakennus- ja julkisivupeitteistä. Telinekatto kootaan rakennustelineeseen. [18]

- Sääsuojia käytetään muun muassa
- raudoittajien, maalareiden ja kirvesmiesten kiinteiden työpisteiden suojaamiseen
- perusmuurien ja maanvaraisten laattojen valujen suojana, jolloin varmistetaan betonin riittävä sitoutumislämpötila ja perusmaan sulana pysyminen
- varastosuojana, jolloin materiaalin laatu pysyy hyvänä ja hävikki pienenee

Taulukko 3. Suojauskaluston soveltuvuus [18].

Käyttökohte	Sääsuojat	Suoja-peitteet	Julkisivusuojat
Perustustyöt (antura, sokkeli, alapohja)	xx	x	o
Elementtityöt (ontelolaatta, seinäelementti)	xx	x	o
Betonointi (holvi, laatta, kansi)	xx	x	x
Julkisivutyöt (muuraus, rapaus, maalaus)	o	x	xx
Kattotyöt	x	x	xx
Sisäpuolinen suojaus	o	xx	x
Kokonais-suojaus	x	o	xx
Työsuoja ja varasto	xx	x	o

0 = ei sovellu

x = soveltuu

xx = soveltuu hyvin

- pienen kohteen kokonaissuojaamiseen.
- Suojapeitteitä käytetään muun muassa
- väliaikaisina suojina sekä täydentämässä muita suojausmenetelmiä
- telinejärjestelmien kanssa seinien suojaukseen
- maan sulatukseen sekä perusmaan ja betonin routasuojaukseen
- väliseinänä työnaikaisessa osastoinnissa
- holvi- ja laattavalujen lämpösuojausena.
- Julkisivusuojia käytetään ylimmän työtason, seinien tai koko rakennuksen työnaikaiseen suojaukseen.

Suojauskaluston käytön kannattavuutta arvioidessa tehdään vertailulaskelmat työkokonaisuuden kustannuksista ja kestosta käytettävässä suojausta ja tehtäessä työ ilman suojausta. Huomioon otetaan vuodenaika, sääolosuhteet, työkohte, tehtävä työ, kalustokustannukset, lämmitettävyyden ja lämmityksen tarve sekä laatuvaatimukset.

Suojauskalusto ja sen käyttö mitoitetaan niin, että nostokaluston kapasiteetti riittää. Lisäksi otetaan huomioon kaluston kokoamisen, käytön ja varastoinnin tilantarve.

4 LÄMMITYS JA KUIVATUS

4.1 Lämmityksen ja kuivatuksen tarve

Kunkin työvaiheen tuloksena tulee olla seuraavan työvaiheen lähtötilan vaatimuksia vastaava tilanne. Eräiden materiaalien asennus tai käyttö vaativat tietyn lämpötilan tai kosteuden, jotta materiaalille tai pinnalle asetetut laatuvaatimukset täytettäisiin. Lämmityksen ja kuivattamisen tarkoituksena on saattaa rakenteet ja olosuhteet sellaiseen tilaan, että työt voidaan tehdä sopimusasiakirjojen vaatimusten mukaisesti vaadituissa olosuhteissa.

Useilla materiaaleilla on lämpötilaraja, minkä alapuolella niitä ei voi käyttää. Työtilan ja alustan lämpötilalle ovat herkkiä muun muassa betonointi sekä tasoi- ja maalaustyöt. Myös alustan kosteudelle asetetaan vaatimuksia muun muassa maalaus-, tasoite-, laatoitus-, tapetointi- ja lattianpäällystystöissä.

Rakenteissa esiintyvät home- ja laho-ongelmat johtuvat aina rakennusmateriaalin siemokyvyn yllättävästä kosteuspitoisuudesta. Homeen ja lahon kehittyminen riippuu olennaisesti kosteudesta ja lämpötilasta, niiden vaikutusajasta ja materiaalista. Kuiviin olosuhteisiin tarkoitettujen rakenteiden ja materiaalien ei välttämättä kestä pitkäaikaista tai usein toistuvaa kosteusrasitusta. Usein jo rakennusaikainen kosteusrasitus saa vaurion aikaan. [5]

Erityisen herkkiä mikrobikasvuston synnylle ovat orgaanisia aineita sisältävät materiaalit kuten puu, maali ja paperit, mutta mikrobikasvus-

toa on havaittu myös muovimatoissa, lämmön-eristeissä ja betonissa.

Lämmitystä ja kuivatusta suunniteltaessa tulee muistaa, että jokaisen homevaurion taustalla on kosteusvaurio. Vaikka kosteusvaurio ei sinällään ole terveyshaitta, se voi kuitenkin korjaamattomana johtaa mikrobikasvuston ja terveyshaitan syntymiseen. Parhaiten kosteusvauriot vältetään suunnittelemalla ja rakentamalla huolellisesti sekä käyttämällä rakennusta oikein.

4.2 Lämmityksen ja kuivatuksen tavoite

Rakennusaikaisella lämmityksellä pyritään saavuttamaan työskentelyn, tilojen ja rakenteiden kannalta sopimusasiakirjojen mukaiset vaaditut olosuhteet.

Lämmittämiseen liittyy oleellisena osana rakennuksen kuivattaminen, jonka tavoitteena on poistaa kosteus rakennusmateriaaleista sekä tilasta ja edesauttaa näin rakentamisen etenemistä. Rakentamisen kehittyminen prosessimaiseksi toiminnaksi on korostanut märkien työvaiheiden, rakenteiden kuivumisen ja rakennettujen tilojen kuivattamisen merkitystä. [17]

Betoni- ja kevytbetonirakenteiden sekä muurattujen rakenteiden valmistuksessa käytetään runsaasti ylimääräistä vettä, joka on poistettava. Rakennustyönäikaiset lämpötilavaihtelut, saateet, vesivuodot ja sisäpuoliset pesutyöt lisäävät rakenteiden kosteutta sekä lämmitys- ja kuivatustarvetta. Eri työvaiheet ja rakennusmateriaalit asettavat hyvin erilaisia vaatimuksia sisälämpötilalle ja kosteudelle.

Rakenteiden ja tilojen lämmityksellä ja kuivatuksella on seuraavat tavoitteet [1]:

- Varmistetaan
 - oikeat ympäristöolosuhteet (lämpötila, suhteellinen kosteus) ja
 - oikeat alustaolosuhteet (enimmäiskosteus, vähimmäislämpötila).
- Luodaan hyvät työskentelyolosuhteet
 - järjestämällä lämpötilaksi 10–20 °C
 - estämällä tarpeeton tuuletus ja energiahäviöt.
- Varastoidaan materiaalit ja tarvikkeet ohjeiden mukaisesti
 - estämällä kosteuden (lumi, jää, vesi) haittojen syntymisen
 - kiinnittämällä erityisesti huomiota puu- ja eristemateriaaleihin.
- Poistetaan jäätymisvaara
 - materiaalien (liimat, maalit) osalta sekä
 - vesivaurioiden ennaltaehkäisemiseksi.

4.3 Suunnitteluperiaatteet

Rakenteiden lämmityksen ja kuivatuksen alkuvaiheessa sisäilmasto on kostea, lämpötila alhainen ja epätasaisesti jakautunut. Paikoitellen on kylmien rakenteiden pintaan tiivistynyt kosteutta. Rakennustyön edistyessä on sisätiloissa edelleen usein suuria lämpötilaeroja ja lämpö on epätasaisesti jakautunut.

