



# Modern betong och fukt

\* I nedanstående artikel vill författarna reda ut frågor kring uttorkning och grundläggande fuktsäkerhetstänkande för modern betong.

TEXT OCH BILD: MARCIN STELMARCZYK, HANS HEDLUND, TED RAPP OCH STAFFAN CARLSTRÖM

Riskerna med fukt i byggnation och problem med sjuka hus är väl kända idag och hantering av fukt inom huskonstruktion och produktion är därför ett väl etablerat område, inte minst inom AMA Hus och RA Hus. Samtidigt har många de senaste åren upplevt att något inte stämmer när det gäller uttorkning av betong. Betongen verkar uppföra sig annorlunda och beter sig inte som förr. Uttorkningskraven upplevs svårare att uppfylla. Uttorkningsåtgärder som sätts in några månader efter gjutning verkar inte ha någon större effekt. Har vi verkligen fått en annorlunda betong? Stämmer vårt gamla fuktsäkerhetstänkande med den nya betongens egenskaper? Artikeln avser att reda ut vad som har hänt med modern betong och hur det påverkar dess uttorkning och grundläggande syn på fuktsäkerhetstänkande.

## HUR SER BAKGRUNDEN UT?

Under ett antal år har uttorkning av betong dragit till sig oönskad uppmärksamhet. Den har även upplevts som proble-

matisk i vissa fall. Planering har inte stämt med verkligheten och vidtagna torkåtgärder har inte haft avsedd verkan [1]. Det kan finnas många brister i praktiskt handhavande av betongen vid gjutning och efterföljande härdning, som bidrar till detta. Denna artikel fokuserar dock på de mer systematiska anledningarna till varför uttorkning upplevs annorlunda idag än för två decennier sedan och hur detta relaterar till AMA Hus och RA Hus.

## HUR TORKAR BETONG?

Det finns i grunden tre olika fenomen i betongen som bidrar till dess fuktillstånd, se principiell skiss i Figur 1 och mer utförlig förklaring i [2]. Först och främst har vi kemisk bindning av vatten. Det är ett resultat av cementets hydrataation. Bindemedlen reagerar kemiskt med vatten och bildar fasta slutprodukter. Dessa håller ihop ballasten och bidrar till betongens hållfasthet. Under själva hydrataationen försvinner alltså en del av blandningsvattnet genom att bilda nya fasta ämnen tillsammans med cementet.

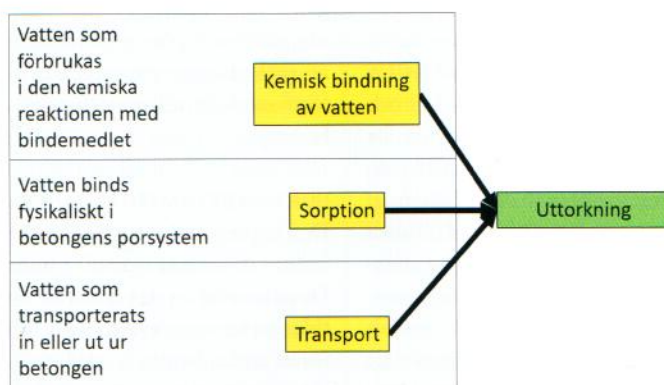
Det andra fenomenet som spelar en viktig roll i betongens fuktillstånd är så kallad sorption. Det handlar om betongens förmåga att binda vatten fysikaliskt i det porsystem som uppstått i betongen efter hydrataationen. Vattnet binds på ett lösare sätt till porsystemets väggar (adsorption) och även volymmässigt i tillräckligt små porer (kapillär kondensation). Detta styr vilken relativ fuktighet i procent som kommer att råda i betongen vid en viss fukthalt (kg vatten/m<sup>3</sup> betong).

Det sista fenomenet är fukttransport. Fukten kan transporteras in och ut ur betongen. Detta utbyte kan ske mot luft eller andra omgivande material. Fukten kan transporteras i betongen både som kondenserat vatten (kapillärsug) och som ånga (diffusion).

Slår vi ihop detta får vi de två typer av uttorkning som man ofta pratar om:

- Självtuttorkning – i vilken grad betongen själv genom sin hydrataation torkar ut. Detta påverkas av kemisk bindning av vatten samt sorption. En mer utförlig förklaring beskrivs i [3].
- Diffusionsuttorkning – i vilken grad betongen blir av med fukt till omgivande luft. Detta påverkas av fukttransporten i betongen, från betongen till luften samt av sorptionen i betongen. En mer utförlig förklaring beskrivs i [4].

Det är alltså det sammanlagda resultatet av dessa typer av uttorkning som krävs till i AMA Hus med hänvisningar till valideringsmetodik från RBK [15]. I RA Hus 18, avsnitt 01.S ges en förklaring till hur man krävställer betongens fuktillstånd med hänsyn till omfördelning som antas kunna ske efter att golvbeläggning lagts på betongen. En kort studie av denna situation underlättar



Figur 1. Principiell skiss över uttorkningsfenomenologi i betong.



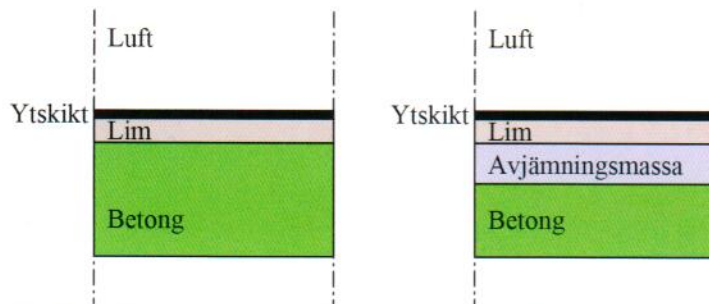
tar förståelsen varför vi kravställer på just detta sätt idag.

## VARFÖR HAR VI DAGENS UTTORKNINGSKRAV?

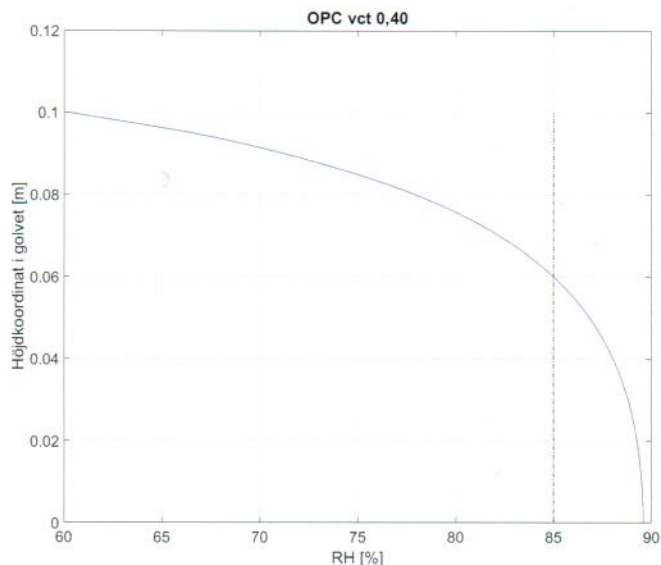
Olika typer av golvkonstruktioner fungerar på litet olika sätt och ställer fuktmässigt något olika krav. I denna artikel studeras det klassiska fallet med ytskikt limmat på betong med eller utan avjämning, se Figur 2. Beroende på ytskiktets beskaffenhet, limmetodik och närvaro av eventuellt mellanliggande spärrskikt kommer utmaningarna med golvets fuktfunktion att variera. I artikeln betraktas det enklaste fallet, som i regel medför störst utmaning (fuktmässigt) – inga fukt- eller alkalispärrar och ett relativt tätt ytskikt.

Sättet på vilket vi arbetar med betongfukt i golv är nära kopplat till en specifik typ av risk. Scenariot bygger på en relativt öppen (avseende fukttransport) betong och ett relativt tätt ytskikt. När betongen torkar innan läggning av ytskiktet erhålls en typisk uttorkningsprofil, se Figur 3. När ytskiktet, som funktionellt sett är mycket tätare än betongen, appliceras fungerar det som ett lock. Visserligen kommer en viss fukttransport att ske genom ytskiktet, men vad som händer mycket snabbare är en omfördelning av den kvarvarande fukten i betongen. Fukten från den fuktigare delen av konstruktionen kommer att flyttas till den torrare tills det råder närmast konstant relativ fuktighet över hela betongtvärsnittet (omfördelning). Betongens yta blir alltså mycket fuktigare efter påläggning av ytskikt på grund av omfördelning av fukt i betongen. Detta kan medföra en direkt risk för ytskiktet och lim då hög fuktnivå i betongen möjliggör alkalitransport och kan resultera i hydrolys av bindemedel i limmet och/eller mjukgörare i ytskiktet och därtill hörande emissioner.

För att få kontroll över denna omfördelning och slutnivån för fukten i kontakt med ytskiktet har man infört begreppet ekvivalent djup, som kravställer var man mäter relativ fuktighet i betongen [15]. Det ekvivalenta djupet är valt så att vid en klassisk uttorkningsprofil, ska den större mängden fukt under det ekvivalenta djupet och den mindre mängden fukt ovanför jämnas ut varandra med en total omfördelning som följd. Den resulterande relativa fuktigheten i hela



Figur 2. Ytskikt på betonggolv, utan (vänster) respektive med (höger) avjämning.



Figur 3. En typisk fuktprofil, relativ fuktighet för olika djup, under ensidig uttorkning av en 0,1 m tjock betongplatta med relativt god fukttransportförmåga.

konstruktionen ska bli lika med den RF som råder på det ekvivalenta djupet innan omfördelningen. I Figur 3 blir det ekvivalenta djupet 4 cm från bottenplattans överyta och hamnar på höjtkoordinaten 0,06 m.

Denna definition av ekvivalent djup möjliggör gardering mot att omfördelning av fukten i betongen kommer att resultera i en relativ fuktighet under ytskiktet som är för hög. Det är detta resonemang som RA 01.S samt krav på mätning i AMA YSC.121 och RBK [15] baserar sig på. Standardnivå för kritiskt RF för betong, det vill säga 85 procent, har sedan testats fram i undersökning, där ytskikt lagts på betong uttorkad till olika nivåer med efterföljande mätning av emissioner [16]. Värt att notera är att hela resonemanget bygger på att ytskiktet är mycket tätare än betongen och i verkligheten fungerar som flaskhals för fukttransporten i golvet. Detta är en förutsättning för att en mer

omfattande omfördelning av fukt under ytskiktet skall äga rum. En annan viktig observation är att de praktiska testerna som lett till 85 procent som kritisk nivå är utförda huvudsakligen under tidigt 90-tal med gammaldags betong, det vill säga ren Ordinarie Portlandcement (OPC) som var relativt grovmald. Nu när grundidén bakom uttorkningskraven är genomlyst blir det intressant att titta på huruvida resonemanget i fråga fortfarande är relevanta för den moderna betongen.

## HUR HAR BETONGEN FÖRÄNDRATS?

Den betong som fanns på 80- och 90-talet är inte samma betong som vi använder idag. Detta innebär att de standarder och krav på fuktområdet som vi använder är framtagna för en annan betong än den vi gjuter idag i våra konstruktioner. Vad har då förändrats och varför? Den kanske huvudsakliga anled-





ningen finner vi i ökat miljömedvetande. Tillverkning av klinker, vårt mer effektiva och populära bindemedel i cement idag, förbrukar stora mängder energi och frisläpper även en stor mängd så kallad processkoldioxid, det vill säga den koldioxid som kommer från reduktionen av kalcium i kalksten (kalciumkarbonat) som råvara. Detta tillsammans gör Ordinarie Portlandcement (OPC) till ett mycket miljöbelastande cement, då klinker utgör cirka 95 procent av cementet.

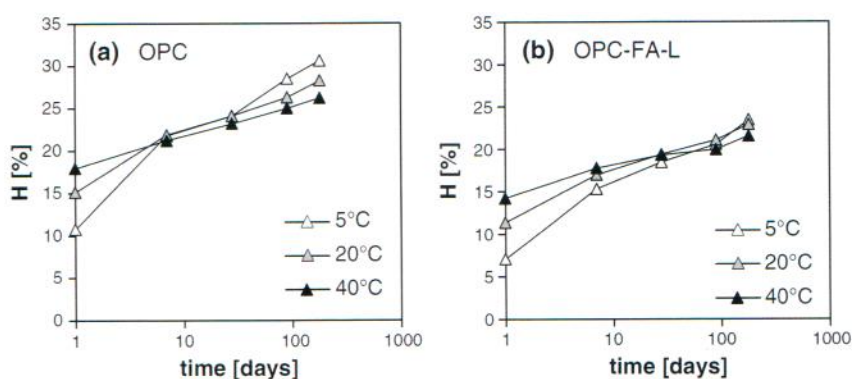
För att reducera miljöbelastningen har mängden klinker minskats i cementet. Från Cementa kom först Byggcementet, där cirka 15 procent av klinkern ersattes med kalkstensfiller. Senare kom Bascementet, där cirka 15 procent av klinkern ersattes med silikarisk flygaska, ett mineraliskt tillsatsmaterial. Från CEMEX kom CEMEX Komposit med cirka 7 procent granulerad masugns-slagg. Samtidigt har flera betongtillverkare börjat leverera betong där ren OPC blandas på betongstationen med olika mängder flygaska eller slagg. Vi har alltså fått nya sammansättningar av bindemedel i våra cementsorter och dessa uppför sig annorlunda än cement med ren klinker.

En av skillnaderna är att de mineraliska tillsatsmaterialen inte reagerar lika snabbt som klinkern. I Byggcementets fall deltar kalkstensfillern inte kemiskt eller i mycket ringa omfattning i cementets reaktion med vatten. För att kompensera för detta och uppfylla kraven på hållfasthetstillväxt har malningsgraden på klinkern i blandningen ökat, vilket gjort klinkern mer reaktiv, eftersom den specifika ytan i kontakt mot vattnet då ökar. Det är i princip samma teknik som används vid tillverkning av snabbhårdnande (SH) cement. Tabell 1 ger en bild av historisk utveckling avseende den specifika ytan (Blaine) för några av våra mer populära cementsorter. Då den specifika ytan är ett direkt mått på cementets finhet, framgår det tydligt att vi fått mer finmalda cement än vi haft tidigare.

Då partiklarna blir mindre möjliggörs en tätare packning. Då ytan ökar binds vattnet annorlunda. Detta borde medföra en styvare betong för motsvarande vattencementtal. Anledningen till att vi inte sett detta fenomen vid gjutning är den ökande användningen av flyttillsatser. För 20–30 år sedan

Cement	Specifik yta (Blaine) (m <sup>2</sup> /kg)	Mineraliska tillsatsmaterial (%)
Std P	ca 380	0
Byggcement	ca 490	ca 15 (kalkstensfiller)
Basement	ca 450	ca 15 (flygaska)

Tabell 1. Specifik yta (Blaine) samt mängd tillsatsmaterial för några av våra vanligaste cementsorter.



Figur 4. Mängd kemiskt bundet vatten (förhållande till totalvikten av bruk utan vatten) som funktion av tid vid olika temperaturer, OPC: 100% OPC, OPC-FA-L: 65% OPC + 30% FA (flygaska) + 5% kalkstensfiller, från [9].

förekom flyttillsatser relativt sällan. Idag levereras det i princip ingen fabriksbetong utan flyttillsats till platsgjutna konstruktioner.

Ytterligare en förändring är den ökande användningen av krossballast. Den krossade ballasten har inte lika runda partiklar som naturballasten och bidrar till en mer trögflytande betong. För att komma till rätta med detta kubiserar ballasten ibland, vilket resulterar i stora mängder småpartiklar. Dessa tvättas eller siktas ibland bort till viss del, ibland inte. Krossballasten bidrar alltså med både småpartiklar i betongen och med en ökad specifik yta hos de fasta materialen.

Sammanfattat har vi fått flera förändringar i vår betong under de senaste två decennierna. Dessa påverkar betongen på ett flertal sätt. Sammansättningen av bindemedel påverkar de kemiska reaktionerna under hårdnandet. De förändrade partikelstorlekarna påverkar packningen. Tillsammans möjliggör skillnaderna förändringar i den prostruktur som byggs upp under hydrattionen. Vad innebär detta för betongens fukttegenskaper och uttorkning?

#### SÄMRE KEMISK BINDNING AV VATTEN

Kemisk bindning av vatten i betong sker då bindemedel reagerar med vattnet och tillsammans bildar olika slutprodukter under hydrattionen – C-S-H-gel, portlandit, ettringit med mera. Klinker binder mest vatten kemiskt (vikt vatten per vikt bindemedel) av de bindemedel vi använder idag. Urbyte mot flygaska, slagg eller kalkstensfiller resulterar i sämre kemisk bindning av vatten och en betong som kommer att innehålla större mängd fukt (kg/m<sup>3</sup> betong) efter hydrattionen. Hur mycket det rör sig om varierar. Dels reagerar tillsatsmaterialen kemiskt olika. Slagg binder mest vatten. Flygaska binder mindre och kalkstensfiller, som utblandning av klinker, deltar inte kemiskt i reaktionen och binder i princip inget vatten alls. Ett exempel på jämförelse av kemisk bindning av vatten ges i Figur 4.

Detta är den förenklade bilden. I praktiken kan klinkerns hydrattionsgrad förändras av närvaro av andra bindemedel samt justerad malningsgrad. Detta förändrar dock inte grundslutsatsen att inblandning av mineraliska tillsatsmaterial ger sämre kemisk bindning av vatten. ►



## FÖRÄNDRAD SORPTIONSKURVA

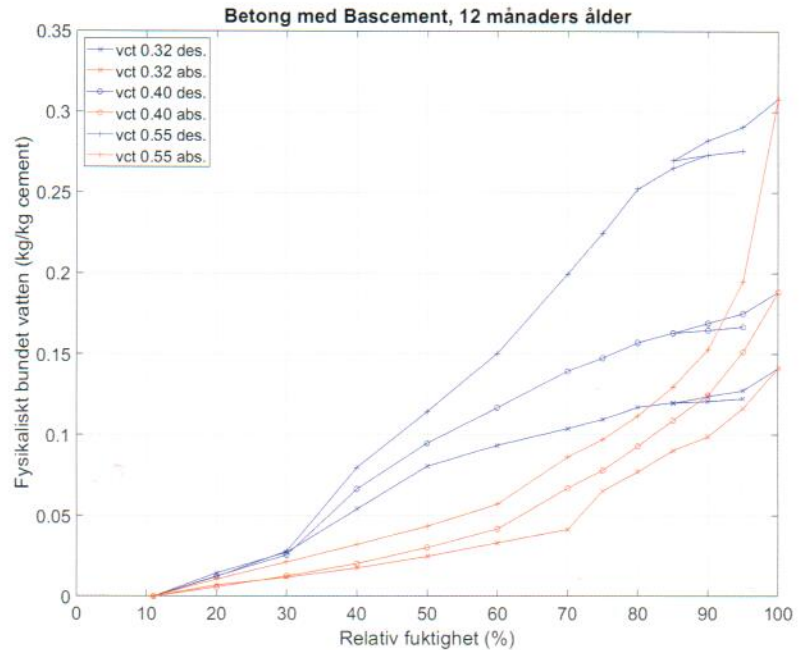
I och med förändrade hydratationsmönster, där de mineraliska tillsatserna reagerar annorlunda än klinkern, och förändrade partikelstorlekar kan en annorlunda porstruktur utvecklas. I Figur 5 visas sorptionsisotermer för desorption och absorption uppmätta för betong med Bascement [10].

För jämförelsen skall visas i Figur 6 motsvarande sorptionskurvor från Betonghandboken [12] som anses gälla för ren OPC med en malningsgrad motsvarande Std P (Standard Portlandcement), cirka  $380 \text{ m}^2/\text{kg}$  i specifik yta (Blaine) vilket tidigare var det regerande cementet.

