

Inmätning av husbyggnadscement för PPB

Slutrapport

Marcin Stelmarczyk, The Green Dragon Magic

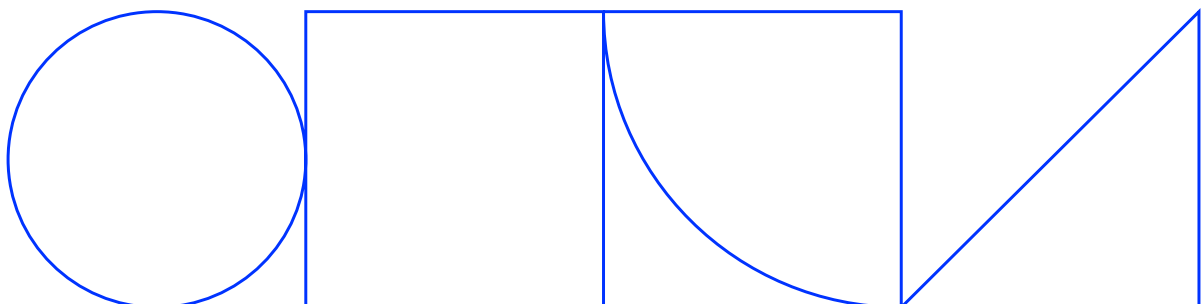
Ted Rapp, Byggföretagen

Hans Hedlund, Skanska Sverige AB

Iad Saleh, NCC Sverige AB

2025-09-10

BYGGFÖRETAGEN **SKANSKA** **NCC**  

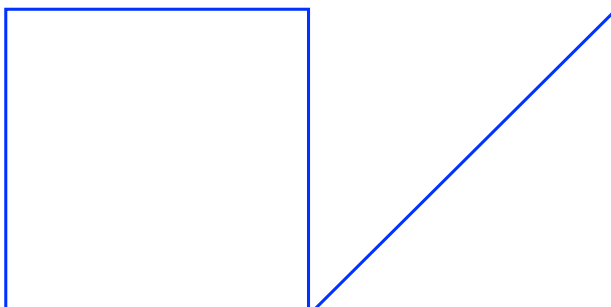


Förord

Projektets arbetsgrupp vill rikta ett stort tack till alla som deltagit i arbetet med både sin tid, energi, idéer, branschkunskap och erfarenhet, och ett mer specifikt tack till

- Schwenk AB, för tillhandahållande av material och kunskap samt för ekonomiskt stöd till utförande av detta projekt
- Skanska Industrial Solutions AB, för tillhandahållande av material, kunskap och personal
- Labbet vid Avdelningen för byggmaterial vid LTU, för utförande av inmätning trots utmaningar efter en omfattande omstart, flytt mellan avdelningar samt uppgradering av provningsutrustningen

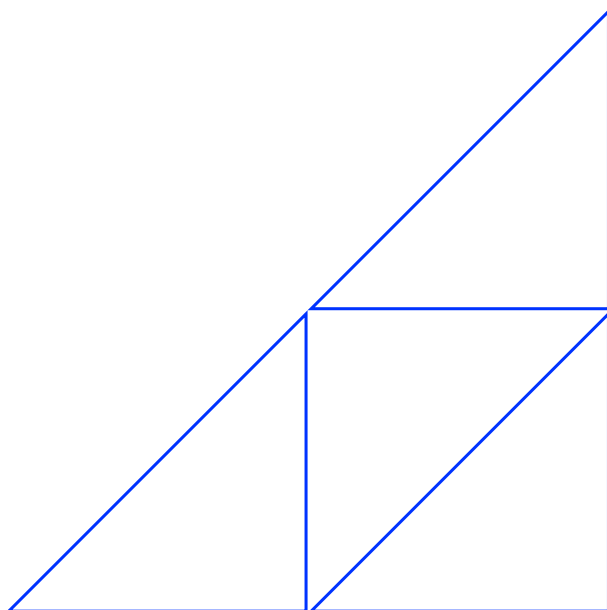
Projektets arbetsgrupp vill slutligen rikta ett stort och varmt tack till SBUF för finansiering av detta projekt.



Sammanfattning och slutsatser

Denna rapport sammanfattar projektet SBUF 14413 *Inmätning av husbyggnadscement för PPB*. En bakgrund till projektet ges och genomförandet beskrivs. Resultaten i form av materialdata för Produktionsplanering betong presenteras inkl. bakomliggande mätdata, parameteranpassningar och trendning av parametrar från tre inmätta recept per cement till en hel serie för hållfasthetsklasser C16/20 – C65/80 för resp. cement.

- Hållfasthets- och värmeutveckling för betong med nya husbyggnadscement har provats
- Nya materialdata är inkluderade i PPB ver. 4.0.
- Bygg- och anläggningsentreprenörer kan planera sina betonggjutningar med nya cement
- Den nya versionen av Produktionsplanering Betong kan laddas ner från Byggföretagens webbsajt www.byggforetagen.se/ppb .



Innehåll

Förord	1
Sammanfattning och slutsatser	2
1. Inledning	4
1.1 Bakgrund och syfte	4
1.2 Rapportens struktur	4
2 Projektets genomförande	5
2.1 Möten	5
2.1.1 Startmöte	5
2.1.2 Avslutningsmöte	5
2.2 Provningar	5
2.2.1 Material	5
2.2.2 Mätningar	5
2.3 Framtagning av materialdata	7
2.3.1 Anpassning av parametrar	7
2.3.2 Trendning	7
2.4 Publicering av resultat	8
3 Resultat	9
3.1 Heidelberg Materials Bascement Plus (VPI)	9
3.1.1 Mätning av grundanpassning vct 0,38	9
3.1.2 Mätning av grundanpassning vct 0,50	14
3.1.3 Mätning av grundanpassning vct 0,65	19
3.1.4 Trendade parametrar	23
3.2 Schwenk Viridiscement	25
3.2.1 Mätning av grundanpassning vct 0,38	25
3.2.2 Mätning av grundanpassning vct 0,50	30
3.2.3 Mätning av grundanpassning vct 0,65	34
3.2.4 Trendade parametrar	39
4 Slutsatser & rekommendationer	41
Referenser	41

1. Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Det branschgemensamma prognosverktyget Produktionsplanering Betong (PPB) har sedan 2014 erbjudit möjligheten att simulera värme- och hållfasthetsutveckling i konstruktioner av ung betong. Denna funktionalitet är beroende av tillgång till relevanta materialdata som beskriver beteende av de simulerade betongerna. Utveckling av nya betongrecept sker ständigt och drivs inte minst av strävan att reducera betongens miljömässiga belastning och koldioxidavtryck. Detta innebär att man med jämna mellanrum måste utföra inmätning av nya material, anpassa nya materialdata till de uppmätta värdena och uppdatera PPB:s materialdatabas med resultatet därav.

SBUF 14413 *Inmätning av husbyggnadscement för PPB* är ett projekt som utför just detta arbete och omfattar två nya cement: Bascement Plus (VPI) från Heidelberg Materials Cement Sverige samt Viridiscement från Schwenk.

1.2 Rapportens struktur

Rapporten är uppdelad i fyra delar:

- Inledning
- Projektets genomförande – här redovisas det arbetet som utfördes under projektet.
- Resultat – här redovisas en övergripande bild av de uppmätta värden och diagram med grundläggande anpassning av parametrar för de recepten som mätningar utfördes på, samt detaljerade trendade parametrar för de resulterande recepten som numera ingår i PPB:s materialdatabas
- Slutsatser och rekommendationer – här redovisas vad projektet rekommenderar avseende uppföljningsarbete.

2 Projektets genomförande

2.1 Möten

2.1.1 Startmöte

Ett startmöte ägde rum 2024-11-11 med medlemmar i styr-, arbets- och referensgruppen som deltagare. På mötet gavs en bakgrund till hur inmätning av ung betong för simulering av värme och hållfasthet i PPB går till. Därefter presenterades vilka nya cement som skulle mätas in samt planen för inmätning på LTU, anpassning samt trendning av materialparametrar och slutligen publicering av materialdata i PPB samt slutrapportering av projektet. Under startmötet beslutades att köra igång projektet enligt plan.

2.1.2 Avslutningsmöte

Ett avslutningsmöte för projektet ägde rum 2025-09-10 med medlemmar i styr-, och arbetsgruppen som deltagande. På mötet fastställdes projektresultaten, slutrapporten fastställdes och projektet avslutades.

2.2 Provningsar

Provningsarna utfördes i Luleå vid materiallabbet för Avdelningen för Byggmaterial vid LTU. Arbetet utfördes under perioden Q4 2024 till Q2 2025. Inmätning utfördes i enlighet med metoder specificerade i *PPB Manual M2*. För ytterligare information, se vidare under Hjälp i programverktyget PPB.

2.2.1 Material

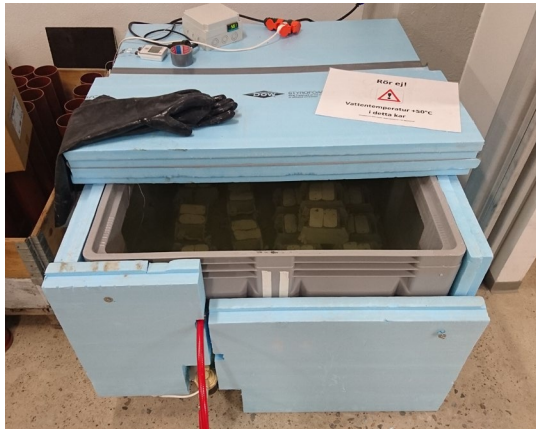
Skanska Industrial Solutions AB tillhandahöll cement, ballast och recept för inmätning av Bascement Plus samt personal som ansvarade för justering av recepten till betongblandare på LTU:s labb.

Schwenk Sverige AB tillhandahöll cement, flytmedel och recept för inmätning av Viridiscement. Labbets egen ballast användes.

För varje av de två undersökta cementen har tre betongblandningar med olika vattencementtal gjutits och används för mätningar. För detaljer kring inmätta recept se vidare kapitel 3.

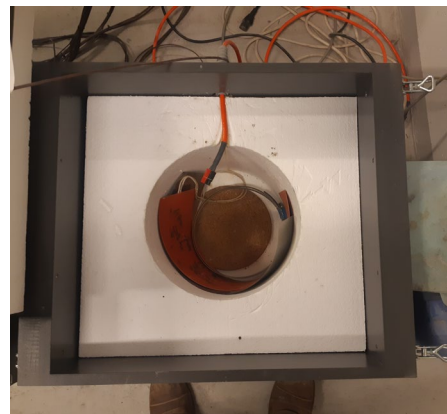
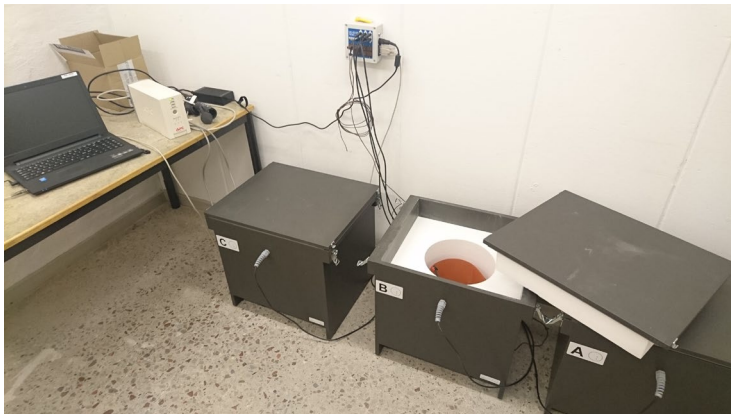
2.2.2 Mätningar

Inmätning av egenskaper för mognad och hållfasthet omfattar gjutning av ett antal betongkuber. Dessa härdas under kontrollerade temperaturförhållanden i vattenbad innan de slutligen används för mätning av tryckhållfasthet. Vattenbaden regleras normalt mot fyra olika måltemperaturer: 5, 20, 35 samt 50 °C, för att mäta upp hur betongens mognadsbeteende och hållfasthetstillväxt påverkas av temperatur. Till dessa mätningar anpassas sedan parametrar för materialmodeller som klarar av att beräkna mognad och hållfasthet vid varierande temperatur, t.ex. de temperaturutvecklingar som sker i verkliga konstruktioner under hårdnande. Det är inte avgörande för mätningen att de reella temperaturerna i vattenbaden motsvarar exakt måltemperaturerna eller är konstanta under hårdningen. Det viktiga är att de genomsnittliga temperaturerna för resp. vattenbad skiljer sig signifikant (ca 10–15 °C) från varandra. En variation på någon grad kring snittet samt en avvikelse i starten av hårdningen då färsk kub läggs in är fullt acceptabel.



Figur 1. Exempel på utrustning för inmätning av egenskaper för mognad och hållfasthet – temperaturreglerat vattenbad med hårdnande betongkuber (vänster) samt maskin för provtryckning av betongkuber och mätning av tryckhållfasthet (höger)

Inmätning av betongens värmeutveckling utförs i semi-adiabatiska kalorimetrar, se Figur 2. Själva förfarandet är uppdelat i två steg. Först mäter man temperaturen både i betongprovet och utanför den isolerade mätenheten under betongens hydratation. Därefter värmer man betongprovet till en temperatur strax över den maximala temperatur provet själv uppnådde under hydratationen. Värmen stängs sedan av och man mäter återigen temperaturer i provet och utanför enheten under avkylningsförloppet. Från dessa data räknas det sedan ut ett avkylningstal för hela systemet och sedan betongens genererade hydratationsvärme.



Figur 2. Utrustning för semi-adiabatisk kalorimetri – 3 mätenheter med styrbox samt kommuniserande dator (till vänster), insidan av en mätenhet med isolering, plats för betongprovet (en ca 5 liters hink med temperaturgivare, ej i bild) samt värmefilt för uppvärmning av provet inför avkylningsmätningen (höger).

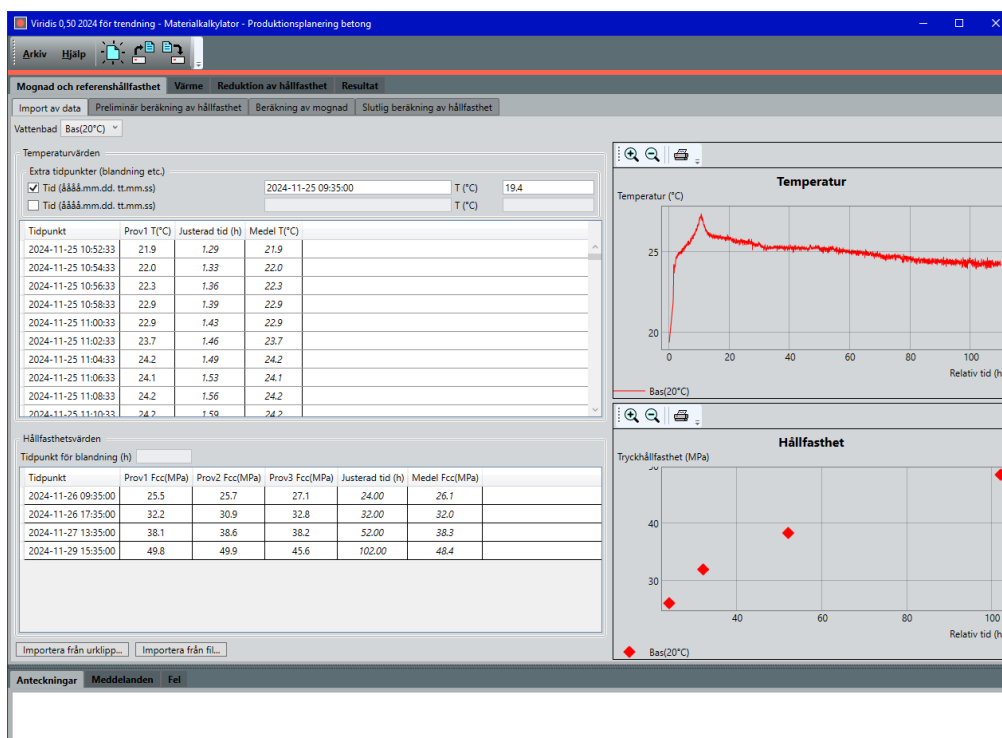
2.3 Framtagning av materialdata

Framtagning av materialdata för varje undersökt cement utförs i två steg. Först sker en behandling och utvärdering av mätdata för varje enskilt recept – tre sådana utvärderingar per cement då tre recept med olika vct mäts in.

Sedan används dessa parametrar för s.k. trendning. I detta förfarande tas materialparametrar fram motsvarande en hel serie recept med olika vct, baserat på de tre enskilda recepten som mäts in.

2.3.1 Anpassning av parametrar

Anpassning av parametrar har utförts med hjälp av Materialkalkylatorn i PPB, i enlighet med *PPB Manual M3*. Totalt har 6 olika anpassningar utförts (2 cement x 3 vct).



Figur 3. Import av data för hållfasthet och härdningstemperatur i Materialkalkylatorn i PPB för anpassning av parametrar för mognad och hållfasthet.

2.3.2 Trendning

Under trendning tas materialparametrar fram för en hel serie av recept för respektive cement. Dessa baseras på materialdata anpassade till de tre inmätta recepten med olika vct. De nya materialparametrar räknas fram med interpolering och/eller extrapolering med vct som basvariabel. En serie av recept med typiska vct samt olika hållfasthetsklasser tas sedan fram.

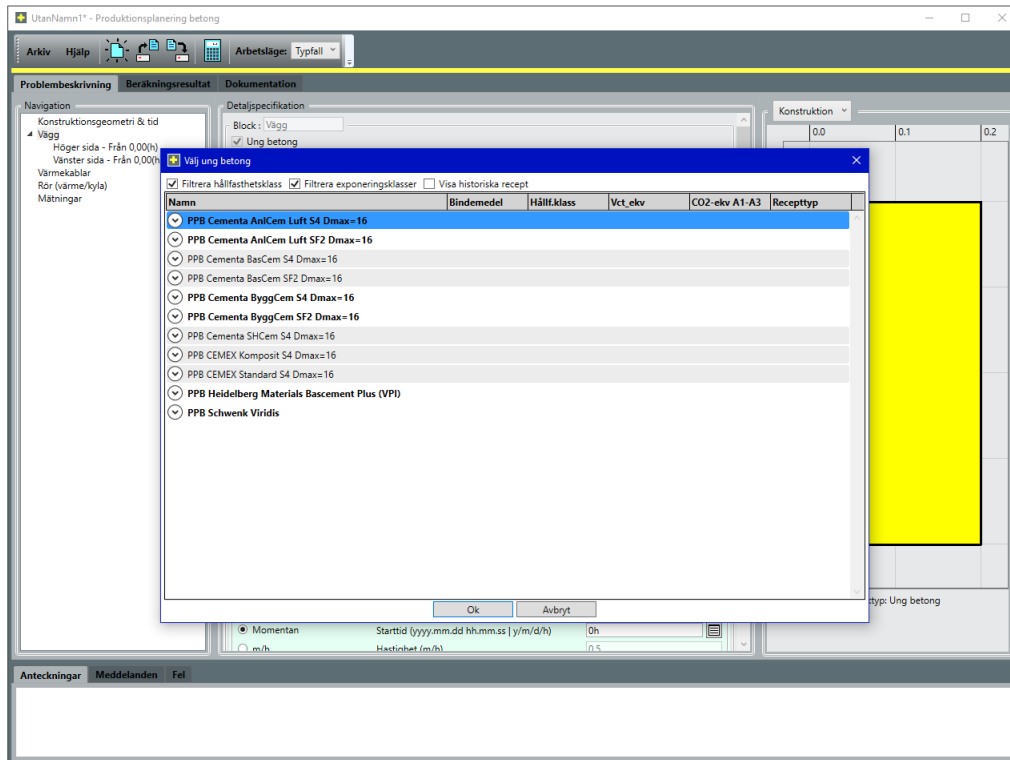
För Heidelberg Materials Bascement Plus (VPI) har trendningen resulterat i materialparametrar för betong i hållfasthetsklasser C16/20 – C65/80, motsvarande vattencementtal 0,75 – 0,32.

För Schwenk Viridiscement har trendningen resulterat i materialparametrar för betong i hållfasthetsklasser C16/20 – C65/80, motsvarande vattencementtal 0,85 – 0,32.

Samtliga recept gäller betong med konsistensklass S4 och stenstorlek D-max 16mm.

2.4 Publicering av resultat

Framtagna materialdata har lagts in i materialdatabasen för ung betong i Produktionsplanering betong, se Figur 4.



Figur 4. Materialdatabasen för värme- och hållfasthetsberäkning i ung betong i PPB. De nyligen tillagda cementen syns längst ner i listan.

Den uppdaterade materialdatabasen i PPB frisläpptes tillsammans med den nya beräkningskärnan för spänning under maj 2025 i form av PPB version 4.0. Den nya versionen av Produktionsplanering Betong går att ladda ner från Byggföretagens webbsajt www.byggforetagen.se/ppb. I samband med frisläppningen utförde Byggföretagen ett mejlutskick till samtliga registrerade användare av PPB (över 2500) om uppdateringen av materialdatabasen med de nya cementen.

Styrgruppens medlemmar har spridit informationen om de nya materialen i PPB i olika kanaler i sina organisationer.

Informationen om nya materialdata samt PPB i allmänhet sprids även som en del av behörighetsutbildningen med kompetenskrav för att få utföra betonggjutningar (Kompetensklass I-U) vid exempelvis Byggbranschens utbildningscenter (BUC).

3 Resultat

3.1 Heidelberg Materials Bascement Plus (VPI)

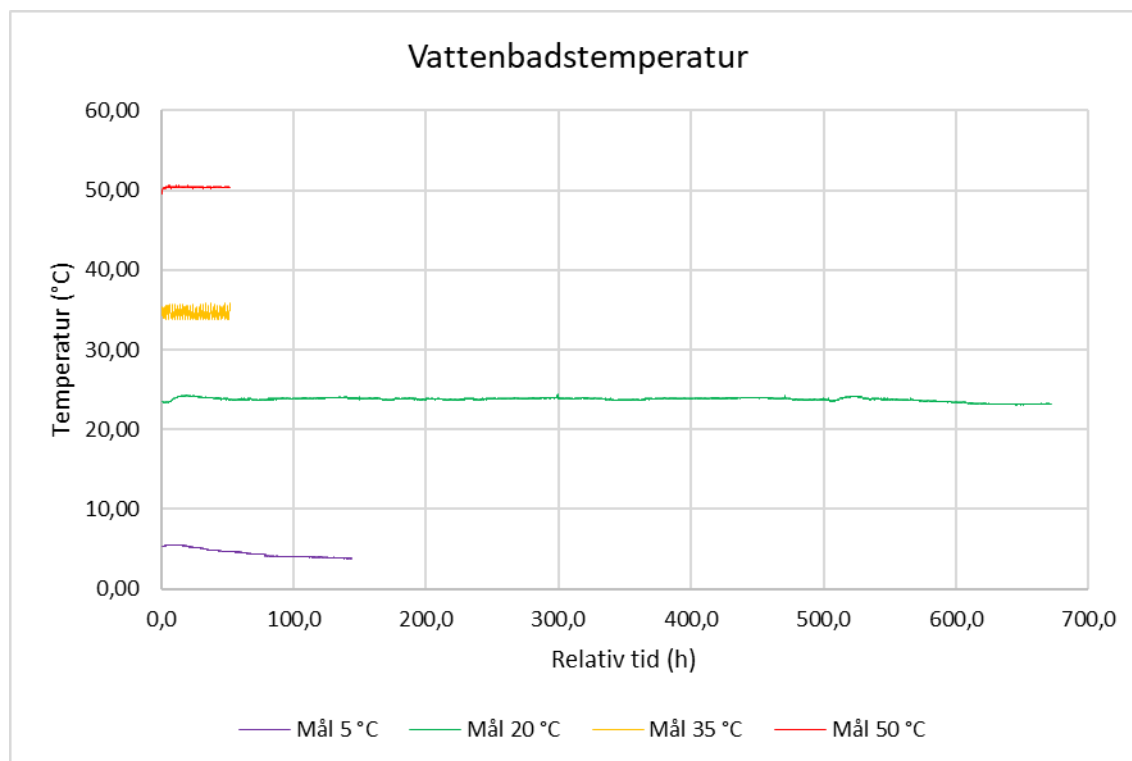
Sammansättningen för de tre olika recepten som användes vid inmätning ges nedan i Tabell 1.

