

# TALVINE BETONEERIMINE

Iga ehitaja on huvitatud kiirest ja kvaliteetsest ehitusprotsessist, loomulikult ka talvel. Betoneerimine on üks oluline tempo kujundaja ja annab külmal ajal eriti tunda. Selle töö kiirus sõltub otseselt keskkonna temperatuurist – mida madalam temperatuur, seda aeglasem on betooni kivistumise protsess.

Kuidas tagada talvel minimaalsete kulutustega normaalne ehitustempo? Käesolevas artiklis on välja toodud talvise betoneerimise põhitõed ning soovitusel talvbetoonide kasutamiseks.

Kui pikk on konkreetse betoonkonstruktsiooni minimaalne kivistumisaeg, mille möödumisel võib teda koorjata? Kui pikk on talvel betooni hooldusaeg? See on seotud betooni kivistumise kiirusega.

Betooni kivistumise kiirus sõltub paljudest asjaoludest (vt jn 1). Selleks, et erinevatel temperatuuridel kivistunud betoon vastaks soovitud tugevusele, on vaja teada, kuidas kulgeb kivistumise protsess eri temperatuuridel. Betoon saavutab normaaltingimustes (+20...+2 °C) margilise tuge-

vuse 28 päevaga. Temperatuuri langedes kivistumiskiirus aeglustub. Kui betooni temperatuur on alla 0 °C, peatub kivistumise protsess juhul, kui ei võeta kasutusele erimeetmeid. Talvel betoneerimisel on tähtsaim hoida kivistuva betooni temperatuur vahemikus +5...+40 °C. Tabelis 1 on toodud betooni (B25) suhtelise tugevuse sõltuvus kivistumiskeskkonna temperatuurist.

Talvel kerkib betooni puhul esile oluline tugevusnäitaja – kriitiline tugevus. Kriitiline tugevus on minimaalne tugevus, mida betoon peab omama läbikülmumise hetkel. Betooni liiga kiire läbikülmumine toob endaga pärast ülesulamist kaasa tugevuse olulise languse ning teiste betooni püsivusomaduste (nt külmakindluse ja veetihe-

Kivistumisaeg, ööpäeva	Suhteline survetugevus, %			
	Kivistumistemperatuur, °C			
	+5	+10	+15	+20
1	8	12	15	19
3	25	35	42	49
5	40	50	56	62
7	50	60	65	70
14	65	75	82	89
28	80	85	95	100

Tabel 1

duse) halvenemise. Kriitiline tugevus peab tagama nii betoonile vajaliku vastupanuvõime seguvee külmumisel tekkinud jää poolt tekitatud rõhu suhtes kui ka betooni võime kivistuda pärast ülesulamist ilma tugevusnäitajate olulise vähenemiseta. Üldjuhul on betooni kriitiliseks tugevuseks 5 Mpa. Juhul kui betoonile esitatakse kõrged nõudmised veetiheduse (W 8) ja külmakindluse (F200) osas, on betooni läbikülmumine lubatud alles margilise tugevuse saavutamisel. Minimaalsel lubatud tugevusel läbikülmunud betooni surve tugevus ei vähene, kuid mõningad betooni struktuuri kahjustused põhjustavad veetiheduse ja külmakindluse vähenemist.

Madalatel temperatuuridel soovitud tugevuse saavutamiseks on mitmeid võimalusi. Lühidalt mõningatest ehitustehnoloogilistest meetoditest.