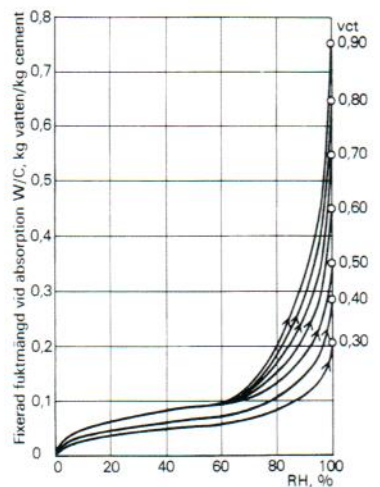
Vid jämförelsen bör man visa viss försiktighet eftersom redovisade värden kommer från mätningar med två olika "nollnivåer". Den i Betonghandboken är 0 procent RF och den för Bascement 11 procent RF (se [10] för motivering till den senare). Efter denna justering kan två saker konstateras:

- Totalporositeten (dvs totalhöjden på kurvorna) för motsvarande vattencementtal skiljer sig inte nämnvärt mycket
- Kurvformen vid desorption är annorlunda. I området runt 75–95 procent RF är kurvorna för betong med Bascement klart flackare än de för OPC.

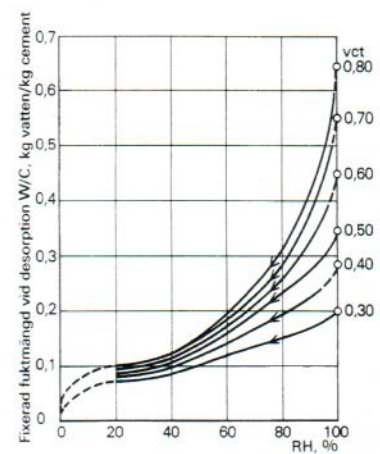
Skillnaden i kurvform förorsakas av en annorlunda fördelning av storleken av öppningar till porer i betongen. Ur fukthänsende innebär detta att en viss skillnad i mängd fukthalt ( $\text{kg}/\text{m}^3$  betong) på den flackare delen av kurvan kommer att ge en större skillnad i vilken relativ fuktighet (procent) som råder i betongen jämfört mot samma skillnad i fukthalt på den brantare delen. Om två olika fall av uttorkning av betong med samma vct resulterar i en viss skillnad i fukthalten, kommer detta att medföra en större skillnad i RF för betong med Bascement än vad det skulle ha gjort om man använt ren OPC. Betongens relativa fuktighet blir helt enkelt känsligare inom det flacka området på desorptionskurvan avseende fukthalten. Detta gör att även mätningen av RF blir känsligare. För närmare förklaring se vidare [3].



Figur 5. Sorptionskurvor, vikt fysikaliskt bundet vatten per vikt cement som funktion av relativ fuktighet vid desorption och absorption vid  $20^\circ\text{C}$ , för betong med Bascement från [10].



Figur 14.3.5. Absorptionsisotermer för betong. I figuren har även inritats fukthalterna (ringar) för fullständig vattenmätning enligt formel (14.3:1).  
För  $vct = 0,30$  är  $\alpha = 0,50$   
 $vct = 0,40$  är  $\alpha = 0,60$   
 $vct = 0,50-0,90$  är  $\alpha = 0,80$



Figur 14.3.6. Desorptionsisotermer för betong. Nilsson (1980). I figuren har även inritats fukthalterna (ringar) för fullständig vattenmätning enligt formel (14.3:1).  
För  $vct = 0,30$  är  $\alpha = 0,50$   
 $vct = 0,40$  är  $\alpha = 0,60$   
 $vct = 0,50-0,80$  är  $\alpha = 0,80$

Figur 6. Sorptionskurvor, vikt fysikaliskt bundet vatten per vikt cement som funktion av relativ fuktighet vid desorption och absorption vid  $20^\circ\text{C}$ , för betong med OPC från [12].

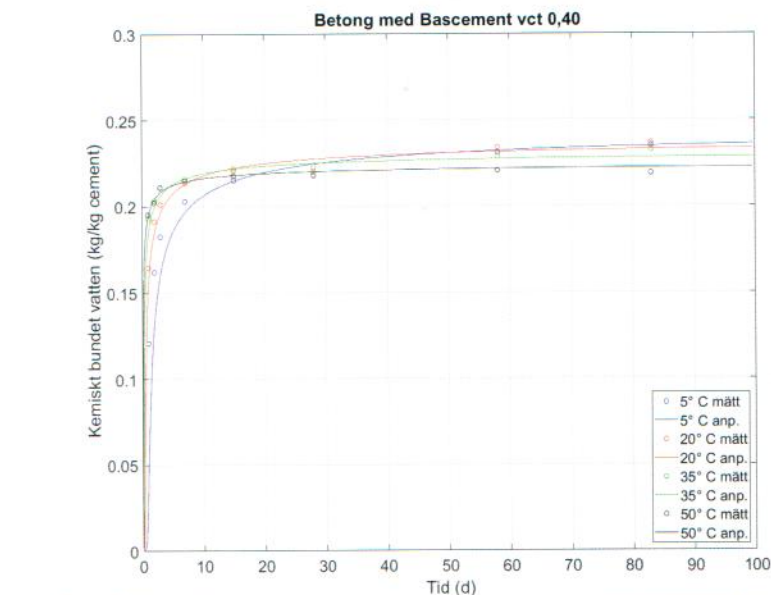




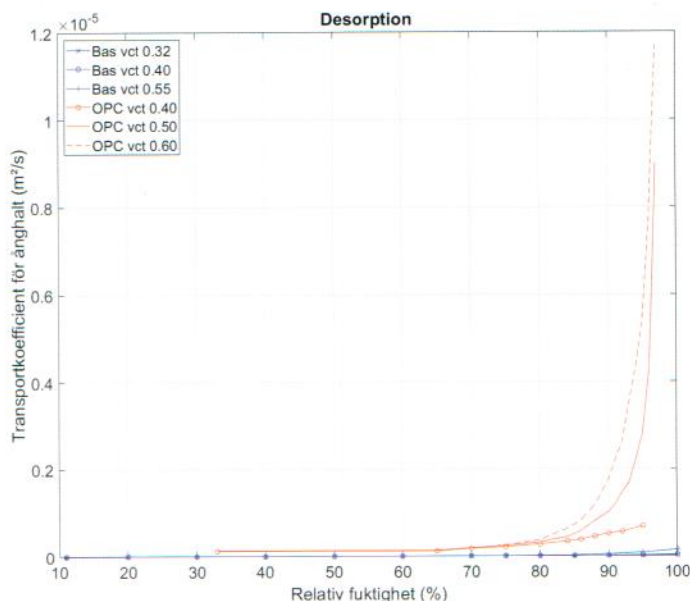
## TEMPERATUREFFEKT FÖR SJÄLVUT-TORKNING

Den förändrade sorptionskurvan får även en annan, indirekt, men för uttorkningen signifikant effekt. Det är vetenskapligt känt att den kemiska bindningen av vatten sker med olika effektivitet beroende på den temperatur vid vilken betongen hydratiserar [14]. Detta har huvudsakligen att göra med att den dominerande slutprodukten hos hydratationen, den så kallade C-S-H-gelen blir sammansatt på olika sätt beroende av vid vilken temperatur gelen bildades, se [7]. Ett varmare och därmed snabbare hydratationsförlopp resulterar i att mindre mängd vatten binds per mängd hydratiserat bindemedel (kg vatten/kg bindemedel) än vid ett kallare och långsammare. Ett exempel på detta visas i Figur 7, där mängd kemiskt bundet vatten per mängd bindemedel visas som funktion av tid för betong härdad i förseglat tillstånd i vattenbad vid olika temperaturer. I början växer kurvorna fortast för de högre temperaturerna då reaktionen går fortare och större mängd bindemedel hinner reagera per tidsenhet. Efter en tid kommer dock kurvorna för de lägre temperaturerna ikapp och förbi de andra då den långsamma reaktionen är mer effektiv när det gäller att binda vatten kemiskt.

Detta är inget specifikt för den moderna betongen utan så har det varit även tidigare. Anledningen till att effekten inte uppmärksammades vid uttorkning av betong har att göra med desorptionskurvornas utseende. Tidigare gjorde de brantare desorptionskurvorna, se Figur 5 och Figur 6, att det krävdes stor skillnad i kemiskt bundet vatten (kg/m<sup>3</sup> betong) för att få en noterbart skillnad i relativ fuktighet (procent). Dagens flackare sorptionskurvor gör att samma skillnad i kemiskt bundet vatten ger mycket större effekt i RF. Denna effekt har inte mycket påverkan på det nuvarande fuktsäkerhetstänkandet men den kan ge stora skillnader i uttorkning mellan vinter- och sommargjutningar av samma konstruktion med samma betongkvalitet.



Figur 7. Kemiskt bundet vatten (kg/kg cement) som funktion av tid för betong med Basement, vct 0,40 härdad i förseglat tillstånd vid olika temperaturer, från [10].



Figur 8. Transportkoefficienter för ånghalt som funktion av relativ fuktighet vid 20 °C för betong med Basement från [10] samt för betong med OPC från [13].

## MYCKET LÄGRE TRANSPORTFÖRMÅGA FÖR FUKT

Den största skillnaden mellan modern och gammaldags betong är dock förmågan att transportera fukt. I Figur 8 ges en jämförelse mellan transportkoefficienter för ånghalt för några vattencementtal mellan betong med Basement [6], [10] och betong med ren OPC [13].

Skillnaden är omfattande. Det är inte frågan om några procent utan om mer än

en tiopotens i fukttransportförmåga. Liknande resultat kan ses även för olika inblandning av slagg, se [4] och [8] för en mer omfattande jämförelse. Varför är det på detta sätt? Eftersom betongens porstruktur inte låter sig utforskas på ett enkelt sätt, blir det svårt att med hundraprocentig säkerhet förklara skillnaden. Det finns anledning att misstänka ett annorlunda hydratationsförfarande vid inbland-





ning av flygaska och slagg i betongen. Hela eller en del av tillsatsmaterialet reagerar på ett fördröjt sätt jämfört med klinkern och kan ge en tilltäppningseffekt i det porsystem som först bildas av klinkerreaktionen. Graden av detta verkar bero dels på mängden tillsatsmaterial och dels på hur mycket utrymme som finns i det porsystem som klinkern bildar [8]. Det finns även anledning att misstänka att en ökad malningsgrad avseende bindemedlen samt större mängd finpartiklar på grund av krossbalasten kan bidra till den ökade tätheten.

#### HUR PÅVERKAS UTTORKNING I PRAKTIKEN?

Avsnitt ESE i RA tar upp utmaningen med uttorkning av betong och ger vissa råd kring åtgärder som kan vidtas för att förkorta uttorkningstiden. Det tas samtidigt upp att betong med mineraliska tillsatsmaterial kan ge ett förändrat hydrations- och uttorkningsförlopp. Hur samverkar detta med de presenterade, nya betongegenskaperna?

Som tidigare konstaterat kan uttorkningen delas upp i självuttorkning och diffusionsuttorkning. Självuttorkningen påverkas av förändringarna i den moderna betongen på två sätt. Först och främst reduceras den kemiska bindningen av vatten på grund av utbyte av klinker mot tillsatsmaterial. Detta försämrar entydigt självuttorkningen jämfört med ren OPC. Effekten kommer att variera beroende på vilka tillsatsmaterial det rör sig om och hur mycket. Till detta tillkommer även skillnaden i lutningen av desorptionskurvan som förstärker känsligheten hos betongens relativa fuktighet med avseende på fukthalt. Detta innebär att viss skillnad i kemisk bindning kommer att ge en större skillnad i relativ fuktighet hos den moderna betongen än hos den gamla betongen från 1990-talet. Detta förstärker den negativa inverkan av reducerad kemisk

År	Cement	Vattencementtal
1990	Std P	0,40
2000	Byggcement	0,38
2012	Basement	0,32

Tabell 2. Utveckling över tid av rekommenderade vattencementtal för självuttorkande betong (kravnivå 85% RF).

bindning på självuttorkningen. Det är kanske därför det rekommenderade vattencementtalet för självuttorkande betong från betongtillverkare har sänkts under årens lopp, se Tabell 2. Valet av betong med lågt vct, vilket är en av metoderna rekommenderade i avsnitt ESE i RA Hus 18 blir därför ännu viktigare:

” Åtgärder som kan vidtas för att förkorta tiden är till exempel – val av betong med lågt vct, följt av skydd mot nederbörd. För att minska risken för sprickbildning ska dock betongen skyddas mot tidig uttorkning.

Samtidigt bör det konstateras att det sammanfaller dåligt med dagens miljösyn och krav på reducerade koldioxidutsläpp, då lägre vct i regel medför högre cementhalt i betongen för att bibehålla konsistensen.

När det kommer till diffusionsuttorkningen uppvisar den moderna betongen två olika faser i sitt beteende. Innan den någorlunda fullt utvecklat sin porstruktur fungerar den i princip som tidigare. Detta inträffar tidigt under hydrattationen. När porstrukturen senare är väl utvecklad är den mycket tätare än den gamla betongen. Då minskar transportförmågan av fukt drastiskt och diffusionsuttorkning reduceras till en så låg nivå att den i princip är satt ur spel. Flera exempel på diffusionsuttorkning med uppmätta transportkoefficienter från olika antagna grader av självuttorkning redovisas i [11]. Uttorkningstider för att uppfylla normalt ställda krav på ekvivalent djup blir flera år i stället för flera månader. Detta riskerar att dagens rekommendationer i avsnitt ESE i RA Hus 18 är satta ur spel gällande förbättrade uttorkningsmöjligheter:

” Förbättring av uttorkningsmöjligheter genom till exempel uppvärmning, ventilation och avfuktning – dubbelsidig uttorkning.

En annan, kanske ännu större frågeställning, är dock huruvida hela fuksäkerhetstänkandet i avsnitt 01.S i RA och i RBK-systemet fortfarande fungerar någor-

lunda optimalt. Betongen är inte längre öppen nog för att ge hög nivå av fukttransport och snabb omfördelning och det skulle kunna innebära att dagens uttorkningskrav missar målet.

#### SAMMANFATTNING

Betongens sammansättning har genomgått en rad förändringar de senaste två decennierna, huvudsakligen drivet av ökat medvetande om dess miljöbelastning och försök att reducera den. Detta har resulterat i en betong med förändrad hydrattation och struktur, vilket i sin tur har påverkat betongens fuktegenskaper:

- Kemisk bindning av vatten reduceras då klinkern har bytts ut mot tillsatsmaterial som binder mindre mängd vatten per kg bindemedel.
- Sorptionskurvor har förändrad form, vilket medför att förändring av betongens relativa fuktighet på grund av förändring i fukthalt har blivit känsligare.
- Transportförmågan för fukt har reducerats avsevärt.

I praktiken innebär detta följande vad gäller uttorkningen:

- Självuttorkningen har försämrats. Detta har medfört att det av betongleverantörer rekommenderade vattencementtalet för självuttorkande betong har sänkts och cementhalten har ökat.
- Självuttorkningen har blivit mer beroende av hydrattationsförloppets hastighet och temperatur. Detta är egentligen inget nytt fenomen, men förändringar i sorption hos den moderna betongen har förstärkt det till en nivå som är klart märkbar i praktiken.
- Diffusionsuttorkningen har reducerats kraftigt och ibland i princip helt satts ur spel. Det är antagligen därför en del upplever att extra uttorkningsåtgärder, som sätts in några månader efter gjutning, värme kombinerad med luftavfuktare, inte får avsedd effekt inom förväntad tid.
- Uttorkningskraven i enlighet med AMA Hus har upplevts svårare att uppfylla.
- De föreslagna uttorkningsåtgärderna enligt avsnitt ESE i RA kan vara satta ur spel.
- Den nya betongen medför behov av ett nytt tankesätt för att säkerställa fuksäkerhet med rimliga byggtider samt reducerad miljöbelastning. ■



## Referenser

- [1] Inventering: Uttorkning av betong, C. Svensson Tengberg, Slutrapport SBUF 13358, 2018
- [2] Betongfunktion: Uttorkning, M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, F. Gränne, M. Gunnarsson, 2017, [www.sbuf.se/ppb](http://www.sbuf.se/ppb)
- [3] Självuttorkning av betong, 2017, M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, F. Gränne, M. Gunnarsson, [www.sbuf.se/ppb](http://www.sbuf.se/ppb)
- [4] Diffusionsuttorkning av betong samt annat fuktutbyte med dess omgivning, M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, F. Gränne, M. Gunnarsson, 2017, [www.sbuf.se/ppb](http://www.sbuf.se/ppb)
- [5] Finns det någon fördel med modern, tät betong?, M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, F. Gränne, M. Gunnarsson, 2018, [www.sbuf.se/ppb](http://www.sbuf.se/ppb)
- [6] Bascementet inmätt – PPB beräknar uttorkning, M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, F. Gränne, 2019, [www.sbuf.se/ppb](http://www.sbuf.se/ppb)
- [7] Självuttorkning och temperatur, det vill säga hur man får uttorkning att fungera, M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, F. Gränne, 2019, [www.sbuf.se/ppb](http://www.sbuf.se/ppb)
- [8] Moisture transport and sorption in cement based materials containing slag or silica fume, N. Olsson, L.-O. Nilsson, M. Åhs, V. Baroghel-Bouny, Cement and Concrete Research, 2018
- [9] The effect of temperature on the hydration of composite cements containing limestone powder and fly ash, K. De Weerd, M. Ben Haha, G. Le Saout, K. O. Kjellsen, H. Justnes, B. Lothenbach; Materials and Structures, 45 (2012)
- [10] Utveckling av beräkning av uttorkning i programmet Produktionsplanering Betong samt Inmätning av Bascement för uttorkningsberäkning i Produktionsplanering Betong, M. Stelmarczyk, Rapp T., Hedlund H., Carlström S., Slutrapport SBUF 13197 & 13198, 2019
- [11] Utredning av funktionell uttorkningsnivå hos betong med mineraliska tillsatsmaterial, M. Stelmarczyk, Rapp T., Hedlund H., Slutrapport SBUF 13354, 2019
- [12] Betonghandboken Material, L-O. Nilsson, Kap. 14, 1980
- [13] Moisture Permeability of Mature Concrete, Cement Mortar and Cement Paste, G. Hedenblad, TVBM-1014, Lund Institute of Technology 1993
- [14] Effect of temperature on the microstructure of calcium silicate hydrate (C-S-H), E. Gallucci, X. Zhang, K.L. Scrivener, Cement and Concrete Research 2013
- [15] RBK, Manual – Fuktmätning i betong, version 6:1, 2019
- [16] Kemisk emission från golvsystem – effekt av olika betongkvalitet och fuktbelastning, H. Wengholt Johnsson, Chalmers Tekniska Högskola 1995



**Välj ett  
auktoriserat  
plåtslageri**




**PLÅT & VENTFÖRETAGEN**  
[www.pvforetagen.se](http://www.pvforetagen.se)



# Golvsystem med modern betong

\* I artikeln går författarna igenom den moderna betongens fuktegenskaper och hur dessa kan påverka ett golvsystem. Vad kan det innebära för AMA Hus?

TEXT OCH BILD: MARCIN STELMARCYK, HANS HEDLUND, TED RAPP OCH STAFFAN CARLSTRÖM

Rutinmässigt tillverkade och väl fungerande golv, utan fuktproblem, är vad alla entreprenörer önskar sig – inga förseningar, uttorkningsproblem, extra åtgärder, osäkerhet eller senare sjuka hus. Hur påverkar den moderna betongens egenskaper fuktutbyte med andra material i ett helt golvsystem? Fungerar vårt gamla fuktsäkerhetstänk på ett bra sätt eller behöver vi tänka om? Är de nya egenskaperna en risk eller en möjlighet? Hur samspelar detta med dagens AMA Hus och RA Hus?