Vct	0,38	0,50	0,65
Cement [kg/m ³]	450	360	300
Vatten [kg/m ³]	171	180	195
Flytmedel Mapei Dynamon SX-23 [kg/m ³]	4,5	3,2	2,4
Ballast 0–8 mm [kg/m ³]	882,6	999,4	1096,7
Ballast 8–16 mm [kg/m ³]	882,6	817,7	731,1
Erhållen lufthalt [%]	1,4	1,2	1,7
Erhållen densitet [kg/m ³]	2434	2428	2452

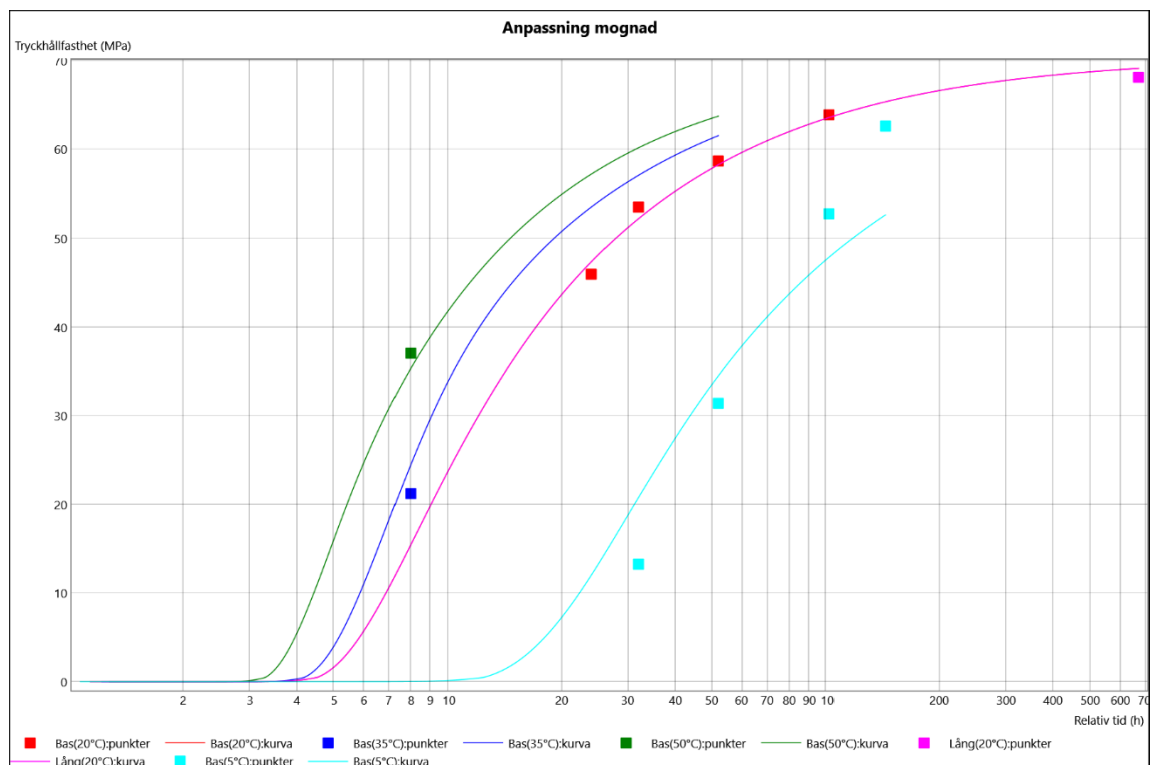
Tabell 1. Recept för inmätning av Bascement Plus

I kapitel 3.1.1 - 3.1.3 (Figur 5 - Figur 31) ges för de tre inmätta recepten ett brett urval av diagram som återger både samtliga uppmätta värden och de anpassade kurvorna, baserade på gällande materialmodeller som användes.

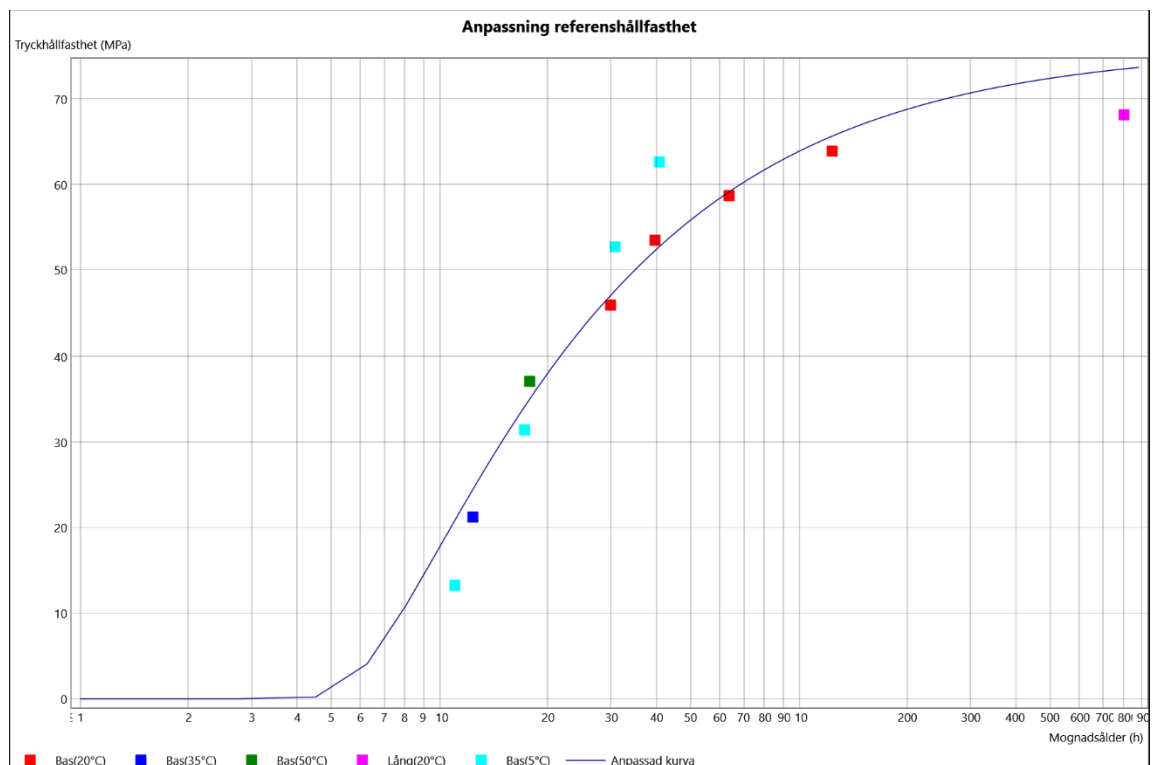
3.1.1 Mätning av grundanpassning vct 0,38



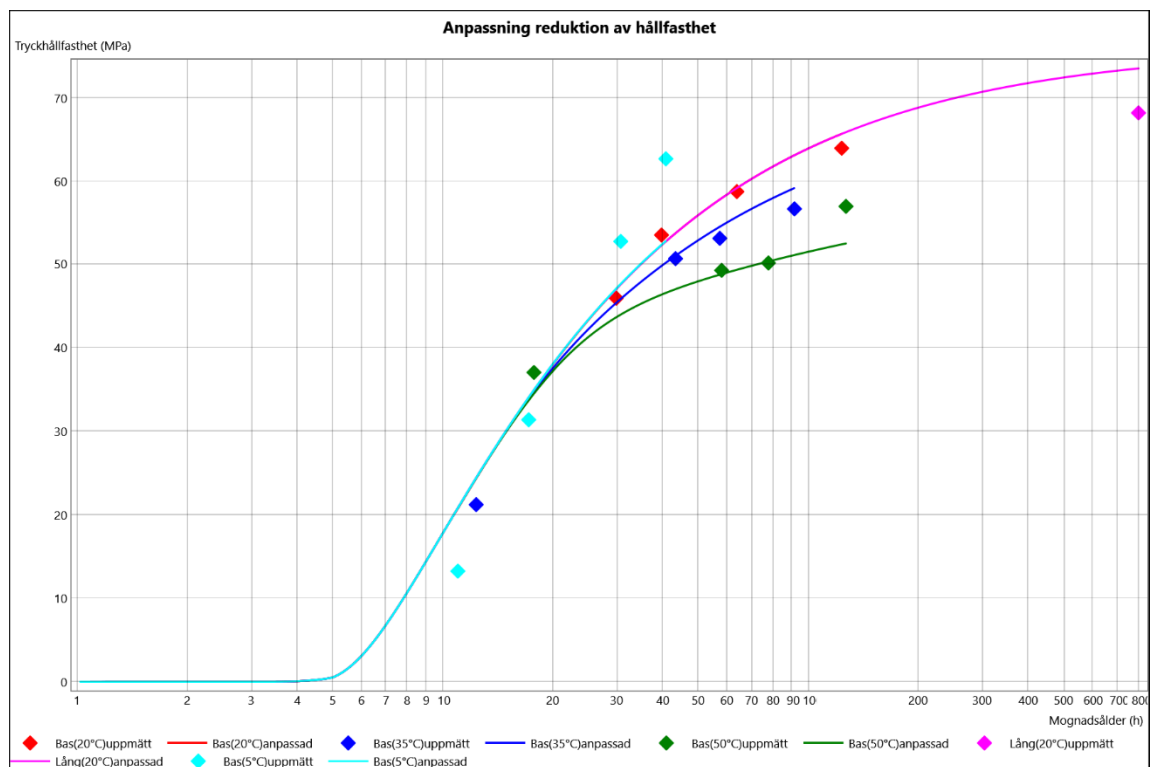
Figur 5. Registrerad temperatur i vattenbad under härdning av betongkuber för Bascement Plus vct 0,38



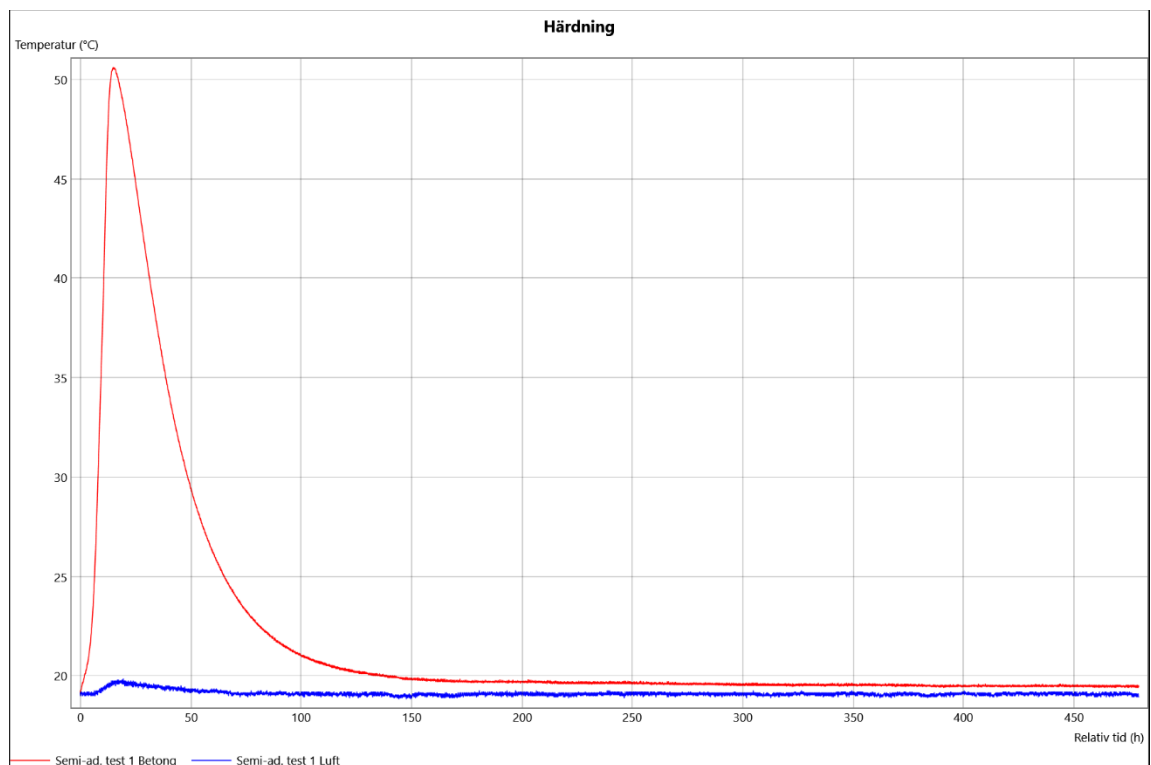
Figur 6. Anpassning av mognadsgrad för Basement Plus vct 0,38



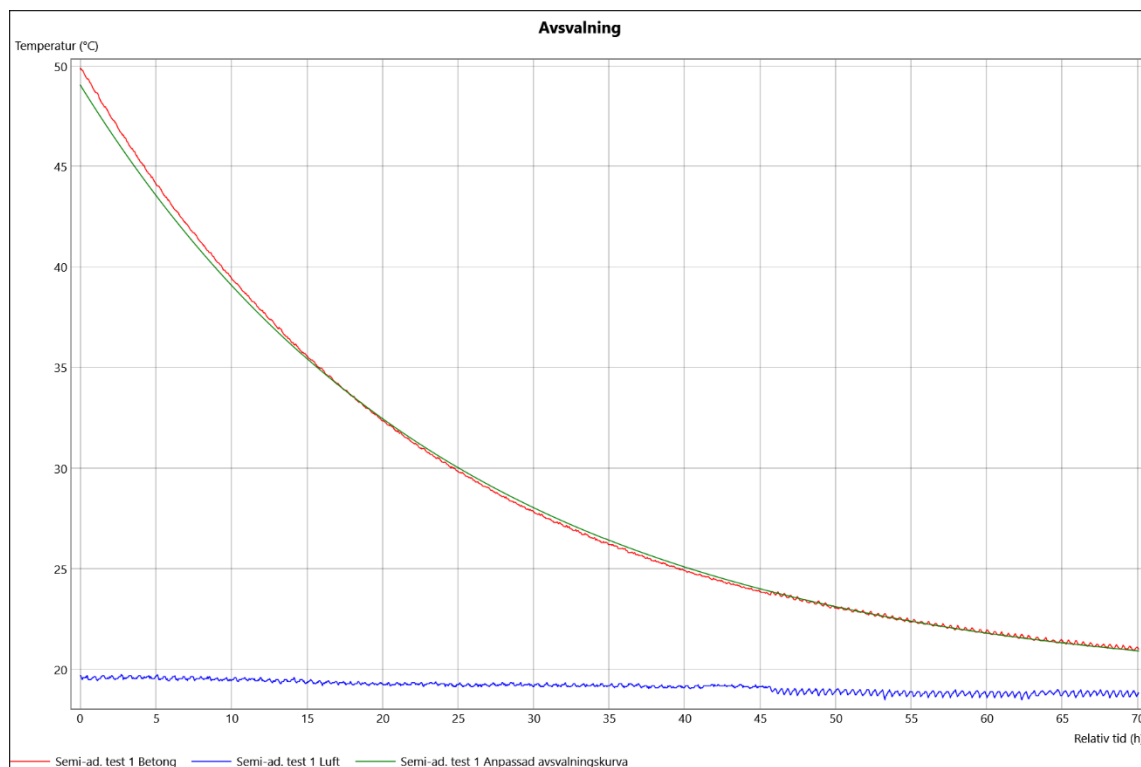
Figur 7. Anpassning av referenshållfasthet för Basement Plus vct 0,38



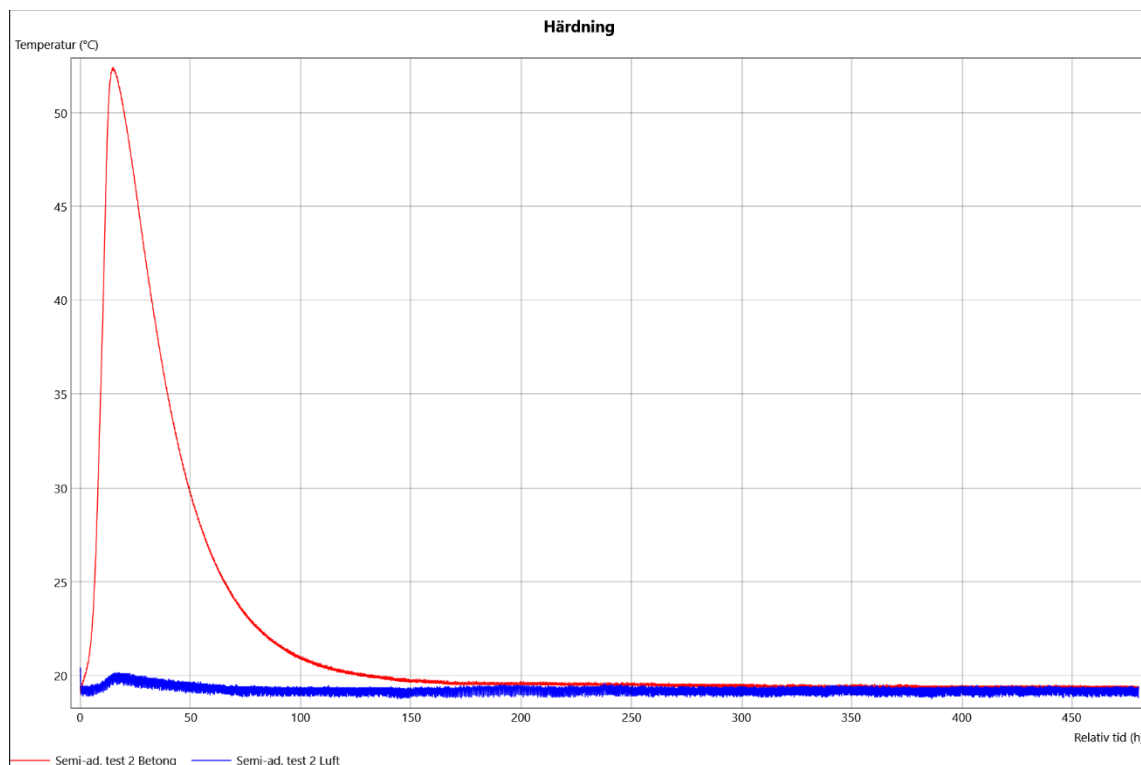
Figur 8. Anpassning av reduktion av hållfasthet vid höga temperaturer för Basement Plus vct 0,38



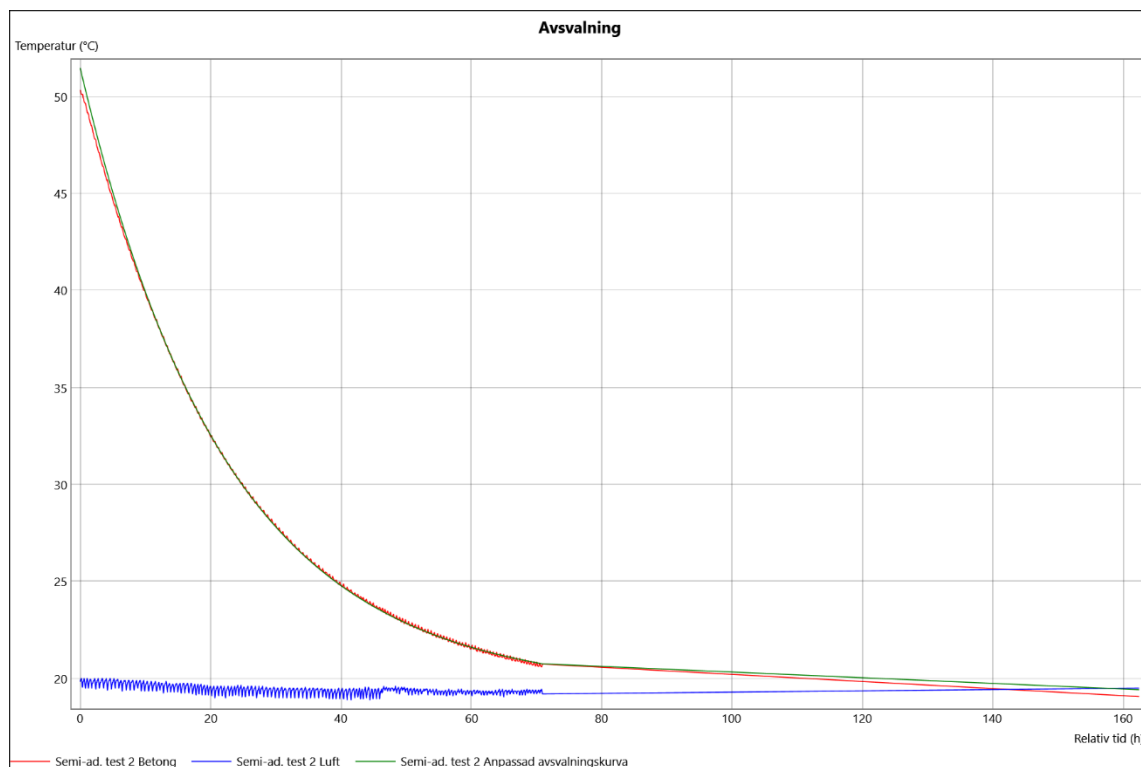
Figur 9. Temperaturer under hydrationsförloppet för första semiadiabaten för Basement Plus vct 0,38