1. Betooni soojendamine sooja õhuga, soojendustraatide abil, elektrisoojendusraketites, infrapunase kiirgusega vms.

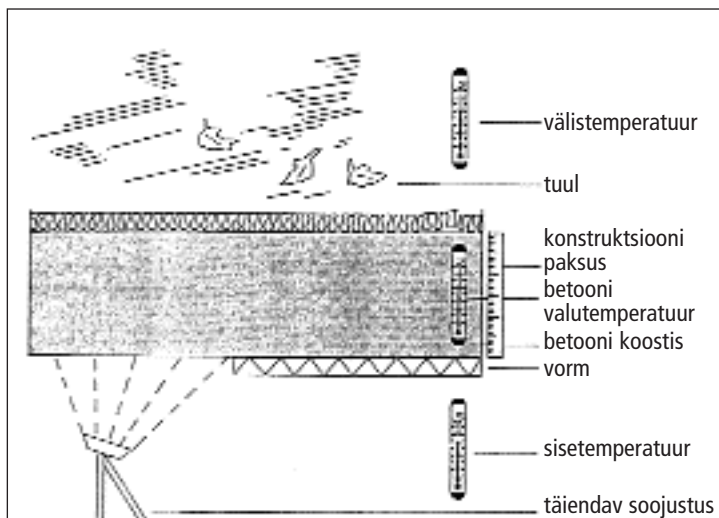
Soojendamise puhul tuleb jälgida, et betooni ei kuumutataks liiga intensiivselt (betooni kuivamisest ja mahumuutustest tingitud pragude oht). Betooni temperatuur ei tohiks ol-

la kõrgem kui 40 °C. Betooni väline soojendamine on vajalik õhukeste, vähese soojainertsiga konstruktsioonide betoneerimisel madalatel temperatuuridel. Betoonpõrandate valamisel tuleb olla ettevaatlik kivistumiskeskkonna liigse soojendamise, sest see võib põhjustada betooni liiga kiire väljakuiumise ja sellest tingitud pragunemise.

2. Tsemendi kivistumissoojuse ehk eksotermia kasutamine.

Antud meetod on eriti efektiivne kõrgemargiliste betoonide ja massiivsete konstruktsioonide puhul. Kõrgemargilised ja massiivsed betoonidetailid kivistuvad madalamargiliste ja õhukeste detailidega võrreldes suhteliselt kiiremini. Betoon tuleks katta (võimalikult kiiresti pärast paigaldamist) soojusisolatsioonimattidega, kile vm kattega, vältimaks soojuse kadu tsemendi reageerimisel. Oluline on kaitsta betooni ka tuule eest, mis soodustab pinna jahtumist.

Kui kaua peaks betoon olema kaetud? See sõltub kattematerjalist, keskkonna temperatuurist, betooni margist jm. Ilma lisasoojendusega pole mõtet betooni kaitsta külma eest kauem kui 3...7 ööpäeva. Niimetatud aja jooksul eraldub



betoonist eksotermiast tingitud soojus ja betooni temperatuur võrdsustub õhutemperatuuriga.

3. Kõrgemamargilise ja madala vesi-tsementteguriga betooni kasutamine.

Tihti piisab margi võrra tugevamast betoonist võrreldes projekteerituga.

Sõltuvalt sellest, milliseid tehnoloogilisi võtteid ehitaja talvise betoneerimise puhul eelistab ja millised on betoneerimise tingimused, on tal kasutada järgmised eribetonid.

- Talvebetoon

Betooni normaalse kivinemiskiiruse tagamiseks talvel peaks betooni temperatuur valamisel olema vähemalt 10...20 °C. Sellise temperatuuri korral on võimalus saavutada vajalik tugevus suhteliselt lihtsate meetoditega (nt betooni katmine).