## HUR FÖRHÅLLA SIG TILL FÖRÄNDRADE FUKTEGENSKAPER?

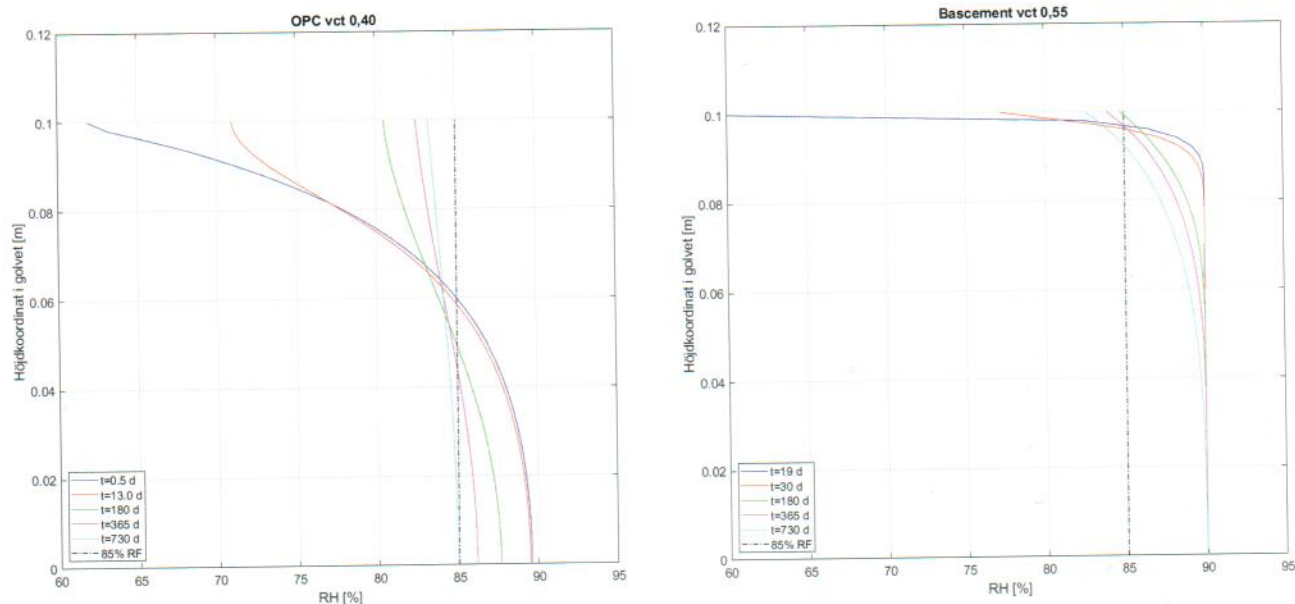
Som beskrivet i artikeln **Modern betong och fukt** har vi på senare år fått en betong med fuktegenskaper som skiljer sig från tidigare. För att vidare undersöka frågor som:

- hur fungerar den moderna betongen i samverkan med resten av materialen i ett golv?
- har vi vettiga uttorkningskrav?
- har vi ett optimalt fuktsäkerhetstänk?
- har vi optimala produktionsprocesser för golv med den moderna betongen?

är det nödvändigt att först titta närmare på hur fuktamverkan mellan delmaterialen sker i ett golv med både modern och gammaldags betong.

## HUR MYCKET FUKTOMFÖRDELNING BLIR DET I DEN MODERNA TÄTA BETONGEN?

Vårt ordinarie fuktsäkerhetstänkande, som beskrivs i RA18, avsnitt 01.S, samt förklaras i artikeln **Modern betong och fukt**, bygger på risken för "snabb" omfördelning i öppen betong då man lägger på ett tätare yttskikt. Låt oss först titta närmare på om



Figur 1. Fuktomfördelning efter limning av yttskikt motsvarande Tarkett IQ Optima med icke vattenbaserat lim på betong, fuktprofiler vid olika tidpunkter efter limning. Vänster – betong med OPC vct 0,40 ensidigt uttorkad till 85% RF på ekvivalent djup. Höger – betong med Basement vct 0,55 ensidigt uttorkad i 20 dygn i 60% RF från antagen självuttorkningsnivå på 90% RF.





detta stämmer fortfarande. I gammaldags betong skedde detta då betongen transporterade fukt mycket lättare än det täta ytskiktet. Hur blir det nu med en mycket mer tät modern betong? Jämförande simuleringar har utförts för dessa situationer i [3] samt [4] och resultatet visas i Figur 1.

För betong med ren Ordinarie Portlandcement (OPC) ser vi inga nyheter precis. Där sker en typisk omfördelning och eftersom den relativa fuktigheten på ekvivalent djup, i detta fall 40 mm under ytan, var 85 procent vid mattläggning leder omfördelningen inte till ett RF högre än 85 procent under ytskiktet. Detta stämmer väl med texten i avsnitt 01.S i RA Hus 18. Tittar vi på exemplet med betong med Bascement blir det plötsligt mer intressant. För det första framgår av figuren att en omfördelning (fuktprofilerna skär varandra) endast äger rum i de översta millimetrarna av konstruktionen. För övrigt ser betongen ut att torka långsamt. För det andra ser vi att RF under ytskiktet inte överstiger 85 procent trots att betongen var "dåligt uttorkad" och hade 90 procent på ekvivalent djup vid mattläggning.

Denna skillnad i beteende hos bågge golven är rätt enkel att förklara med den moderna betongens täthet. Ytskiktet är i detta fall inte längre begränsande för fukttransport i golvet. Det är den täta betongen som övertagit rollen som flaskhals för fukttransport. Detta innebär att så länge betongen funktionellt sett är tätare än ytskiktet så hinner golvet torka snabbare genom ytskiktet än vad betongen hinner omfördela. Tar vi en tätare betong blir effekten ännu större. För betong med Bascement och vct 0,40 och mattläggning vid 95 procent på ekvivalent djup överstigen RF vid ytskiktet inte heller 85 procent, se [4]. Det gamla sättet att kravställa uttorkning är helt enkelt inte relevant vid användning av modern tät betong.

#### HUR BLIR DET MED FUKT VID DIREKT-LIMNING?

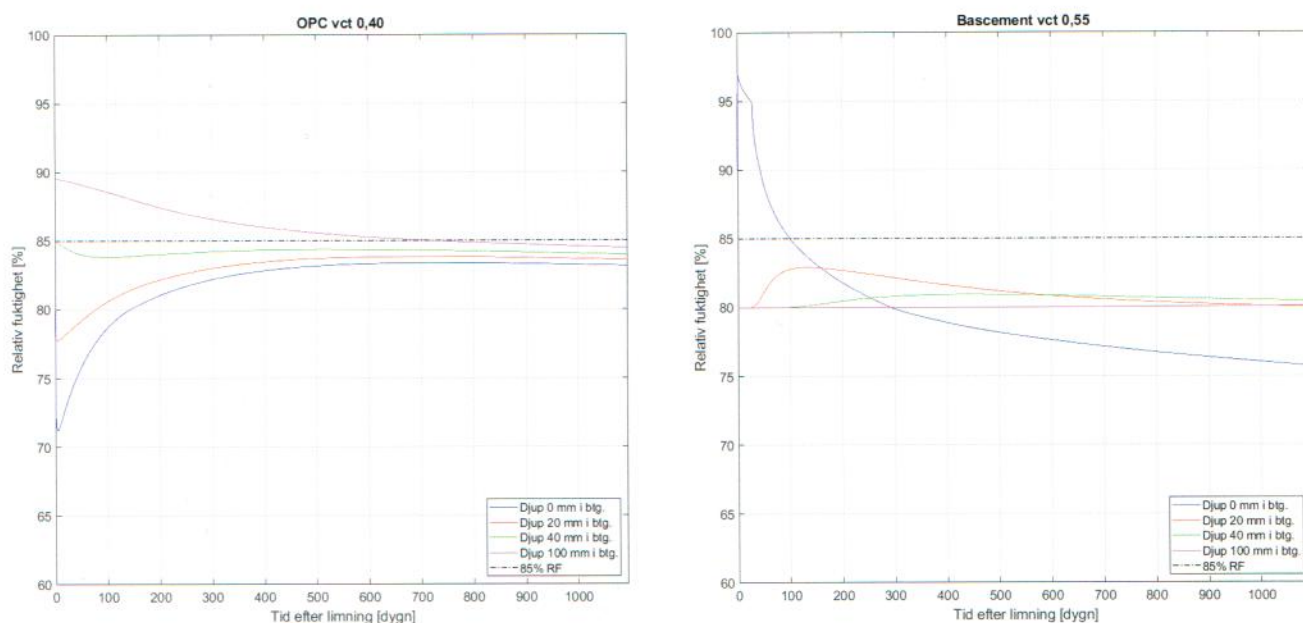
Nästa relevanta fråga, som också är kopplad till fukttransport, har med direktlimning av ytskikt med vattenbaserat lim att göra. För att detta skall kunna fungera måste underlaget kunna ta hand om limfukten så att den relativa fuktigheten inte

överstiger ett kritiskt värde vid ytskiktet under en alltför lång tid. Detta ställer krav på betongens porositet, förmåga till fukttransport samt relativa fuktighet. I avsnitt ESE i RA Hus 18 har detta uppmärksammats:

” Vid golvkonstruktioner där betong har lågt vct, vattencementtal, eller är vakuumbehandlad ska fukt i golvlim för täta konstruktioner och fukt i betongens ytskikt särskilt beaktas.

I [5] har man visat redan 1995 att betong med låg vct, självuttorkad till 85 procent, kan resultera i hydrolys i limskiktet och därtill hörande emissioner. Detta beror på betongens nedsatta förmåga att effektivt buffra limfukt på grund av dålig fukttransport. Med en tätare modern betong borde problemet förvärras och det är precis vad simuleringarna från [4] visar i Figur 2.

För betongen med OPC ser vi att RF under limmet ökar markant efter mattläggning men att dess maximala värde inte överstiger 85 procent. För betongen med Bascement, självuttorkad för säkerhets ►



Figur 2. Fuktomfördelning efter limning av ytskikt motsvarande Tarkett iQ Optima på betong med vattenbaserat lim, CascoProff Universal. Relativ fuktighet som funktion av tid för olika djup i betongen. Vänster – betong med OPC vct 0,40 ensidigt uttorkad till 85% RF på ekvivalent djup. Höger – betong med Bascement vct 0,55 uttorkad till 80% RF i hela konstruktionen.





skull till 80 procent i hela tvärsnittet, fungerar inte buffringen av limfukt tillräckligt bra. Resultatet blir att RF under limskiktet överstigen 85 procent under cirka 100 dagar, trots en antagen nästan orimligt bra självuttorkning och väl uppfyllt uttorkningskrav. Detta öppnar upp för både dålig vidhäftning och möjliga emissioner. Förklaringen här har huvudsakligen med den låga fukttransporten att göra. Då betongen inte klarar av att transportera limfukten in i golvet, koncentreras mycket fukt i de översta millimetrarna av betongen. Detta driver upp RF högt över 85 procent och det tar tid innan fukt-mängden hunnit antingen torka genom ytskiktet eller omfördelas djupare in i betongen. Då simuleringen utfördes med materialdata för vct 0,55 indikerar detta att problem med direktlimning med vattenbaserat lim på modern tät betong inte är begränsade till låga vattencementtal.

### KAN MAN UTNYTTJA TÄTHETEN?

Så här långt i golvresonemanget kan vi konstatera tre saker om den moderna täta betongen:

- Diffusionsuttorkning är satt ur spel, vilket gör uttorkning enligt gällande krav svårare
- Förmåga till buffring av limfukt är nästan obefintlig, vilket omöjliggör direktlimning av ytskikt med vattenbaserat lim.
- Omfördelning av fukt under pålagt ytskikt sker inte i samma omfattning som för öppnare betong, då den moderna täta betongen funktionellt sett är tätare än ytskiktet.

De första två punkterna försvårar arbetet med den moderna betongen, som en del av ett golvsystem. Den tredje punkten öppnar upp möjligheter, men endast om vi tänker om i hur fuksamverkan skall ske mellan golvmaterialen.

För att hantera buffringen av limfukt måste en porös golvavjämning läggas på betongen och därefter torkas ut väl. Detta är i sig inget problem då avjämningsmassor i regel är mycket öppnare än betong och transporterar fukten mycket

bra. Metoden är ingen nyhet då det är precis samma åtgärd som föreskrivs i RA Hus 18, avsnitt YSC.121 Undergolv av tät betong:

” Vid golvkonstruktion av mycket tät betong (till exempel betong med vattencementtal lägre än cirka 0,45, vakuumbehandlad betong samt viss betong med puzzolana tillsatsmaterial, till exempel flygaska, slagg och silika) kan den fukt som tillförs genom limning vara tillräcklig för att, tillsammans med alkali från betongen, orsaka nedbrytning av limmet. För att förebygga dessa problem kan man överväga att använda annat lim och/eller limningsteknik, eller att använda ett skikt av lågalkalisk golvavjämningsmassa mellan betong och lim. Ange under MHJ.1 om golvytan ska beläggas med lågalkalisk golvavjämningsmassa.

Här får dock tilläggas att gränsen för vct kring 0,45 kan vara lågt satt för den moderna täta betongen, som mycket väl kan ha ►



FOR SMART LIVING



**NYHET!**  
**UTHERM**  
**PREMIUM**

Möt oss på Nordbygg  
21 - 24 april 2020  
Vi finns i monter **C06:49**



PIR-isolering  
med lambda  
**0,020**  
W/m.K



**UTHERM**  
premium



**UTHERM**



**SAFE-R**

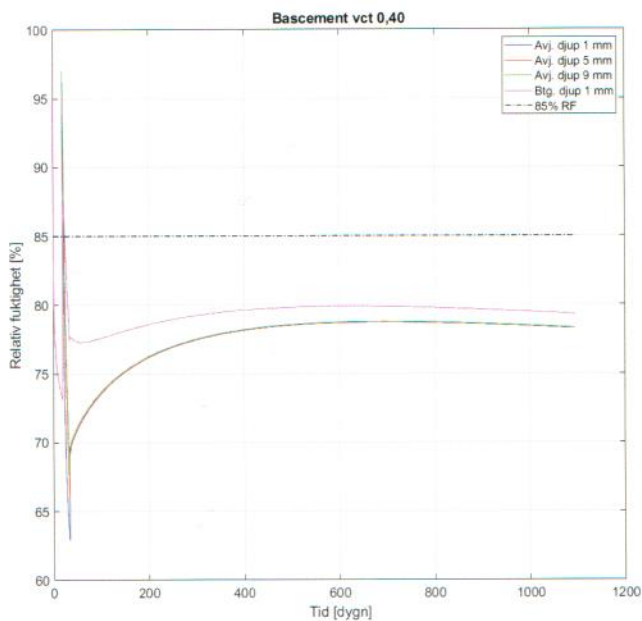
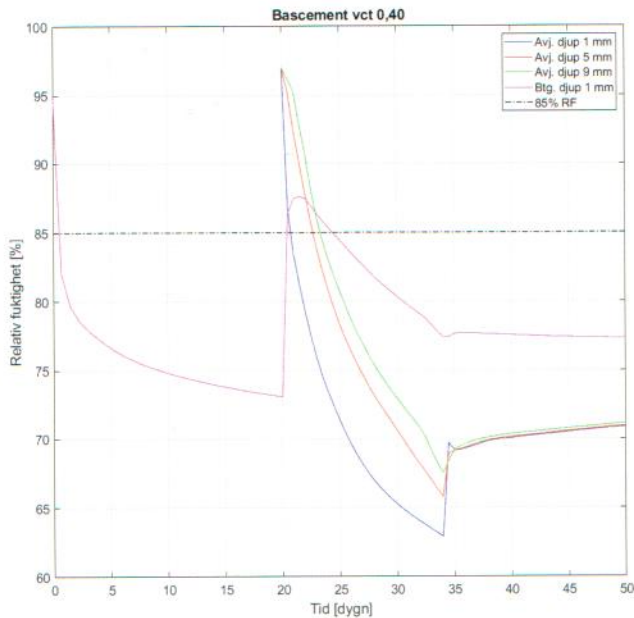
Kontakta oss på: 0704 17 92 57 - [www.unilininsulation.com/sv-se](http://www.unilininsulation.com/sv-se)



M.SC. TED RAPP  
Sveriges Byggindustrier



STAFFAN CARLSTRÖM  
Swerock AB



Figur 3. Relativ fuktighet som funktion av tid för olika djup i avjämningen samt betongytan vid fuktfördelning. Betong med Bascement vct 0,40, RF vid start (t=0d) är 95%, därefter uttorkning mot luft med RF 60%, därefter avjämning (t=20d) och vattenbaserad limning av yttskiikt (t=34d). Ovan – startförlopp, nedan – långsiktig omfördelning.

## Färg för industriellt underhåll

Induf erbjuder skyddande och problemlösande färgprodukter för industriellt och professionellt målningsunderhåll. Vår målsättning är att säkerställa problemfri drift och bevara ekonomiska värden. Tillsammans med auktoriserade takentreprenörer erbjuder vi plåttaks-målning med 15–20 års problemfri funktion. Läs mer på [induf.se](http://induf.se)

Svensk generalagent

**RUST-OLEUM**  
INDUSTRIAL

**induf**

 svenskbyggtjänst

## Svensk Byggtjänst Utbildning

Våra kurser håller dig uppdaterad inom AMA, Tekniska beskrivningar, hållbarhet och mycket mer.

### Kurser 2020

**Solenergi – sol och solvärme**  
Heldagskurs med Lars Andrén  
i Stockholm 4 februari 2020.



### Onlinekurser

**AMA intro**  
Nu kan du utbilda dig i grunderna i AMA och bli säkrare i din yrkesroll.

**Byggprocessen**  
Lär dig byggprocessens alla moment – hela vägen från utredning till rivning.

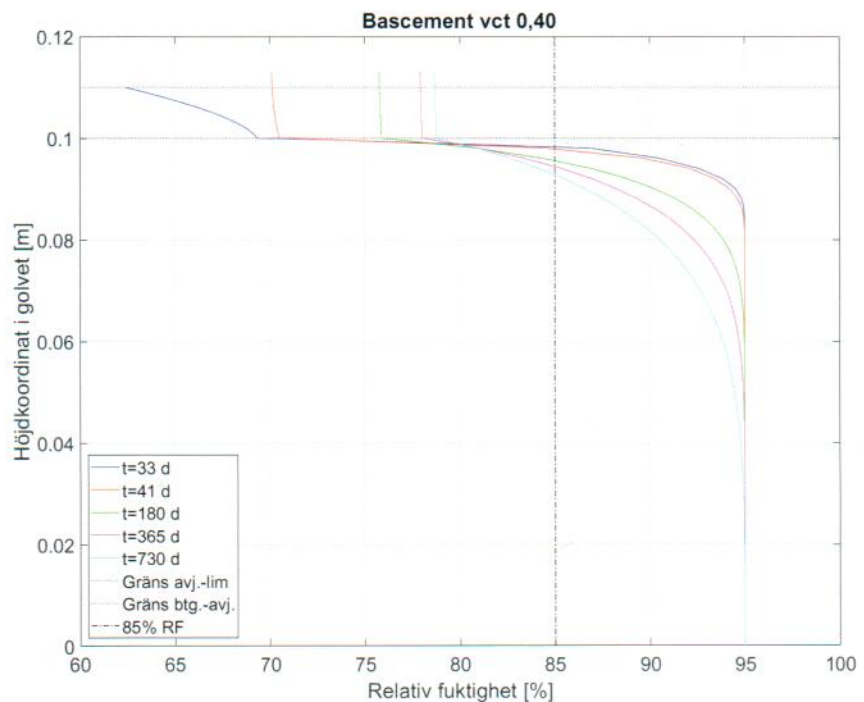
Anmäl dig på [Byggtjanst.se/utbildning](http://Byggtjanst.se/utbildning)



nedsatt buffringsförmåga för limfukt vid högre vct.