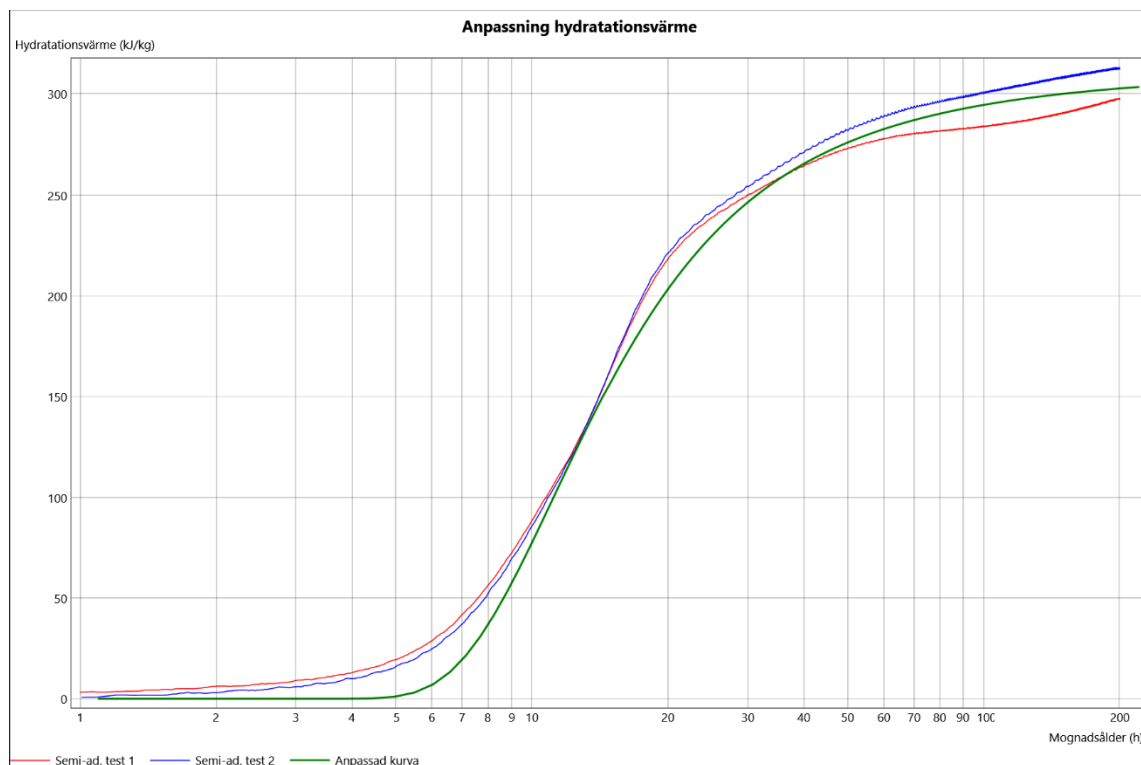
Figur 10. Temperaturer under avsvalningsförloppet för första semiadiabaten för Bascement Plus vct 0,38



Figur 11. Temperaturer under hydratationsförloppet för andra semiadiabaten för Bascement Plus vct 0,38

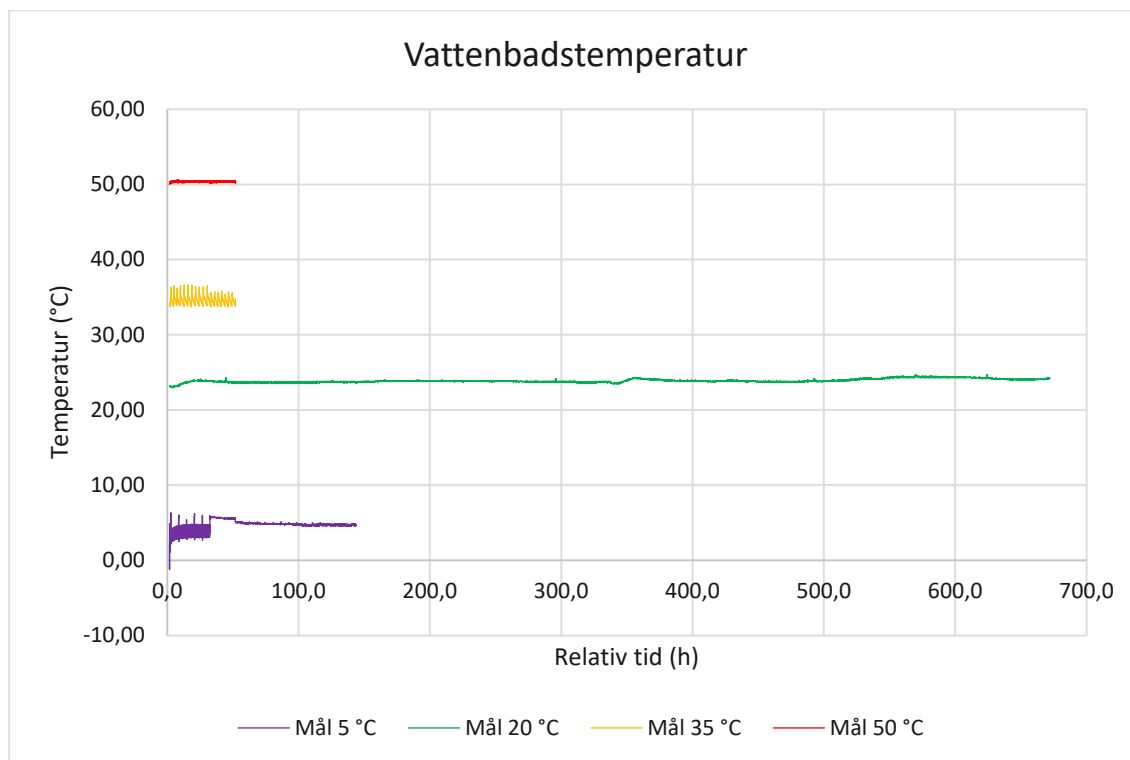


Figur 12. Temperaturer under avsvalningsförloppet för andra semiadiabaten för Bascement Plus vct 0,38

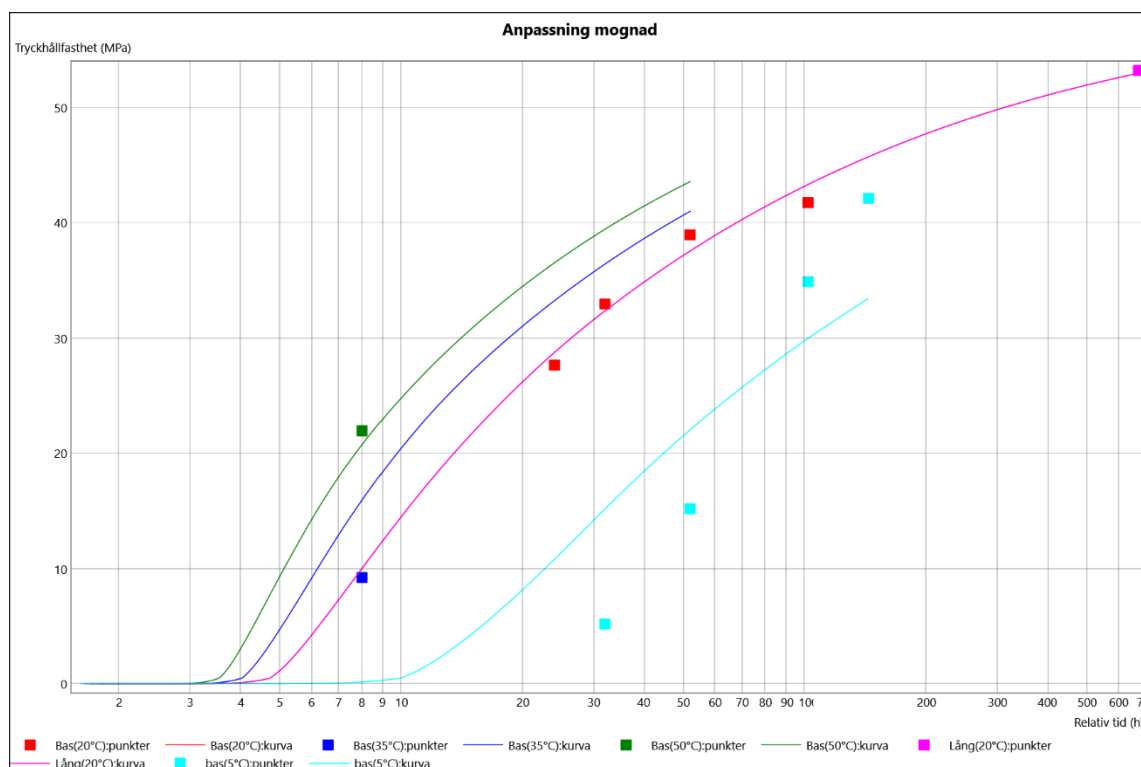


Figur 13. Anpassning av hydratationsvärme för Bascement Plus vct 0,38

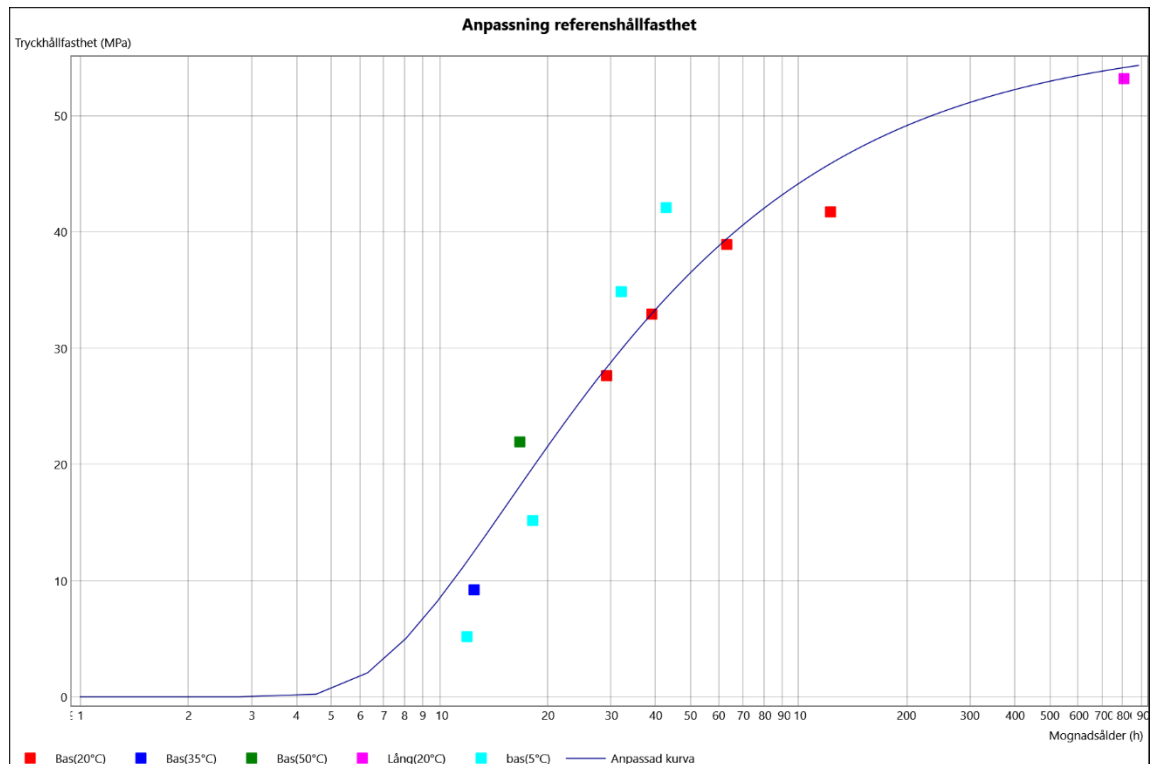
3.1.2 Mätning av grundanpassning vct 0,50



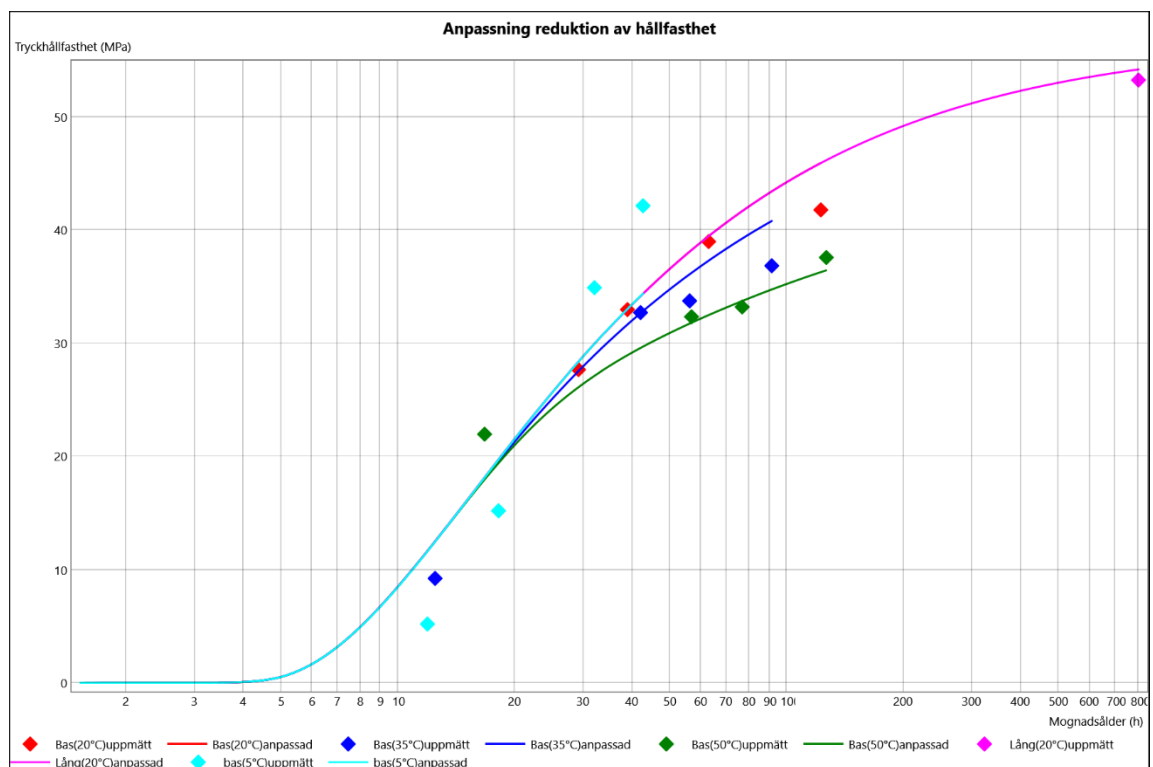
Figur 14. Registrerad temperatur i vattenbad under härdning av betongkuber för Bascement Plus vct 0,50



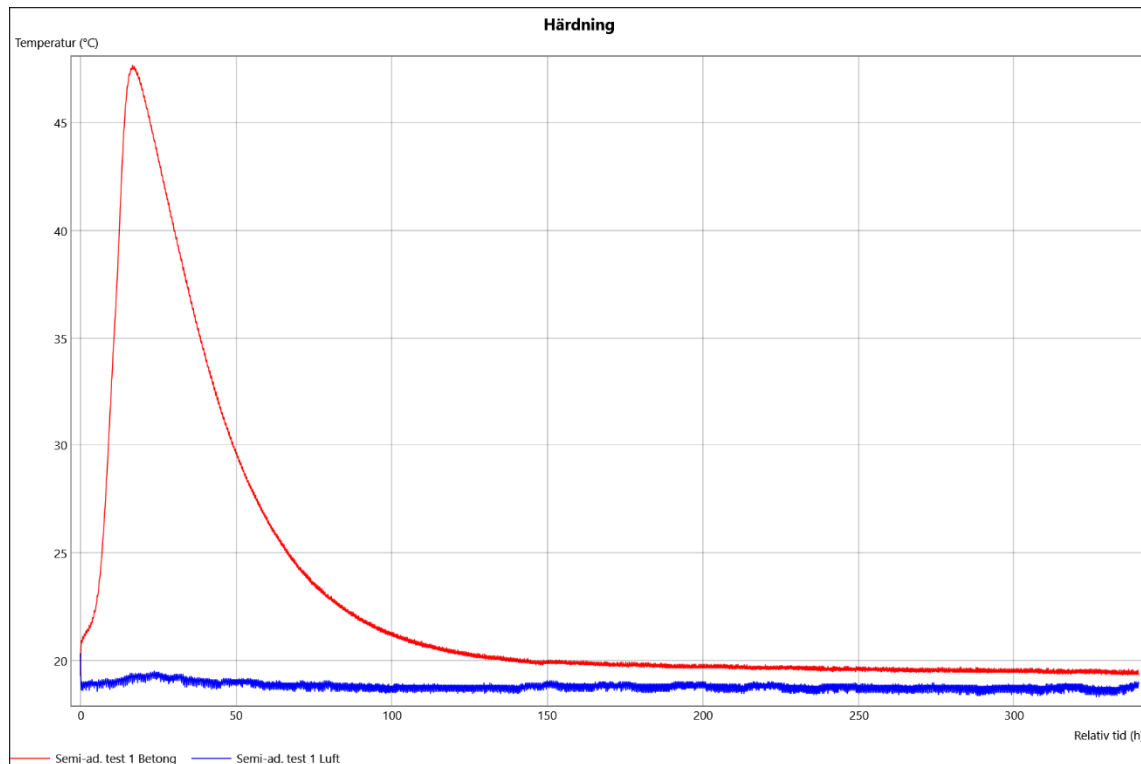
Figur 15. Anpassning av mognadsgrad för Bascement Plus vct 0,50



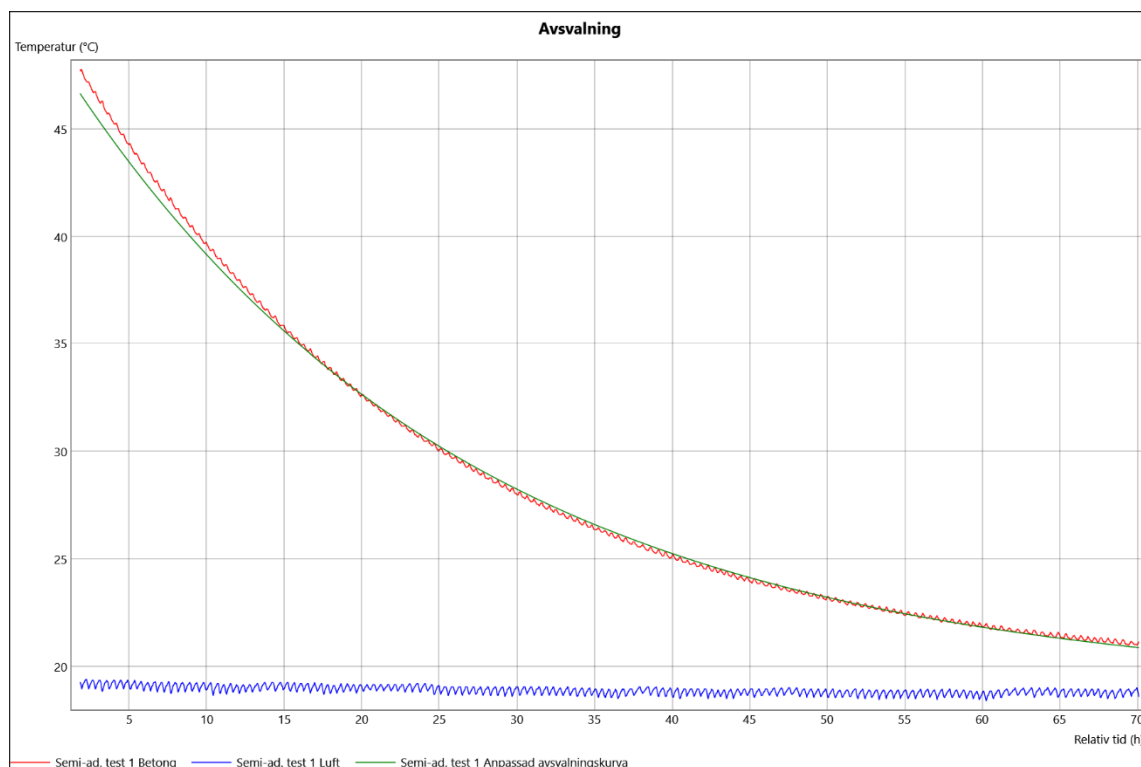
Figur 16. Anpassning av referenshållfasthet för Bascement Plus vct 0,50



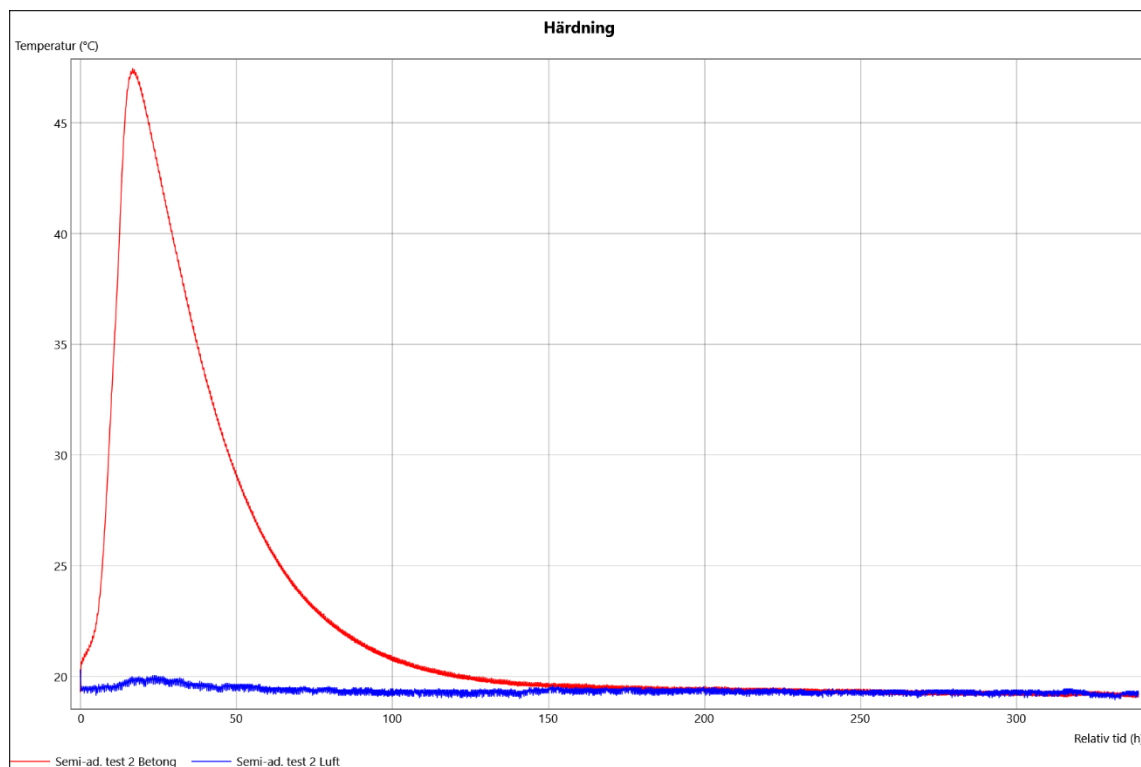
Figur 17. Anpassning av reduktion av hållfasthet vid höga temperaturer för Bascement Plus vct 0,50



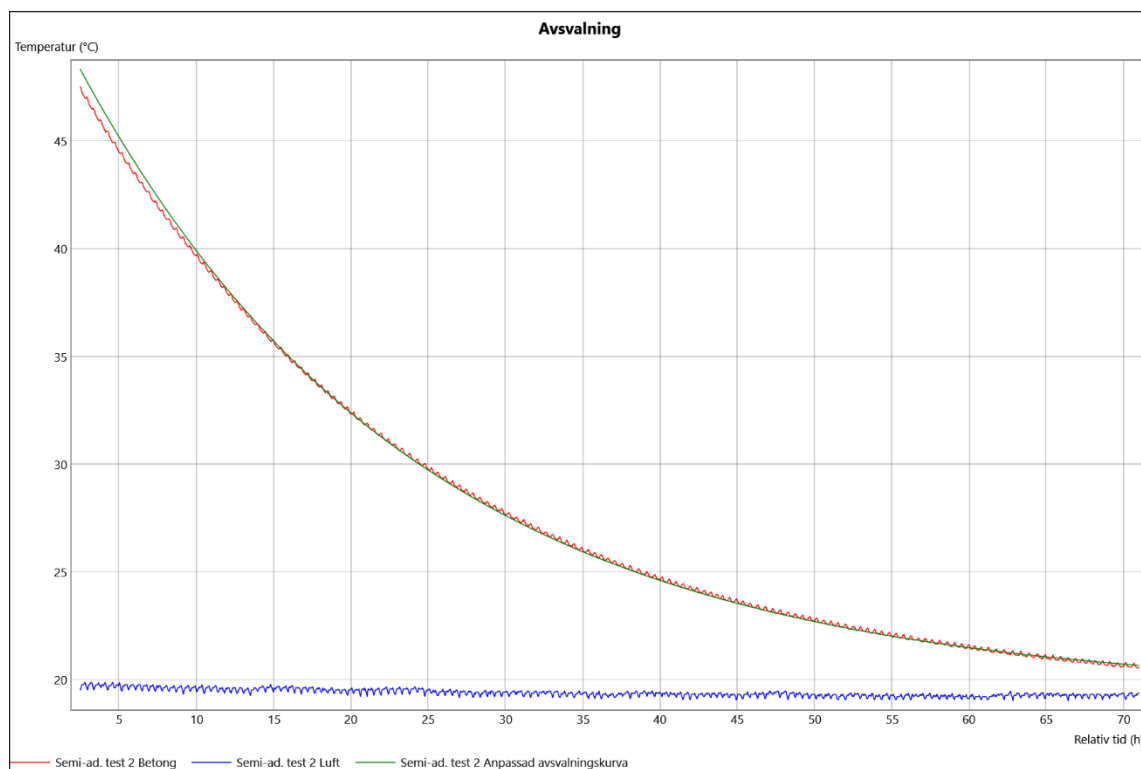
Figur 18. Temperaturer under hydratationsförloppet för första semiadiabaten för Bascement Plus vct 0,50