Pintarakennetyöt voidaan aloittaa, jos alustarakenne on riittävän kuiva ja rakenteissa oleva ylimääräinen vesi on poistettu. Rakenteiden kuivatustarpeen ja kuivatusajan määrittäminen on laskennallisesti vaikeaa. Rakenteiden alkukosteudet ovat erisuuruiset ja sisäolosuhteet

Taulukko 4. Rakennusvaiheet ja lämmityksen tarve [17].

Rakennusvaihe	Lämmityksen tarve
Maarakennusvaihe	perusmaan sulattaminen ja sulana pitäminen lumen ja jään sulattaminen
Perustusvaihe	perustusten sulana pitäminen betonin lämmittäminen
Runkovaihe	betonin lämmittäminen työkohdelämmitys lämmityksen ja kuivatuksen käynnistys
Täydentävien rakenteiden vaihe	runko ja julkisivu pääosin valmiit ikkunat osin asentamatta ja tiivistämättä talon oma lämmitysjärjestelmä osin käytössä
Sisävalmistusvaihe	aukot pääosin suljettu sisätilat ja porrashuoneet avonaiset kuivauksen- ja lämmityksen tarve sisävalmistustöissä

vaihtelevat rakennustyön aikana ja eri vuodenaikoina. Kuivattamistarve tulee määritellä ja kuivatuksen tehoa mitata tapauskohtaisesti.

Kun rakennusta kuivataan lämmittämällä ja tuulettamalla, on ilmanvaihdon mitoitus tärkeää. Suuri ilmanvaihto kuluttaa tarpeettomasti energiaa, minkä seurauksena sisätilojen lämpötilat pysyvät alhaisina. Ilmanvaihdon peruseriaatteena on mahdollisimman suuren kosteusmäärän poistaminen mahdollisimman pienellä lisäenergialla.

Rakennuksen lämmityksen ja kuivatuksen aloittamisessa ja toteuttamisessa noudatetaan seuraavia periaatteita [17]:

- Materiaalien ja tarvikkeiden huolellinen suojaaminen minimoi vesi- ja lumisateen haitalliset kosteusvaikutukset.
- Veden käyttö minimoidaan kaikissa työvaiheissa (betoni, pesuvedet, yms.).
- Rakennuksen sisätilojen lämmittäminen erillisillä lämmittimillä tai lopullisella lämmitysjärjestelmällä aloitetaan vasta, kun lämpötilan kohoaminen ja pysyminen rakennuksessa on mahdollista.
- Erillisten lämmittimien ja ilmankuivaajien käyttö ja lopullisen lämmitysjärjestelmän kytkentä toimintaan suunnitellaan välitavoitteineen.
- Rakennuksen lopullinen lämmitysjärjestelmä on saatava mahdollisimman aikaisessa vaiheessa toimintakuntoon, jotta tilat saadaan lämmitettyä tasaisesti.
- Ennen lämmityksen ja kuivatuksen aloittamista luodaan pois lumi ja imuroidaan lätäköt, sillä irtovesi ja märät pinnat hidastavat kuivumista tarpeettomasti.
- Ikkunat, parvekkeen ovet, porrashuoneen ulko-ovet ja mahdolliset muut aukot ja läpiviennit suljetaan ja tiivistetään aina huolella.
- Ulkopuolisten aukkojen tarve rakennustarvikkeiden siirroissa suunnitellaan, ja ilman jäähtyminen aukkojen kautta estetään suunnitelmalla niihin tilapäiset tuulikaapit.
- Ilmavirtauksia vähennetään osastoimalla rakennuksen sisätiloja, ja estetään lämpimän, kostean ilman kulkeutuminen ja tiivistyminen rakennuksen kylmiin osiin.
- Sisäolosuhteita valvotaan ja mitataan lämmityksen aikana, ja kosteus poistetaan tuulettamalla ilmankuivaajilla, jolloin kuivumisolosuhteet ovat edulliset.
- Ulkoiset olosuhteet ja niiden muutokset otetaan huomioon lämmitystä ja kuivatusta suunniteltaessa.

4.4 Lämmitys- ja kuivatusjärjestelmät

Rakennustyömailla yleisesti käytettyjä lämmitysjärjestelmiä ovat mm.

- kaukolämpö
- öljylämmitys

Taulukko 5. Lämmönjakolaitteiden soveltuvuus lämmitystehtäviin rakennusprosessin eri vaiheissa [17].

Vaihe	Kuuma- ilma	Infra- puna	Sähkö- vastus	Ilman- kuivaaja	Höyry- kattila
Maarakennus	+	+	+		+
Perustustyö	+	+	+		+
Runkotyö	+	+	+		
Kuivaus	+	+		+	
Viimeistely	+	+		+	

- sähkölämmitys ja
- kaasulämmitys.

Lämmitysjärjestelmästä riippumatta lämmönjakolaitteet valitaan laskettua lämmöntarvetta suuremmiksi. Rakennustyömaalla käytetään yleensä yli 5 kW:n lämmittimiä. Laitteiden on oltava helposti käsiteltäviä ja käyttökuntoon saatettavia. Lämmitinvaihtoehtoja ovat

- kuumailmalämmittimet
- infrapunalämmittimet
- sähkövastuslämmittimet
- ilmankuivaajat sekä
- höyrykattilat ja -kehittimet.

Lisätietoja laitteista saa lähteistä [13 ja 15].

Rakennusaikana tilakohtaiseen lämmitykseen käytetään pääosin siirrettäviä ilma- ja säteilylämmittämiä. Rakennustyön edetessä otetaan käyttöön myös rakennuksen lopullinen lämmitysjärjestelmä.

Ilmalämmitys

Ilmalämmitystä käytetään yleisesti tilojen lämmitykseen sekä osin ilmanvaihtoon. Menetelmää voidaan käyttää yhden huonetilan tai laajempien alueiden lämmittämiseen hormistoja hyväksi käyttämällä.

Kierrätysilmalämmityksessä ilmaa kierrätetään tilassa. Menetelmä ei poista kosteutta, mutta ilman lämpötilan nousu pienentää vallitsevaa suhteellista kosteutta ja edesauttaa rakenteiden kuivumista.

Kosteutta voidaan poistaa ilmalämmityksellä, jossa ilma imetään ulkoa, lämmitetään ja puhalletaan tilaan. Epäkohtana on lämmitystehon suuri riippuvuus ulkolämpötilasta. Ulkoa otettava ilmamäärä on voitava säätää tarpeen mukaan.

Lämmönlähteenä ilmalämmityksessä käytetään pääasiassa sähköä, öljyä tai nestekaasua.

Säteilylämmitys

Säteilylämmitys soveltuu kappaleisiin tai tilaan kohdistuvaan suoraan lämmitykseen esimerkiksi betonivaluissa. Säteilystä energiaa siirtyy sähkömagneettisen aaltoliikkeen välityksellä. Kun säteily osuu johonkin kiinteään kappaleeseen, osa siitä heijastuu ja osa imeytyy kappaleeseen. Ainoastaan kappaleeseen imeytyvä osa nosta lämpötilaa.