Frågan är nu om den moderna betongens täthet kommer att möjliggöra en tidig avjämnning, innan uttorkningskravet för betong, 85 procent RF på ekvivalent djup, är uppfyllt. I Figur 3 och Figur 4 visas resultat av just en sådan simulering från [4]. Här antas 95 procent RF som grundnivå för självuttorkning i betongen och 20 dagars uttorkning mot luft, vilket initierar en liten uttorkningsprofil i den översta delen av betongen. Sedan läggs 10 mm Weberfloor 140 Nova på betongen och den får två veckor på sig att torka mot luft med 60 procent RF vid 20 °C. Därefter limmas Tarkett iQ Optima med Casco-Proff Universal.

I Figur 3 visas relativ fuktighet i de översta delarna av konstruktionen (avjämnning och toppen av betongen) som funktion av tid. I Figur 4 återges fuktprofiler i konstruktionen för ett flertal tidpunkter. Av resultaten framgår att avjämnningen absorberar limfukten väl och att det sker en liten omfördelning av fukt i betongens översta skikt men inte på djupet. Konstruktionen övergår sedan mot långsam uttorkning. Det tar cirka 3 år innan man ser toppen på relativ fuktighet i avjämnningen men den håller sig väl under 85 procent. Detta bör alltså kunna fungera i verkligheten. Med tanke på att betongens RF vid både avjämnning och mattläggning var långt ifrån dagens krav är detta ett högst anmärkningsvärt och mycket intressant resultat. Det verkar finnas en klar möjlighet att enkelt komma till rätta med nackdelarna hos den moderna täta betongen och samtidigt utnyttja dess täthet konstruktivt i samband med golvproduktion. Det bör tilläggas att motsvarande simulering för betong med ren OPC vct 0,40 ger maximal RF i avjämnningen väl över 85 procent under lång tid även om betongen är bättre uttorkad (90 procent RF) än i fallet med Basement, se [4] för fler detaljer.



Figur 4. Fuktprofiler i konstruktionen för olika tidpunkter under fuktomfördelning. Betong med Basement vct 0,40, RF vid start (t=0d) är 95%, därefter uttorkning mot luft med RF 60%, därefter avjämnning (t=20d) och vattenbaserad limning av ytskikt (t=34d).

## HUR SER AMA HUS SAMT RBK PÅ UTNYTTJANDE AV TÄTHETEN?

AMA Hus 18 krävställer uttorkning för olika typer av golvbeläggningar. Detta är huvudsakligen baserat på omfördelningsrisken, se RA avsnitt 01.S. Det finns dock två typer av formuleringar kring uttorkningskrav i AMA. I MFD samt MFH står:

” Vid läggning får den relativa fuktigheten (RF) i underlaget inte överstiga den RF som tillverkaren av beläggingsvaran, fästmedlet, spacklet eller dylikt anger. Om tillverkaren inte anger något gränsvärde får vid läggning den relativa fuktigheten (RF) i underlaget inte överstiga 85 procent.

Mätning av relativ fuktighet (RF) i underlag ska utföras enligt YSC.121

Strikt tolkat bör här alltså RF i hela underlaget vara mindre än 85 procent. Samtidigt står det i MFG samt MFK:

” Fuktfördelningen i underlaget ska vara sådan att lim och matta, vid läggning eller senare, inte utsätts för högre relativ fuktighet än det gränsvärde som anges av respektive tillverkare.

Mätning av relativ fuktighet (RF) i underlag ska utföras enligt YSC.121

Detta innebär att RF i underlaget får vara hur högt det vill så länge lim och ytskikt inte utsätts för RF överstigande tillverkarens gränsvärde. Konceptuellt sett är detta två väldigt olika formuleringar. Den första ställer i princip ett krav som är tuffare än





dagens krav på ekvivalent djup. Den andra öppnar samtidigt principiellt för en mycket mer funktionell syn där kravet ställs lokalt i lim- och ytskiktet i stället för i underlaget. Denna kravställning skulle kunna tillåta ovan visat utnyttjande av betongens täthet i kombination med väl uttorkad, porös avjämning.

I praktiken hänvisar bägge till mätning enligt YSC.121, vilket i sin tur hänvisar till RBK-systemet. Det blir i praktiken samma typ av kravställning då mätningen utförs på samma sätt. RBK [1] i sin tur föreskriver mätning på ekvivalent djup och anger standardtolkning av detta begrepp för några typfall: enkelsidig uttorkning, dubbelsidig uttorkning samt pågjutning på plattbärlag och håldäck. Utöver detta anges det även möjlighet att medels omfördelningsberäkning ta fram ett alternativt ekvivalent djup, om man kan visa att en uttorkning motsvarande kri-

tiskt RF på detta djup inte kan ge en omfördelning som resulterar i högre RF för lim och ytskikt. Denna metod öppnar upp för utnyttjande av betongens annorlunda egenskaper men i dagens utformning tar den inte hänsyn till utnyttjande av avjämning. Det finns dock ett projekt under uppstart, SBUF 13754 RBK-metod för RF-mätning i golvavjämning, med syfte att revidera RBK avseende bland annat omfördelningsberäkning och utnyttjande av avjämning i en sådan.

#### PÅGÅENDE KONCEPTVERIFIERING

Innan dessa simuleringsresultat kan övergå till en standardmässig metodik och börja tillämpas rutinmässigt måste dock fler saker undersökas. Det som redovisas ovan är resultat av simulering av fuktillstånd, som bygger på nyligen inmätta fundamentdata för betongen och kända materialdata för de övriga materialen. Den huvudsakliga osäkerheten i simuleringen är hur

lång tid efter gjutning som betongen får den höga tätheten, då den utvecklas successivt och ökar med tiden. Vidare räcker det inte med att verifiera endast fuktnivåerna utan det vore av stort värde att kunna kontrollera huruvida eventuell hydrolys i lim och/eller ytskikt har ägt rum genom emissionsmätning. Just sådana tester är igång i skrivande stund. Inom SBUF-projektet 13560 utförs försök där betongplattor gjuts med betong innehållandes mineraliska tillsatsmaterial, som förväntas uppnå en täthet i önskad nivå. Dessa avjämnas innan de uppfyllt dagens uttorkningskrav och efter en god uttorkning av avjämningen sker mattläggning, se Figur 5.

Försöken följs upp med mätning av både fuktillstånd i konstruktionen och eventuella emissioner. Försöken omfattar även två fall med gammaldags betong utan mineraliska tillsatsmaterial, som används som referens för jämförelse. ►



Figur 5. Pågående konceptverifiering inom SBUF 13560 där golvkonstruktioner med olika varianter av modern tät betong i kombination med avjämning och limmad matta testas. Avjämning och limning av matta utförs vid en RF i betongen som överstiger dagens uttorkningskrav.



## SAMMANFATTNING

Vi kan med säkerhet konstatera att den moderna täta betongen uppför sig på ett annat sätt än gammaldags betong i ett helt golvsystem tillsammans med andra material. Det finns enkla skillnader så som långsammare uttorkning samt obefintlig förmåga till buffring av limfukt. Det finns även en mer komplex skillnad då betongens täthet medför att yttskiktet inte längre är den begränsande faktorn för fukttransport i golvet, vilket i sin tur resulterar i att klassisk omfördelning av fukt i betong inte äger rum i nämnvärd stor omfattning.

I praktiken kan buffringen av limfukt lätt återställas i golvet genom ett lager porös avjämning som får torka ut väl. Detta uppmärksammas redan i RA avsnitt YSC.121 fast kan komma att behövas för högre vct än vad som rekommenderas. Simulering har även visat att tätheten går att utnyttja konstruktivt. Då omfördelningen av fukt inte sker i större skala blir dagens uttorkningskrav missvisande och felaktigt

ställda. Det bör kunna gå att avjämna och limma matta innan 85 procent RF uppnås på ekvivalent djup i betongen. Detta medför att värdefull uttorkningstid kan flyttas från betongen till avjämningen och att hela produktionsprocessen skulle kunna snabbas upp. Denna metod kan idag inte användas då RBK-systemet inte innefattar omfördelningsberäkning med utnyttjande av avjämningsmassa som fuktbuffert. Å andra sidan är detta en tidsfråga, då en översyn av RBK-systemet avseende bland annat just detta pågår. Dubbla budskap som MFD/MFH jämfört med MFG/MFK i AMA Hus 18 (se citat tidigare i artikeln) bör i framtiden bytas ut mot kravställning av RF i lim och yttskikt. Annars bygger kravet på att betongen har specifika egenskaper, vilket är den ofördelaktiga situation som finns idag och förutsätter att betongen är relativt öppen.

Praktiska försök pågår för verifiering av detta koncept där både fuktnivåer och

emissioner kontrolleras. I en snar framtid bör vi kunna sikta på mer effektiv golvproduktion med bibehållen fuktsäkerhet tack vare den moderna täta betongen. Det krävs dock att vi anpassar gamla arbetsmetoder till våra nya material.

Vi bör också komma ihåg att det gamla omfördelningstänkandet inte alls har gått ur tiden. Det levereras öppen betong även idag. Vi vet samtidigt inte var den pågående utvecklingen av materialen kommer att ta oss i framtiden. Det är därför viktigt att förändra kravställning så att det fungerar för betong med olika egenskaper och inte låsa den till en specifik typ av betong. Vår gamla fuktsäkerhetssyn är inte förlegad utan snarare ett specialfall av en bredare sådan som vi behöver idag. ■

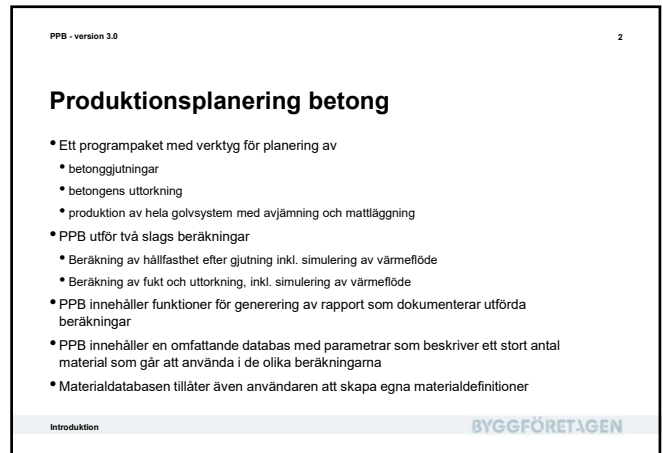
## Referenser

- [1] RBK, Manual – Fuktmätning i betong, version 6:1, 2019
- [2] Diffusionsuttorkning av betong samt annat fuktutbyte med dess omgivning, M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, F. Gränne, M. Gunnarsson, 2017, [www.sbuf.se/ppb](http://www.sbuf.se/ppb)
- [3] Finns det någon fördel med modern, tät betong?, M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, F. Gränne, M. Gunnarsson, 2018, [www.sbuf.se/ppb](http://www.sbuf.se/ppb)
- [4] Utredning av funktionell uttorkningsnivå hos betong med mineraliska tillsatsmaterial, M. Stelmarczyk, Rapp T., Hedlund H., Slutrapport SBUF 13354, 2019
- [5] Kemisk emission från golvsystem – effekt av olika betongkvalitet och fuktbelastning, H. Wengholt Johnsson, Chalmers Tekniska Högskola 1995

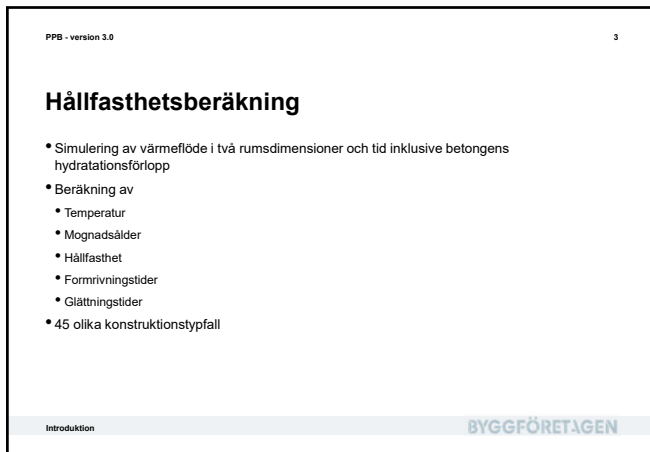




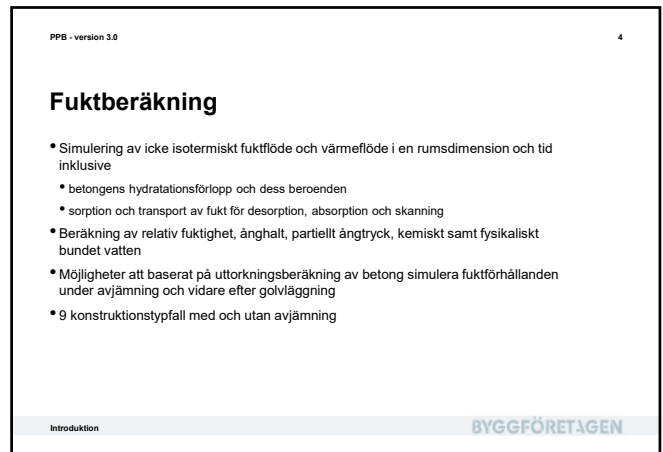
1



2



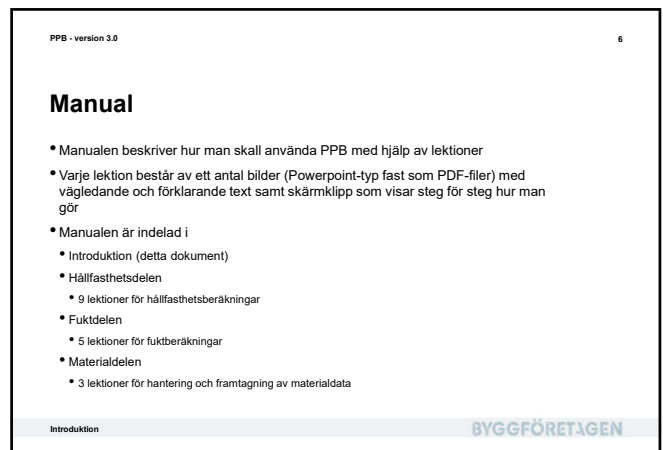
3



4

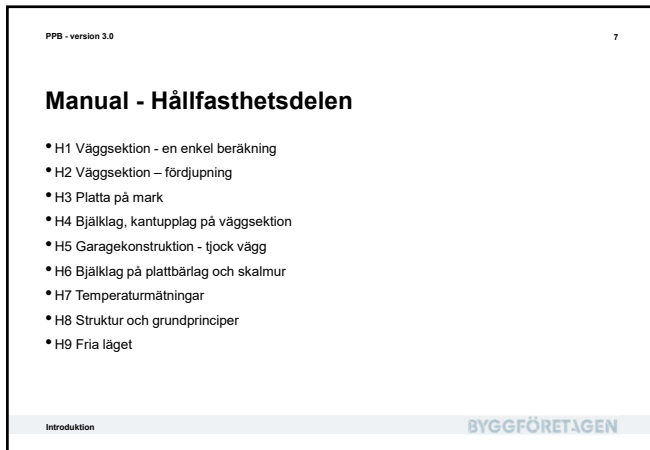


5



6

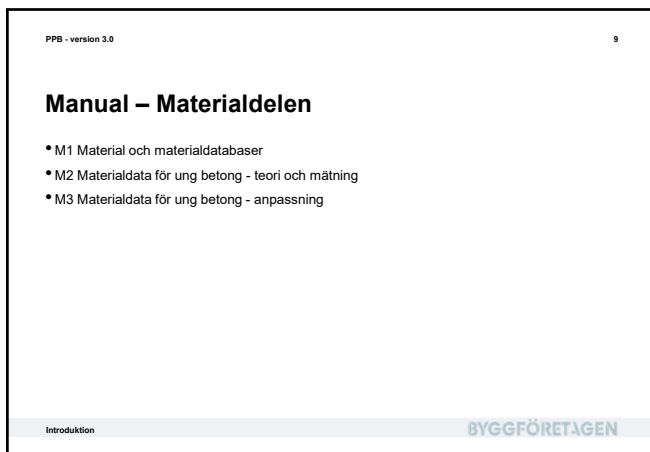




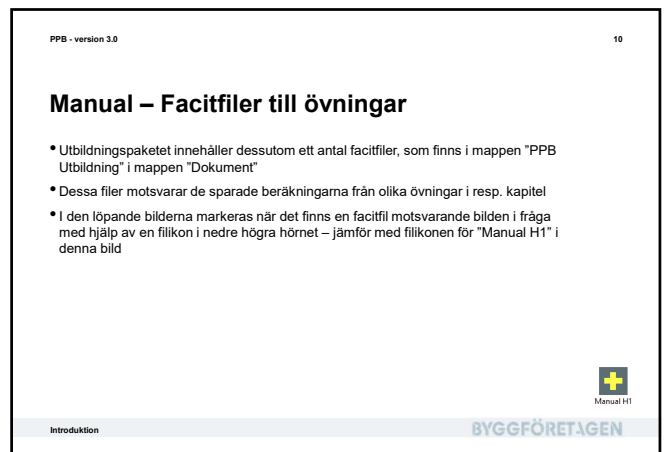
7



8



9



10



11





1

PPB - version 3.0 2

## Vad skall vi lära oss?

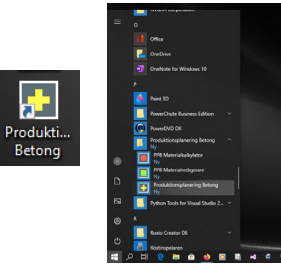
- Att starta huvudprogrammet och hitta i huvudfönstret
- Att skapa och beskriva ett enkelt typfall för hållfasthet
- Att köra en beräkning
- Att ta fram resultatflikar och diagram
- Att titta på händelselista och varningar
- Att studera kurvdiagram
- Att studera färgkarta
- Att spara ett projekt

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

2

PPB - version 3.0 3

## Starta huvudprogrammet



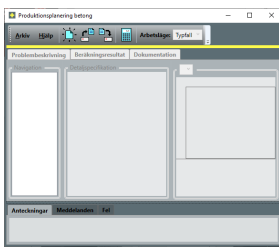
- Dubbelklicka på ikonen på skrivbordet
- Eller leta upp mappen Produktionsplanering Betong i Startmenyn och starta huvudprogrammet därifrån

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

3

PPB - version 3.0 4

## Huvudfönstret



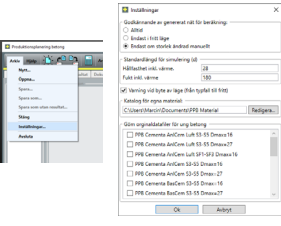
- Meny- och verktygsrad längst upp
- Arbetsytan i mitten indelad i:
  - **Problembeskrivning** – indata för problemet
  - **Beräkningsresultat** – resultat från simuleringen av hårdningen
  - **Dokumentation** - rapporten
- Areal längst ner med:
  - **Anteckningar** – egna anteckningar som sparas i projektet
  - **Meddelanden** – olika större meddelanden från programmet
  - **Fel** – lista med fel funna t.ex. i problembeskrivningen före en beräkning

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

4

PPB - version 3.0 5

## Inställningar



- I menyn **Arkiv**, kommando **Inställningar...**
- Grundläggande inställningar för programmet
- Sätt Standardlängd för simulering av hållfasthet inkl. värme till 14 dygn
- (resten kommer vi till senare)

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

5

PPB - version 3.0 6

## Arbetslägen

- Två arbetslägen i PPB för hållfasthetsberäkningar
  - Arbetsläge **Typfall**:
    - Fast konstruktionsgeometri – storlekar kan ändras
    - Förenklad inmatning
    - Snabbt och enkelt att jobba i
    - 45 typfall att välja mellan
  - Arbetsläge **Fritt**:
    - Allt kan ändras inkl. konstruktionsgeometri
    - Mer komplicerat och mer krävande av användaren
    - Man startar alltid i typfallsläget genom att välja ett typfall...