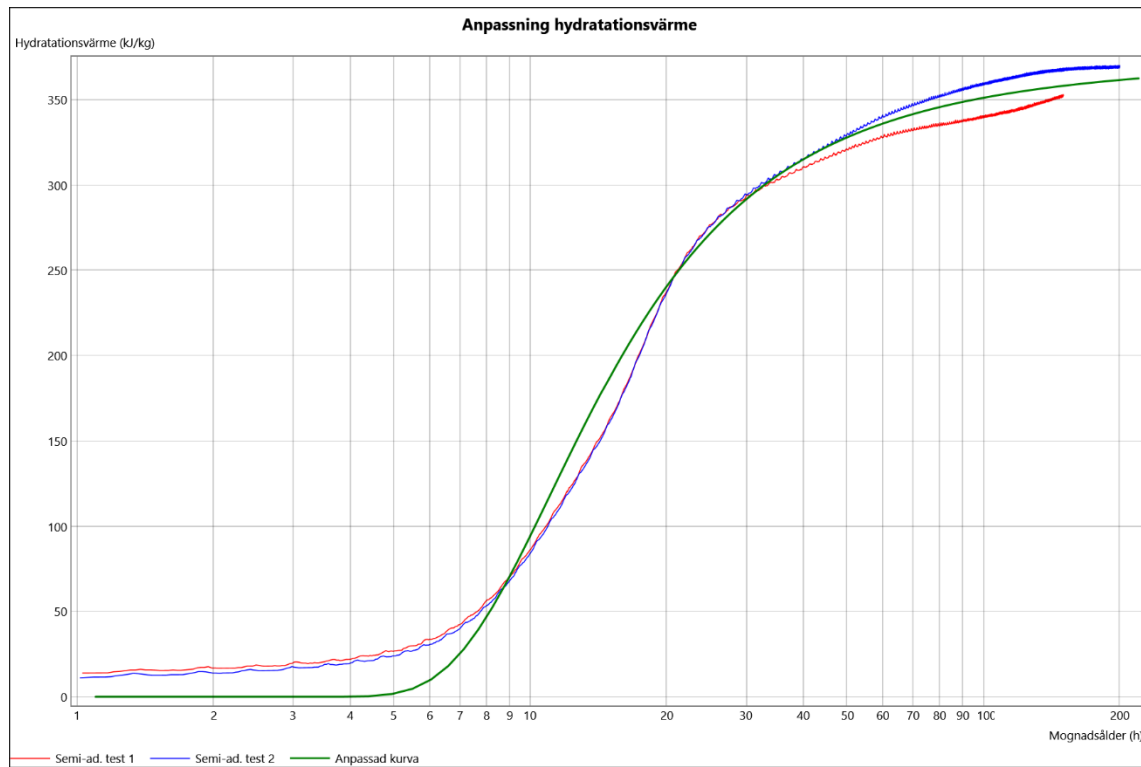
Figur 19. Temperaturer under avsvalningsförloppet för första semiadiabaten för Bascement Plus vct 0,50



Figur 20. Temperaturer under hydratationsförloppet för andra semiadiabaten för Bascement Plus vct 0,50

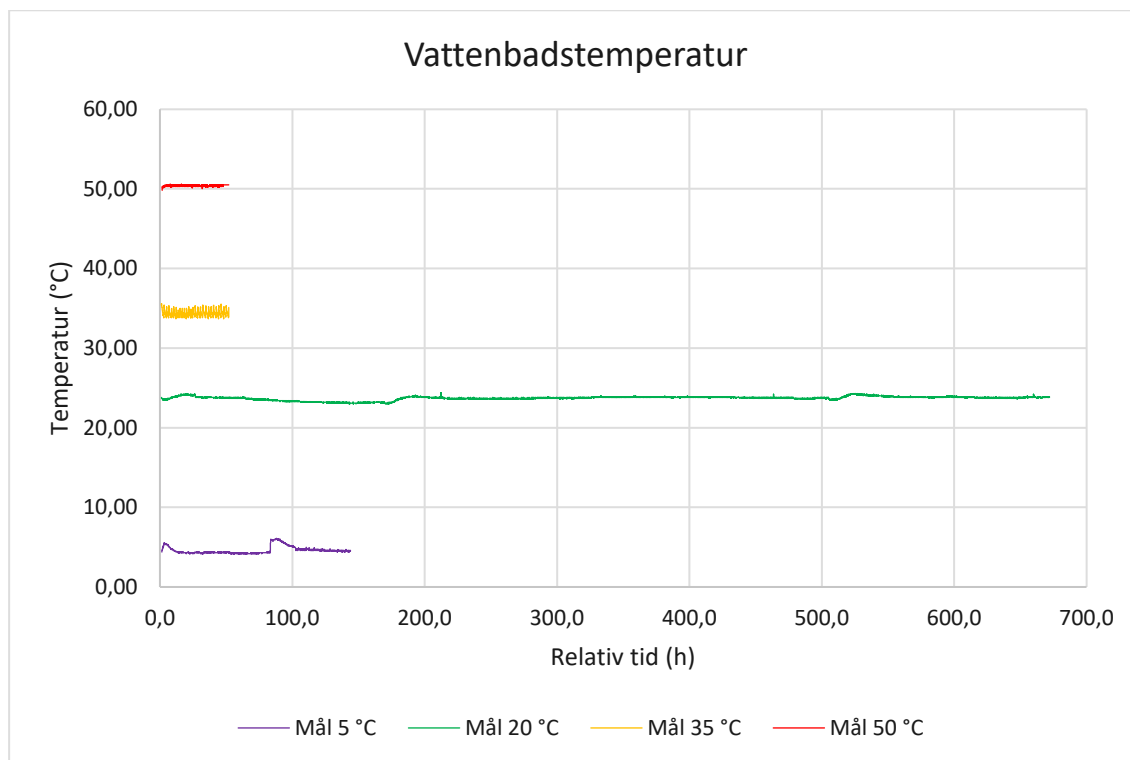


Figur 21. Temperaturer under avsvalningsförloppet för andra semiadiabaten för Bascement Plus vct 0,50

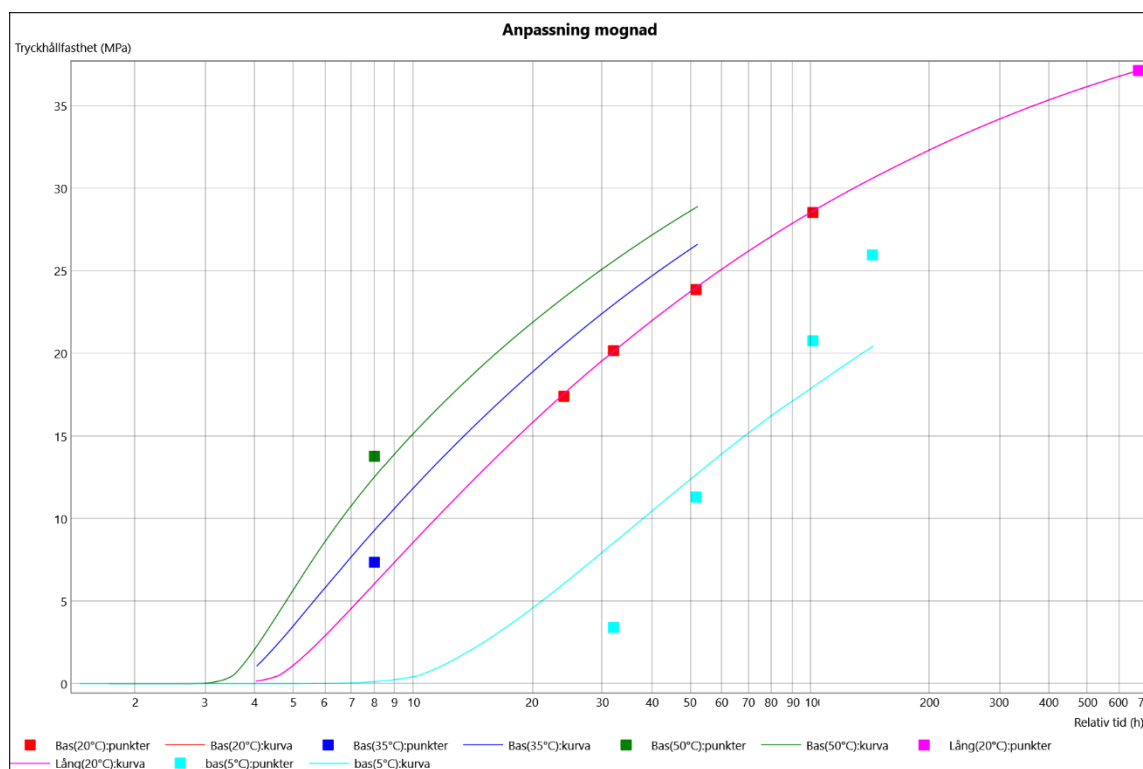


Figur 22. Anpassning av hydratationsvärme för Basement Plus vct 0,50

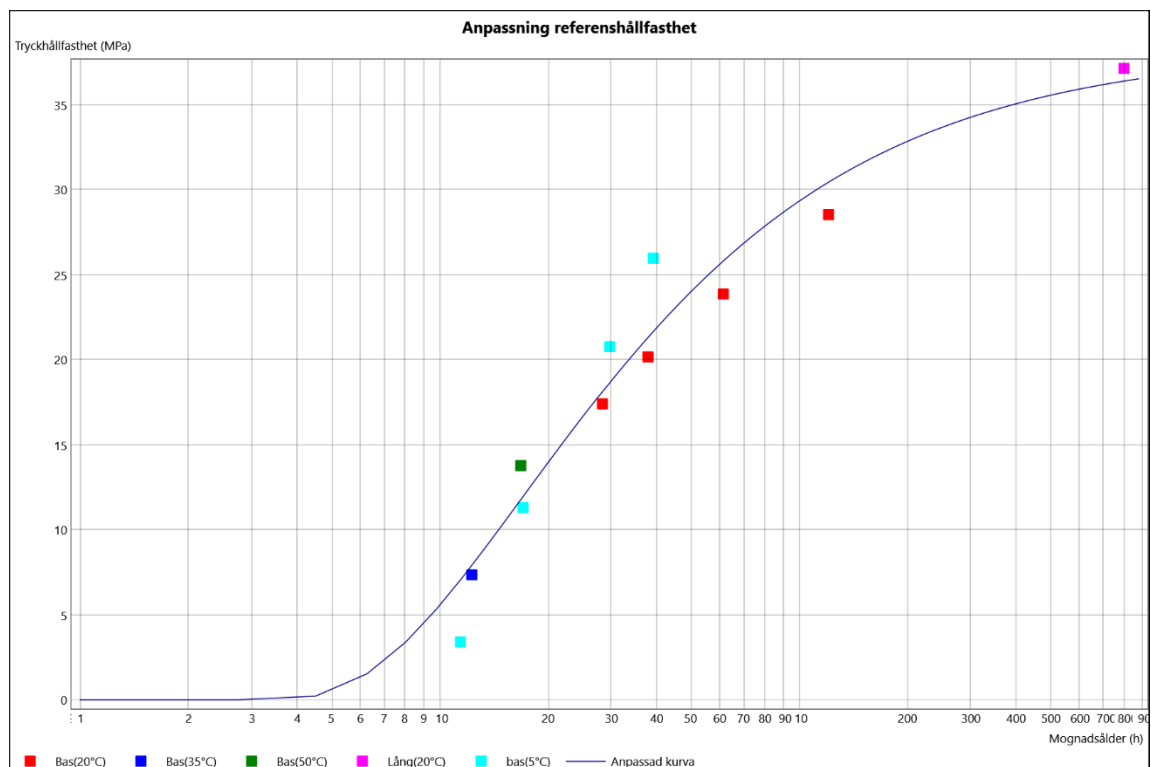
3.1.3 Mätning av grundanpassning vct 0,65



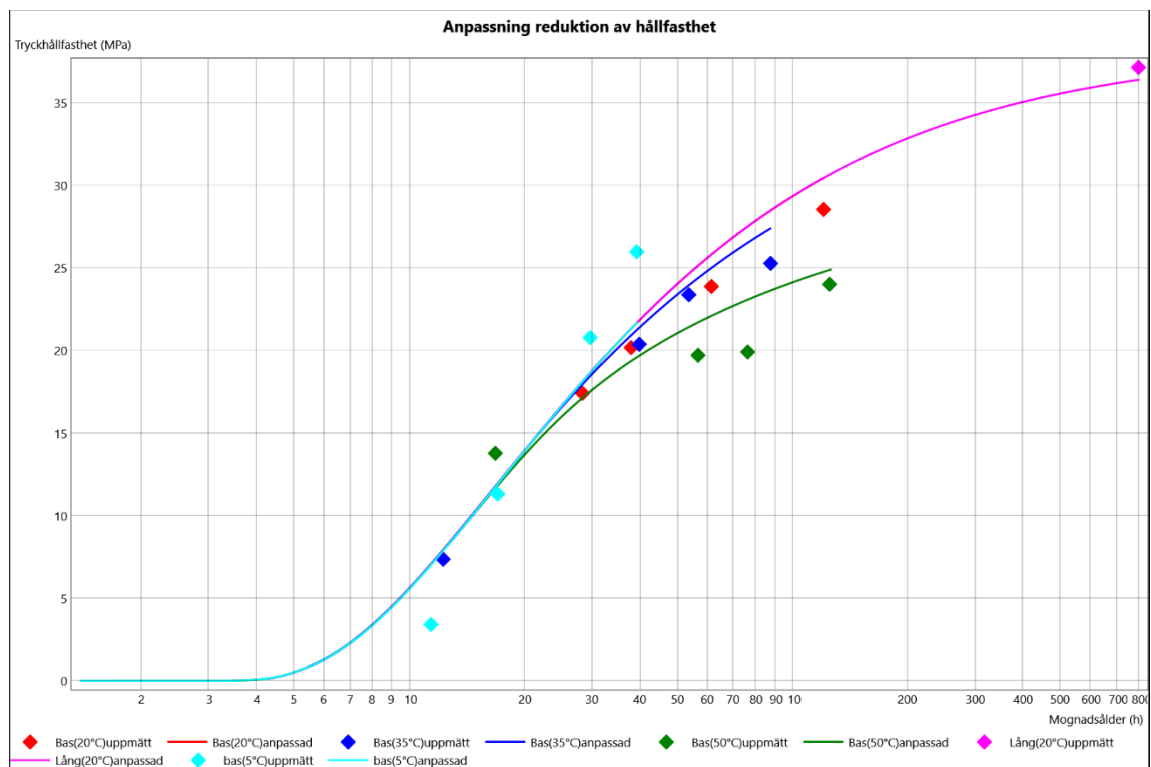
Figur 23. Registrerad temperatur i vattenbad under härdning av betongkuber för Bascement Plus vct 0,65



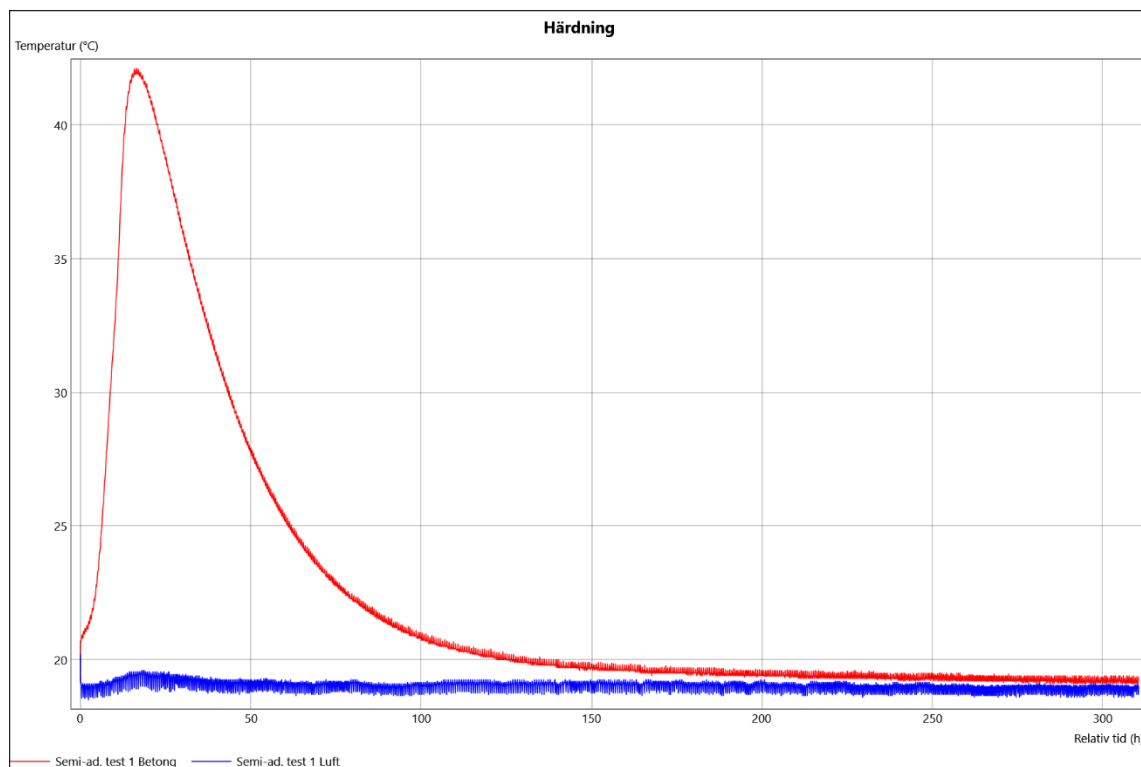
Figur 24. Anpassning av mognadsgrad för Bascement Plus vct 0,65



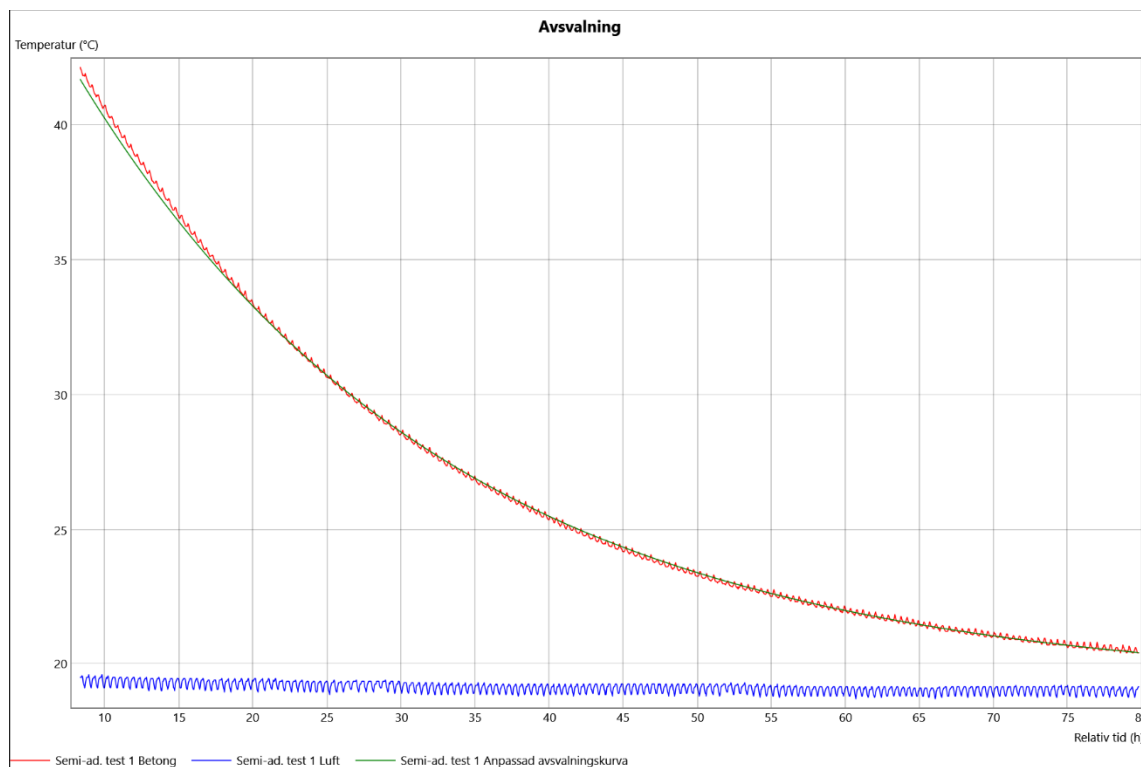
Figur 25. Anpassning av referenshållfasthet för Bascement Plus vct 0,65



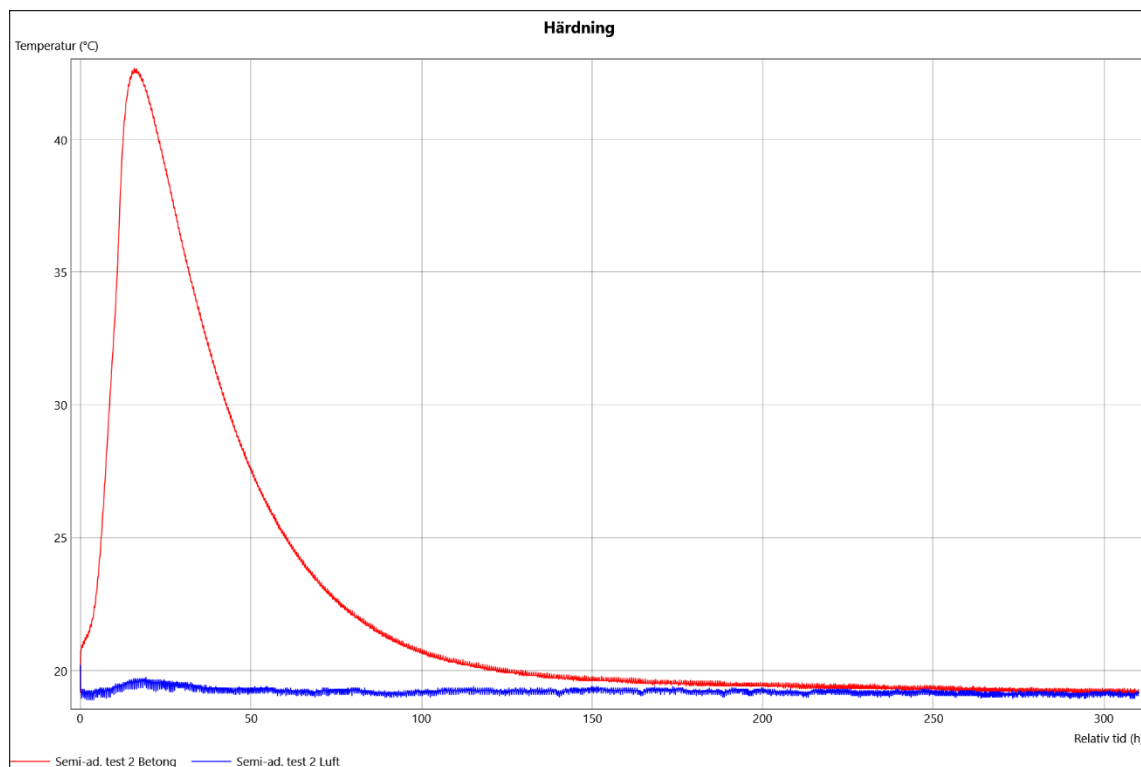
Figur 26. Anpassning av reduktion av hållfasthet vid höga temperaturer för Bascement Plus vct 0,65