Rakennusta kuivatettaessa poistetaan mahdollisimman paljon kosteutta mahdollisimman vähällä lisäilman lämmityksellä. Tavoitteena on poistaa kosteus rakenteista ja tilasta siten, että sisävalmistustyöt voidaan tehdä sopimusasiakirjojen mukaisissa olosuhteissa. Käytettäessä lämmittimiä tilojen kuivaamiseen on lämmitykseen yhdistettävä tehokas ilmanvaihto.

- Märän pinnan kuivumista voidaan nopeuttaa
 - alentamalla ilman suhteellista kosteutta
 - kohottamalla rakenteen lämpötilaa
 - lisäämällä ilman nopeutta rakenteen pinnassa.
- Kuivausta voidaan tarkastella myös ilmanvaihdon kannalta, jolloin kyseeseen tulevat avoin ja suljettu järjestelmä. Avointa järjestelmää käytetään, kun tilassa tarvitaan ilmanvaihtoa. Tällaisia kohteita ovat mm.
- pölyvät tilat
 - tilat, joissa ilma sisältää haitallisia kaasumaisia tai kiinteitä epäpuhtauksia
 - tilat, joissa kiertäysilman käyttö on hankalaa.

Suljettua järjestelmää käytetään, kun tila voidaan rajata ja tiivistää ilmanvaihdon minimoimiseksi.

4.5 Lämmityksen ja kuivatuksen toteutus

Tehokas rakenteiden ja tilojen lämmitys ja kuivatus edellyttää tarkkaa lämmitettävän kohteen ennakkovalmistelua sekä toiminta-ajan tarkkailua ja jälkihoitotoita. Lämmityksen ja kuivatuksen toteutuksen vaiheet ovat valmistelu, lämmitys ja lopetus.

Valmistelu

- lämmön- ja kuivatuksen tarpeen määrittely
- menetelmien ja -laitteiden valinta
 - mitoituuslaskelmat
 - käyttösuunnitelma
- käyttö- ja käyntiaikojen määrittely
- laitesijoittelu ja reittivalinnat (putki-, yms.)
- rakenteiden tiivistäminen ja eristäminen

Lämmitys ja kuivatus

- laitteiden asennus ja kohdistus
- toiminta-arvojen asetus (anturit ja kellokytkimet)
- toiminnan tarkkailu (käyntiajat, suojaukset, lämmityksen tarve)

Lopetus

- lämmitys- ja kuivatustarpeen loppumisen varmistus (mittaukset)
 - laitteiden purku
 - jälkihoito
- Teknillisen korkeakoulun talonrakennustekniikan laboratoriossa tehdyissä tutkimuksissa on tehty seuraavia rakennusaikaisen lämmitykseen vaikuttavia havaintoja [17]:
- Rakennusaikaisen lämmityksen vaikeutena on tasaisten lämpötilakenttien saavuttaminen.
 - Ulko-ovien ja ikkunoiden saumojen sekä muiden ulkovaipassa olevien aukkojen tiivistäminen on ensiarvoisen tärkeää.
 - Lämpöeristämättömät yksittäiset ulkovaipan rakenneosat lisäävät pintojen välisiä lämpötilaeroja sekä kasvattavat hukkaenergian määrää.
 - Kylmät sisäpinnat saavat vesihöyryn tiivistymään, mikä heikentää rakennuksen kuivumista.
 - Kerrosten välisiä lämpötilaeroja tasaa lämmittimen sijoittaminen siten, että nouseva lämmitysilmavirtaus kohdistuu esim. porraskuukoon.
 - Lämmittimen taakse jää aina kylmempi alue, ja mikäli ulkovaippa ei ole hyvin tiivistetty, kyseisen alueen lämpötila laskee lähelle ulkolämpötilaa.
 - Lämmityksen tasaisuutta voidaan parantaa sekoittamalla kerrosten ja tilojen välistä ilmaa apupuhaltimella. Puhallin sijoitetaan siten, että ilman imu tapahtuu toisesta tilasta ja puhallus toiseen tilaan.
 - Epätasaiset kuivumisolosuhteet vältetään parhaiten käyttämällä ylipaineista lämmitysratkaisua, jossa lämmitetty ulkoilmaa puhalletaan sisälle ja aiheutetaan ylipaine, joka puretaan hallitusti poistopisteiden kautta ulos.
 - Rakennuslämmittimien käytössä merkittäväksi muodostuu tehon ja tilavuusilmavirran lisäksi heittoisuus ja ilmasuihkon suuntautuminen ylöspäin termisten voimien johdosta.
 - Rakennusaikaisessa lämmityksessä vaikeutena on lämmön tasainen jako eri huonetiloihin vaaka- ja pystysuunnassa.

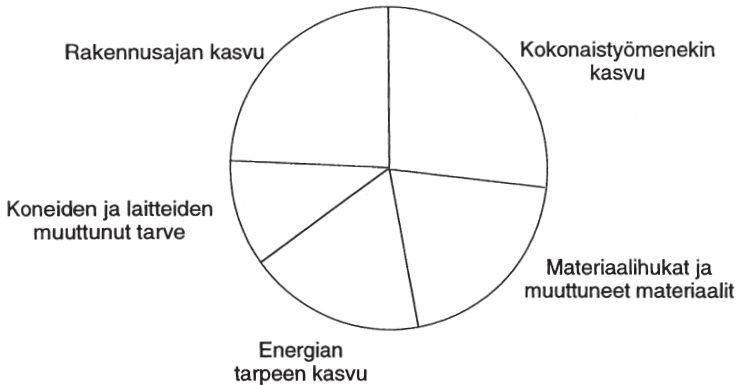
5 TALVIRAKENTAMISEN LISÄKUSTANNUKSET

5.1 Kustannusten aiheuttajat

Tutkimuksissa on saatu hyvinkin erilaisia tuloksia talven vaikutuksista. Tulosten yhteinen piire on kuitenkin talven aiheuttamien lisätöiden ja -kustannusten riippuvuus rakennustyön aloitusajankohdasta.

Taulukko 6. Kerrostalon talvirakentamisen lisäkustannukset prosentteina vastaavista kesäajan rakentamisen kustannuksista [9].

Kustannuslajit	Rakennusvaiheiden lisäkustannukset (%)		
	Perustustyövaihe	Runkotyövaihe	Sisävalmistusvaihe
Työmenekkilisä	2,6...2,9	0,6...0,7	-
Materiaalilisä	1,7...3,7	0,6...1,9	-
Energialisä	0,9...1,0	1,2...1,4	2,8...3,2
Kone- ja kalustolisä	1,8...2,2	1,2...1,4	0,1...0,2
Talviajan lisätyöt	1,6...1,8	0,7...0,9	0,2...0,4
Aikakustannuslisä	2,0...2,2	1,0...1,2	-
Yhteensä	13...15	5,5...7,5	3,3...3,7



Kuva 5. Talvikustannusten muodostumiseen vaikuttavat tekijät [7].

Talvirakentamisen lisäkustannuksia aiheuttavat

- kokonaistyömenekin kasvu
- materiaalihukka ja muuttuneet materiaalit
- energian tarpeen kasvu
- koneiden ja laitteiden muuttunut tarve sekä
- rakennusajan kasvu.