H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

6

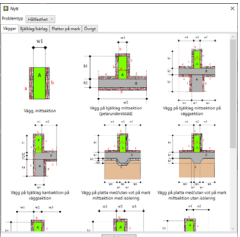


PPB - version 3.0 7

## Nytt...



- För att skapa en ny beräkning tryck på knappen **Nytt...**
- Se till att **Problemtyp** är inställd på **Hållfasthet**.
- PPB kan även simulera fuktflöpp och räkna på uttorkning. Då gäller andra typfall än för hållfasthetsberäkning och det är inte vad vi skall göra just nu.
- Välj sedan lämpligt typfall från dialogen genom att dubbelklicka på det
- I vårt fall välj **Vägg, mittsektion**

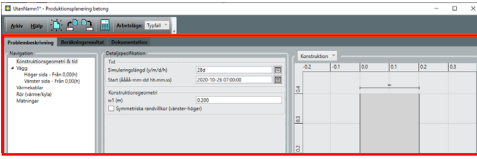


H1 Väggssektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

7

PPB - version 3.0 8

## Problembeskrivning - flikar



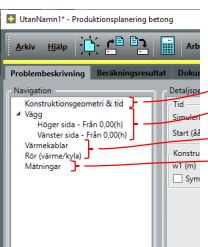
- **Navigation** – här väljer du vilken del av problembeskrivningen du vill jobba med
- **Detaljspecifikation** – innehåller alla detaljer för den i Navigation valda delen
- **Konstruktionsbild** – visar konstruktionen med markerad del enligt valet i Navigation

H1 Väggssektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

8

PPB - version 3.0 9

## Navigation



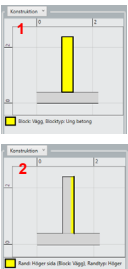
- Konstruktionens grundläggande egenskaper
- Egenskaper för materialblock och deras resp. ränder
- Andra egenskaper för hela konstruktionen
- Hantering av mätdata

H1 Väggssektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

9

PPB - version 3.0 10

## Vad är block och ränder



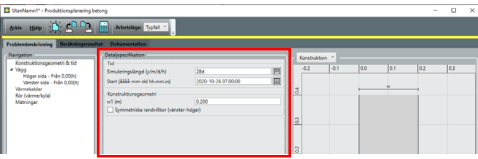
- De två viktigaste begrepp i PPB för att förstå hur en konstruktions egenskaper beskrivs är:
- **1: Block**
  - En del av konstruktionen som innehåller samma material och gjuts i ett och samma förfarande
  - Typiska blockegenskaper är val av material, starttemperatur, gjutförfarande
- **2: Ränder**
  - Blockens ytterkanter, som oftast mot omgivning men kan ibland vara mot andra block
  - Typiska randegenskaper är omgivning väder, formmaterial, ev. isolering, formrivningstid, täckning

H1 Väggssektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

10

PPB - version 3.0 11

## Konstruktionsgeometri & tid



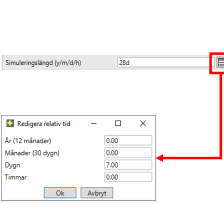
- Hur lång skall simuleringen vara?
- När startar den i realtid? – viktigt om mätdata skall sedan jämföras med simulering
- Storlek(ar) i geometrin – jämför med bild!
- Möjlig symmetri avs. randvillkor

H1 Väggssektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

11

PPB - version 3.0 12

## Att ange ett tidsspann



- Simuleringslängd anges precis som andra tidsspann i PPB på ett av två sätt:
- Man kan trycka på knappen till höger och ange antal år, månader, dygn och/eller timmar
- Man kan också skriva in direkt en kombination av tal och enhetsförkortningar, t.ex.:
  - **1y 3m 14d 7,5h** betyder 1 år, 3 månader, 14 dygn och 7 och en halv timme
- För att få en entydighet i angivelsen har begreppen **år** och **månad** fått här an standardiserad längd:
  - 1 månad = 30 dygn
  - 1 år = 12 månader (enligt ovan) = 360 dygn
- Sätt Simuleringslängd till 7 dygn

H1 Väggssektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

12



PPB - version 3.0 13

### Att ange en tidpunkt i realtid

- Starttid för simulering anges precis som andra tidpunkter i realtid i PPB på ett av två sätt:
- Man kan trycka på knappen till höger och välja datum från en kalender samt ange klockslag
- Man kan också skriva in direkt tidpunkten enligt formatet yyyy-mm-dd hh.mm.ss Lex.:
- 2020-10-26 07.00.00

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

13

PPB - version 3.0 14

### Blockegenskaper - Vagg

- Markera Vagg i Navigation
- Vaggblocket markeras i Konstruktionsbild
- Egenskaper syns in Detaljspecifikation

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

14

PPB - version 3.0 15

### Detaljer för block av ung betong

- Grundläggande egenskaper för blocket – förvalda i typfallsläget
- Föreskrivna krav – kommer att övervakas och kontrolleras
- Material och gjuttemperatur
- Själva gjutningen – hanteras som momentan eller med simulerad påfyllning över tid

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

15

PPB - version 3.0 16

### Krav

- Enligt SS-EN 206:2013 och SS 137003:2015
- Används för att övervaka hur hårdningen lyckas i betongblocket
- Möjlighet att koppla bort
- Möjlighet att definiera egna
- Välj:
  - Hållfasthetsklass C30/37
  - Dim. exp. klass XC3
  - T max 60° C

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

16

PPB - version 3.0 17

### Blockmaterial

- Blocktyp förvald i typfallsläget
- Val av betongrecept
- Justering av
  - cementhalt
  - 28-dygs hållfasthet
- Gjuttemperatur – temperaturen betongen håller när den hamnar i formen

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

17

PPB - version 3.0 18

### Blockmaterial – val av recept

- Recepten är ordnade i familjer
- Klicka på ringen före familjenamnet för att expandera familjen och se innehållet
- Expandera PPB Cementsa Bascem S3-S5 Dmax=16
- Markera ett recept och tryck på knappen Ok för att välja receptet
- Välj C32/40 S3 i familjen

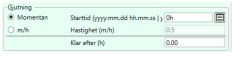
H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

18



PPB - version 3.0 19

## Gjutning



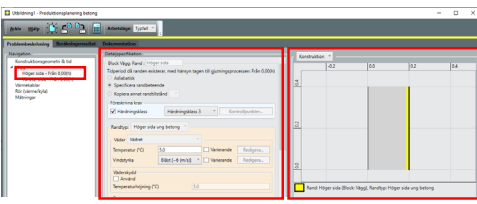
- Vilken typ:
  - Momentan gjutning - de flesta konstruktioner utom t.ex. hela väggar
  - Simulerad påfyllning – hela konstruktioner med betydande utsträckning i höjdlid
- Starttiden kan också påverkas (exempel på fördröjd gjutning kommer senare)

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

19

PPB - version 3.0 20

## Randegenskaper – Höger sida



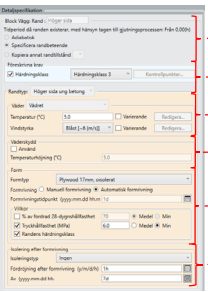
- Markera Höger sida i Navigation
- Randen markeras i Konstruktionsbild
- Egenskaper syns i Detaljspecifikation

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

20

PPB - version 3.0 21

## Detaljer för rand hos ung betong



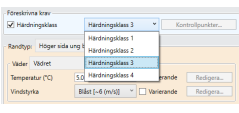
- Grundläggande egenskaper för randen – förvalda i typfallsläget
- Föreskrivna krav – kommer att övervakas och kontrolleras
- Väderlek
- Väderskydd
- Form och formrivning
- Eventuell isolering efter formrivningen

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

21

PPB - version 3.0 22

## Randkrav



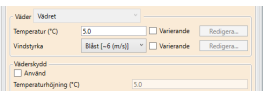
- Övervakning av härdningskrav (vattenhärdning)
- På som standard – går att koppla bort
- Enligt SS-EN 13670:2009 och SS 137006:2015
- Välj:
  - Härdningsklass 3

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

22

PPB - version 3.0 23

## Väderlek och väderskydd



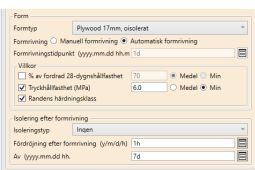
- Väderlek:
  - En väderlek för hela typfallet
  - Lufttemperatur
  - Uppskattad vindstyrka
- Väderskydd - om den används :
  - En specifikation per rand
  - Tar bort inverkan av vinden
  - Lufttemperaturen kan ändras genom uppvärmning
- Välj:
  - Lufttemp. 5°C + blåst
  - Inget väderskydd

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

23

PPB - version 3.0 24

## Form och isolering



- Val av formtyp från en databas – formen väljs som oisolerad eller med isolering
- Möjlighet att isolera efter formrivning
- Formrivning sker vid angiven tidpunkt (manuell) eller då angivna krav uppfylls (automatisk)
- Välj:
  - Plywood 17mm, oisolerad
  - Låt resten vara som det är

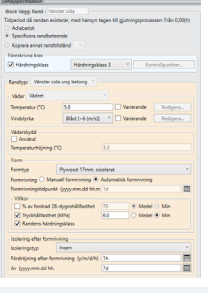
H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

24



PPB - version 3.0 25

## Låt oss specificera – Vänster sida



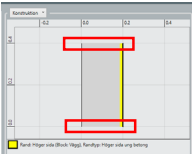
- Hårdningsklass 3
- Lufttemp. 5°C + blåst
- Använt väderskydd men utan temperaturhöjning (endast borttagen vind)
- Formtyp: Plywood 17mm, oisolerad
- Acceptera föreslagen automatisk formrivning för stödjande form
- Inget isolering efter formrivning

H1 Väggsnitt – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

25

PPB - version 3.0 26

## Ränder som inte går att markera




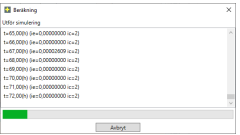
- Vissa blockgränser i bilden finns inte i Navigering
- De går inte att markera eller mata in data för
- Det är s.k. adiabatiska snitt i konstruktionen
- Ingen värme flödar över dem
- Inget mer behöver specificeras

H1 Väggsnitt – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

26

PPB - version 3.0 27

## Kör beräkning

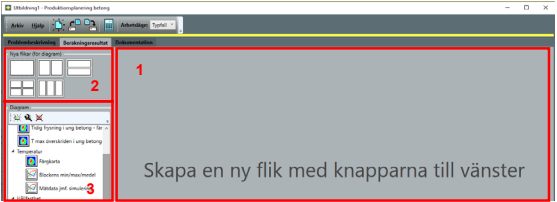
- Tryck på knappen för beräkning i verktygsraden
- (en dialog för nätgenerering blixtrar förbi på skärmen)
- En dialog för pågående beräkning visas
- Man kan avbryta pågående beräkning om man vill
- När beräkningen är färdig försvinner dialogen av sig själv

H1 Väggsnitt – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

27

PPB - version 3.0 28

## Beräkningsresultat



Skapa en ny flik med knapparna till vänster

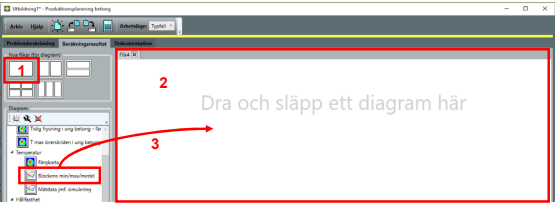
- 1: Plats för filkar som kan innehålla ett eller flera diagram
- 2: Knappar för att skapa filkar
- 3: Diagram som kan placeras i filkarna

H1 Väggsnitt – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

28

PPB - version 3.0 29

## Beräkningsresultat



Dra och släpp ett diagram här

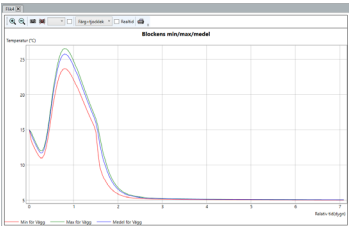
- 1: Klicka på knappen för ny flik med ett diagram
- 2: En tom flik dyker upp
- 3: Dra och släpp diagrammet för temperatur med blockens min/max/medel på den tomma diagramytan i fliken

H1 Väggsnitt – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

29

PPB - version 3.0 30

## Temperatur min/max/medel



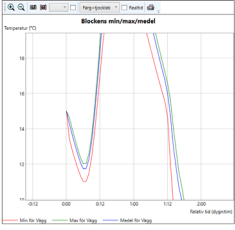
- Diagrammet visar kurvor för maximal, minimal samt medeltemperatur i blocket (väggsnittet)

H1 Väggsnitt – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

30

PPB - version 3.0 31

## Zooma och skrolla



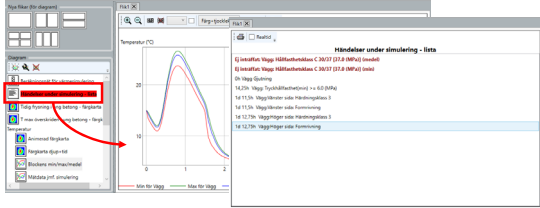
- Zooma (förstora/förminska)
  - Knapparna med förstöringsglas i diagrammets verktygsrad
  - Dubbelklicka (förstora) eller Shift-dubbelklicka (förminska) i diagrammet
- Ställ muspekaren i diagrammet och snurra på mushjulet
- Skrolla (flytta i förstorat diagram)
  - dra och släpp i diagrammytan

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

31

PPB - version 3.0 32

## Att byta innehåll i en flik



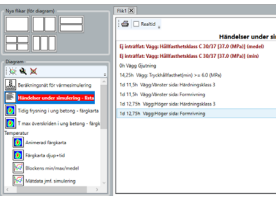
- Dra och släpp **Händelser under värmesimuleringen** i fliken på kurvdiagrammet
- Diagrammet byts då ut mot händelselistan

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

32

PPB - version 3.0 33

## Händelselista



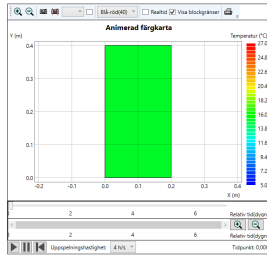
- Listan innehåller alla viktiga händelser så som:
  - gjutning
  - automatisk formgivning
  - uppfyllande av specificerade krav
- Listan kan innehålla varningar om krav inte uppfyllts
- Varningar listas i rött före händelserna
- Om varningar finns är även listobjektet bland alla diagrammen till vänster markerat i rött
- Tidpunkter kan visas som tid efter simuleringsstart eller som realtid

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

33

PPB - version 3.0 34

## Temperatur - Animerad färgkarta



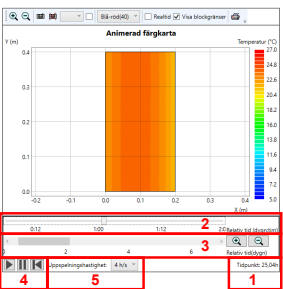
- Skapa en andra flik och dra ut den animerade färgkartan för temperatur på den
- Färgkartan visar hur temperaturen varierar i konstruktionen vid en viss tidpunkt
- Man kan styra vilken tidpunkt som visas
- Man kan även köra hela simuleringen animerad som en film

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

34

PPB - version 3.0 35

## Styrning av tid och animering



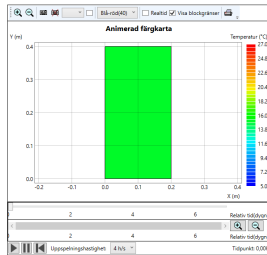
- 1: här visas tidpunkten
- 2: tidslinjal med detaljvy – dra i markören för att ändra visad tidpunkt
- 3: tidslinjal med översiktsvy och knappar för zooming av detaljvy
- 4: knappar för uppspelning av animering (ungefär som på en DVD)
- 5: möjlighet att styra hur snabbt förloppet spelas upp (timmar härdning per sekunder film)

H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

35

PPB - version 3.0 36

## Zoomning, skrollning, styrning av tid...



- Man kan zooma och skrolla i färgkartan, även under pågående animering
- Man kan föra tidsmarkören under animering om man t.ex. vill se om en tidigare sekvens
- Färgkartan är ett bra sätt att förstå vad som händer i konstruktionens olika delar under härdningen

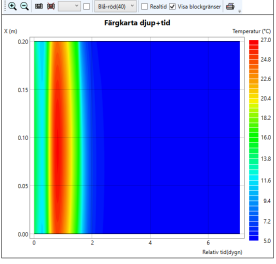
H1 Väggsektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

36



PPB - version 3.0 37

## Färgkarta djup + tid



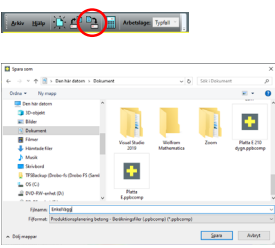
- Skapa en andra flik och dra ut färgkarta djup + tid för temperatur på den
- Färgkartan visar hur temperaturen varierar i ett tvärsnitt på djupet i konstruktionen (x-koordinat för en vägg) och i tid.
- Man kan skrolla och zooma i den på samma sätt som i de övriga diagrammen.
- Denna färgkarta finns endast för konstruktionsfall som har ett endimensionellt värmeflöde, mittsektion i vägg, bjälklag eller liknande typfall.

H1 Väggssektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

37

PPB - version 3.0 38

## Spara projektet



- Tryck på knappen **Spara** i verktygsraden eller välj **Spara** ur menyn **Arkiv**
- Välj en mapp och ange ett namn för projektfilen, t.ex. "EnkelVägg"
- Tryck på knappen **Spara** i dialogen

H1 Väggssektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

38

PPB - version 3.0 39

## Vad har vi lärt oss?

- Att starta huvudprogrammet och hitta i huvudfönstret
- Att skapa ett enkelt typfall för hållfasthetsberäkning - en väggssektion - inkl.:
  - en enkel beskrivning av ung betong
  - en enkel beskrivning av ränder
- Att köra en beräkning
- Att ta fram resultatfigurer och diagram
- Att titta på händelselista och varningar
- Att zooma och skrolla i kurvdiagram
- Att studera animerad färgkarta inkl. animering och styrning av tidpunkt
- Att studera färgkarta för djup + tid
- Att spara ett projekt

H1 Väggssektion – en enkel beräkning BYGGFÖRETAGEN

39



**BYGGFÖRETAGEN**  
Produktionsplanering betong

40



1

PPB - version 3.0 2

## Vad skall vi lära oss?

- Detaljer i problembeskrivningen:
  - Hur krav fungerar för block och ränder
  - Hur betongrecept klassificeras
  - Hur detaljer specificeras för väggsektionens ränder
- Detaljer i beräkningsresultaten:
  - Hantering av flikar
  - Styring av diagram med verktygsrad och snabbmeny
  - Export av diagram
  - Hantering av vyer
- Dokumentation med genererad rapport

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

2

PPB - version 3.0 3

## Detaljer för block av ung betong

- Grundläggande egenskaper för blocket – förvalda i typfallsläget
- Föreskrivna krav – kommer att övervakas och kontrolleras
- Material och gjuttemperatur
- Själva gjutningen – hanteras som momentan eller med simulerad påfyllning över tid

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

3

PPB - version 3.0 4

## Föreskrivna krav

- Enligt SS-EN 206:2013 och SS 137003:2015
- Påverkar inte direkt själva simuleringen
- Används för att kontrollera om materialval, arbetssätt och härdningens resultat uppfyller de föreskrivna kraven
- Kan specificeras för block samt ränder
- Kan användas för automatisk forrnivning

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

4

PPB - version 3.0 5

## Krav för block - grundläggande

- Hållfasthetsklass
- Kontrolleras under simuleringen som:
  - medelvärde för blocket
  - minimum för blocket
- Avgränsar möjligt val av betongrecept
- Dimensionerande exponeringsklass
- Avgränsar möjligt val av betongrecept
- Maximal temperatur
- Kontrolleras under simuleringen

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

5

PPB - version 3.0 6

## Krav för block - tillägg

- Man kan lägga till och ta bort egna krav
- % av fordrad 28-dygns hållfasthet:
  - Kontrolleras under simuleringen
  - Använder 28-dygns hållfasthet föreskriven genom val av hållfasthetsklass
- Hållfasthet X MPa
  - Kontrolleras under simuleringen som medelvärde eller minimum för blocket
- Mognadsålder X h
  - Kontrolleras under simuleringen som medelvärde eller minimum för blocket

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

6



PPB - version 3.0 7

### Blockmaterial - klassificering

- Hållfasthetsklass, t.ex. C16/20:
- Högsta hållfasthetsklass betongen får användas för
- Skall uppfylla nominellt klassens 28-dygns hållfasthet, men kan i verkligheten ha en högre
- Högsta ekvivalenta vattencementtal, t.ex. 0.97
- Olika leveranser kommer att ha olika vct\_ekv men ingen skall ha högre än det angivna
- Cementklass, t.ex. CEM I (enl. SS-EN 197-1:2011)
- Specificerar vilka cement och tillsatsmaterial som får ingå
- Konsistensklass, t.ex. S3
- Dmax, t.ex. 16mm

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETÅGEN

7

PPB - version 3.0 8

### Blockmaterial – val av recept

- Receptens klassning och angivna blockkrav används som filter
- Endast recept som uppfyller krav ställda på hållfasthetsklass och Vct\_ekv visas
- Filteringen går att koppla bort för att se alla recept

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETÅGEN

8

PPB - version 3.0 9

### Detaljer för rand hos ung betong

- Grundläggande egenskaper för randen – förvalda i typfallsläget
- Föreskrivna krav – kommer att övervakas och kontrolleras
- Väderlek
- Väderskydd
- Form och formrivning
- Eventuell isolering efter formrivningen

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETÅGEN

9

PPB - version 3.0 10

### Randkrav

- Övervakning av härdningskrav (vattenhärdning)
- På som standard – går att koppla bort
- Fyra klasser enligt SS-EN 13670:2009 och SS 137006:2015
- Klass 1 är min 5h i temperatur på 5° C eller högre
- Klass 2-4 baserar sig på 28-dygns hållfastheten från blockets hållfasthetsklass
- Uppfyllandet av detta krav kan användas som delkriterium för formrivning (exempel kommer...)