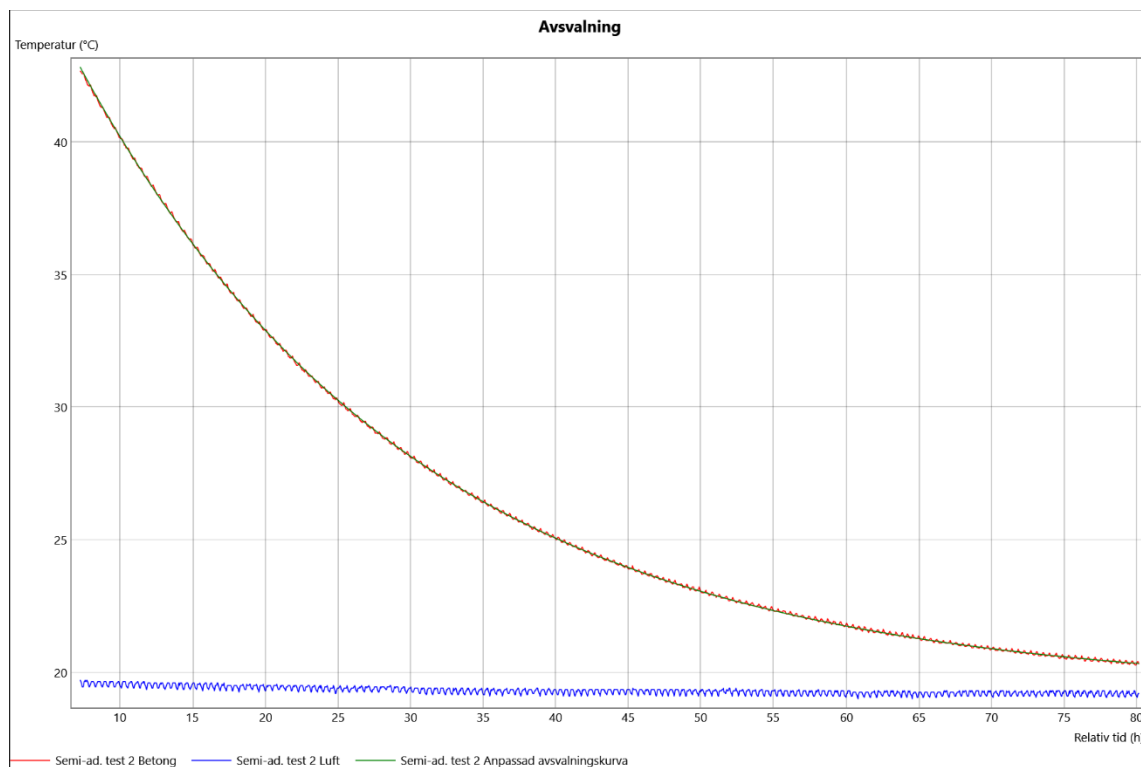
Figur 27. Temperaturer under hydratationsförloppet för första semiadiabaten för Bascement Plus vct 0,65



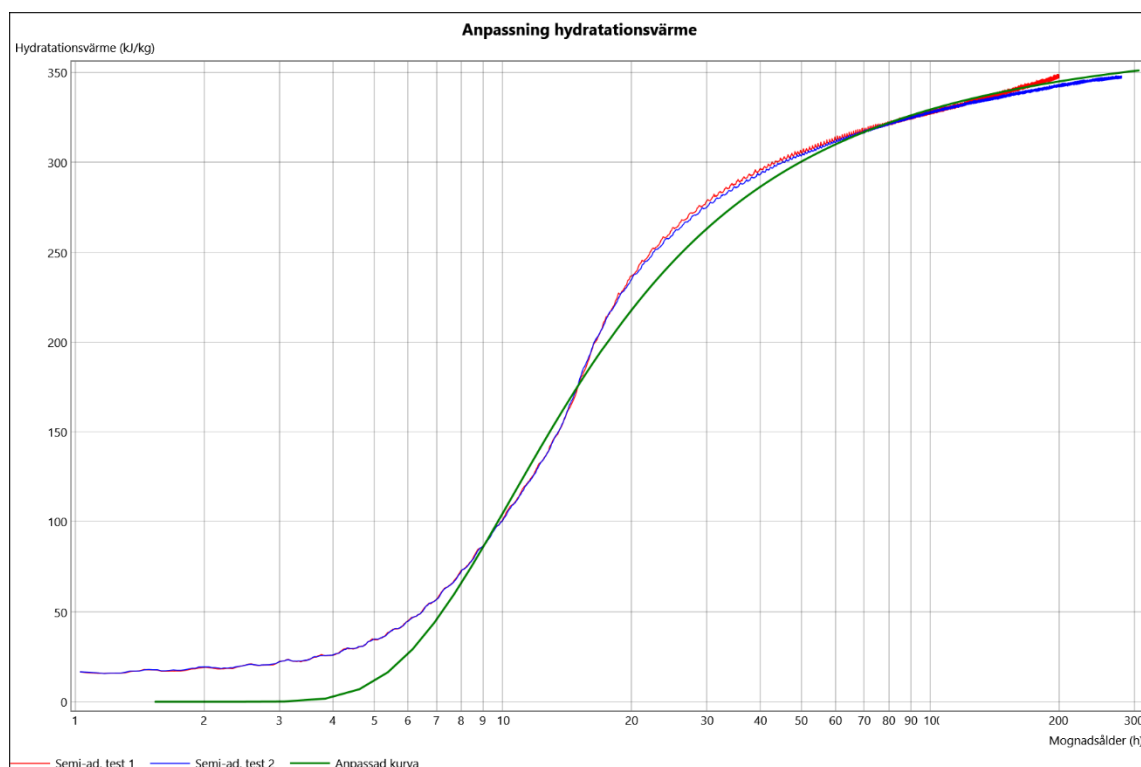
Figur 28. Temperaturer under avsvalningsförloppet för första semiadiabaten för Bascement Plus vct 0,65



Figur 29. Temperaturer under hydratationsförloppet för andra semiadiabaten för Bascement Plus vct 0,65



Figur 30. Temperaturer under avsvalningsförloppet för andra semiadiabaten för Bascement Plus vct 0,65



Figur 31. Anpassning av hydratationsvärme för Bascement Plus vct 0,65

3.1.4 Trendade parametrar

Densitet sätts till 2400 kg/m^3 , värmekapacitet till $1000 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}$ och värmekonduktivitet som funktion av mognadsålder i enlighet med

Mognadsålder [h]	Värmekonduktivitet [$\text{W/(m} \cdot \text{K)}$]
0	2,1
100	2,1
124	1,7
10000	1,7

Tabell 2. Värmekonduktivitet för Bascement Plus

Mognadsgradparametrarna BetaD, ThetaRef och Kappa3 förekommer i PPB i tre olika varianter med tillägg _ini, _set och _fin. Alla tre varianter sätts lika och motsvarande grundvärdet i Tabell 3 skall användas.

	C16/20	C20/25	C25/30	C28/35	C30/37	C32/40	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	C54/65	C55/67	C58/70	C60/75	C65/80
	20	25	30	35	37	40	45	50	55	60	65	67	70	75	80
vct_ekv	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,54	0,50	0,45	0,40	0,38	0,37	0,36	0,35	0,34	0,32
te0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BetaD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ThetaRef	4410	4410	4410	4410	4410	4410	4410	4410	4410	4410	4410	4410	4410	4410	4410
Kappa3	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
te_ini	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Fcc_set	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
N_set	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
te_fin	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fcc28d	20	25	30	35	37	40	45	50	55	60	65	67	70	75	80
S	0,060	0,060	0,060	0,059	0,057	0,057	0,056	0,049	0,041	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
Ncc28d	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780
Bindemedelshalt	260	280	300	320	340	350	360	395	435	450	470	490	520	550	580
Wu	375000	375000	375000	375000	375000	375000	375000	349000	320000	315000	310000	308000	306000	304000	300000
t1	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
Kappa1	2,035	2,035	2,035	2,260	2,486	2,531	2,711	2,751	2,790	2,806	2,806	2,806	2,806	2,806	2,806
DMaxDrop28d	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
TempD	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0
KappaTemp	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700
TimeD	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6
KappaTime	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900

Tabell 3. Trendade materialparametrar för Bascement Plus

3.2 Schwenk Viridiscement

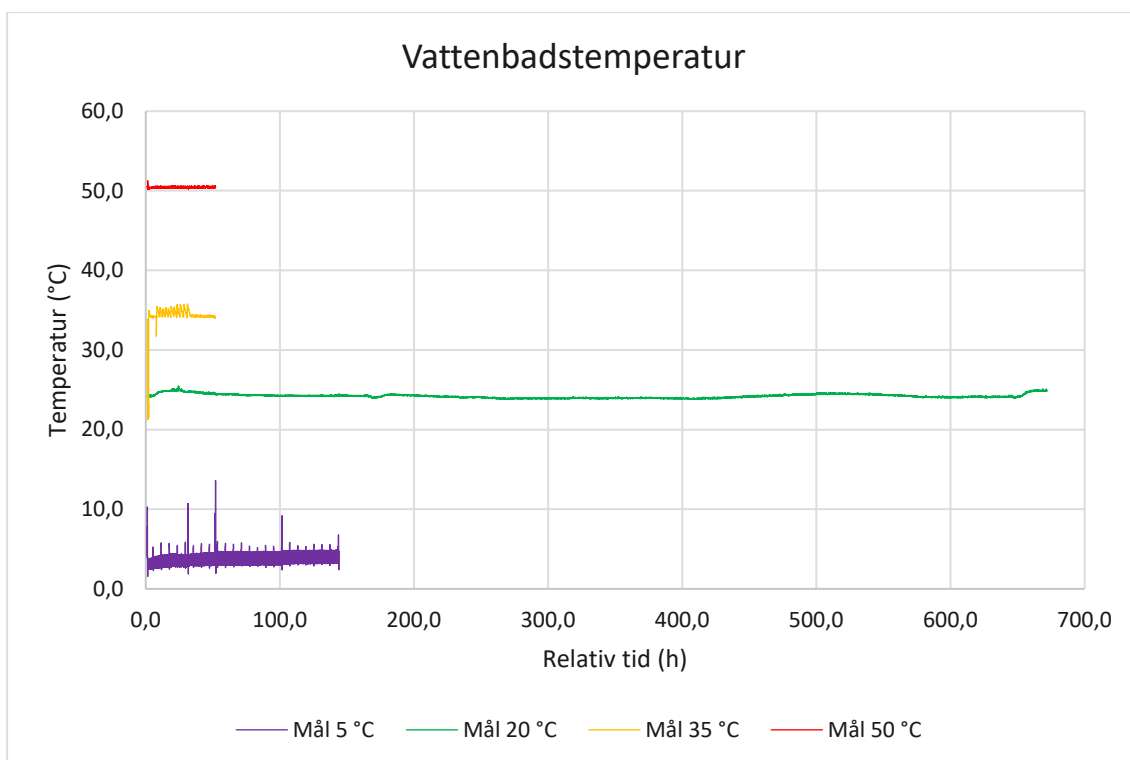
Sammansättningen för de tre olika recepten som användes vid inmätning ges nedan i Tabell 4.

Vct	0,38	0,50	0,65
Cement [kg/m ³]	450	360	300
Vatten [kg/m ³]	171	180	195
Flytmedel Mapei Dynamon SX-23 [kg/m ³]	3,2	2,5	2,1
Ballast 0–8 mm [kg/m ³]	1226	1265	1274
Ballast 8–16 mm [kg/m ³]	526	542	546
Erhållen lufthalt [%]	2,2	2,0	1,6
Erhållen densitet [kg/m ³]	2392	2394	2380

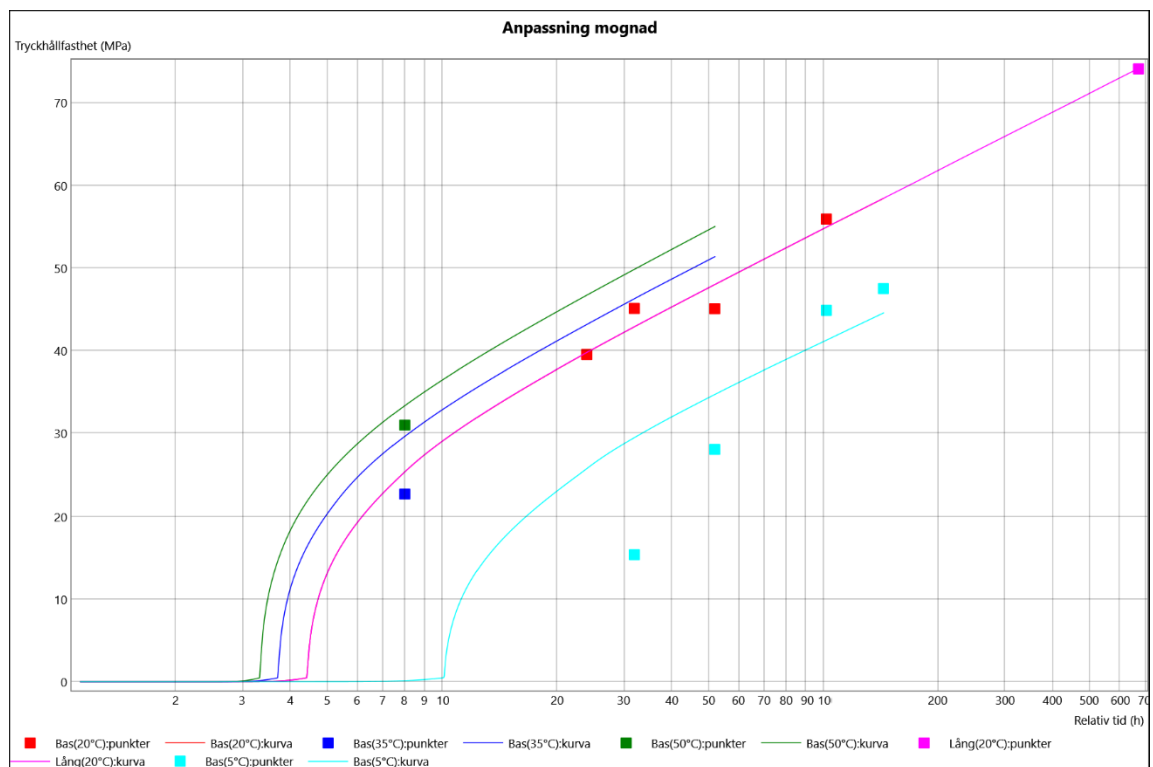
Tabell 4. Recept för inmätning av Viridiscement

I kapitel 3.2.1-3.2.3 (Figur 32-Figur 58) ges för de tre inmätta recepten ett brett urval av diagram som återger både samtliga uppmätta värden och de anpassade kurvorna, baserade på gällande materialmodeller som användes.

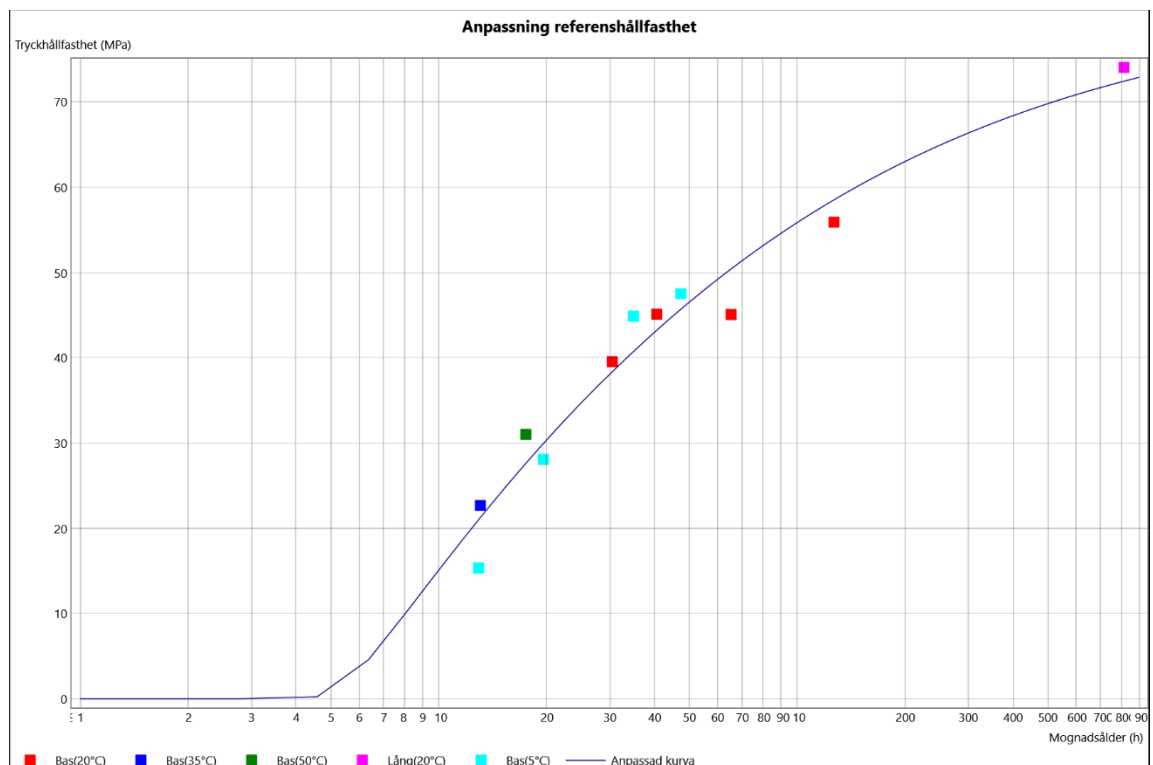
3.2.1 Mätning av grundanpassning vct 0,38



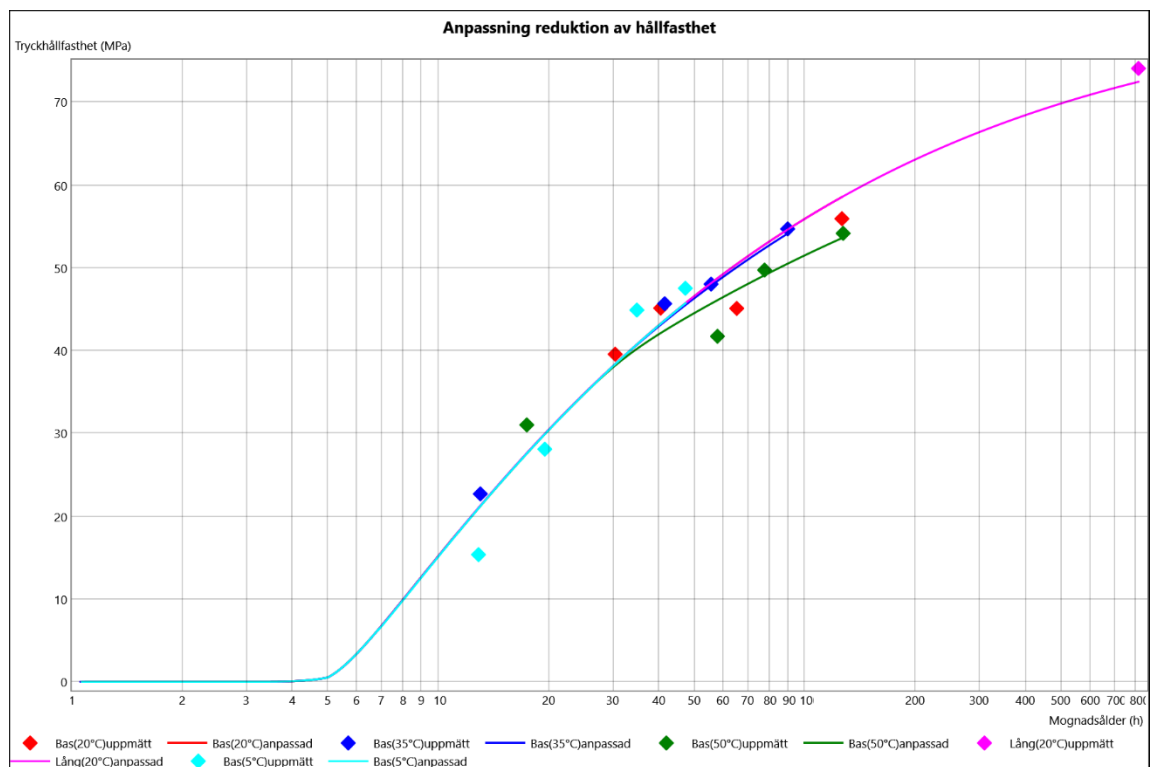
Figur 32. Registrerad temperatur i vattenbad under härdning av betongkuber för Viridiscement vct 0,38



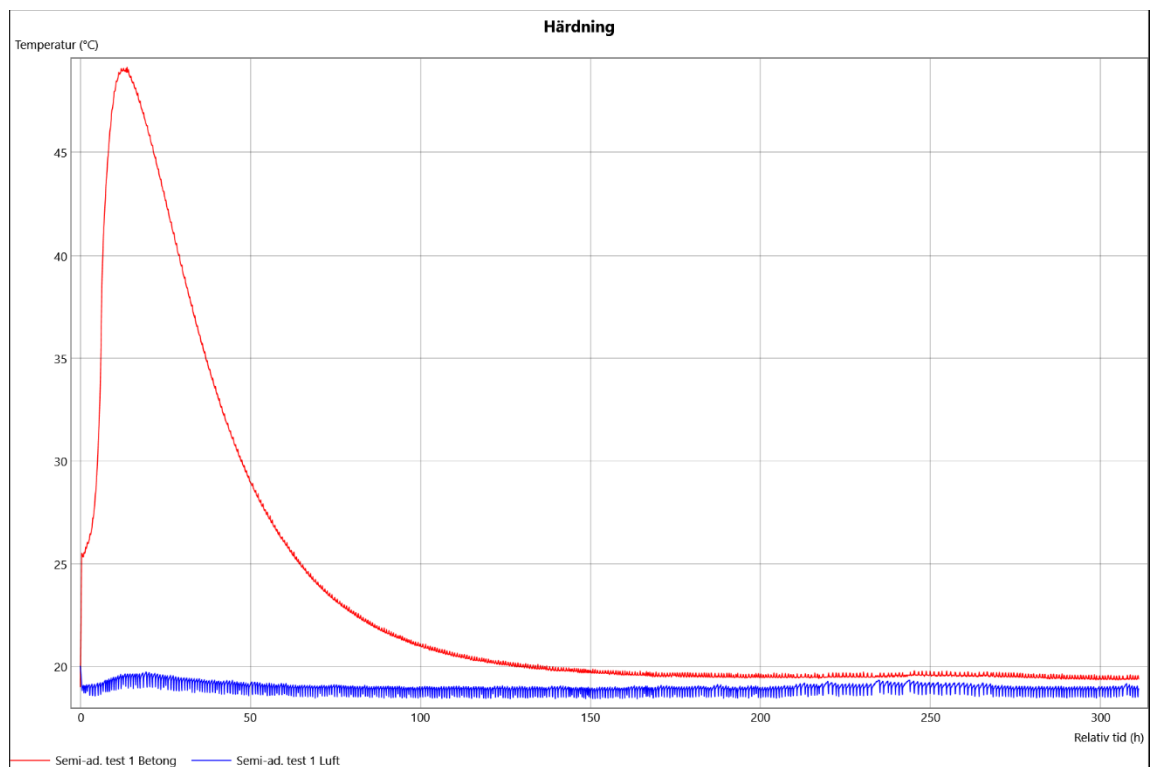
Figur 33. Anpassning av mognadsgrad för Viridiscement vct 0,38



