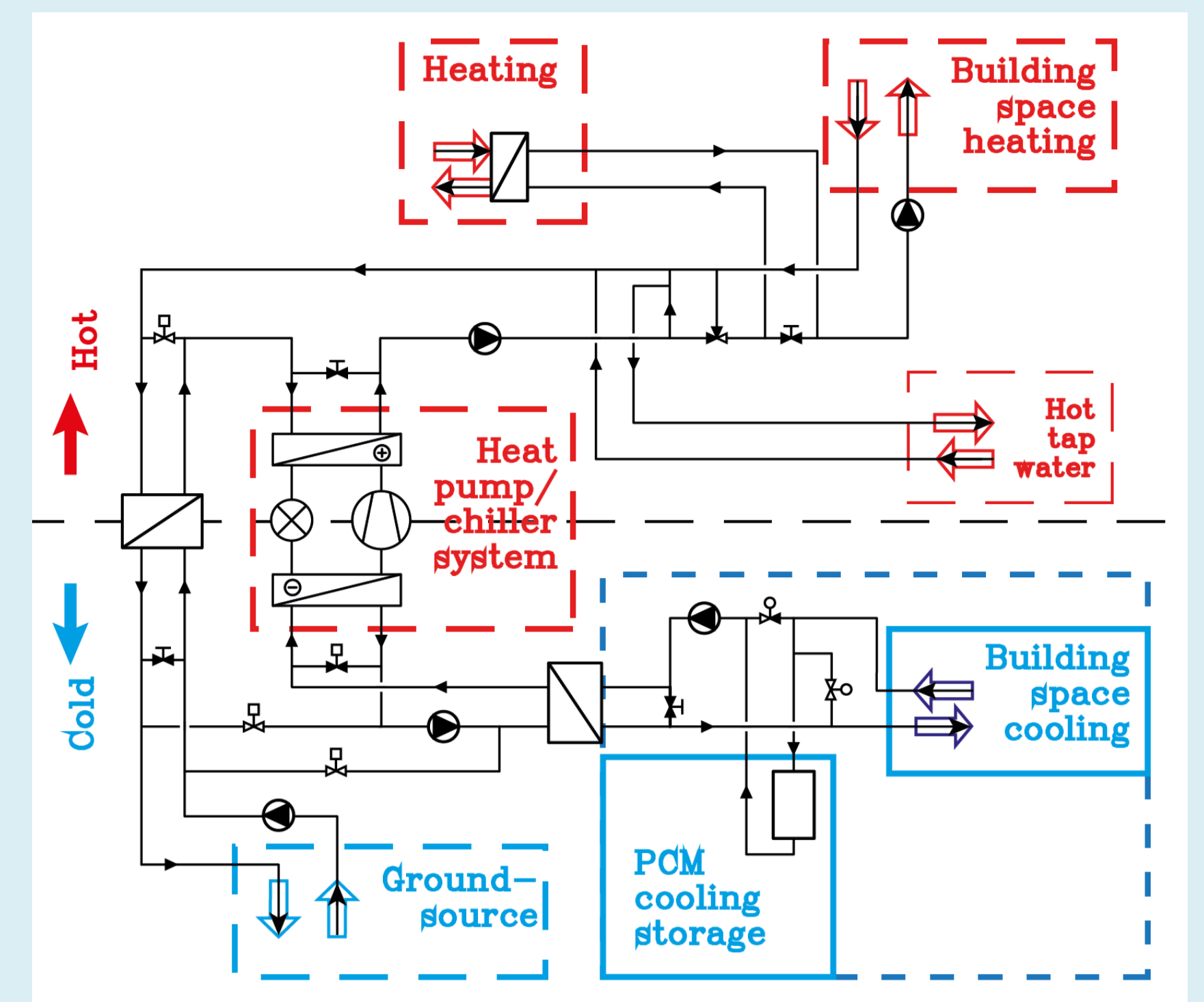


Evaluering av energisystemet til Høgskolen i Bergen

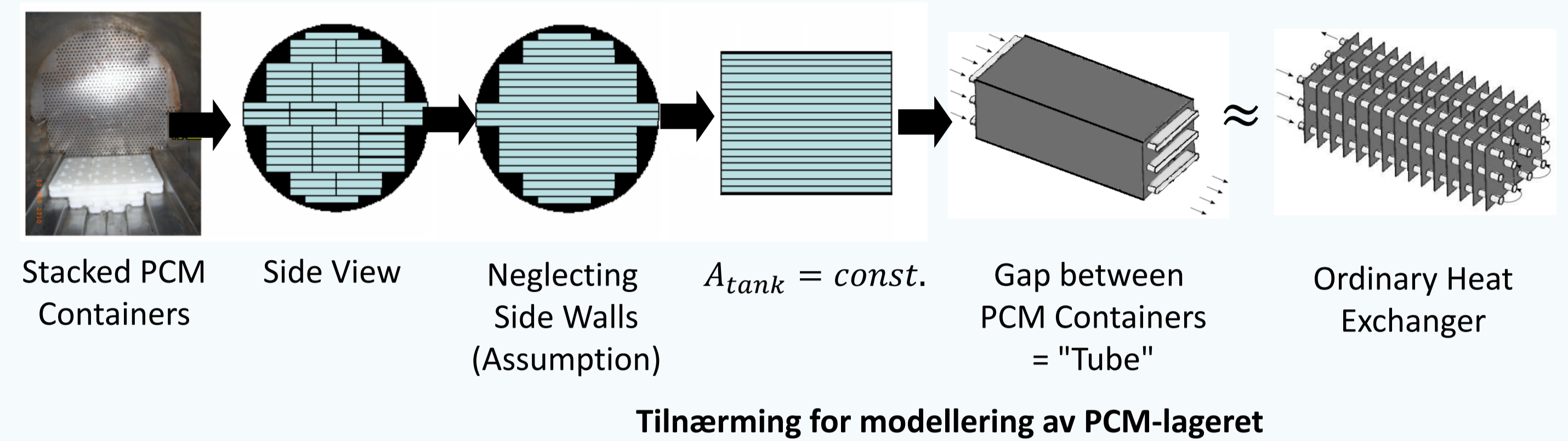
Designprinsippet for det avanserte energisystemet til Høgskolen i Bergen (HiB) har vært å ikke kvitte seg med noe spillvarme, men heller å ta vare på alt for senere utnyttelse. Grunnlasten til oppvarming og kjøling dekkes av tre høyeffektive ammoniakk varmepumper. Det brukes to typer energilagring: tanker fylt med faseforandringsmateriale (phase change materials, PCM), som fungerer som spisslast til kjøling, samt energibrønner for sesonglagring av varme.

Totalt tre studenter har jobbet med evaluering av dette energisystemet i 2016. Sommerstudenten Michael Jokiel gjorde en detaljert modellering og evaluering av PCM-lageret. To prosjektstudenter, Jill Velvoort og Madeleine Storås, har sett på energisystemet i sin helhet og evaluert måledata over et år.