Talvikustannusten määrittämiseksi tarvitaan tietoja rakennuskohteesta, ajoituksesta, rakennussuunnitelmista ja paikkakunnasta. Lähtötietoja ovat

- talven kuvaustiedot
- työmenekkitiedot
- talvitoiden työmenekkitiedot
- kalusto- ja materiaalienekkitiedot
- energiämenekkitiedot ja
- työajan keskeytyskustannustiedot.

Laskentamalli ja esimerkkejä lisäkustannuksista on lähteissä [7 ja 19].

5.2 Kokonaistyömenekin kasvu

Kokonaistyömenekin kasvun talvella aiheuttavat

- töiden talvityöhaitat ja -lisät
- talvesta johtuvat lisätyöt
- lyhyiden alle tunnin pituisten (TL2) ja pitkiä, yli tunnin pituisten (TL3) tuotantokatkojen ja -keskeytysten lisääntyminen ja
- työnaikaiset asennukset.

Talvityöhaitat aiheutuvat talven työtä hidastavasta vaikutuksesta eli talvihalmeudesta. Talvella on heikommät sää- ja valaistusolosuhteet. Työtä hidastavat alhaisempi lämpötila, lumisa-

Taulukko 7. Talven aiheuttamat lisätyöt ja niiden työsisältö [8].

Talven aiheuttamat lisätyöt (Talo 90)	Sisältö
C81 Lumi- ja jäätyöt	lumen luonti, jään poisto ja sulatus erillisenä työnä rakenteilta tai rakennusalueelta sekä lumenajo ja hiekoitus
C82 Roudan rikkominen ja sulatus	erillisenä työnä tehtävä jäätyneen maan rikkominen ja sulatus
C83 Lämpösuojaus	rakennuksen ja rakenteiden lämpösuojaus erillisenä työvaiheena
C84 Lämmitys ja kuivaus	rakennusosien lämmitys ja kuivaus, kuten lämmityslaitteiden hoito ja huolto sekä lämmitysasemien pystytys ja purku

de sekä työskentelyalueella oleva lumi ja jää. Talvityöhaitat ilmenevät työsaavutusten pienemisenä ja työn keskeytysten lisääntymisenä. [8]

Talvityölisät ovat talvella työn tekemiseen sisältyviä töitä. Näitä ovat esimerkiksi talvibetonointiin saman työryhmän tekeminä sisältyvät suojaus- sekä lumi- ja jäätyöt. [8]

Talven aiheuttamat lisätyöt sisältävät erillisenä työvaiheena tehdyt tai tehtävään määrättyjen työntekijöiden suorittamat lumi- ja jäätyöt, lämpösuojauksen sekä rakennusten ja runkorakenteiden lämmityksen. [8]

Tuotantokatkot ja -keskeytykset lisääntyvät talvella, mikä johtuu mm. työkoneiden käyttövaikeuksista ja pakkasen rikkomien koneiden aiheuttamista odotuksista.

Työmenekkitietojen peruslähteenä kunkin työlahin ja tehtävän osalta on Ratu-tuotantotiedosto [12–20]. Työmenekin muutokset talviolosuhteissa otetaan laskelmissa ja suunnitelmissa huomioon erillisarvioina. Arvioinnin pohjana voidaan käyttää esimerkiksi talvityöhaitta- ja lisäprosenttitiedostoa. Tiedostossa on otettu huomioon

- T2-työsaavutuksen aleneminen
- talven aiheuttamat TL2- ja TL3-lisäaikaisten lisääntyminen ja
- talveen liittyvät työt.

Talvitöiden työmenekkitiedot ovat

- lumi- ja jäätöiden työmenekit
 - lämpösuojauksen työmenekit
 - rakennuksen lämmityksen työmenekit
 - runkorakenteiden lämmityksen työmenekit.
- Lumi- ja jäätöiden työmenekkitiedot esitetään sekä sataneen lumikerroksen paksuuden että tal-

Taulukko 8. Lumi- ja jäätöiden työmenekkitiedosto, mittausperusteena sataneen lumikerroksen paksuus [7].

Sataneen lumikerroksen paksuus (mm)	Lumen luonti ja jään sulatus
10 mm	0,005 tth/m ²
50 mm	0,010 tth/m ²
100 mm	0,020 tth/m ²

Taulukko 9. Lumi- ja jäätöiden työmenekkitiedosto, mittausperusteena talvella rakenteilla oleva perustusvaiheen pohjapinta-ala ja runkovoivaiheen bruttopinta-ala [7].

Alue	Lumen luonti ja jään sulatus	
	perustusvaihe (tth/m ²)	runkovaihe (tth/brm ²)
Etelä-Suomi	0,05	0,1
Pohjois-Suomi	0,10	0,2

vella rakenteilla olevien perustusvaiheen pinta-alan ja runkovoivaiheen bruttoalan mukaan. Lumisademäärään perustuvaa työmenekkitiedostoa käytetään jälkikäteen tapahtuvaan arviointiin.

Taulukko 10. Lämpösuojauksen työmenekkitiedo, mittausperusteena suojattavan alueen laajuus ja hallien lukumäärä [7].

Tehtävä	Työmenekki
Suojaustyö	0,020 tth/m ²
Sääsuojahallin pystytys	30...60 tth/kpl
Sääsuojahallin purku	25...50 tth/kpl

Mittausperusteena on suojattava alue (m²)

Taulukko 11. Rakennuksen lämmityksen ja kuivatuksen työmenekit, mittausperusteena rakennuksen laajuus ja talvikuukausien määrä [7].

Talvikuukausina lämmitettävät rakennukset (brm ²)	Lämmityksen ja kuivatuksen työmenekki (tth/talvi-kk)
1500	50
3000	70
5000	100
10000	170

5.3 Materiaalihukka ja muuttuvat materiaalit

Materiaalikustannukset muodostuvat määrä-, laatu- ja hintakomponenteista. Kustannusten suuruuteen talviolosuhteissa vaikuttavat

- materiaalihukan lisääntyminen
- materiaalihintojen kausivaihtelut
- talvella tarvittavat suojamateriaalit
- materiaaleille asetettavat laatuvaatimukset sekä
- muuttuvista materiaaleista aiheutuvat kustannukset.

Materiaalihukka lisääntyy työmaalisän (ML4) ja osittain myös työnvaihelisän (ML3) osalta. Työnvaihelisää esiintyy esimerkiksi muottien purussa, jolloin rakenteeseen kiinni jäänyt muottitavara rikkoontuu helposti. Työmaalisää aiheutuu materiaalin pilaantumisesta ja katoamisesta. Talviolosuhteet lisäävät suoranaista materiaalihukkaa. Tarpeettoman paljon myös kalusto- ja käyttötarvikkeita, kuten sähköjohtoja, peitteitä, työkaluja ja muottilukkoja, hautautuu lumen ja jään alle. [3]

Eräillä materiaaleilla on eri hinta talvella kuin kesällä. Alennetuilla talvihinnoilla saattaa olla merkitystä pienrakentajille, mutta ammattirakentajille on vuosi- ja kohdekohtaisilla sopimuksilla enemmän merkitystä kuin kausivaihtelulla.