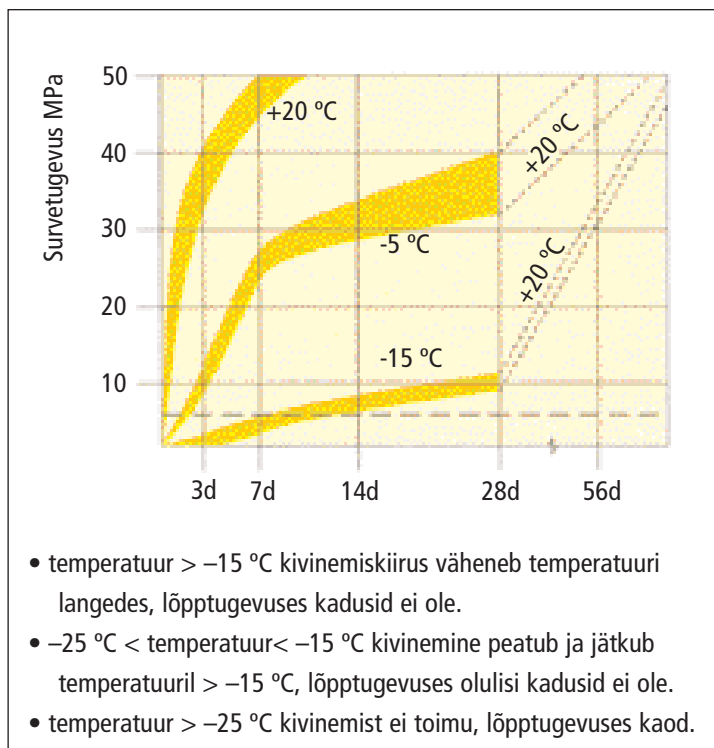
- Kuum betoon

Üks võimalus tõsta betooni kivinemiskiirust on kasutada kuuma betooni. Selle temperatuur on 20...35 °C ja see sobib vähemassiivsete ning kiiret kivinemist nõudvate konstruktsioonide ehitamiseks. 30...35-kraadine betoon tardub sedavõrd kiiresti, et teatud konstruktsioonide puhul tuleb kasutada tardumise aeglustajat, mis tagab betooni töödeldavuse vajaliku aja jooksul. Külma-

de ilmadega betoneerides peab jälgima ka seda, et betoonkonstruktsiooni pind ei jahuks liiga kiiresti. Suur temperatuurierinevus detaili sise- ja väliskihi vahel tekitab pingeid, mis võib põhjustada betooni pinna pragunemist. Et temperatuurierinevusi vähendada, tuleb betoon kinni katta. Kõrgest temperatuurist tingitud betooni mahumuutuspingete vältimiseks peab hoiduma kuuma betooni kasutamisest massiivsete detailide betoneerimisel.

- Kiirkivinev betoon

Ehitajat rahuldava betoneerimistööde kiiruse võib saavutada ka spetsiaalsete lisaainetega. Kiirkivinev betoon sisaldab tsemendi reageerimist aktiveerivat lisandit, mis tõstab betooni kivinemiskiirust võrreldes tavalise betooniga kuni 1,2 korda. Ehitajate hulgas on levinud termin "külmumisvastase lisandiga betoon". Selle all tuleb mõista betooni, mis pärast paigaldamist ei külmu, vaid kivineb temperatuurist sõltumata ega vaja paigaldamisjärgset hooldust. Siinkohal peab märkima, et kiirkivinev betoon ei ole "külmumisvastase lisandiga betoon", mida kahjuks nii betoonitootjad kui ka ehitajad püüavad aeg-ajalt väita. Kuigi betooni kivinemise kiirendaja vähendab kaudselt



Jäätumiskindla betooni 30 kivinemisprotsess

betooni külmumise võimalust, tuleb siiski jälgida betooni temperatuuri kivinemisel ja vastavalt sellele hooldada ka valu. Kivineva betooni temperatuur peab olema vähemalt +5 °C. Kiirendaja võimaldab betooni hooldusaega lühendada.

- Jäätumiskindel betoon

Kui ehitusel pole võimalik kaitsta kivinevat betooni läbikülmumise eest, tuleb kasutada jäätumiskindlat betooni. Selle eribetoniga saab betoneerida ilma hoolduseta õhutemperatuuril kuni -15 °C. Lisand (nt Jääkarhu) alandab seguvee külmumispääri. Jäätumiskindel betoon on kuni kaks korda kallim kui teised talveribetonid, mistõttu teda kasutatakse suhteliselt harva. Antud betooni võib nimetada "külmumisvastase lisandiga betooniks". Seda kasutatakse õhukeste detailide valuks või konstruktsiooni monolitiseerimiseks, kus betooni soojendamine on keeruline. Jäätumiskindla betooni B30 kivinemiskiirust iseloomustab graafik 1.