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETÅGEN

10

PPB - version 3.0 11

### Väderlek

- Ange lufttemperatur
- Uppskatta vindstyrka
- Möjlighet att mata in värden som varierar med tiden
- Möjlighet att använda uppmätt lufttemperatur
- Importerar från fil
- Från definerad mätkanal (se manual del H7)
- En väderlek för hela konstruktionen i typfallsläge

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETÅGEN

11

PPB - version 3.0 12

### Väderlek – importera temperatur från fil


- Man får välja en textfil med tabellerade temperaturer
- En rad per tidpunkt i realtid (datum + klockslag)
- En eller flera kolumner med temperaturer motsvarande en eller flera mätkanaler
- Dialogen visar både inläst råtext samt värden interpreterade i enlighet med valda formatanvisningar
- Det finns möjligheter att justera formatering så att de flesta textfiler kan läsas
- Man markerar vilken kolumn man vill importera

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETÅGEN

12

PPB - version 3.0 13

## Väderlek och väderskydd



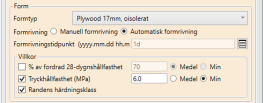
- En för hela konstruktionen (i typfallsläget)
- Används för att beskriva den huvudsakliga rådande väderleken på platsen
- Anges per rand (i typfallsläget)
- Används för att beskriva eventuella avvikelser från den gemensamma väderleken, vilket man åstadkommer genom t.ex. intäckning eller uppvärmning

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

13

PPB - version 3.0 14

## Form



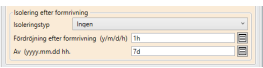
- Val av formtyp från en databas
- Manuell formrivning
- vid föreskriven tidpunkt
- Automatisk formrivning
- vid uppfyllande av specificerade villkor
  - Randens hårdningsklass
  - X% av fordrad 28-dygns hållfasthet
  - X MPa hållfasthet
- tidpunkten beräknas automatiskt

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

14

PPB - version 3.0 15

## Isolering efter formrivning



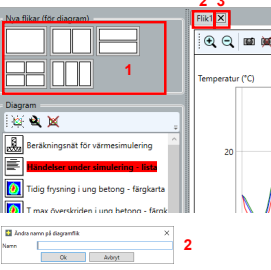
- Möjlighet att hänga på isolering efter formrivningen
- Val av isoleringstyp från en databas
- Hur lång tid tar det efter formrivningen att få dit isoleringen
- När tas isoleringen bort

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

15

PPB - version 3.0 16

## Hantering av resultatflikar



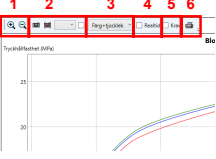
- 1: Knappar för att skapa nya tomma flikar. Knapparna visar hur många diagramplattor fliken kommer att ha och hur de kommer att vara ordnade
- 2: Dubbelklickar man på flikens namn får man upp en dialog där namn kan namnge fliken själv. Tomt namn blir automatiskt "FlikX" där X är ett löpnummer
- 3: Man tar bort en flik med dess diagram genom att klicka på kryssknappen på fliken

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

16

PPB - version 3.0 17

## Verktygsrad i diagram



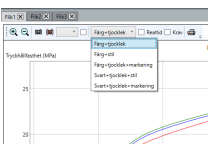
- 1: Zoomning
- 2: Vyhantering:
  - Spara vy
  - Ta bort vy
  - Välja från sparade vyer
  - Markera vydefinition i diagrammet
- 3: Val av hur kurvorna ser ut
- 4: Visar tidsskalan i realtid (klockslag och datum)
- 5: Om man definierat krav på resultattypen som visas i diagrammet (t.ex. hållfasthet) kan dessa nivåer visas i diagrammet
- 6: Skriver ut diagrammet

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

17

PPB - version 3.0 18

## Kurvtyper



- Ett antal uppsättningar med kurvtyper finns definierade
- Man kan växla mellan dem och t.ex.
- visa enskilda punkter i kurvan eller ej
- anpassa diagrammet för svartvitt utskrift

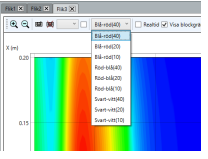
H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

18



PPB - version 3.0 19

## Färgpaletter



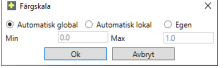
- Ett antal paletter med färger finns definierade för användning i färgkartor
- Vill man se en jämnare färgsättning väljer man en med många färger
- Vill man se skarpare gränser mellan temperaturområden väljer man en med färre färger
- Svartvitt finns för utskrift på skrivare utan färg

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

19

PPB - version 3.0 20

## Färgskala



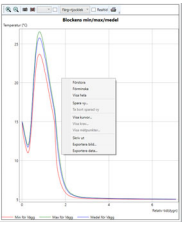
- Dubbelklickar man på färgskalan får man upp en dialog där skalindelningen går att styra
- Man kan välja mellan
  - Automatisk global - gränserna väljs automatiskt så att hela resultatmängden täcks.
  - Det gör olika färgkartor för samma resultattyp jämförbara med varandra
  - Automatisk lokal - gränserna väljs automatiskt anpassat till resultatmängden i den enskilda färgkartan
  - Det kan ge bättre färgutnyttjande för icke-animerade färgkartor
- Egen - man får sätta gränserna själv
  - Områden utanför skalan färgsätts inte.

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

20

PPB - version 3.0 21

## Snabbmeny i kurvdiagram



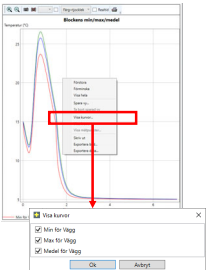
- Högerklicka i diagrammet för att visa snabbmenyn
- Zoomningskommandon inkl. **Visa hela**, som visar hela kurvorna maximerat över ytan
- Kommandon för hantering av vyer
- Möjlighet att välja vilka kurvor som visas
- Möjlighet att välja vilka kravnivåer som visas
- Utskrift
- Export av bild och data

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

21

PPB - version 3.0 22

## Välj vilka kurvor som visas




- Diagrammet har ett antal fördefinierade kurvor
- Man kan visa alla eller bara några
- Kommandot **Visa kurvor...** tar fram en dialog
- Där kan man markera vilka kurvor som visas
- Bocka för eller bort och tryck **Ok**

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

22

PPB - version 3.0 23

## Välj vilka kravnivåer som visas



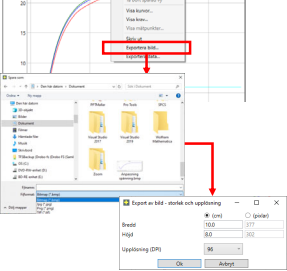
- Om det finns krav definierade för resultattypen som diagrammet visar (t.ex. hållfasthet) så kan motsvarande nivåer markeras i diagrammet
- I verktygsraden för diagrammet kan man välja om krav visas över huvudtaget
- Kommandot **Visa krav...** tar fram en dialog där man kan markera vilka kravnivåer som visas
- Bocka för eller bort och tryck **Ok**

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

23

PPB - version 3.0 24

## Exportera bild



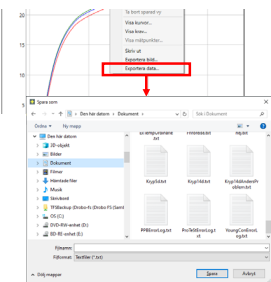
- Diagrammet kan exporteras till bild
- Först får man välja mapp och format samt ange filnamn för bildfilen
- Sedan får man ange storlek i cm eller pixlar samt upplösning

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

24

PPB - version 3.0 25

## Exportera data



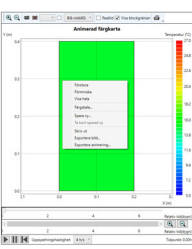
- Data bakom kurvorna i ett diagram kan exporteras till textfil
- Man får välja mapp och ange filnamn för textfilen
- Textfilen kan sedan t.ex. läsas in i Excel för vidare behandling av data

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

25

PPB - version 3.0 26

## Snabbmeny i färgkarta



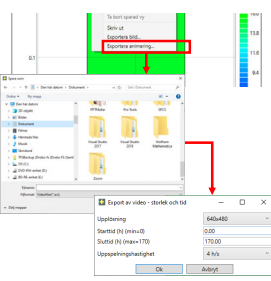
- Högerklicka i diagrammet för att visa snabbmenyn
- Zoomningskommandon inkl. **Visa hela**, som visar hela kurvorna maximerat över ytan
- Vykkommandon
- Utskrift
- Export av bild
- Export av animering för animerade färgkartor

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

26

PPB - version 3.0 27

## Exportera animering



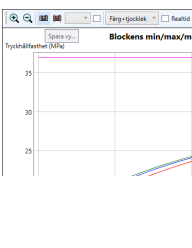
- En animerad sekvens av färgkartan kan exporteras till en videofil (\*.avi)
- Först får man välja mapp och filnamn för videofilen
- Sedan väljer man
  - upplösning
  - start- och sluttid för sekvensen
  - uppspelningshastighet

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

27

PPB - version 3.0 28

## Snabbmeny i färgkarta



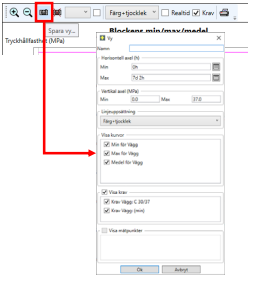
- En vy är som en stillbild av diagrammet så som det ser ut när vyn sparas
- Vyn innehåller
  - definition av skalor
  - val av kurvtyper (för kurvdiagram) eller färguppsättning (för färgkarta)
  - vilka kurvor som visas (för kurvdiagram)
  - visad tidpunkt (för färgkarta)
  - ett namn, om man angett ett sådant
- Man kan spara många vyer

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

28

PPB - version 3.0 29

## Spara en vy



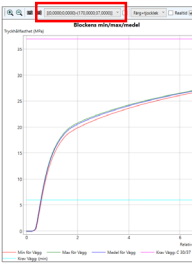
- Man sparar en vy av hur diagrammet ser ut genom att klicka på knappen **Spara en vy...**
- Vydialogen visas då med hela definitionen av vyn
- Man kan ge vyn ett namn
- Man kan också justera vydefinitionen (t.ex. skalan) innan den sparas

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

29

PPB - version 3.0 30

## Diagrammet med vald vy



- Efter man har spara en vy se man vyn som vald i vylistan – diagrammet befinner sig ju i exakt den vyn
- Rör man någon inställning i diagrammet, försvinner vyn från toppen av listan eftersom diagrammet inte längre visas på detta sätt (vyn är kvar i listan men längre ner)
- Vill man visa vyn igen är det bara att välja den från listan

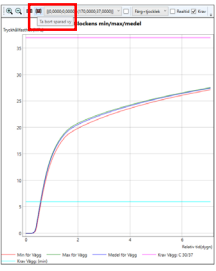
H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

30



PPB - version 3.0 31

## Ta bort en vy



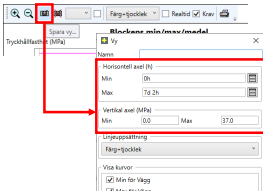
- Först välj vyn, som skall tas bort, från vylistan
- Sedan tryck på knappen **Ta bort sparad vy**
- Vyn är borta från listan nu

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

31

PPB - version 3.0 32

## Egen skala



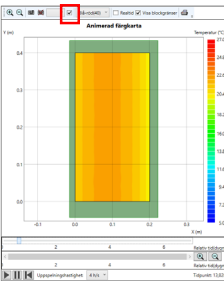
- Vill man visa diagrammet i en egen, exakt specificerad skala så använder man en vy för detta ändamål:
- Skapa en vy
- Innan vyns definition accepteras, ändra skalan till vad som önskas
- Spara vyn
- Använd vyn från listan varje gång diagrammet skall visas i den önskade skalan

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

32

PPB - version 3.0 33

## Visa vydefinitionen i diagrammet



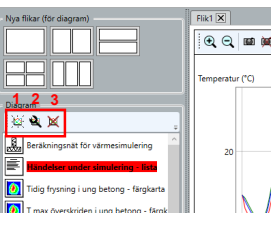
- Man kan bocka för i verktygsraden att visa vydefinitionen (området) i diagrammet
- För kurvdiagram är vydefinitionen alltid lika med hela diagrammet
- För färgkartor där X och Y-axlar måste vara i proportion mot varandra kan det blir olika, beroende på hur stort utrymme vyn får på skärmen
- Funktionen används för att se vilket område som kommer att sparas i vydefinitionen och för att ev. justera diagrammet innan vyn sparas

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

33

PPB - version 3.0 34

## Verktygsrad i diagram



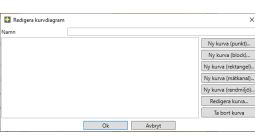
- Man kan lägga till, ta bort resp. ändra i definitionen hos kurvdiagrammen
- (De andra diagrammen är fasta och kan inte ändras)
- Man använder för detta ändamål knapparna ovanför diagramlistan
- 1: Skapar ett nytt diagram
- 2: Ändrar definition av det markerade diagrammet
- 3: Tar bort det markerade diagrammet

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

34

PPB - version 3.0 35

## Definiera kurvor



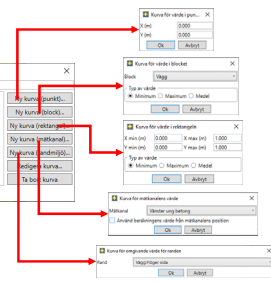
- Definitionen för ett kurvdiagram består av en lista med kurvdefinitioner
- I dialogen kan man skapa nya kurvdefinitioner för:
  - värde i en punkt i konstruktionen
  - värde för ett block
  - värde för ett rektangulärt område i konstruktionen
  - värde baserat på definitionen av en mätkanal
  - värde som beskriver förhållanden utanför en rand
- Markerar man en befintlig kurva i listan kan man redigera dess definition eller ta bort den

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

35

PPB - version 3.0 36

## Olika typer av kurvor



- Punkt - man anger koordinater för punkten
- Block - man väljer blocket från listan
- min., max. eller medelvärde för blocket
- Rektangel - man väljer rektangelns koordinater
- min., max. eller medelvärde på rektangeln
- Mätkanal – man väljer en mätkanal från listan
- om det är det uppmätta värdet eller det beräknade värdet (i samma position) som gäller
- Randmiljö - man väljer block och rand

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

36

PPB - version 3.0 37

## Rapport

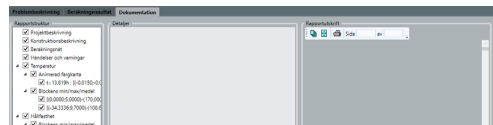
- I PPB kan man på ett smidigt sätt generera en rapport
- Rapporten kan innehålla i princip all information som finns i ett projekt inkl.
  - en fullständig beskrivning
  - olika bilder från beräkningsresultaten
  - ev. inlästa mätdata (vi tittar på detta senare i kursen)
- Man kan styra vad rapporten innehåller
- Man kan justera hur diagrammen visas
- Alla diagram visas m.h.a. definierade vyer
  - så gå in i resultaten och spara några vyer per diagram

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

37

PPB - version 3.0 38

## Dokumentation



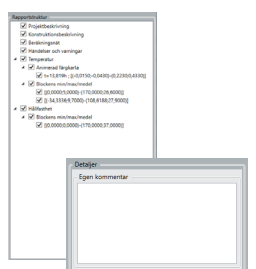
- I huvudfilen **Dokumentation** hanterar man rapporten
- Rapportstruktur** fungerar ungefär som Navigation i Problembeskrivningen
  - här väljer man vilka delar av rapporten som skall vara med
  - här markerar man en del för att visa/ändra på dess detaljer
- Detaljer** kan man visa/ändra på detaljer i den valda rapportdelen
- Rapportutskrift** genererar man själva rapporten, förhandsvisar och skriver ut den.