Kun rakennetaan talvella, käytetään talvirakentamiseen sopivia materiaaleja. Erikoistuotteiden kustannukset on otettava huomioon esimerkiksi käytettäessä pakkaslaastia ja talvibetonia. Betonin talvihinta muodostuu kuumabetonin lisähinnasta ja betonitoimitusten talvilisästä. Muottimateriaalina käytettävän puutavaran menekki kasvaa talvella suuremman hukan ja käytökertojen vähenemisen johdosta.

5.4 Energian tarve

Energian talvikustannukset aiheutuvat lisääntyneestä energian kulutuksesta. Energian tarve on erilainen eri rakennusvaiheissa.

Energian tarve rakentamisessa on riippuvainen lämpötilasta. Talviolosuhteiden aiheuttama energiatarve on merkittävä.

Taulukko 12. Lisääntyneen energiankulutuksen syyt eri rakennusvaiheissa.

Rakennusvaihe	Lisäenergiatarve
Maarakennusvaihe	Maapohjan sulattaminen ja sulanapito
Perustus- ja runkovaie	Materiaalien, rakenteiden ja rakennusosien lämmitys- ja kuivatusoimet Valualustojen ja muottipintojen sulatus ja lämmitys
Sisävalmistusvaihe	Rakennuksen lämmitys ja kuivatus
Koko rakennusaika	Sosiaali- ja työmaatilojen lämmitys ja lisävalaistus

5.5 Koneiden, laitteiden ja suojausten tarve

Koneiden ja laitteiden talvikustannuksella tarkoitetaan kustannuksia, jotka aiheutuvat talvella tarvittavista erilaisista koneista, lisäkoneista ja -laitteista sekä tehokkaammista koneista.

Koneita ja laitteita tarvitaan lämmitykseen sekä lumen ja roudan sulatukseen eli varsinaisiin talvesta johtuviin lisätöihin. Lisäkoneilla ja -laitteilla tarkoitetaan sellaisia laitteita, joita tar-

Taulukko 13. Talvesta aiheutuissa lisätöissä tarvittavaa kalustoa [7].

Talven lisätyöt (Talo 90)	Kalusto- ja materiaaliveitohdot
C81 Lumi- ja jäätyöt	höyrynsäiliö, höyrykattila, höyryletku, höyrytysauto, öljysäiliö, lämpöpuhallin, lumenluontivälineet, sääsuoja
C82 Roudan rikkominen ja sulatus	roudanrepijä, roudansulatin, kompressori ja maakiilavasara
C83 Lämpösuojaus	lämpölaatikot, eristematot, pressut, suojaustarvikkeet
C84 Lämmitys ja kuivaus	infrapunasaiteilijat, lämpöpuhaltimet, lämmitysmuuntajat, betonin sähkölämmitystarvikkeet

vitaan talvella useampia kuin kesällä. Varsinkin maarakennustöissä tarvitaan tehokkaampia koneita roudan vuoksi. Talven lisätöissä tarvitaan yleisesti taulukon 10 mukaista kalustoa.

5.6 Rakennusajan kasvu

Talven rakennusaikaa pidentävä vaikutus syntyy

- lisätöiden aiheuttamista työn keskeytyksistä, joita ovat
 - työmaan pakkasrajat
 - rakenteiden teon edellyttämät suojaustyöt ja
 - muut syyt
 - työmenekin kasvusta sekä
 - talvilomista ja arkipyhistä.
- Työturvallisuuslain mukaan on työnantajan taattava työntekijälle kunnolliset työskentelyolosuhteet. Kun työmaalla ei voida sään vuoksi taata kunnollisia työskentelyolosuhteita tai työn laatu ei ole vaatimusten mukainen, on työnantajan velvollisuus keskeyttää työskentely. Keskeytykseen johtavia säätekijöitä ovat talvella
- pakkasen
 - tuuli sekä
 - lumi- ja räntäsade.

6 MAARAKENNUS- JA PERUSTUSTYÖT

Perustuksia ei saa tehdä jääntyneen maan varaan. Perustusta varten kaivetut kuopat pidetään sulana lämmityksen ja suojauksen avulla. Maan sulatukseen ja lämmitykseen voidaan käyttää höyryä, routamattoja, kuumailmapuhaltimia, sähkölämmityslankoja ja infrapunasaiteilijoita.

Höyryä käytetään karkearakeisen maan lämmittämiseen, jolloin tiivistynyt vesi poistuu perustustasosta. Hienorakeisen maan sulatukseen ei saa käyttää höyryä, ellei maata kaiveta pois.

Höyry puhalletaan pilleillä suoraan maahan tai suojapeitteiden alle. [13]

Kuumalla ilmalla lämmitettäessä käytetään tavallisia lämmittimiä tai tarkoitusta varten tehtyjä routasulattimia. Sulatettava alue peitetään suojapeitteillä, jotka jätetään 2–3 cm irti maasta. Peitteenä voidaan käyttää myös maan sulatukseen valmistettuja eriste-elementtejä. [15]

Infrapunälämmitystä käytetään perustusten teossa yhdessä sääsuojien kanssa. Säteilylämmityksestä on samalla apua myös työkohteen lämmityksessä. Säteilijät asennetaan yleensä sääsuojan kattoon.

Sähkövastuslämmityksessä maa lämmitetään routamatoilla tai betonin lämmitykseen tarkoitettulla lankalämmityksellä.

Kun maata kaivetaan pienissä erissä, maan oma lämpö pitää sen sulana työskentelyn ja betonoinnin ajan. Menetelmä on edullinen, mutta vaatii tarkkaa suunnittelua. Maata voidaan kaivaa vain sen verran, mitä pystytään kerrallaan betonimaan. Huomioon on otettava valettavan perustuksen laajuus sekä rakenteiden ja työvälineiden yhteensovittaminen. [11]

Jos perustusta ei tehdä saman tien, on maa suojattava yöksi suojapeitteillä ja lämmöneristeillä. Lumi on helppo poistaa suojapeitteen päältä, kun taas lumen sulattaminen aiheuttaa lisätyötä, on kallista ja saattaa löysentää maapohjaa.

Perustusta valettaessa tai asennettaessa on maan oltava sulaa perustamistason alapuolella. Maata vasten valettavat rakenteet tulee valaa viivytystä, jottei maan lämmitystä jouduta ylläpitämään turhaan. Betonointia nopeuttaa hyvä ennakkosuunnittelu ja esivalmistus. Ennakkoon voidaan tehdä muun muassa laudoituksen siivut, teräsosat ja lankalämmitysilmut.

Valu suojataan suojapeitteillä ja eristeillä. Suojapeitteet estävät tuulen pääsyn suojauksen alle, varmistavat lämpösuojauksen paikalla pysymisen ja pidentävät sen käyttöikää. Anturoita voi lämmittää myös kuuma ilma- ja säteilylämmityksellä sekä kuumabetonilla.

Lyöntipaaluutus onnistuu hyvin talvellakin. Lyhyet vain vähän tiiviissä moreenikerroksessa kiinni olevat paalut nousevat kuitenkin helposti hiukan ylös roudan vaikutuksesta, jos paalua ei suojata. Roudan edessä paaluun kiinni jäätyvä pintamaa nostaa paalua mukanaan. Suojaamaton lyhyt paalu on todennäköisesti jälkipaalutettava talven jälkeen ennen kuin sen päälle voidaan rakentaa. Paalujen suojaus on helpointa mineraalivillalevyillä ja suojapeitteillä. [11]

Routasuojaus on syytä tehdä heti ympäristötäytön yhteydessä. Muottien purkamisen jälkeen ympärillä oleva maa täytetään routasuojauksen tasoon, routasuojaus asennetaan ja täyttööä jatketaan seuraavan työvaiheen vaatimaan tasoon. Varsinainen routasuojaus on myös työnäkäinen suojaus, jossa maan ja betonin lämpö saadaan hyödynnetyksi.