Talvisel betoneerimisel on olulised ka ettevalmistustööd:

- raketise ja armatuuri puhastamine jääst ja lumest – jäätunud armatuur ei saavuta nõutud naket betooniga, samuti võib kannatada betoonivalu pinnakvaliteet. Kui õhutemperatuur on 0 °C ümber, pole soovitatav kasutada lume ja jää sulatamiseks vett – sulatusvesi võib omakorda mõne aja pärast külmuda;

- raketise ja armatuuri soojendamine enne valu – külm raketis ja armatuur põhjustavad betooni jahtumise või isegi jäätumise. Kui soojendamine pole võimalik, tuleb kasutada kuuma või jäätumiskindlat betooni.

Nagu eespool kirjutatust võib järeldada, saab ka talvel edukalt betoneerida, kaotamata ajas ja kvaliteedis. Talviste ehitustööde eelarvet koostades tuleks arvestada sellega, et miinuskraadidel tehtavad betoneerimistööd nõuavad lisakulutusi. TALVEL TULEB APPI BETOPLUS

JAANUS JÄRVE,  
AS-1 RUDUS EESTI MÜÜGIJUHT



# TALVEL TULEB APPI BETOPLUS

Tänapäeva kiire ehitustempo nõuab täpset betoonitööde planeerimist ning teostamist. Betoneerimistööde kiirus sõltub otseselt betooni kivinemise kiirusest. Madalatel temperatuuridel kivinemisprotsess aeglustub ning ehitaja peab vajalike betooni tugevusnäitajate saavutamiseks ja kontrollimiseks kasutama erimeetmeid.

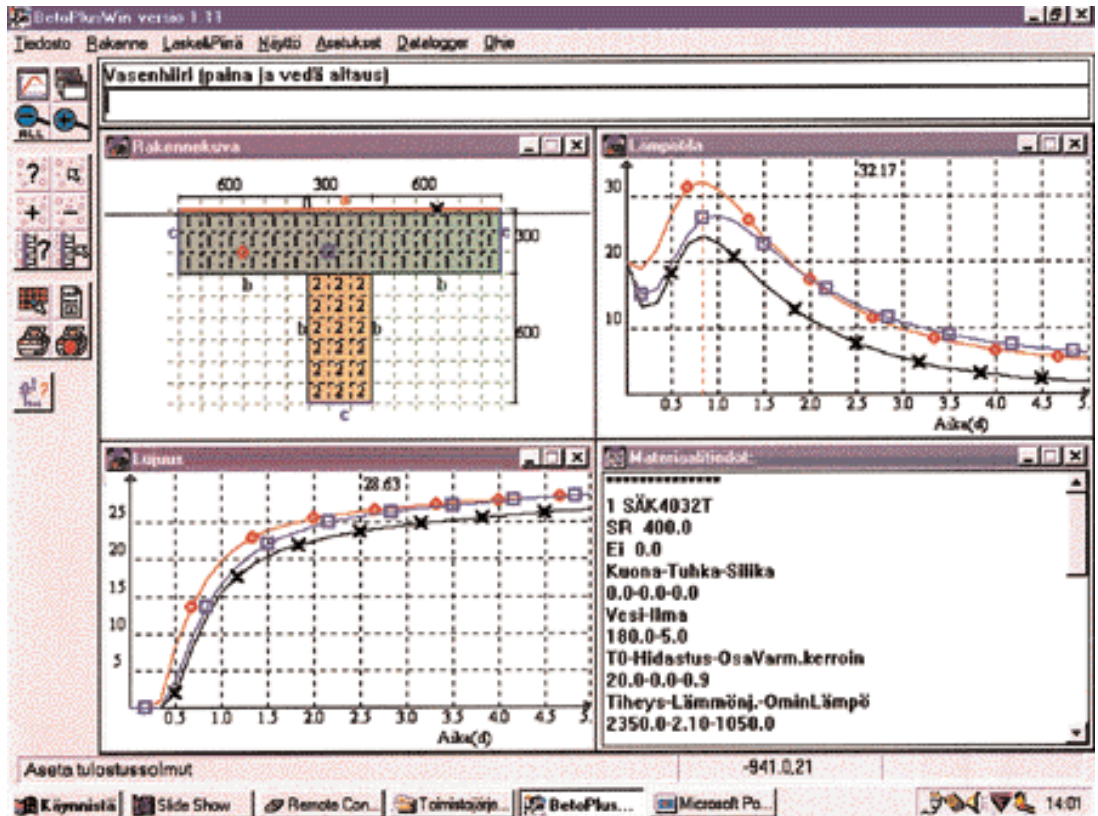
**M**illised talvise betoneerimise meetodid on optimaalsed ja majanduslikult kasulikud? Kuidas saada teada, kas valatud betoonkonstruktsioon on saavutanud muutuvates keskkonningimustes nõutava tugevuse?