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

38

PPB - version 3.0 39

## Rapportstruktur



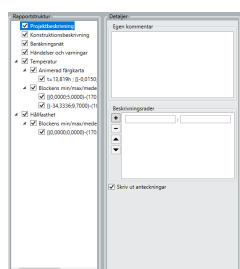
- Rapportstrukturen visar rapportens indelning i kapitel och underkapitel
- Om en punkt inte är vald kommer inte dess underpunkter med
- Alla kapitel och underkapitel kan kommenteras med fri text - **Egen kommentar** i **Detaljer**
- Vissa kapitel innehåller inte några andra detaljer som kan specificeras

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

39

PPB - version 3.0 40

## Projektbeskrivning



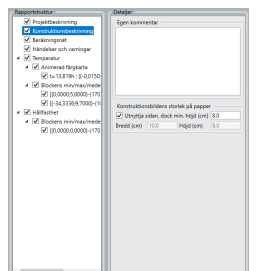
- Projektbeskrivningen** innehåller endast den beskrivning man ger i **Detaljer**
- Egen kommentar** kan man beskriva projektet med fri text
- Beskrivningsrader** kan man ange mer strukturerad information på formen
  - rubrik : innehåll
- Knappar finns för att skapa och ta bort rader resp. ändra på inbördes ordning
- Man kan också välja om **Anteckningar** från underkanten av huvudfönstret skall med i rapporten

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

40

PPB - version 3.0 41

## Konstruktionsbeskrivning



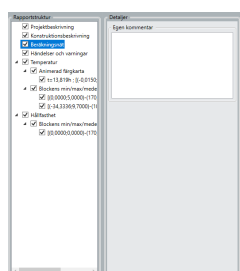
- Konstruktionsbeskrivningen består huvudsakligen av:
  - en översiktsbild på konstruktionen
  - en fullständig lista av allt specificerat i problembeskrivningen
- Egen kommentar** kan man dessutom beskriva konstruktionen med fri text
- Man kan styra hur bilden kommer att monteras i rapporten
  - maximal storlek på den sida den hamnar dock som minst en viss höjd
  - fast storlek

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

41

PPB - version 3.0 42

## Beräkningsnät



- Beräkningsnät består huvudsakligen av:
  - en översiktsbild på elementnätet som används för FEM beräkningen
- Egen kommentar** kan man dessutom beskriva beräkningsnätet med fri text

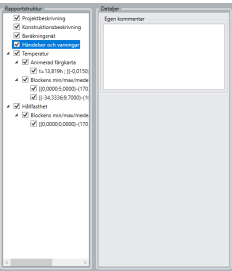
H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

42



PPB - version 3.0 43

## Händelser och varningar



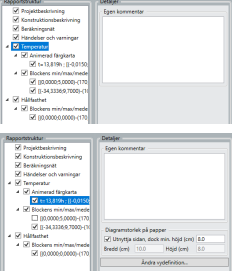
- Händelser och varningar består huvudsakligen av:
  - listan med händelser och ev. varningar
- **Egen kommentar** kan man dessutom beskriva listan med fri text

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

43

PPB - version 3.0 44

## Resultat



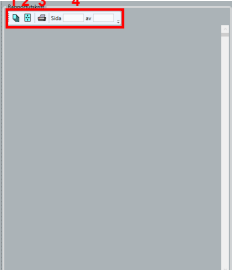
- Resultatdelen är ordnad i
  - resultatvärden (Lex. temperatur)
  - diagram (Lex. färgkarta)
  - vyer
- Resultatvärden och diagram har bara rubriker och egna kommentarer
- Vyerna innehåller bilder
- Bildernas montering styrs på samma sätt som för konstruktionsbilden
- Man kan även härifrån justera definitionen av själva vyn

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

44

PPB - version 3.0 45

## Rapportutskrift



- Denna del används för att:
  - generera själva rapporten
  - förhandsvisa den
  - skriva ut den
- Verktygsraden innehåller knappar och kontroller för
  - 1: generering av rapporten
  - 2: styrning av format
  - 3: utskrift
  - 4: visning och styrning av vilken sida som förhandsvisas

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

45

PPB - version 3.0 46

## Generera och visa rapport



- 1: Generera rapport
- 2: Rapporten förhandsvisas en sida i taget
- 3: Ändra vilken sida som visas genom att ändra sidnumret
- 4: Det går också att bläddra i rapporten med bläddringslistan

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

46

PPB - version 3.0 47

## Generera och visa rapport



- Rapportens standardlayout är baserat på stående A4 med 1,5 cm marginal
- Man kan ändra dessa inställningar genom att:
  - välja annat pappersformat eller ange eget
  - ändra marginalerna
- **Observera** att den inställning man väljer bör stämma överens med pappersformat som skrivaren är inställd på

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

47

PPB - version 3.0 48

## Vad har vi lärt oss?

- Hur krav fungerar i detalj för block och ränder
- Om klassificering av betongrecept och hur detta samverkar med de föreskrivna kraven vid val av recept
- Hur man specificerar varierande lufttemperatur och vindstyrka
- Hur väderlek och väderskydd samverkar i konstruktionsbeskrivningen
- Hur form och forrövning kan beskriva i detalj inkl. manuell och automatisk forrövning
- Hur isolering efter forrövningen kan specificeras i detalj

H2 Väggsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

48

PPB - version 3.0 49

### Vad har vi lärt oss?

- Hur man hanterat resultatfilkar
- Hur verktygsraden fungerar i diagram
- Hur snabbmenyn fungerar i diagram
- Hur man exporterar diagram som bild, video och/eller data
- Hur vyer fungerar
- Hur man genererar en rapport
- Hur man styr i detalj vad som finns i rapporten och hur bilder monteras i den

H2 Vägsektion – fördjupning BYGGFÖRETAGEN

49



**BYGGFÖRETAGEN**  
Produktionsplanering betong

50

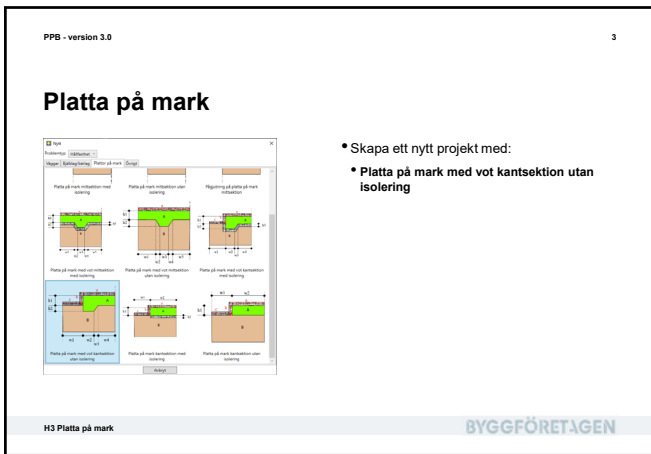




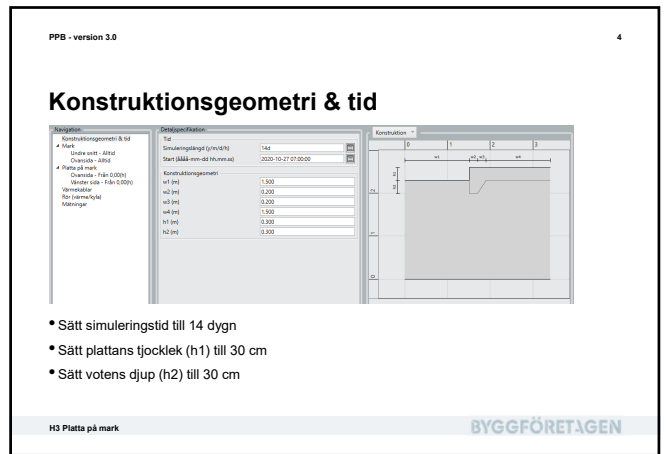
1



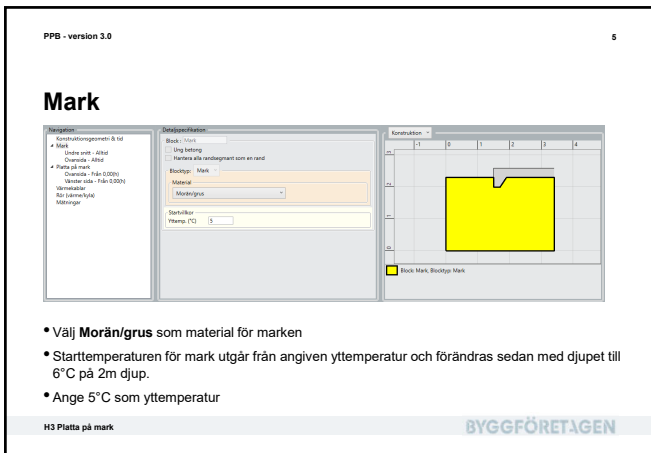
2



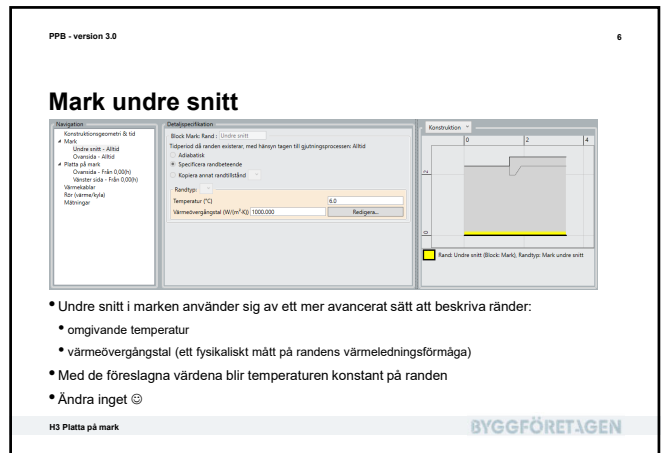
3



4



5



6



PPB - version 3.0 13

### Hur gick det?

- Glättning efter drygt 9 timmar
- Hela plattan är aldrig över 10°C
- Mer än 3 dygn innan ovsidan hårdningsklass är innefattad

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

13

PPB - version 3.0 14

### Om du inte är nöjd...

- Om du inte är nöjd med hårdnandet, **studera temperaturen!**
- Hårdnandet styrs av värme
- Om konstruktionen kyls av omgivningen så tappar betongen värmen vilket resulterar i försämrad mognad och hållfasthetstillväxt
  - ...isolering / täckning?
  - ...väderskydd?
  - ...värme: infra / kabel / värmerör?
- Är det riktigt illa så kommer hårdnandet aldrig igång
  - ...högre gjuttemperatur?

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

14

PPB - version 3.0 15

### Studera temperaturen

- Topparna vid ca 1 dygn säger att hårdnandet kom igång
- Medeltemperatur med en topp på 17°C är dock svagt
- Efter topparna ser vi att konstruktionen kyls av ganska raskt
- Betongen läcker för mycket värme!
- Studera färgkarta för att ta reda på var!

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

15

PPB - version 3.0 16

### Vart tar värmen vägen?

- Bilderna är tagna vid temperaturmax (ca 1 dygn) och ca 1 dygn senare
- 1: Vi har en stor kyleffekt från den fria ytan på ovsidan
- 2: Betongen värmer även upp marken, dvs. marken kylar betongen

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

16

PPB - version 3.0 17

### Åtgärder

- Vi tittar först på vad begränsning av kylningen från luften kan åstadkomma:
  - Täckning + formisolering

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

17

PPB - version 3.0 18

### Täckning på ovsidan

- Välj 3 centimeters isolermatta som täckning på ovsidan av plattan
- Den skall på 1 timme efter gjutning och av efter en vecka

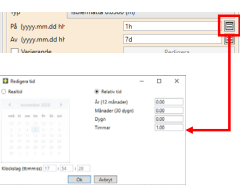
H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

18



PPB - version 3.0 19

### Att ange en tidpunkt i simuleringen



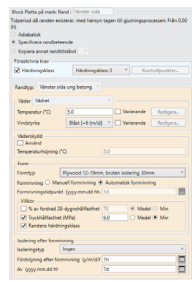
- Tidpunkter för händelser under simuleringen kan anges på två sätt:
  - I relativ tid, dvs. man anger ett tidsintervall efter simuleringens start
  - I realtid, dvs. man anger ett datum och klockslag
- Dessa kan matas också på två olika sätt
- Man trycker på knappen till höger och får ange tidsintervall eller välja datum och ange klockslag i en dialog
- Man kan också skriva in tiden i relativt eller realtidsformat direkt i rutan
  - Relativ tid t.ex.: 1y 3m 5d 3,5h
  - Realtid t.ex.: 2020-04-11 13.07.00

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

19

PPB - version 3.0 20

### Formisolering på vänster sida



- Byt formtyp till:
  - Plywood 12-19mm, bruten isolering 30mm
  - (Behåll resten som den är)

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

20

PPB - version 3.0 21

### Kör beräkning

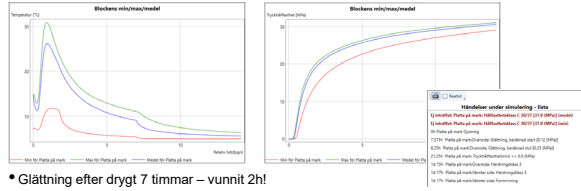


H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

21

PPB - version 3.0 22

### Hur gick det?



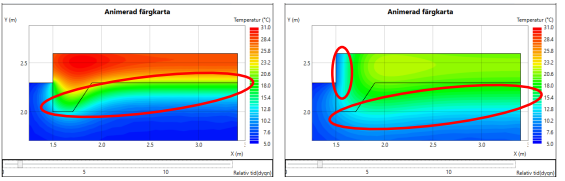
- Gåttning efter drygt 7 timmar – vunnit 2h!
- Max. och medeltemperatur har tagit sig – hårdnandet har kommit igång mycket bättre i större delen av plattan!
- Ovänsdan när hårdningsklassens krav på lite över 1,5 dygn - ok
- Lägsta temperaturen är fortfarande ett problem, vilket syns på kurvan för min. hållfasthet, som släpar efter resten

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

22

PPB - version 3.0 23

### Vart tar värmen vägen?



- Ovänsdan ser bra ut
- Undersidan är fortfarande ett problem
- På andra bilden (vid 49h) ser vi att vänster sida kyls av fort efter formrivning – det kanske kan vara en bra idé att hänga dit samma isolermatta som redan täcker ovasidan...

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

23

PPB - version 3.0 24

### En jämförelse

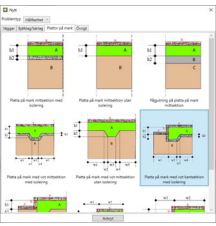
- Isolering efter formrivning på vänster sida är lätta att få dit.
- Avkylningen från marken är dock svårare. Isolering vore bra men en sådan åtgärd kräver i regel kontakt med konstruktör och en framförhållning som sällan finns. Då återstår det att välja en högre betongkvalitet.
- Men... låt oss jämföra hur det skulle se ut i samma fall (väder mm.) om konstruktören hade föreskrivit isolering mot mark!

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

24

PPB - version 3.0 25

### Nytt typfall



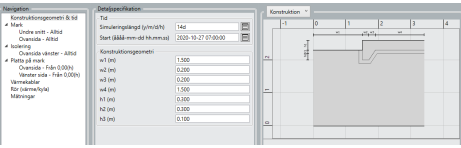
- För att få in isolering under plattan behöver vi byta typfall
- Skapa nytt projekt med **Platta på mark** med vot kantsektion med isolering

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

25

PPB - version 3.0 26

### Konstruktionsgeometri & tid



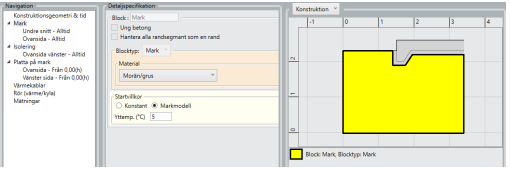
- Sätt simulerings tid till 14 dygn
- Sätt plattans tjocklek (h1) till 30 cm
- Sätt votens djup (h2) till 30 cm
- Sätt isoleringens tjocklek (h3) till 10 cm

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

26

PPB - version 3.0 27

### Mark



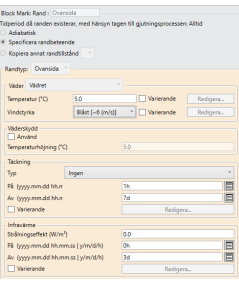
- Välj **Morän/grus** som material för marken
- Välj **Markmodell** och ange 5°C som ytemperatur

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

27

PPB - version 3.0 28

### Mark - ovsida



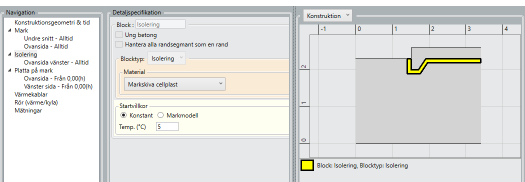
- Höstväder:
- 5°C lufttemperatur
- Bläst
- Vi gör ingen mer på denna markbit
- Inget väderskydd
- Ingen täckning
- Inget infravärme

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

28

PPB - version 3.0 29

### Isolering



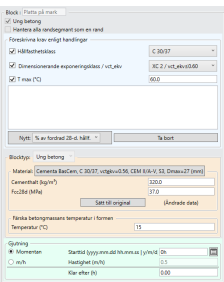
- För isoleringsblocket välj **Markskiva cellplast** som material
- Sätt konstant temperatur på 5°C som startvillkor

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

29

PPB - version 3.0 30

### Platta på mark



- Krav:
- **C 30/37**
- **XC2**
- Material:
- **Cementa BasCem C30/37, S3, Dmax=27mm**
- 15°C gjuttemperatur
- Momentan gjutning

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

30

PPB - version 3.0 31

### Platta - ovsida

- **Krav:**
  - Härdningsklass 3
- **Täckning:**
  - Isolermatta 3 cm
  - På vid 1h
  - Av vid 168h
- **Simulering av glättning på**

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

31

PPB - version 3.0 32

### Platta - vänster sida

- **Krav:**
  - Härdningsklass 3
- **Form**
  - Plywood 12-19, brutet isolering 30mm
  - Automatisk formrivning som föreslaget
- **Isolering efter formrivning:**
  - Isolermatta 3cm

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

32

PPB - version 3.0 33

### Kör beräkning

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

33

PPB - version 3.0 34

### Hur gick det?

- Glättning opåverkad
- Minsta temperaturen har nu stigit rejält. Hacken i den visar i kronologisk ordning glättning, formrivning samt borttagande av täckning och isolering
- Den erfordrade 28-dygnshållfastheten är inte uppnådd men vi har bara simulerat 2 veckor...
- Kör gärna en beräkning med simuleringstid på 28 dagar ☺

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

34

PPB - version 3.0 35

### Och färgkartorna?

- Isoleringen mot marken är färgad som en regnbåge (stor temperaturgradient) medan plattan och marken har skilda temperaturer och uppvisar väsentligt mindre temperaturvariationer
- Slutsats: värmen håller sig där den skall ☺

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

35

PPB - version 3.0 36

### Vad har vi lärt oss?

- Att räkna på platta på mark
- Simulera glättning
- Att använda händelselista och kurvdiagram för att få översikt över hur väl vi lyckats gjuta
- Att använda färgkarta för att förstå vad som händer och vad som gick snett, dvs. förstå var värmen tar vägen
- Att använda täckning, formsolering, isolering efter formrivning samt isolering mot mark för att förhindra avkyllning av konstruktionen och därav följande dåligt hårdnande

H3 Platta på mark BYGGFÖRETAGEN

36







PPB - version 3.0 7

### Vägg – vänster sida övre del

- De övre 5 cm på väggens vänstra sida är en speciell rand – varken adiabatisk eller med ett eget specificerat randbeteende
- Denna rand kopierar randtillstånd från bjälklagets vänstra sida
- I praktiken är det alltså 5 cm överlappning från bjälklagets form
- Inget mer behöver anges här – denna del kommer att uppföra sig precis likadant som bjälklagets forränd

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

7

PPB - version 3.0 8

### Vägg – vänster sida nedre del

- Vädet redan beskrivet
- Utsida – inget väderskydd
- Ingen isolering

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

8

PPB - version 3.0 9

### Bjälklag

- **Krav:**
  - C 28/35
  - XC2
- **Material:**
  - **Cementa BasCem, C28/35, S3, Dmax=16mm**
  - 15°C gjuttemperatur
- Momentan gjutning

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

9

PPB - version 3.0 10

### Bjälklag - undersida

- **Krav:**
  - **Härtningsklass 3**
- Samma miljö som för insidan av väggen:
  - Väderskydd
  - Temperaturhöjning med 10°C
- **Form:**
  - **Plywood 17mm, oisolerat**
  - Automatisk forrinvning som föreslagat
  - Observera att detta är bärande form så 70% av 28-dygnshållfastheten krävs för forrinvning
- Inget infravärme

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

10

PPB - version 3.0 11

### Kvarsittande form

- För vissa ränder (undersida på bjälklag) kan även kvarsittande form användas
- Listan med formtyper innehåller då endast kvarsittande form
- Ingen forrinvning då ☺
- (I just detta beräkningsfall använder vi det inte)

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

11

PPB - version 3.0 12

### Bjälklag - ovsida

- **Krav:**
  - **Härtningsklass 3**
- Yttre miljö – inget väderskydd
- Glättning
- Vi börjar utan täckning
- Inget infravärme

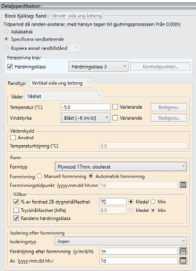
H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