7 TALVIBETONINTI

7.1 Betonin lämmitys

Betonointia alle +5 °C:n lämpötilassa kutsutaan talvibetonoinniksi. Kylmä sää hidastaa betonin sitoutumis- sekä kovettumisreaktioita ja pakkanen voi vaurioittaa vastabetonoituja rakenteita. Jotta myös talviolosuhteissa voidaan varmistaa betonoinnin onnistumista ja rakenteiden suunnitelmien mukainen kovettuminen, pitää betonoinnissa käyttää tilanteeseen soveltuvia menetelmiä.

Talven asettamat vaatimukset otetaan huomioon jo muottien ja raudoitusten teon yhteydessä. Tällöin asennetaan mahdolliset lämmityslangat, lämpötilan mittausputket ja tarvittava muottien lämpö- ja lumisuojaus. Työmaalle varataan myös normaalin betonointikaluston lisäksi sulatus-, suojaus- ja lämmityslaitteet. Kaluston toimintakunto varmistetaan aina ennen töiden aloittamista.

Muotit ja raudoitteet puhdistetaan lumesta ja jäästä aina ennen betonointia. Muotteihin jäävä lumi ja jää estää muotin täyttymisen betonimassalla, ja terästen ympärillä oleva jää estää tai heikentää betonin tarttumista teräksiin. Sulatukseen käytetään yleensä höyryä. Betonimassan omaa lämpöä ei saa käyttää sulatukseen, koska tällöin massan lämpötila laskee ja sen vesi-sementtisuhde nousee.

Valettavaan betonimassaan rajoittuvat kylmät pinnat kuten maa, kallio tai vanha betonirakenne lämmitetään esimerkiksi höyryllä tai infrapunasäteilyllä niin lämpimäksi, ettei uusi betoni jäädy. [11]

Kylmässä säässä betonointi tehdään aina huolellisesti ja ripeästi, turhia massaa jäädyttäviä siirtoja ja käsittelyjä välttäen. Pumppaus on yleensä paras tapa massan siirtoon lämpöhäviöiden välttämiseksi. Tiivistetty betoni lämpösuo-

jataan mahdollisimman pian, sillä lämpöhäviöt lisäävät lämmityksen tarvetta ja hidastavat betonin lujuuden kehitystä.

Talvibetonointi vaatii aina lämmitystä. Lämmityksen tavoitteena on

- betonin jäätymislujuuden saavuttaminen
- lujuudenkehityksen varmistaminen ja
- muottien purkulujuuden saavuttaminen.

Lämmityksessä tarvittavaan tehoon vaikuttavat

- ulkoilman lämpötila ja tuuli
- betonin alkulämpötila
- betonin jäähtymisen ennen suojausta
- suojauksen tehokkuus
- betonin oma lämmönkehitys ja
- muottikierron nopeus.

Lämmityksessä erotetaan lämpötilan perusteella kaksi lämmitystapaa, tavallinen lämmitys ja lämpökäsittely. Betoni katsotaan lämpökäsittelyksi, jos

- massan lämpötila betonoitaessa on yli +40 °C
- kovettumislämpötila on yli +50 °C
- lämpötilan nousu kovettumisen aikana on yli +25 °C.

Lämpökäsittelyn vaikutus betonin ominaisuuksiin pitää betoninormien mukaan erikseen selvittää ennakkokokein tai muulla luotettavalla tavalla. Lämpökäsittely voi aiheuttaa betoniin jopa 30 %:n loppulujuuskadon. Tavallisen lämmityksen yhteydessä betonin lujuudenkehitystä arvioidaan kovettumisan ja -lämpötilan avulla.

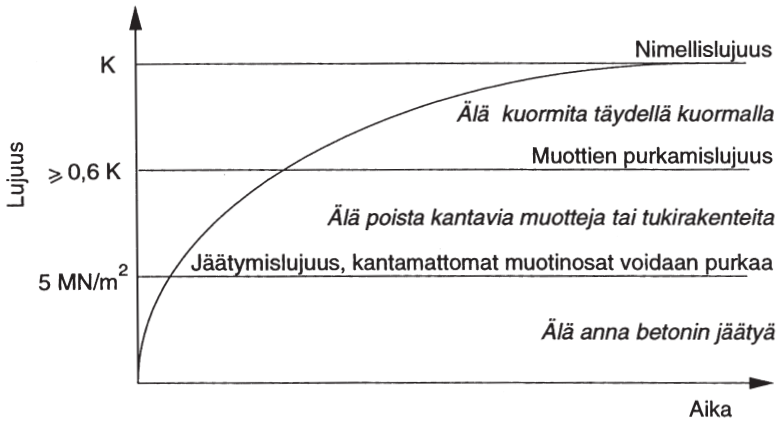
7.2 Lämmitysmenetelmät

Betoninormien mukaan betonimassan lämpötilan on betonoitaessa oltava vähintään +5 °C. Massan lämpötila valitaan tavallisesti sitä korkeammaksi, mitä alhaisempi ulkoilman lämpötila on. Massan lämpötilaa valittaessa otetaan huomioon kuljetuksen, betonoinnin ja muiden käsittelyvaiheiden aiheuttama lämpötilan aleneminen. Kuten edellä on todettu yli +40 °C:n lämmitetyn massan katsotaan tulleen lämpökäsittelyksi. Lämpökäsittely alentaa betonin loppulujuutta.

Betonin lämmitys pitää suunnitella siten, että lämpötila on mahdollisimman tasainen koko rakenteessa. Erityistä huomiota tulee kiinnittää kylmien rakennusosien ja reuna-alueiden lämmitys- ja suojaustarpeisiin. Lämmitysmenetelmiä ovat

- lankalämmitys
 - muottilämmitys
 - infrapunasäteilylämmitys sekä
 - rakenteen eristäminen ja lämmitys.
- Lisäksi voidaan käyttää kuumabetonia tai pakasbetonia. [11]

Lankalämmityksessä muuntajan avulla suojajännitteiseksi (U 42 V) muunnettu virta johdetaan runko- ja kytkentäkaapelien kautta betonirakenteen sisällä oleviin vastuslankasilmukoihin. Vastuslangat lämpenevät virran avulla ja



Kuva 6. Betonin kovettumisen vaiheet kylmissä olosuhteissa [9].

lämmittävät betonia ympärillään. Lankalämmityksen suunnitteluohje on lähteessä [14]. Lankalämmitys soveltuu erityisesti anturoiden, pilareiden, palkkien, elementtisaumojen ja kylmien rajakohtien lämmittämiseen. Sitä voidaan käyttää muiden lämmitysmenetelmien yhteydessä lisälämmityksenä hankalissa paikoissa, kuten muottien reunoissa ja pystyrakenteiden alaosissa.