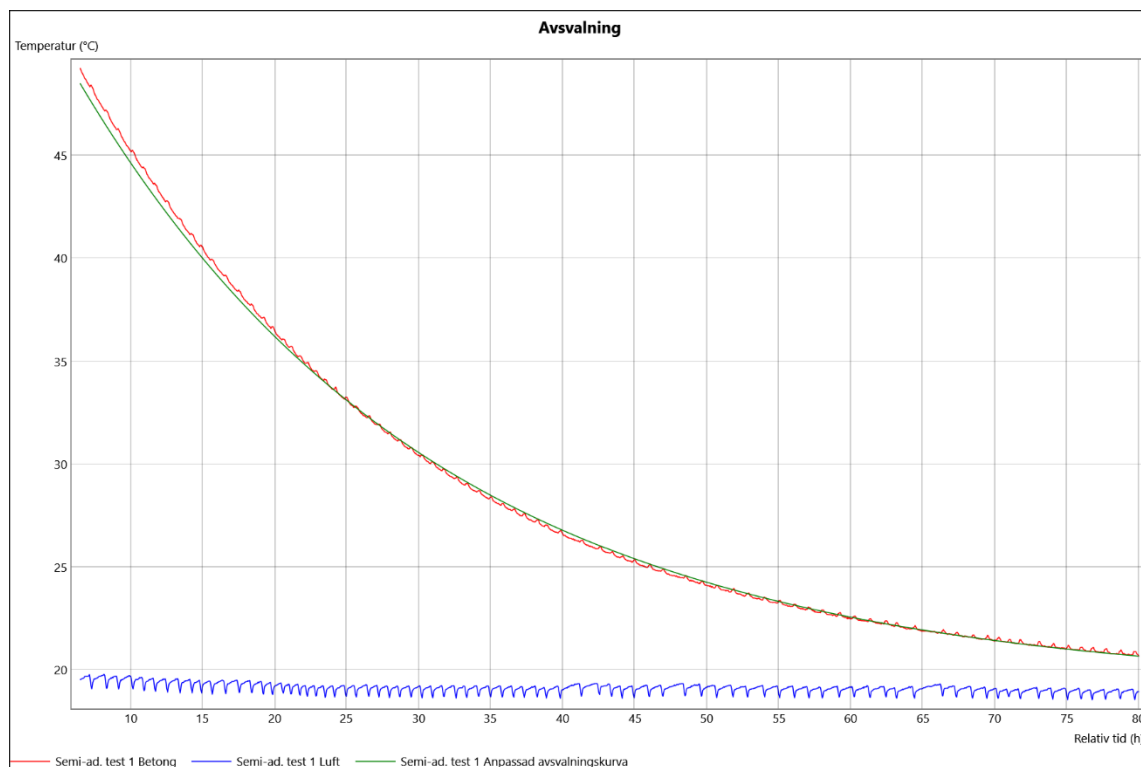
Figur 34. Anpassning av referenshållfasthet för Viridiscement vct 0,38



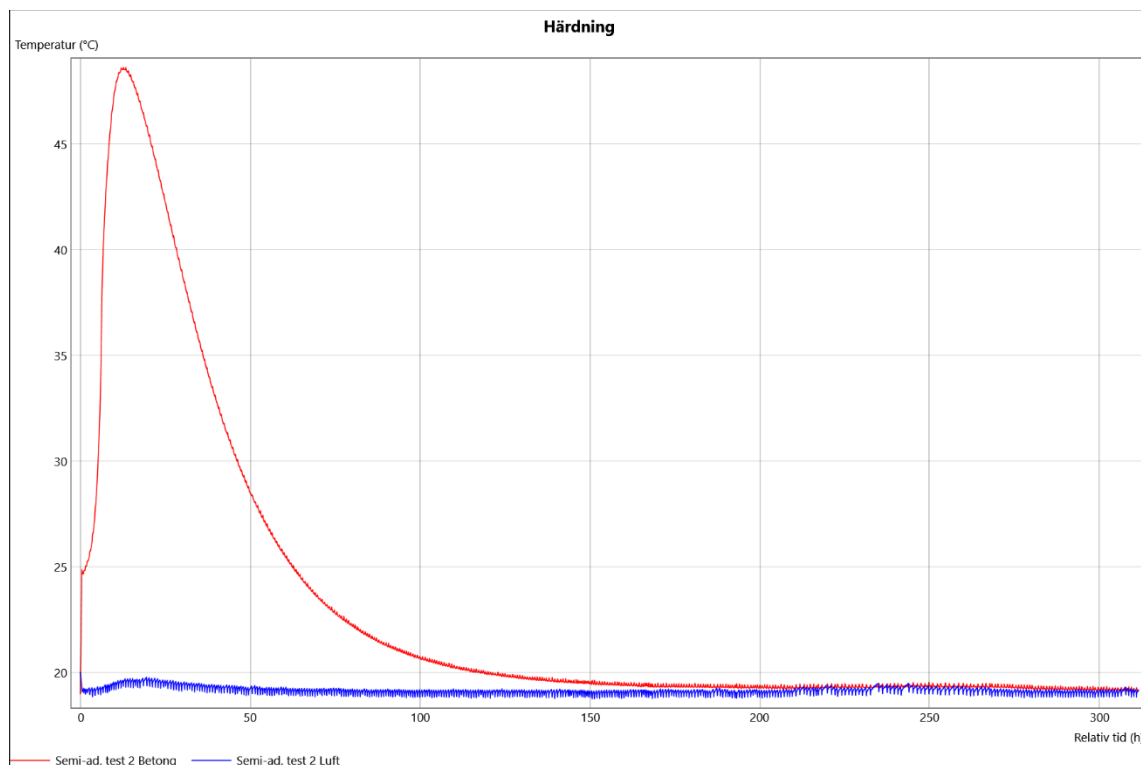
Figur 35. Anpassning av reduktion av hållfasthet vid höga temperaturer för Viridiscement vct 0,38



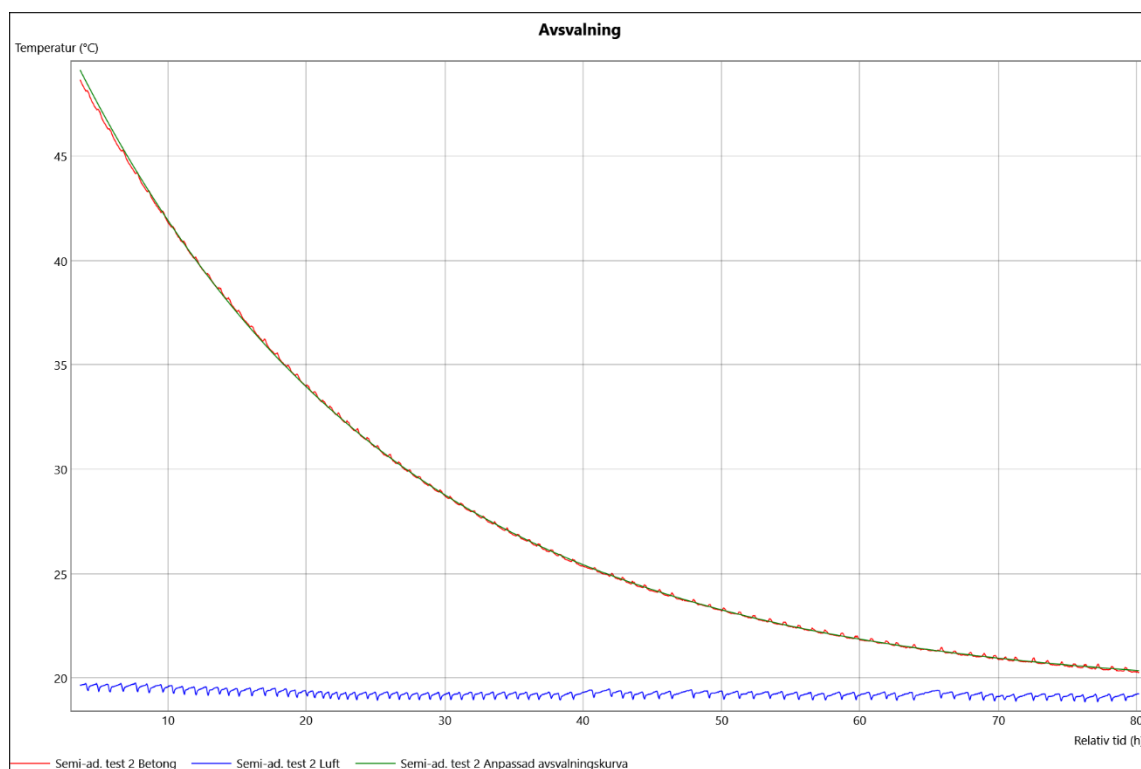
Figur 36. Temperaturer under hydratationsförloppet för första semiadiabaten för Viridiscement vct 0,38



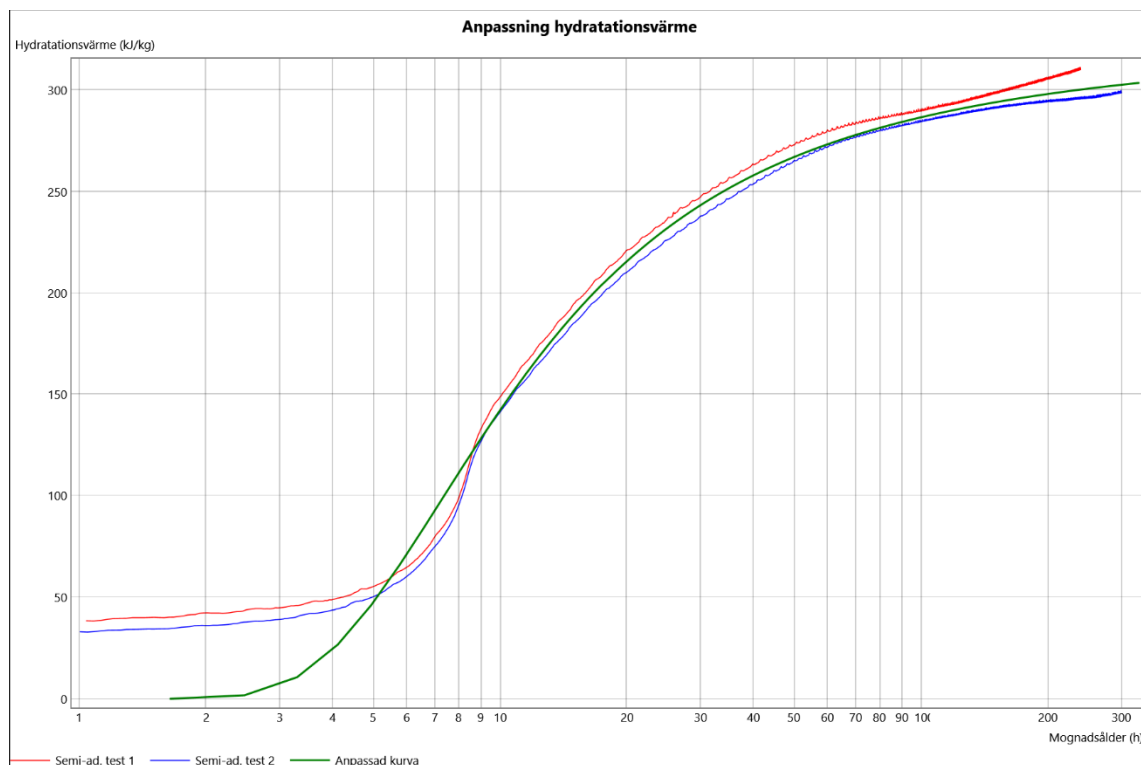
Figur 37. Temperaturer under avsvalningsförloppet för första semiadiabaten för Viridiscement vct 0,38



Figur 38. Temperaturer under hydratationsförloppet för andra semiadiabaten för Viridiscement vct 0,38

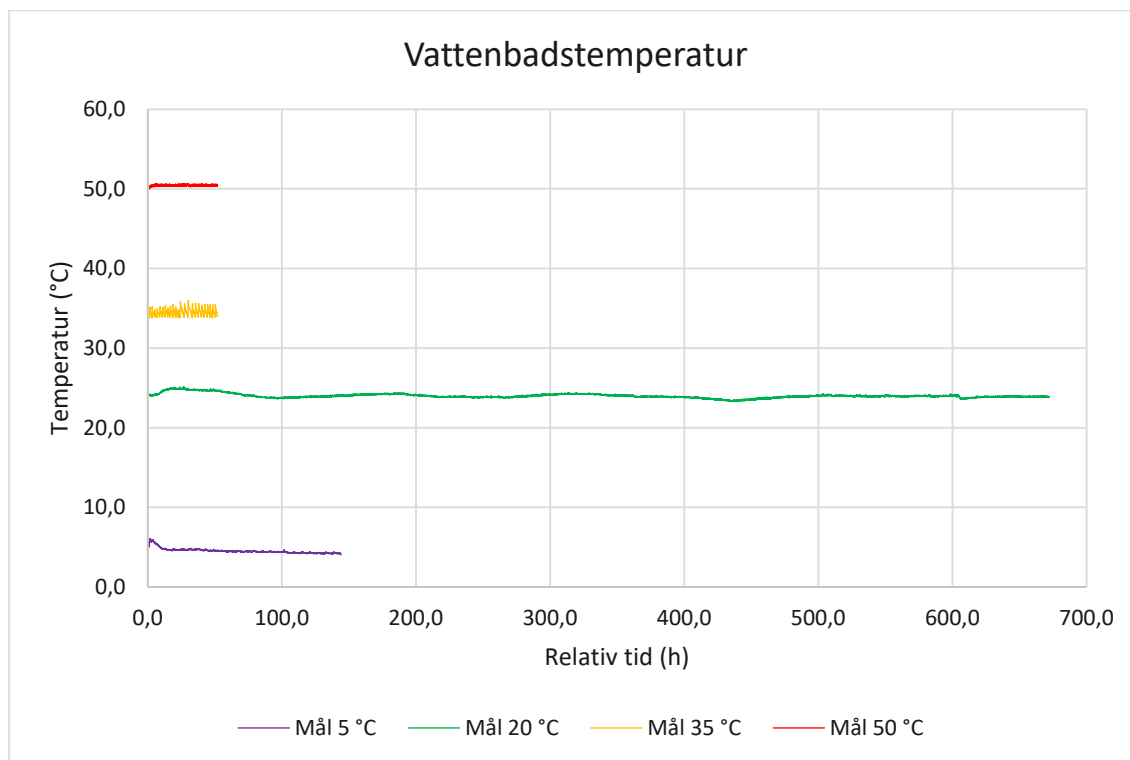


Figur 39. Temperaturer under avsvalningsförloppet för andra semiadiabaten för Viridiscement vct 0,38

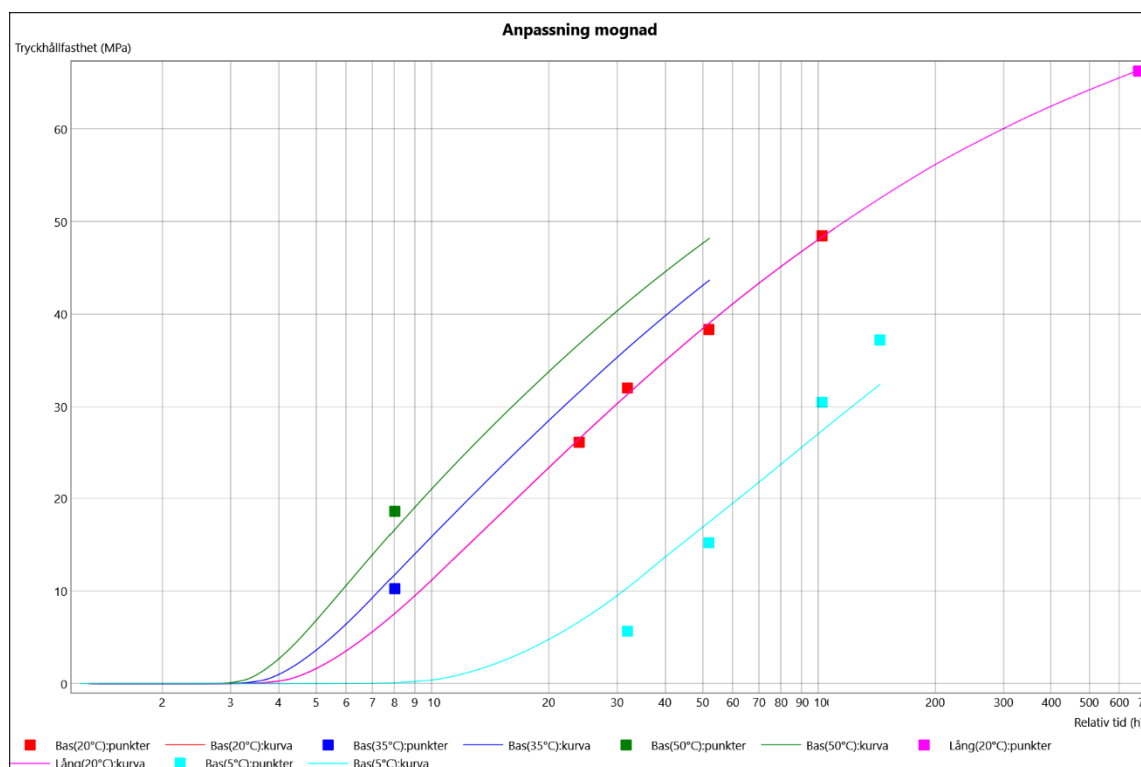


Figur 40. Anpassning av hydratationsvärme för Viridiscement vct 0,38

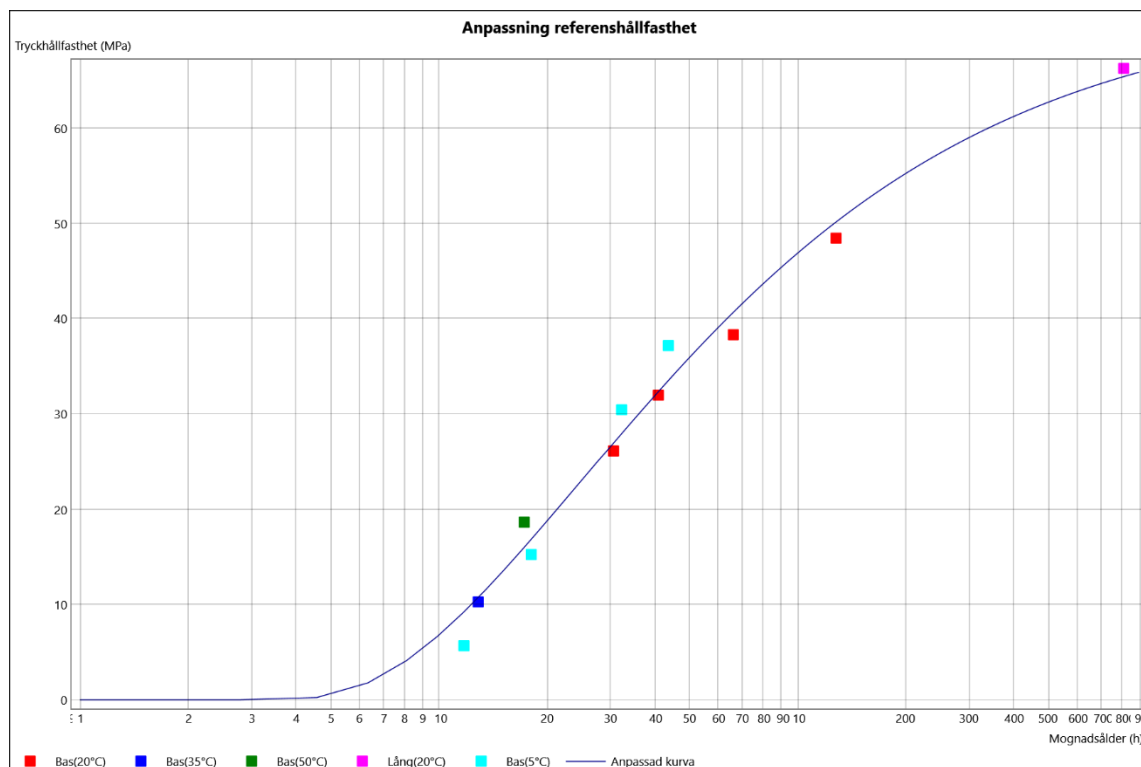
3.2.2 Mätning av grundanpassning vct 0,50



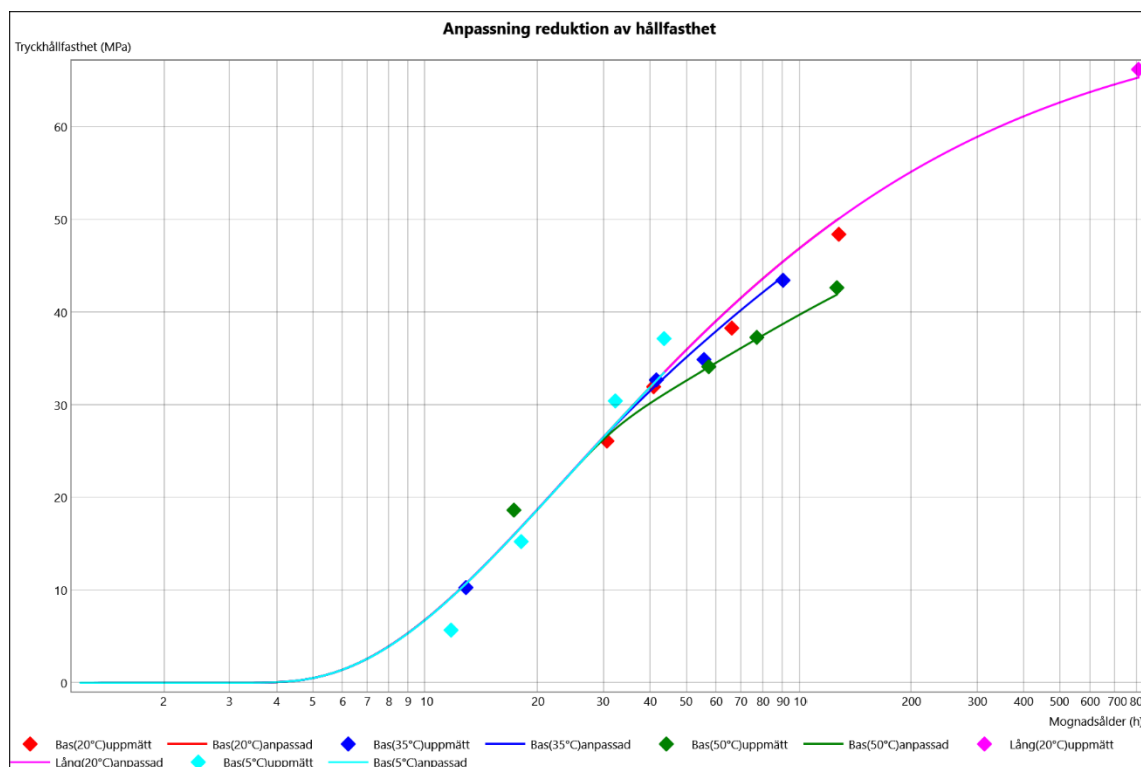
Figur 41. Registrerad temperatur i vattenbad under härdning av betongkuber för Viridiscement vct 0,50