RUDUS EESTI AS pakub ehitajatele betoneerimistööde planeerimiseks ja lõpptulemuse kontrollimiseks uut abivahendit – BetoPlus programmi. BetoPlus on betoneerimistööde juhtimiseks loodud arvutiprogramm (Windowsi keskkonnas), millega planeerida ja kontrollida erinevate betoonkonstruktsioonide tugevusomadusi kivinemiskeskkonna muutuvates tingimustes.

BetoPlus kontrollib ja analüüsib betoonkonstruktsiooni soojus- ja kivinemisprotsesse, temperatuuri ning betooni küpsusastet soovitud ajahetkel.

## Betoonitööde planeerimine

Programm BetoPlus võimaldab ehitajal keskkonningimuste, konstruktsiooni parameetrite ja soovitud tugevusnäitajate järgi:



- ennustada betooni tugevuse arengut (kivinemisgraafikut) konstruktsioonis;
- valida sobiliku betooniklassi ja massi temperatuuri;
- valida optimaalse hooldusmeetodi ja -kestvuse;
- valida õige lahtirakestamise aja;
- planeerida vormikasutust;
- hinnata konstruktsiooni külmasildade mõju;
- määrata soojendamisvajadust;
- valida õige raketise tüübi;
- määrata konstruktsiooni eri osade maksimaalse temperatuuri, temperatuuri erinevused ja muutused;
- prognoosida liiga kõrgeid temperatuure ning neist tingitud pragunemisrisiki ja tugevuskao määrasid;
- prognoosida konstruktsioo-

ni külmumisohhtlike piirkondi.

## Betooni tugevuse hindamine konstruktsioonis

BetoPlusiga on võimalik kontrollida betoonkonstruktsiooni tugevust objektil mis tahes ajahetkel. Sisestades konstruktsiooni paigaldatud anduritega mõõdetud ja dataloggeritega salvestatud andmed arvutisse, saadakse temperatuuri ja tugevusnäitajad mõõtmishetkel.

Dataloggerid kindlustavad täpsete mõõtmistulemuste pideva talletamise ehitajat huvitava perioodi jooksul. Nende andmete põhjal on võimalik hinnata betooni lahtirakestamise vm soovitud tugevust, võimalike külmakahjustuste

mõju, määrata soojendamisvajadus jne.

Nagu eeltoodust võib järeldada, on BetoPlus betoneerimistööde planeerimisel ja läbiviimisel tõhus töövahend. BetoPlusi kasutades on võimalik leida enne tööde algust nii ajaliselt kui ka majanduslikult optimaalseim tehnoloogiline variant. Samuti saab ehitustööde käigus igal ajahetkel mitmekülgse ülevaate betoonkonstruktsioonide kvaliteedist.

## RUDUS EESTI

Lisainfo: [www.ruduseesti.ee](http://www.ruduseesti.ee)

JAANUS JÄRVE  
RUDUS EESTI AS-I MÜÜGIJUHT