Muottilämmityksessä käytetään lämpöeristettyjä suurmuotteja, kuten pöytä- ja seinämuotteja. Muottimateriaalin ja lämmöneristeen väliin on asennettu vastuslankasilmukoita tai lämpövastuksia, joista lämpö siirtyy muottimateriaalin läpi betoniin. Lämmitysjärjestelmä voi olla joko verkko- tai suojajännitteinen. Muottilämmitys soveltuu pääasiassa seinien ja laattojen lämmitykseen.

Infrapunalämmityksessä kohdetta lämmitetään säteillä. Infrapunasäteet etenevät suoraviivaisesti ilmassa ja muuttuvat lämmöksi kohdattaessaan kiinteään esteeseen. Säteilijät lämpenevät kaasulla, sähköllä tai öljyllä. Infrapunalämmitystä käytetään erityisesti laajapintaisten ja massiivisten rakenteiden lämmittämiseen. Lämmitys voi olla suoraa tai epäsuoraa säteilyä. Epäsuorassa lämmityksessä säteily kohdistetaan muottiin joka siirtää lämmön betoniin. Suorassa lämmityksessä säteily suunnataan suoraan betonipintaan, joka on suojattu muovikalvolla liiallisen kosteuden haihtumisen estämiseksi. Koska säteilylämmitys on herkkä tuulen ja sateen vaikutuksille, säteilytila on eristettävä ilmavirtauksilta ja lämmitettävä rakenne on lämpösuojattava huolellisesti.

Betonin tulee saavuttaa suunniteltu lujuustaso kaikissa olosuhteissa. Muotteja ei saa purkaa ennen kuin rakenne kestää toimenpiteen vauri-

oitumatta. Kylmissä olosuhteissa betonointiin liittyy kolme tärkeää lujuuden tarkistushetkeä:

- jäätymislujuuden saavuttaminen
- muottien purkamislujuuden saavuttaminen ja
- nimellislujuuden saavuttaminen.

Suurin osa työmailla käytettävästä betonista on valmisbetonia. Se lämmitetään betoniasemalla kuumentamalla kiviainesta höyryllä, kuumalla vedellä tai ilmalla. Jos betoni valmistetaan työmaalla, voidaan massaan käytettyä vettä tai kiviainesta lämmittää halutun lämpötilan saavuttamiseksi. Vesi ja tavallisesti myös runkoaine voidaan lämmittää enintään +70 °C:seen. Runkoaine lämmitetään työmaaolosuhteissa esimerkiksi lämpösäteilijöillä, kuumailmapuhaltimilla tai höyryllä. Kaikkien lämmitystapojen kanssa on käytettävä tehokasta lämpösuojausta.

Betonin kovettuminen talviolosuhteissa voidaan turvata myös käyttämällä pakkasbetonia, joka kovettuu jopa -15 °C:n lämpötilassa. Pakkasbetonille sopivia käyttökohteita ovat mm. elementtien asennus- ja saumavalut, jälkivalut sekä kiinnitys- ja korjausvalut.

Betonoidut rakenteet voidaan eristää suojapeitteillä suljettuun tilaan, joka lämmitetään joko kuumalla ilmalla tai höyryllä. Näin turvataan betonin kovettuminen talviolosuhteissa.

7.3 Lämpösuojaus

Lämmitystavasta ja muottitekniikasta riippumatta talvibetonointi vaatii aina rakenteiden suojaamista. Lämpösuojauksen tehtävänä on

- estää rakenteen jäähtyminen
- tasata rakenteen lämpötilaeroja
- vähentää lämmityksen tarvetta ja
- estää kosteuden haihtuminen.

Olosuhteet ulkona °C / RH	Olosuhteet sisällä °C / RH			
<p>kesällä</p> <p>+ 20 70 %</p>	<p>kesällä</p> <table border="1"> <tr> <td>+ 20 70 %</td> <td>+ 20 89 %</td> <td>+ 20 55 %</td> </tr> </table>	+ 20 70 %	+ 20 89 %	+ 20 55 %
+ 20 70 %	+ 20 89 %	+ 20 55 %		
<p>talvella</p> <p>- 5 70 %</p>	<p>talvella</p> <table border="1"> <tr> <td>+ 20 42 %</td> <td>+ 20 16 %</td> </tr> </table>	+ 20 42 %	+ 20 16 %	
+ 20 42 %	+ 20 16 %			

Kuva 7. Ulkoilman ja sisäilman lämpötilaeron vaikutus sisäilman suhteelliseen kosteuteen [5].

Lämpösuojaukseen voidaan käyttää seuraavia tapoja

- muottien lämmöneristys
- lämpösuojalaatikot
- lämpösuojamatot ja -levyjä
- suojapeitteet.

Muottien lämpöeristäminen soveltuu pystyrakenteiden ja laattojen alapuoliseen eristämiseen etenkin käytettäessä suur- ja kasettimuotteja. Lämpösuojalaatikoita käytetään laattojen yläpuoliseen suojaamiseen. Suojamattoja, -levyjä ja -peitteitä käytetään kaikkien rakenteiden suojaamiseen ja suojapeitteiden avulla voidaan eristää tarvittavia lämmitystiloja esimerkiksi kuumailma- ja infrapunälämmitystä varten.

Erilaisten lämpösuojaustarvikkeiden yhdistelmillä päästään hyvään suojaustulokseen seuraavilla periaatteilla [11]:

- Asennetaan valun yläpinnan suojaus kiinni betoniin, jottei ilma pääse kiertämään valun ja eristeen välissä.
- Tehdään suojaukset kosteus- ja lämpövuotojen estämiseksi mahdollisimman tiiviiksi.
- Käytetään lisälämmitystä hankalasti suojattavissa rakenteissa.
- Suojataan tartuntaraidoituskohdat, reuna-alueet ja työsaumat erityisen hyvin.
- Varmistetaan suojausten paikallaan pysyminen.
- Tehdään suojaukset mahdollisimman nopeasti, ettei turhua jäähtymistä pääse tapahtumaan.
- Vältetään liukkaiden suojaustarvikkeiden käyttöä ja estetään putoamisvaara esim. laatoissa olevien aukkojen kohdalla.

7.4 Betonin kuivuminen

Olosuhteilla on suuri vaikutus betonin kuivumisnopeuteen. Ympäristön lämpötila, suhteelli-

nen kosteus ja ilman virtaus vaikuttavat siihen, miten nopeasti betonirakenteen pinnalla oleva kosteus haihtuu ja rakenteen sisällä oleva kosteus siirtyy pintaan.

Ilman suhteellinen kosteus on riippuvainen lämpötilasta. Lämpötilan noustessa suhteellinen kosteus pienenee, jos vesihöyrymäärä pysyy vakiona. Tällöin betonia ympäröivän ilman kyky vastaanottaa betonista haihtuvaa kosteutta kasvaa. Ilman lämpötilan nostaminen 10 °C vaikuttaa jo merkittävästi kuivumiseen.

Talviaikaan kuivumisolosuhteet saadaan helposti hyviksi lämmittämällä rakennusta. Myös kesäaikaan rakennuksen lämmittäminen ulkoilmaa lämpimämmäksi olisi kuivumisen kannalta suositeltavaa. Jos sisäilman lämpötila on kesäaikaan ulkoilman lämpötilaa alhaisempi, suhteellinen kosteus rakennuksessa voi nousta hyvin korkeaksi.