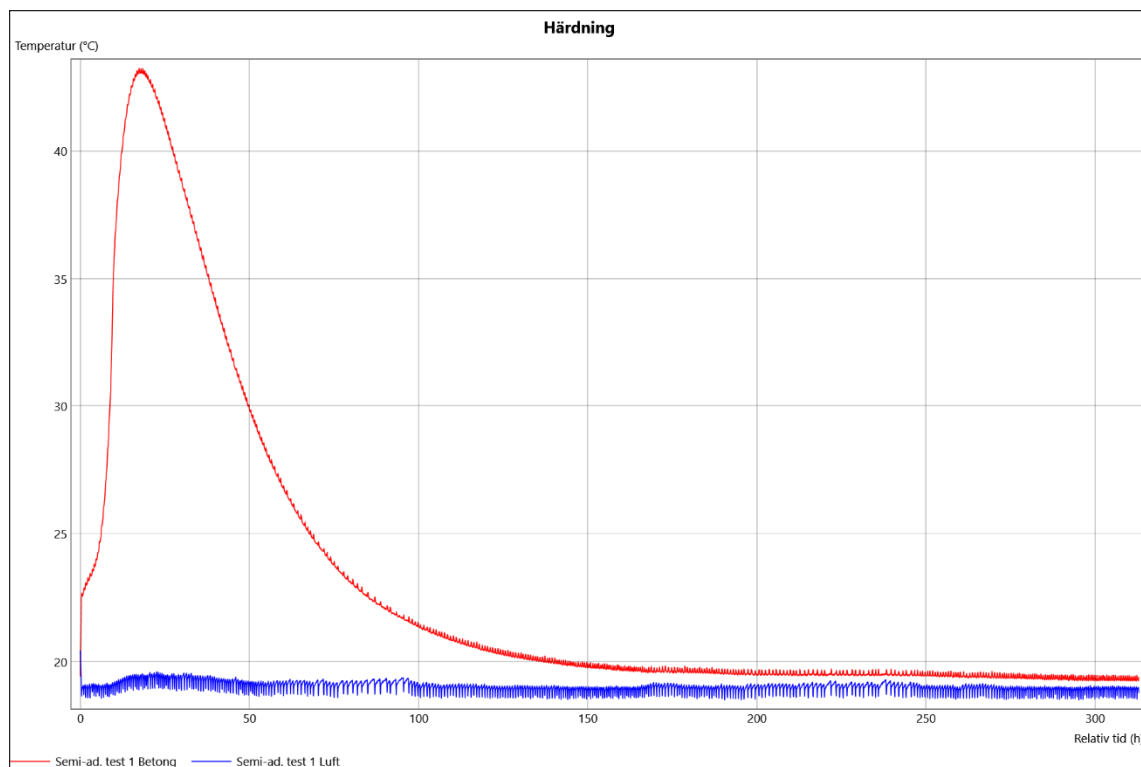
Figur 42. Anpassning av mognadsgrad för Viridiscement vct 0,50



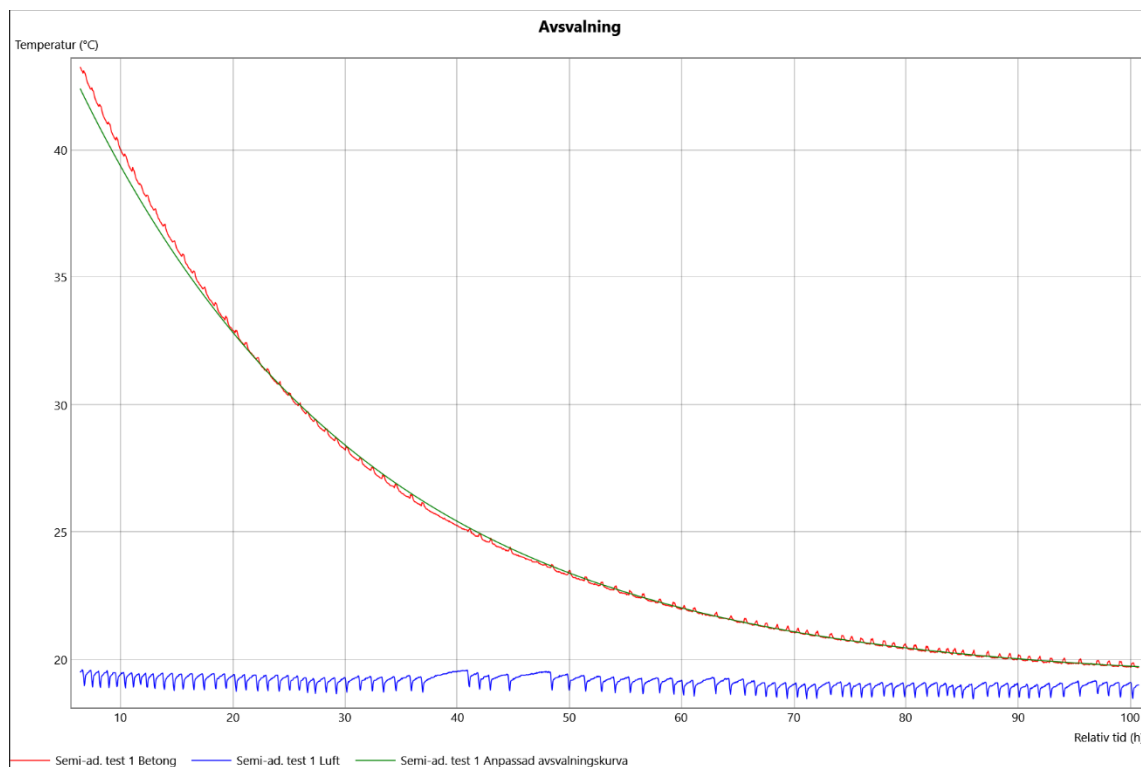
Figur 43. Anpassning av referenshållfasthet för Viridiscement vct 0,50



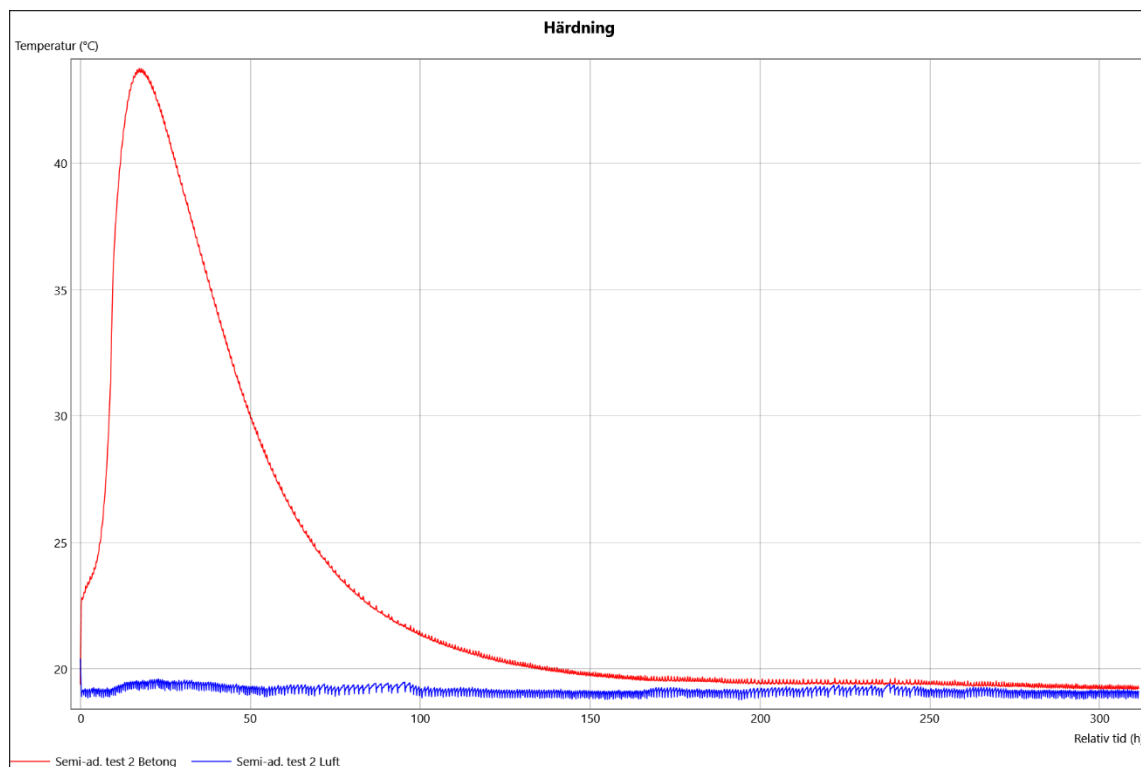
Figur 44. Anpassning av reduktion av hållfasthet vid höga temperaturer för Viridiscement vct 0,50



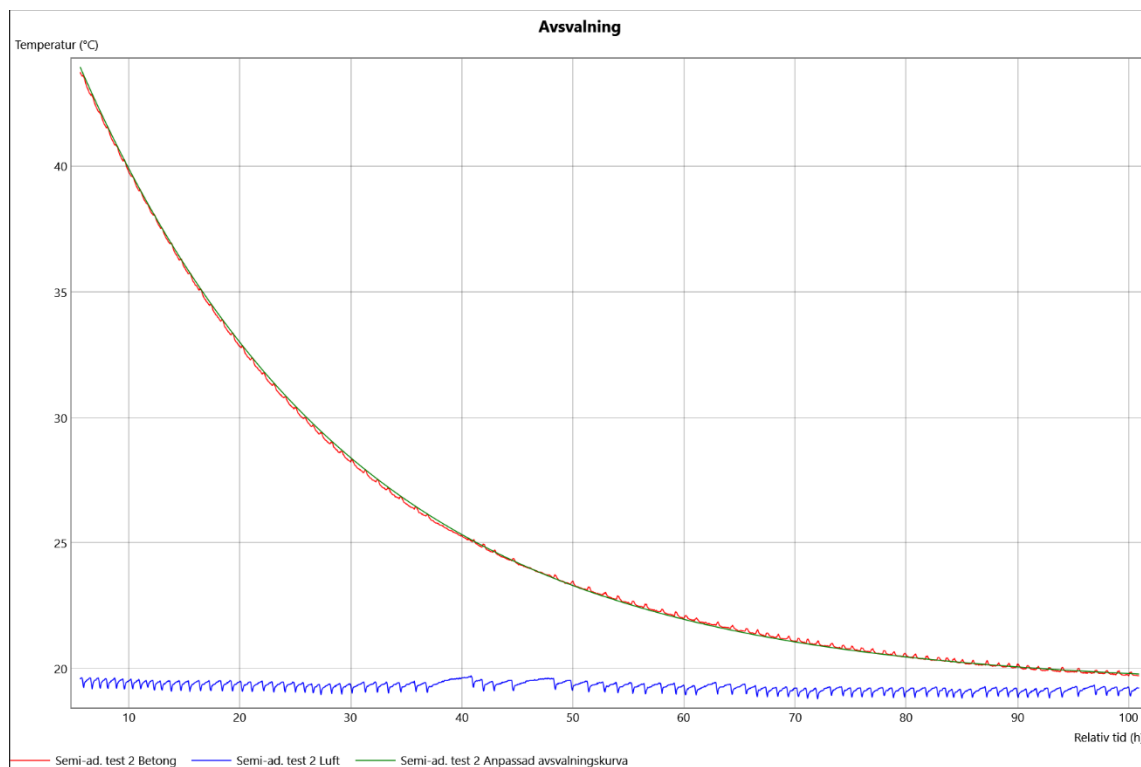
Figur 45. Temperaturer under hydratationsförloppet för första semiadiabaten för Viridiscement vct 0,50



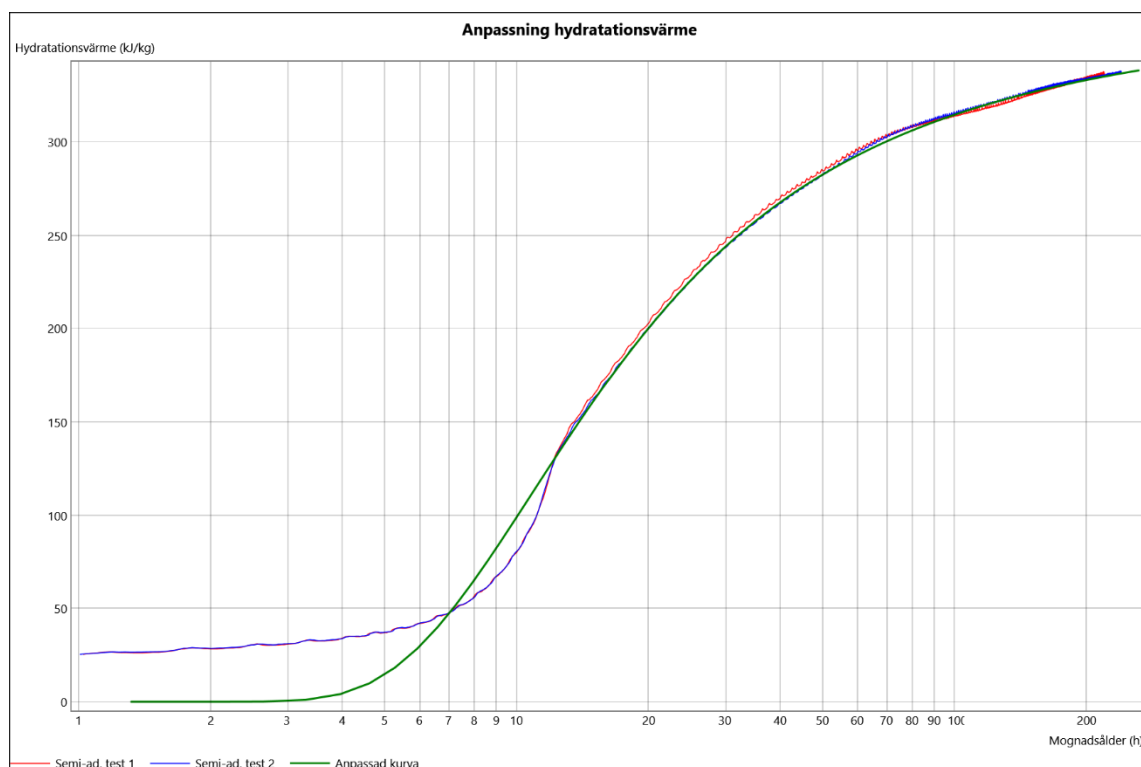
Figur 46. Temperaturer under avsvalningsförloppet för första semiadiabaten för Viridiscement vct 0,50



Figur 47. Temperaturer under hydratationsförloppet för andra semiadiabaten för Viridiscement vct 0,50

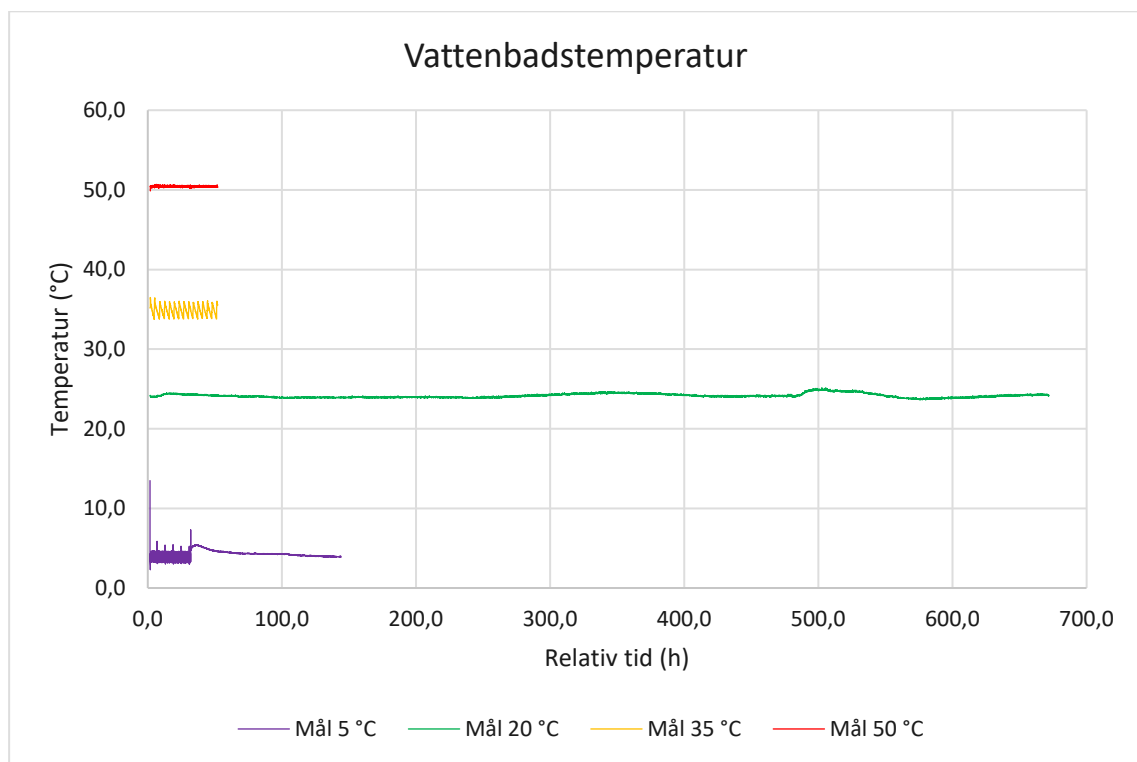


Figur 48. Temperaturer under avsvalningsförloppet för första semiadiabaten för Viridiscement vct 0,50

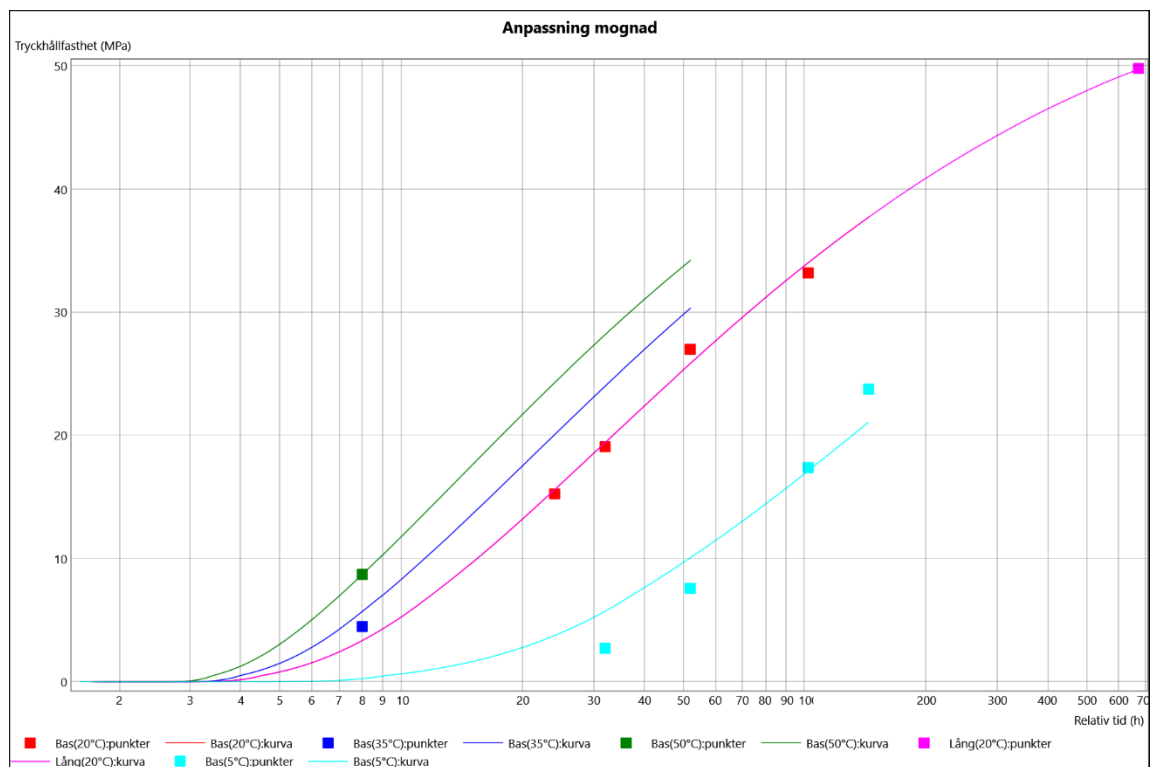


Figur 49. Anpassning av hydratationsvärme för Viridiscement vct 0,50

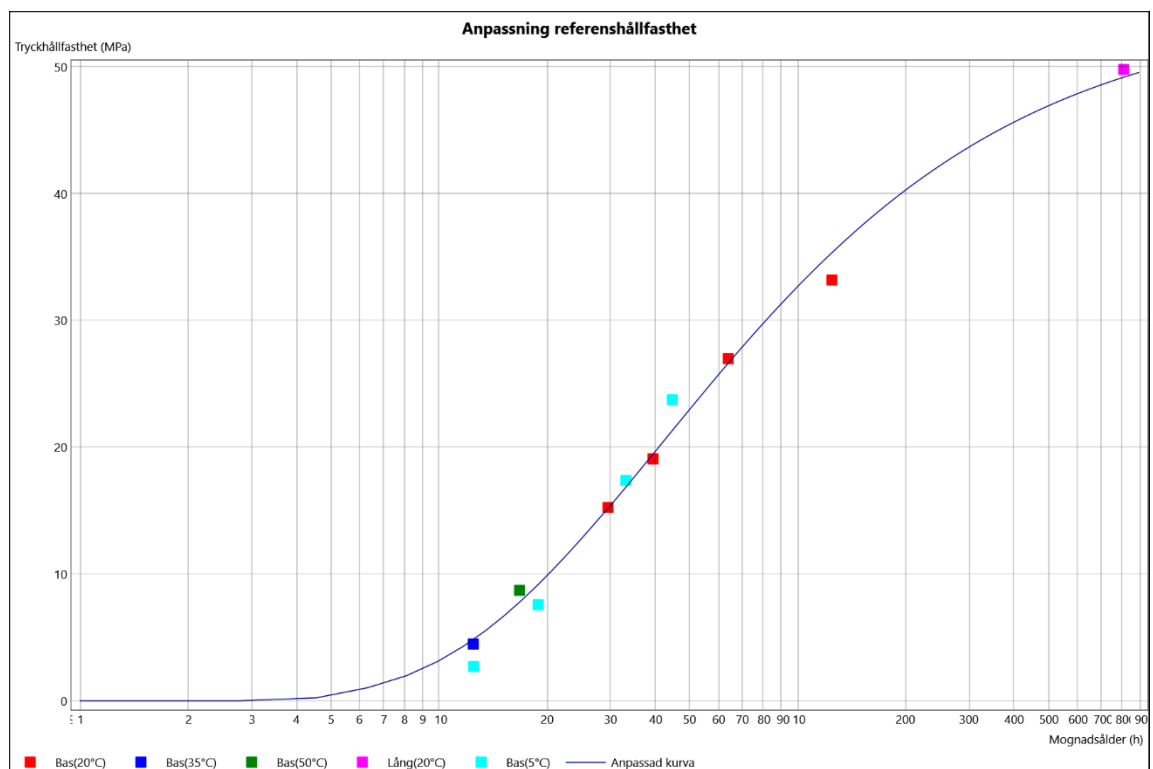
3.2.3 Mätning av grundanpassning vct 0,65