12



PPB - version 3.0 13

## Bjälklag – vänster sida



- **Krav:**
  - **Härdningsklass 3**
- **Ytermiljö – inget väderskydd**
- **Form:**
  - **Plywood 17mm, oisolerat**
  - **Automatisk formrivning som föreslaget**
  - **Ingen isolering efter formrivningen**

H4 Bjälklag, kantuttag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

13

PPB - version 3.0 14

## Det skall gå åt...

- **Egentligen får vi inte gjuta mot en vägg på -5°C**
- **Vi har kallare klimat nu än i förra exemplet men ingen formisolering eller täckning**
- **Låt oss ändå räkna på detta dåliga utförande, för att se hur PPB varnar för detta, innan vi gör något åt det**

H4 Bjälklag, kantuttag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

14

PPB - version 3.0 15

## Kör beräkning

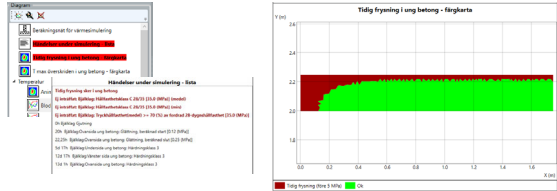


H4 Bjälklag, kantuttag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

15

PPB - version 3.0 16

## Varningar



- **Diagramlistan innehåller två rödmarkerade objekt**
- **Listan med händelser och varningar rapporterar ett drös problem inkl. tidig frystning**
- **Vi kan också titta på en färgkarta (utan animation) som visar omfattningen och var i konstruktionen det fryser innan hållfasthet av 5 MPa är uppnådd**

H4 Bjälklag, kantuttag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

16

PPB - version 3.0 17

## Låt oss fixa litet...

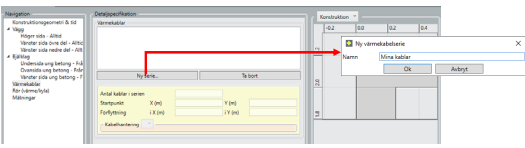
- **Först tar vi itu med den kalla väggen**
- **Vi förvärmer den med värmekabel**
- **Man skulle kunna gissa sig fram till en förvärmning och vilken starttemperatur den skulle kunna ge, men vi chansar inte utan:**
  - **Vi sätter in värmekablar i väggen**
  - **Vi fördröjer gjutningen av bjälklaget 2 dygn och på detta sätt ger väggen 48 timmar av förvärmning i simuleringen**
  - **Vi kollar temperaturen i väggens övre del efter 47 timmar så att den är ok innan vi släpper det hela**

H4 Bjälklag, kantuttag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

17

PPB - version 3.0 18

## Värmekablar



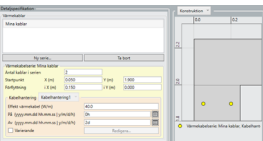
- **Värmekablar hanteras i serier. Varje serie:**
  - **har ett antal kablar i en rät linje**
  - **har en startpunkt och en förflyttning mellan varje kabel**
  - **en hantering, dvs. hur kablarna körs**
  - **Man kan skapa så många serier som man behöver**
  - **Skapa en serie och ge den ett namn**

H4 Bjälklag, kantuttag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

18

PPB - version 3.0 19

## Värmekablar



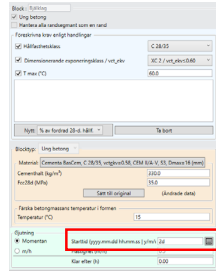
- 2 värmekablar
- Startpunkt i (0,05;1,90)
- En förflyttning på (0,15;0,00), dvs serien går i sidled med c/c-avstånd på 15cm
- Effekt på 40 W/m
- På från start i 2d

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

19

PPB - version 3.0 20

## Bjälklag – fördröjning av gjutning



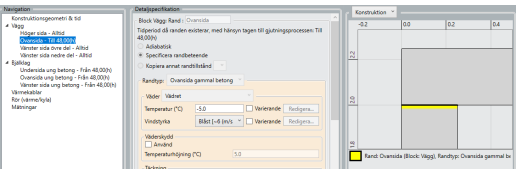
- Fördröjning av bjälklagets gjutning skapas genom att man sätter gjutningens starttid till någon större än 0
- Satt 2d som starttid

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

20

PPB - version 3.0 21

## Dynamisk konstruktion



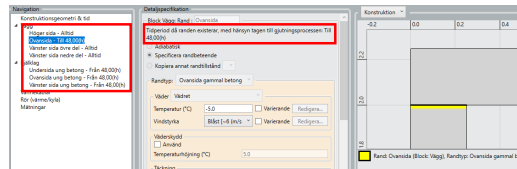
- Konstruktionen blir nu dynamisk - bjälklaget är inte där förrän vid 48 h
- När alla block inte finns på plats från början blir ränderna något komplicerade – deras existens kan variera i tiden som en konsekvens av blockens variation
- Väggens har nu fått en ovsida – tidigare en kontaktyta mellan två block, nu en yttre rand med eget beteende fram till 48h

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

21

PPB - version 3.0 22

## Dynamisk konstruktion



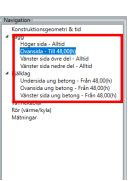
- Dynamiken för konstruktionen anges med fördröjningar i gjutningar för ett eller flera block
- En bra feedback på vad man angett är tidsuppgifter för när resp. randsegment existerar
- Detta ses i komprimerad form i Navigation direkt till höger om rändernas namn
- Detta ses mer utförligt i toppen av randens detaljspecifikation

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

22

PPB - version 3.0 23

## Vår dynamiska konstruktion



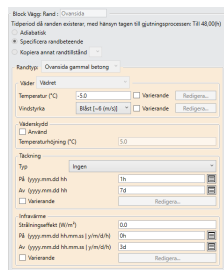
- I vårt fall har vi en vägg som alltid finns och ett bjälklag som finns fr.o.m. 48h
- Väggens ränder finns alltid med undantaget för ovsidan som gäller endast till 48 h, då den gjuts över av bjälklaget
- Bjälklagets samtliga ränder finns fr.o.m. 48 h fram till slutet av simuleringen
- Det ser rimligt ut ☺

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

23

PPB - version 3.0 24

## Vägg - ovsida



- Vi tittar på randvillkoret för väggens ovsida som tillkommit
- Väderleken är redan specificerad
- Vi börjar utan andra åtgärder:
  - Inget väderskydd
  - Ingen täckning
  - Ingen infravärme

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

24

PPB - version 3.0 25

## Kör beräkning



Utför simulering

- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)

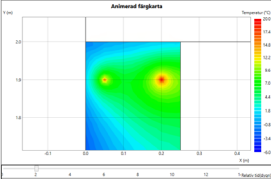
H4 Bjälklag, kantuttag på väggsektion

BYGGFÖRETAGEN

25

PPB - version 3.0 26

## Är väggen varm nog?



- Ta fram färgkarta, ställ in på 47h och förstora toppen på väggen
- Ytan är nog över 0°C men vi behöver upp till 5°C
- Att lägga täckning på denna yta är svårt pga. armeringsjärn, men man kan lägga isolermatta runt och på detta sätt ta både bort vinden och åstadkomma en värmekudde

H4 Bjälklag, kantuttag på väggsektion

BYGGFÖRETAGEN

26

PPB - version 3.0 27

## Vägg - ovsida

Block bygg Basid - Control

Tidspunkt då vinden existerar, med hänsyn tagen till gåningsprocessen Till 48,000h

Adresserik

Specifika vindriktningar

Kopiera anmärkningsblad

Kategori: Ovsida generell betong

Vädd: Väddet  Nerevande  Redigera...

Vindskär: Bjälst-4 (m-4)  Nerevande  Redigera...

Väddskjöld

Of. Använd

Temperaturhöjning (°C) 10.0

Täckning

Typ: Ingen

På byggnadsid m: 1h  Nerevande  Redigera...

Av byggnadsid m: 2h  Nerevande  Redigera...

Information

Ställningshög (m) m-5 0.0

På byggnadsid (m) m-5 0h  Nerevande  Redigera...

Av byggnadsid (m) m-5 0h  Nerevande  Redigera...

- Väderskydd
- Temperaturhöjning med 10°C

H4 Bjälklag, kantuttag på väggsektion

BYGGFÖRETAGEN

27

PPB - version 3.0 28

## Kör beräkning



Utför simulering

- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)
- t=0.0000 (se=0.00000000 +-2)

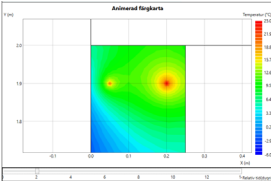
H4 Bjälklag, kantuttag på väggsektion

BYGGFÖRETAGEN

28

PPB - version 3.0 29

## Är väggen varm nog?



- Ytan är klart över 5°C, även om vi noterar att vänsterkanten läcker värme till ytermiljön
- På vänsterkantens översta 5 cm finns just nu isolerad form från bjälklaget. Vi kommer snart att se att den behöver isoleras även av andra skäl
- I alla fall, väggen är varm nog ☺

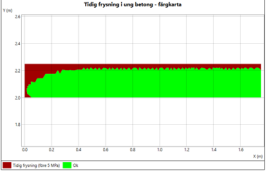
H4 Bjälklag, kantuttag på väggsektion

BYGGFÖRETAGEN

29

PPB - version 3.0 30

## Hur gick det för övrigt?



Händelser under simulering - lista

- Tidig frysvning över i väggbetong
- 1) Innehåller Bjälklag/Höjningsbetong C 28/19 (15.8 MPa) (svart)
- 2) Innehåller Bjälklag/Höjningsbetong C 28/19 (15.8 MPa) (svart)
- 3) Innehåller Bjälklag/Trykklämförbetong C 28/19 (15.8 MPa) (svart)
- 4) Innehåller Bjälklag/Ovsida väggbetong Höjningsbetong 3
- 5) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 6) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 7) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 8) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 9) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 10) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 11) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 12) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 13) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 14) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 15) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 16) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 17) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 18) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 19) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 20) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 21) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 22) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 23) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 24) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 25) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 26) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 27) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 28) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 29) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 30) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 31) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 32) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 33) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 34) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 35) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 36) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 37) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 38) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 39) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 40) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 41) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 42) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 43) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 44) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 45) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 46) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 47) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 48) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 49) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 50) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 51) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 52) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 53) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 54) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 55) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 56) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 57) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 58) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 59) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 60) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 61) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 62) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 63) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 64) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 65) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 66) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 67) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 68) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 69) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 70) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 71) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 72) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 73) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 74) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 75) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 76) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 77) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 78) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 79) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 80) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 81) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 82) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 83) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 84) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 85) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 86) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 87) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 88) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 89) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 90) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 91) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 92) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 93) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 94) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 95) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 96) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 97) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 98) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 99) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3
- 100) Innehåller Bjälklag/Ovsida vägg betong Höjningsbetong 3

- Tidig frysvning fortfarande i vänsterkant och på ovsidan, dock något mindre i omfattning i anslutning till väggen
- Undersidan verkar hårdna, dock rätt långsamt
- Bjälklaget förlorar värme

H4 Bjälklag, kantuttag på väggsektion

BYGGFÖRETAGEN

30



PPB - version 3.0 31

### Vart tar värmen vägen?

- Färgkarta vid 7h efter gjutning (55h efter simuleringstart)
- Bjälklaget läcker värme
- På ovansidan (-> täckning skall på)
- Till vänster (-> formen skall isoleras)
- Neråt till väggen (-> värmekabel skall vara på ett dygn längre)

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

31

PPB - version 3.0 32

### Bjälklag - ovansida

- Täckningstyp:
  - Isolermatta 3cm
  - På vid 2d 1h (1h efter gjutning)
  - Av vid 16d (2 veckor efter gjutning)

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

32

PPB - version 3.0 33

### Bjälklag – vänster sida

- Byt formtyp till:
  - Plywood 12-19mm, bruten isolering 30mm
- Välj vidare isolering efter formrivning:
  - Isolermatta 3cm
- Av vid 16d (2 veckor efter gjutning)

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

33

PPB - version 3.0 34

### Värmekablar

- Ändra tiden då kablarna stängs av till 3d

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

34

PPB - version 3.0 35

### Simuleringstid

- Vi har föreskrivit täckning och isolering i 2 veckor efter fördröjd gjutning
- Bäst att vi ändrar simuleringens längd så vi får se vad som händer
- Sätt den till 28 dygn

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

35

PPB - version 3.0 36

### Kör beräkning

H4 Bjälklag, kantupplag på väggsektion BYGGFÖRETAGEN

36





1

PPB - version 3.0 2

### Vad skall vi lära oss?

- Att räkna på tjock vägg på kantupplag av bjälklag och underliggande väggsektion
- Att simulera påfyllning av betong
- Att upptäcka överskriden max. temperatur
- Att använda rör för kylning
- Att handskas med en liten numerisk felaktighet som kan förekomma om man kylar samtidigt som man fyller på betong

H5 Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

2

PPB - version 3.0 3

### Garagekonstruktion

- Skapa ett nytt projekt med:
- Vägg på bjälklag kantsektion på väggsektion

H5 Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

3

PPB - version 3.0 4

### Konstruktionsgeometri & tid

- Sätt simuleringstid till 14 dygn
- Sätt övre väggens tjocklek (w1) till 0,5m
- Sätt undre väggens tjocklek (w3) till 1m
- Sätt bjälklagets övre fria längd (w2) till 1,5m

H5 Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

4

PPB - version 3.0 5

### Undre väggsektion

- Välj **Betong (normal ballast)** som material för väggen
- Välj konstant starttemperatur, 18°C

H5 Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

5

PPB - version 3.0 6

### Undre väggsektion – ränder

- Höger och vänster sida skall ha:
  - Sommarväder:
  - 18°C lufttemperatur
  - Vindstilla
  - Inget väderskydd
  - Ingen isolering

H5 Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

6



PPB - version 3.0 7

### Undre bjälklag

- Vajj **Betong (normal ballast)** som material för bjälklaget
- Vajj konstant starttemperatur, 18°C

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

7

PPB - version 3.0 8

### Undre bjälklag – ränder

- Vänster sida övre del kopieras randtillstånd från väggen ovan (överlappning av formen)
- Undersida, ovensida höger samt vänster sida nedre del skall ha:
  - Sommarväder:
    - 18°C lufttemperatur
    - Vindstilla
    - Inget väderskydd
    - Ingen isolering/täckning/värme

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

8

PPB - version 3.0 9

### Övre vägg

- **Krav:**
  - C 35/45
  - XD3
  - T max. 60°C
- **Material:**
  - **Cementa BasCem C50/60, S3, Dmax=27mm**
- 24°C gjuttemperatur
- Simulerad påfyllning av betong med 0.5 m/h
- (Vi ser att PPB talar om för oss att det tar 4h att genomföra påfyllningen)

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

9

PPB - version 3.0 10

### Övre vägg – höger sida

- **Krav:**
  - **Härdningsklass 3**
- Inget väderskydd
- **Form:**
  - **Trå 22-25mm, oisolerat**
  - Automatisk formrivning som föreslaget
- Inget isolering efter formrivning

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

10

PPB - version 3.0 11

### Övre vägg – ovensida

- **Krav:**
  - **Härdningsklass 3**
  - Inget väderskydd
  - Ingen täckning
  - Ingen infravärme

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

11

PPB - version 3.0 12

### Övre vägg – vänster sida

- **Krav:**
  - **Härdningsklass 3**
  - Inget väderskydd
- **Form:**
  - **Trå 22-25mm, oisolerat**
  - Automatisk formrivning som föreslaget
- Inget isolering efter formrivning

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

12

PPB - version 3.0 13

## Övre vägg – rörlig gjutrand

- Simulerad påfyllning har gett den övre väggen en ny typ av rand – rörlig gjutrand
- Den rörliga gjutranden är den färska betongens gränssyta mot luft i formen under tiden den fylls på
- Eftersom det som oftast byggs upp en värmekudde ovanför den unga betongen i formen relateras dess temperatur till betongens gjuttemperatur och inte till vädret
- Sätt lufttemperatur lika med gjuttemperatur

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

13

PPB - version 3.0 14

## Kör beräkning

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

14

PPB - version 3.0 15

## Varningar

- Diagramlistan innehåller två rödmarkerade objekt
- Listan med händelser och varningar rapporterar överskriden maximal temperatur
- Vi kan också titta på en färgkarta (utan animation) som visar omfattningen och var i konstruktionen temperaturen överskrider det tillåtna
- Vi får kyla litet – 4 stälror i mitten fr.o.m. 1.8m höjd och upp med 25cm c/c-avstånd

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

15

PPB - version 3.0 16

## Rör

- Rör hanteras i serier. Varje serie
  - har ett antal rör i en rät linje
  - har en startpunkt och en förflyttning mellan varje rör
  - en typ av rör, en radie för rören och val hur deras form approximeras i beräkningen
  - en hantering, dvs. hur rören körs
- Man kan skapa så många serier som man behöver
- Skapa en serie och ge den ett namn

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

16

PPB - version 3.0 17

## Rör

- 4 rör med startpunkt i (0.25;1.80)
- En förflyttning på (0.00;0.25), dvs serien går i höjled med c/c-avstånd på 25cm
- Stälror med radie på 0.012m approximerade av 4 sidor
- Mediets temperatur 15°C
- På från start i en vecka (168h)

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

17

PPB - version 3.0 18

## Kör beräkning

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

18

PPB - version 3.0 19

### Hur gick det nu då?

- Inga varningar
- Det ser bra ut i övrigt
- Att döma av temperaturdiagrammet kan kylningen stängas av några dygn tidigare
- Hållfastheten ser bra ut (bl.a. för att vct-kravet tvingade oss att ta högre hållfasthetsklass) ☺

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

19

PPB - version 3.0 20

### Hur ser färgkartan ut?

- Färgkartorna är tagna vid 17h (temperaturmax) och ett dygn senare
- Det syns tydligt hur kylrören jobbar
- Vill man ha jämn temperatur får man sprida ut kylrören längs med nästan hela väggen – vi har just nu lyckats kyla bort det värsta från mitten ☺

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

20

PPB - version 3.0 21

### En detalj i temperaturen...

- Det finns ett märkligt hack i början av min-temperaturen för övre väggen
- Ingenting i omgivningen av väggen är kallare än 15°C så temperaturen bör inte falla mot 12°C
- Så vad är detta?

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

21

PPB - version 3.0 22

### En detalj i temperaturen...

- Detta är en temporär numerisk effekt som kan uppstå när kylning används i kombination med simulerad påfyllning av betong
- Den dyker endast upp i ett fåtal punkter och är över väldigt snabbt, men eftersom det är den minsta temperaturen i konstruktionen så syns den i diagrammet
- Den påverkar inte beräkningen i övrigt och skall bortses ifrån

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

22

PPB - version 3.0 23

### Verkligen...?

- För att övertyga oss om att detta går att bortse ifrån testar vi nu att eliminera denna numeriska effekt genom att sätta på kylningen efter att påfyllningen av betongen avslutats
- Ändra På till 4h för hantering av kylrören

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

23

PPB - version 3.0 24

### Kör beräkning

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

24



PPB - version 3.0 25

### Hur gick det nu då?

- Till vänster: kylning på från 0h (under påfyllning)
- Till höger: kylning på från 4h (efter påfyllning)
- Bortsett från den lilla numeriska effekten på det vänstra diagrammet, hittar du någon skillnad? ☺

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

25

PPB - version 3.0 26

### Vad har vi lärt oss?

- Att räkna på tjock vägg på kantupplag av bjälklag och underliggande väggsektion
- Att simulera påfyllning av betong
- Att upptäcka överskriden max. temperatur
- Att använda rör för kylning
- Att upptäcka en liten numerisk felaktighet som kan förekomma om man kylar samtidigt som man fyller på betong
- Att man kan bortse från denna felaktighet eller få bort den ur beräkningen genom att fördröja kylningen tills all betong är på plats

HS Garagekonstruktion – tjock vägg BYGGFÖRETAGEN

26



27