Rakennustyömaalla olosuhteet vaihtelevat runsaasti. Betonilaatta saattaa joutua valun jälkeen olemaan useita viikkoja kylmässä ja kosteassa ympäristössä, pahimmassa tapauksessa vesi- tai lumisateessa. Lisäksi monet rakennustyöt, kuten tasoite- ja maalaustyöt, tuovat rakennuksen sisätiloihin lisää kosteutta nostamalla sisäilman suhteellista kosteutta merkittävästi. Betoniin päässyt lisävesi hidastaa rakenteen kuivumista huomattavasti. Mitä myöhemmissä vaiheissa betoniin pääsee lisävettä, sitä hitaammin se poistuu.

Niin kauan kuin betoni on huonoissa olosuhteissa, kuivumista ei tapahdu. Betonin kuivuminen edellyttää ympäröivän ilman alhaista kosteuspuitoisuutta ja riittävän korkeaa lämpötilaa. Rakenteet tulee suojata sateelta mahdollisimman pian. Betonin kuivumisen voidaan olettaa alkavan vasta siinä vaiheessa, kun vesikatto on valmis, ikkuna asennettu ja lämmitys aloitettu.

Betonin ominaisuuksilla, ympäristöolosuhteilla ja rakenneratkaisuilla on merkittävä vaikutus betonin kuivumisnopeuteen. Lämmitystä suunniteltaessa ja aloitettaessa tulee muistaa, että liian nopea lämpötilan nosto tai liian korkea lämpötila betonin lujudenkehityksen alkuvaiheessa saattaa johtaa veden haitallisen nopeaan haihtumiseen betonista. Talvella ilman suhteellinen kosteus lämmityksessä sisätiloissa voi olla jopa alle 20 %. Tällaisissa ääriolosuhteissa betonin halkeiluriski kasvaa, minkä vuoksi jälkikäsittely on tehtävä erityisen huolellisesti ja liiallista lämmitystä on vältettävä.

Yleisimpiä menetelmiä betonin suhteellisen kosteuden alentamiseksi ovat rakennetta ympäröivän ilman lämmittäminen ja tuulettaminen, betonin lämmittäminen esimerkiksi säteilylämmittimillä sekä kosteuden poiston tehostaminen rakennuksesta ns. kosteuden kerääjillä. Ohuita pintalaattoja voidaan lämmittää myös sähkölämmityslankoja käyttäen. Kun lämmönlähde sijaitsee betonin sisällä, kuivatus on huomattavasti tehokkaampaa kuin ilmaa lämmittämällä.

Betonia lämmitettäessä on lämmityslaitteet sijoitettava niin, ettei kosteusvirtaa käännetä vastoin luonnollista kulkusuuntaansa. Esimerkiksi säteilylämmittimet kannattaa sijoittaa välipohjalaatan alapuolelle. Erityistä huomiota on kiinnitettävä ontelolaatasten saumavalujen kosteuspoitaisuuteen ja sen vaikutuksiin yläpuolisissa rakennekerroksissa. Liittolaattarakennetakin kuivatetaan tehokkaimmin altapäin, jolloin betonin kosteus siirtyy ylöspäin. Rakenteen kuivumista voidaan tehostaa kuivaamalla laataston yläpuolista ilmatilaa.

Oikea betonin valinta lyhentää betonin kuivumista ja koko kohteen rakennusaikaa merkittävästi. Nykyisin käytettävissä olevat nopeasti päällystettävät betonit kuivuvat 2–3 kertaa tavanomaisista betonina nopeammin. Itsestään kuivuva betoni, jonka lujuusluokka on enintään K40, kuivuu pinnoituskelpoiseksi erittäin nopeasti eikä ole niin riippuvainen ympäröivistä olosuhteista. Betonin valintaan on syytä kiinnittää huomiota riittävän aikaisessa vaiheessa, jotta nopeasta kuivumisesta saatavat edut voidaan hyödyntää koko rakentamisprosessissa.

Lisätietoa erilaisten rakenteiden ja betonien kuivumisesta sekä betonin kosteuden hallinnasta on lähteessä [5].

KIRJALLISUUS

- [1] Björkholz D.: Rakennuksen kuivattaminen. Rakentajain Kustannus Oy 1990
- [2] Kankainen J, Sandvik T.: Rakennushankkeen ohjaus. RTK ja Rakennustieto Oy 1993
- [3] Koski H.: Rakennushankkeen tuotannon suunnittelu ja -ohjaus. Rakennustieto Oy 1995
- [4] Leppikorpi J.: Rakennushankkeen aloitusajankohdan vaikutus rakennushankkeen talouteen. TTKK Rakentamistekniikka, Tampere 1983
- [5] Lumme P., Merikallio T.: Betonin kosteuden hallinta. Suomen Betonitieto Oy 1997.
- [6] Poikonen J., Kiiras J.: Talonrakennuksen ajoituskustannusmalli. Rakentajain Kustannus Oy 1989.
- [7] Saarikivi M, Kankainen J.: Vuodenajan kustannusvaikutukset rakennustuotannossa. TTK Rakentamistalous 1989
- [8] Talo 90 Yleisseloste. Rakennustieto Oy 1993
- [9] Talvirakentaminen. Rakentajain Kustannus Oy 1991
- [10] Tynkkynen S.: Talvilisäkustannukset asuinrakennustuotannossa. TTK Rakentamistalous 1978
- [11] Uusitalo J., Ihanamäki J., Rajala R., Vallin O.: Betonityöt – by 205. Rakentajain Kustannus Oy 1990

Ratu-kortit

- [12] Hukka-aikojen poistaminen rakennustuotannossa, Talo-Ratu 300-L. Rakennustieto Oy 1979
- [13] Höyrykehittimet, korkeapainekattilat, Kone-Ratu 07-3002. Rakennustieto Oy 1989
- [14] Lankalämmityksen suunnitteluohje, Kone-Ratu 07-3031. Rakennustieto Oy 1995
- [15] Rakennuskuivaajat, kiertoilmalämmittimet, ilmankuivaajat, Kone-Ratu 07-3003. Rakennustieto Oy 1989
- [16] Rakennustyömaan sähköistys, Kone-Ratu 02-3030, Rakennustieto Oy 1994
- [17] Rakenteiden lämmitys ja kuivatus, Kone-Ratu 07-3032. Rakennustieto Oy, 1996
- [18] Suojauskalusto. Säesuojat, suojapeitteet, julkisivusuojat, Kone-Ratu 07-3022. Rakennustieto Oy 1992
- [19] Talvityöt ja -kustannukset, Kone-Ratu 07-3034. Rakennustieto Oy 1996
- [20] Työmaatilat. Suunnitteluohje, Kone-Ratu 01-3033. Rakennustieto Oy 1996

RT-kortit

- [21] Ilmasto, tuulet, RT 05-10390. Rakennustieto Oy 1989
- [22] Ilmasto, kosteus, sade ja lumi, RT 05-10410. Rakennustieto Oy 1989
- [23] Ilmasto, lämpötila, RT 05-10426. Rakennustieto Oy 1990
- [24] Ilmasto, säteily, RT 055.30. Rakennustieto Oy 1976
- [25] Varjon suunta ja pituus, RT 055.33. Rakennustieto Oy 1975