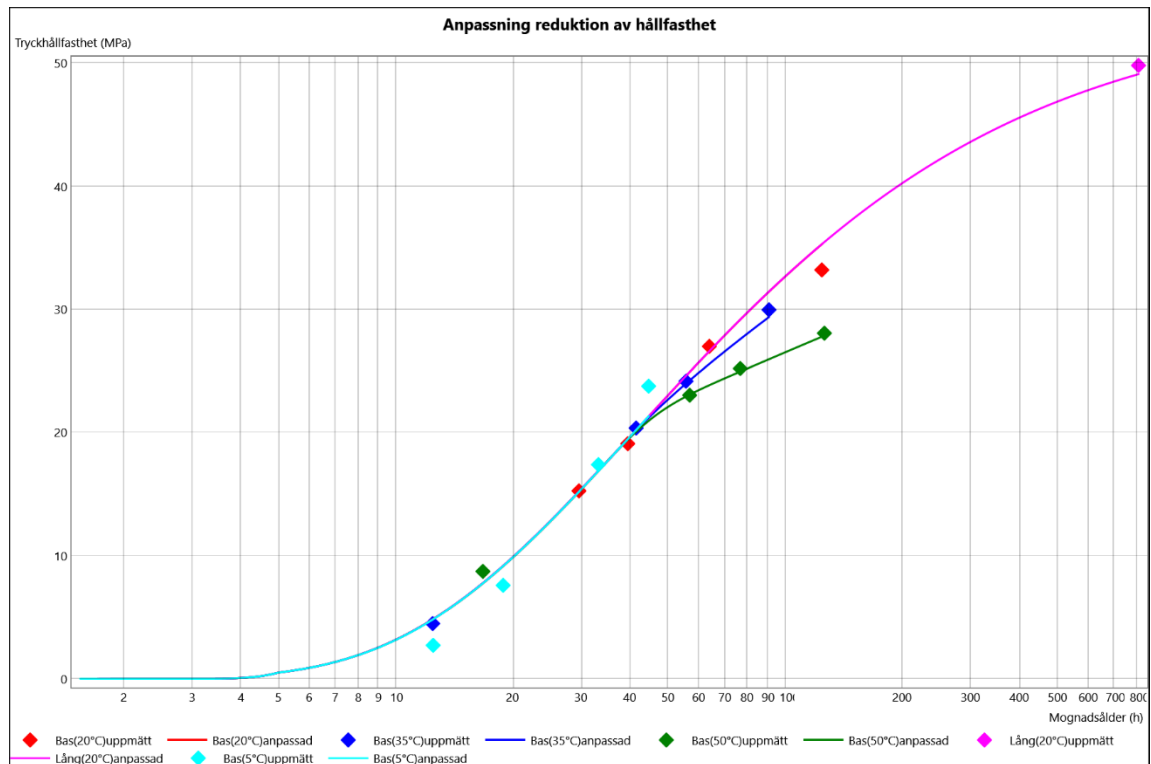
Figur 50. Registrerad temperatur i vattenbad under härdning av betongkuber för Viridiscement vct 0,65



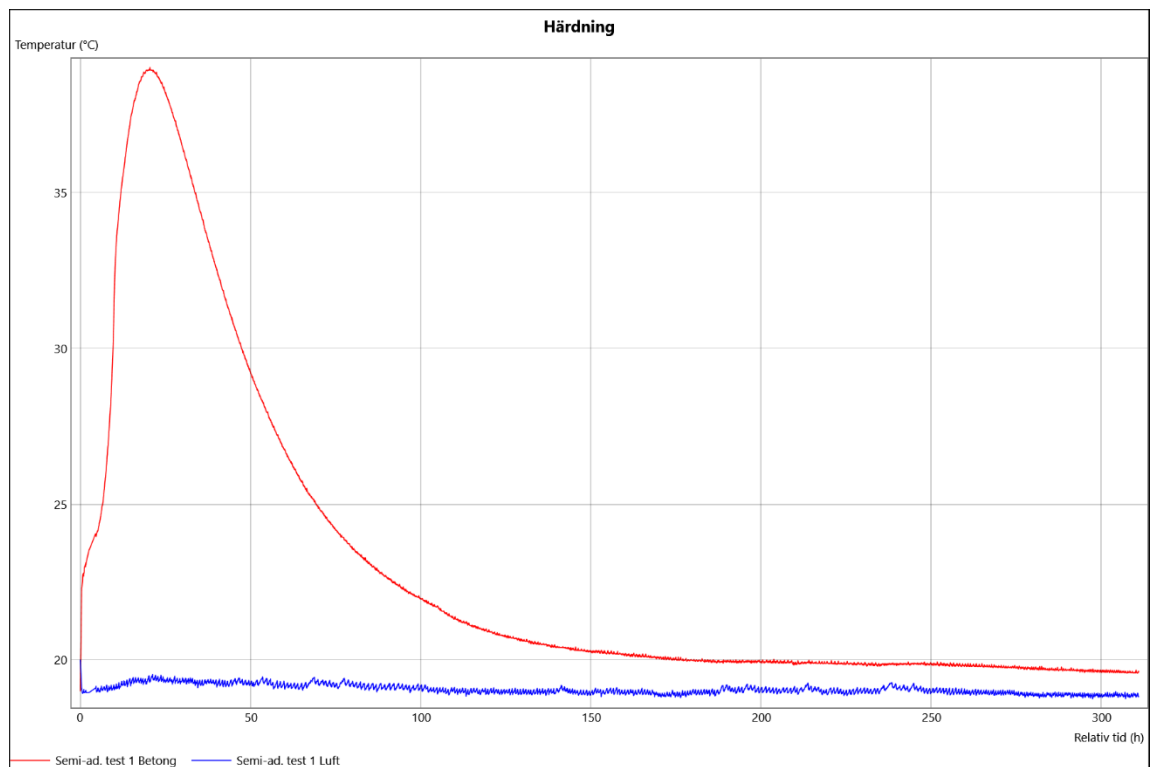
Figur 51. Anpassning av mognadsgrad för Viridiscement vct 0,65



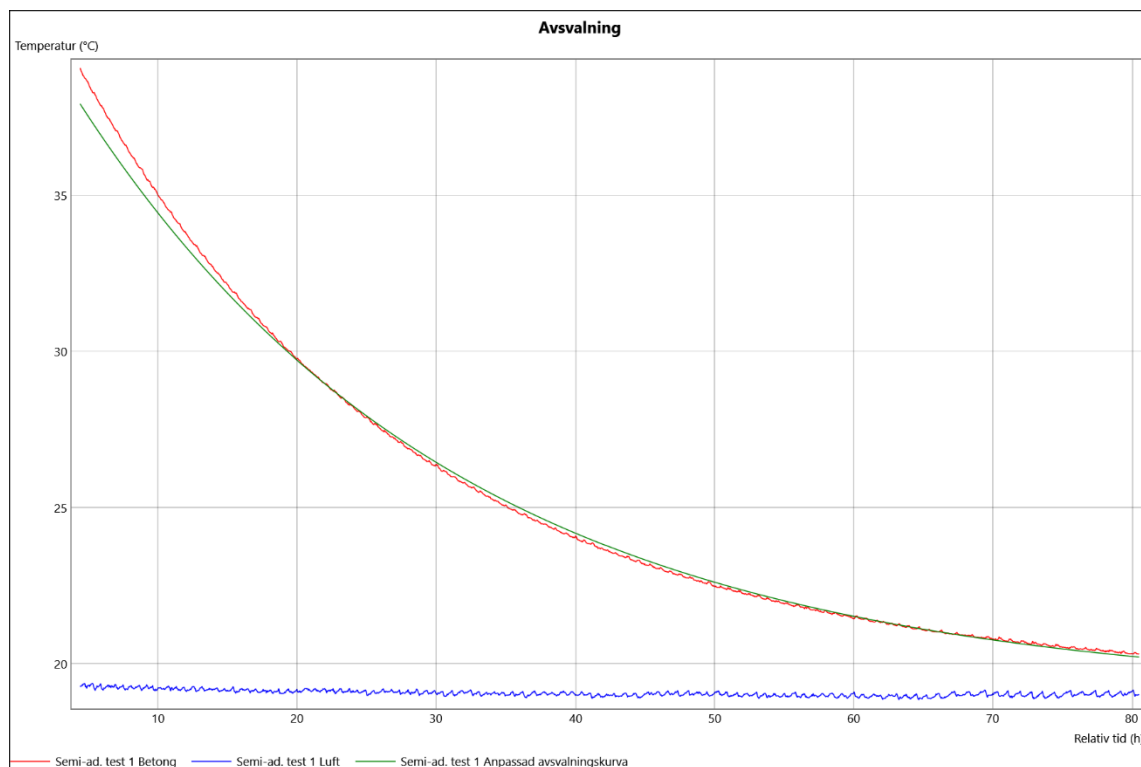
Figur 52. Anpassning av referenshållfasthet för Viridiscement vct 0,65



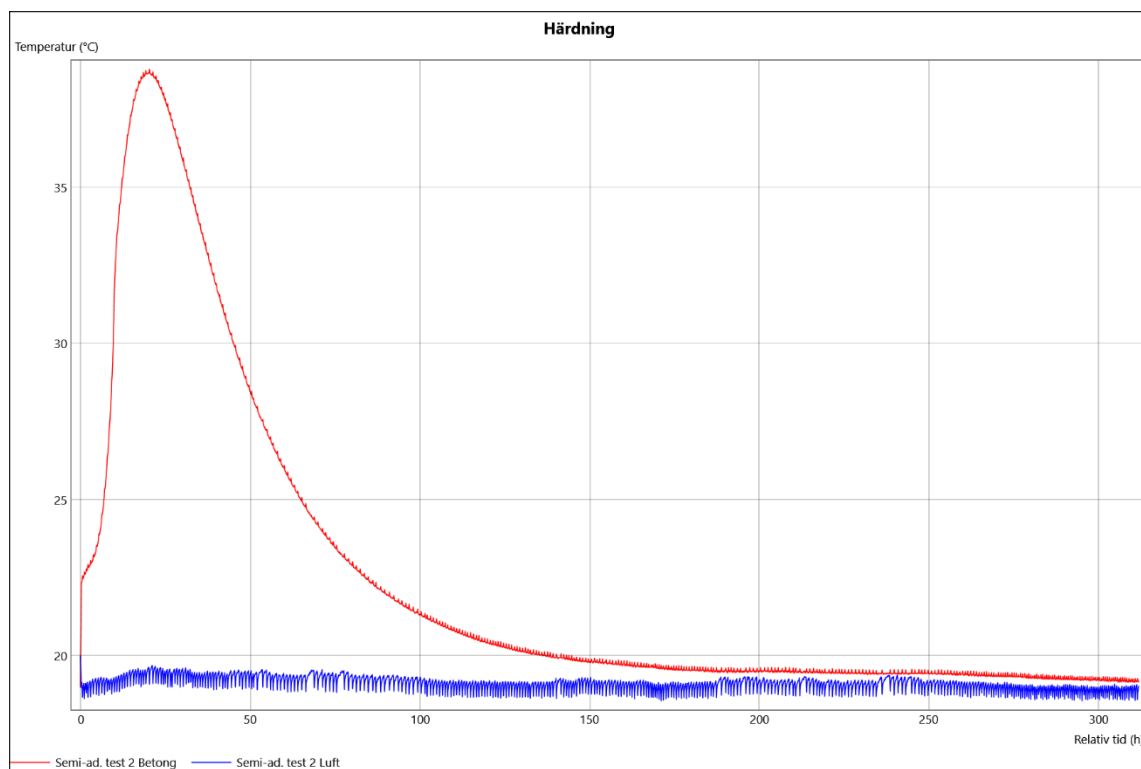
Figur 53. Anpassning av reduktion av hållfasthet vid höga temperaturer för Viridiscement vct 0,65



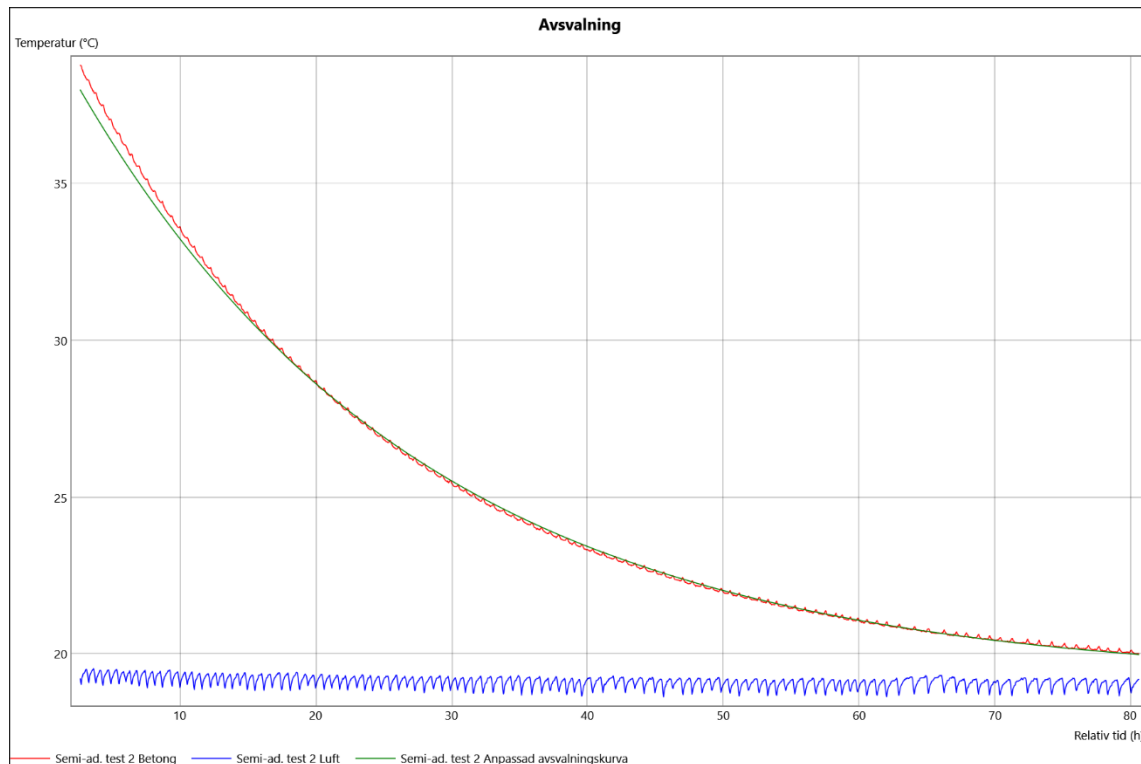
Figur 54. Temperaturer under hydrationsförloppet för första semiadiabaten för Viridiscement vct 0,65



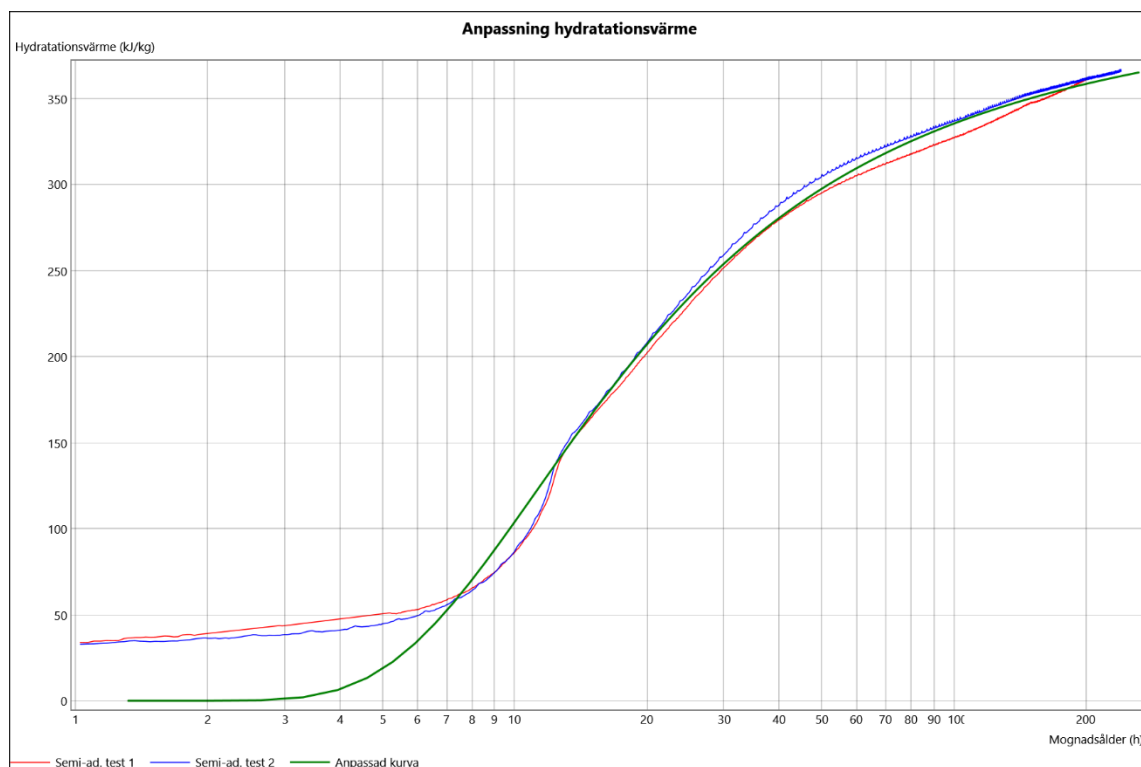
Figur 55. Temperaturer under avsvalningsförloppet för första semiadiabaten för Viridiscement vct 0,65



Figur 56. Temperaturer under hydratationsförloppet för andra semiadiabaten för Viridiscement vct 0,65



Figur 57. Temperaturer under avsvälningsförloppet för andra semiadiabaten för Viridiscement vct 0,65



Figur 58. Anpassning av hydratationsvärme för Viridiscement vct 0,65

3.2.4 Trendade parametrar

	C16/20	C20/25	C25/30	C28/35	C30/37	C32/40	C35/45	C40/50	C40/50	C45/55	C50/60	C54/65	C55/67	C58/70	C60/75	C65/80
vct_ekv	0,85	0,80	0,75	0,70	0,68	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,37	0,36	0,35	0,34	0,32
te0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BetaD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ThetaRef	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300
Kappa3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
te_ini	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Fcc_set	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
N_set	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
te_fin	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fcc28d	20	25	30	35	37	40	45	50	50	55	60	65	67	70	75	80
s	0,123	0,123	0,123	0,123	0,123	0,123	0,125	0,126	0,128	0,133	0,137	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139
Ncc28d	0,753	0,753	0,753	0,753	0,753	0,753	0,718	0,683	0,648	0,597	0,546	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525
Bindmedelshalt	220	240	260	280	290	300	320	340	380	400	435	460	470	490	510	530
Wu	480000	465000	450000	435000	430000	420000	405000	390000	375000	355000	330000	320000	317000	313000	310000	300000
t1	8,042	8,042	8,042	8,042	8,042	8,042	7,860	7,679	7,497	6,433	5,369	4,943	4,943	4,943	4,943	4,943
Kappa1	1,568	1,568	1,568	1,568	1,568	1,568	1,632	1,696	1,760	1,791	1,822	1,834	1,834	1,834	1,834	1,834
DMaxDrop28d	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,367	0,333	0,300	0,258	0,217	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
TempD	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	39,3	40,7	42,0	43,7	45,3	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0
KappaTemp	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700
TimeD	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	41,3	36,7	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0
KappaTime	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500

Tabell 5. Trendade materialparametrar för Viridiscement

Densitet sätts till 2390 kg/m^3 , värmekapacitet till $1000 \text{ J/(K}\cdot\text{kg)}$ och värmekonduktivitet som funktion av mognadsålder i enlighet med

Mognadsålder [h]	Värmekonduktivitet [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]
0	2,1
100	2,1
124	1,7
10000	1,7

Tabell 6. Värmekonduktivitet för *Viridiscement*

Mognadsgradsparametrarna BetaD, ThetaRef och Kappa3 förekommer i PPB i tre olika varianter med tillägg `_ini`, `_set` och `_fin`. Alla tre varianter sätts lika och motsvarande grundvärdet i Tabell 5 skall användas.

4 Slutsatser & rekommendationer

Först och främst vill projektet konstatera att man levererat samtliga i ansökan utlovade resultat, se Tabell 7 nedan.

Utlovat resultat	Levererat resultat
Ny version av PPB med uppdaterade materialdata	PPB ver 4.0 frisläppt maj 2025, kan laddas ner från Byggföretagens webbsajt www.byggforetagen.se/ppb
Slutrapport med provningsresultat	Denna rapport
Projektets slutresultat kommer att kommuniceras till betongbranschens aktörer, entreprenörer, projektörer och akademien genom projektets styrgrupp	Massutskick av mejl till PPB:s användare Muntlig kommunikation av styrgruppsmedlemmar till resp. organisation och utanför

Tabell 7. Projektnytt, jämförelse mellan utlovade i ansökan och levererade.

Vidare vill projektet rekommendera fortsatt löpande övervakning av vad som händer med bindemedlen. Det sker en löpande utveckling på materialsidan av både bindemedel och hur dessa används/blandas i betong. Flera av de större betongleverantörer mäter idag in egna blandningar och använder egna anpassade parametrar i simuleringar i PPB. Samtidigt finns det ett behov av att PPB tillhandahåller för alla användare materialparametrar för marknadsdominerande grundmaterial. Resultat av detta projekt har åtgärdat marknadens omedelbara behov av generella materialdata för värme- och hållfasthetssimulering för tillfället, men det kommer att vara en tidsfråga när inmätning av nya material behöver utföras och PPB:s materialdatabas revideras.

Projektet vill vidare uppmärksamma på att det utförda arbetet endast omfattat simulering av värme och hållfasthetsutveckling i PPB. Det finns ett omedelbart behov av inmätning av generella data för moderna materialblandningar för spänningsanalys i PPB. Någon sådan har inte omfattats av projektet.

Projektet vill slutligen rikta ett tack till labbet vid Avdelningen för byggmaterial vid LTU. Labbet har levererat en inmätning av egenskaper för värme och hållfasthet trots en omfattande omstart efter flytt mellan avdelningar samt uppgradering av delar av utrustningen. Projektet vill vidare konstatera att man fått en klar indikation genom samarbetet med LTU att inmätning av egenskaper för spänning inte kan utföras i skrivande stund.

Referenser

PPB Manual M2 – Produktionsplanering Betong ver 4.0, Manual del M2, Materialdata för ung betong – teori och mätning, Byggföretagen 2025

PPB Manual M3 – Produktionsplanering Betong ver 4.0, Manual del M3, Materialdata för ung betong – anpassning, Byggföretagen 2025