Modellering og evaluering av PCM-lageret

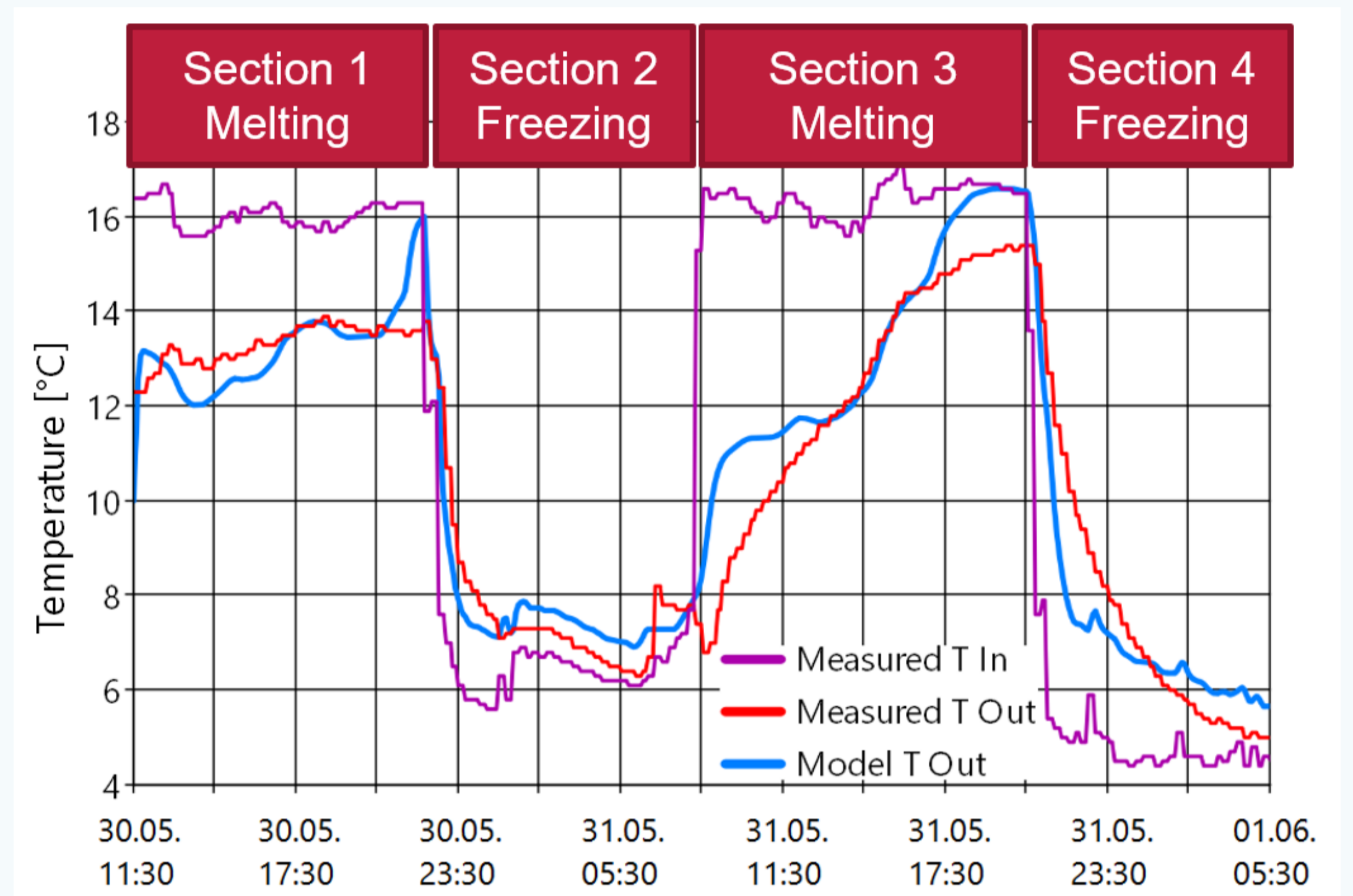
PCM-lageret, som består av fire tanker på 60 m³ hver, ble modellert med det dynamiske simuleringssystemet Dymola. Lageret ble da tilnærmet som en vanlig platevarmeveksler, som vist i figuren. For å finne riktige parametere for simuleringene, ble simuleringresultatene validert mot måledata, først fra leverandøren til PCM-tankene og deretter fra HiB.



Tilnærming for modellering av PCM-lageret

Målingene fra vanlig operasjon har vist at den fulle kapasiteten til PCM-lageret ikke blir utnyttet; kjølebehovet er aldri så høyt. Det ble derfor gjennomført manuelle forsøk med kun en tank for å få til full utlading og ladning. Den modellerte og målte returtemperaturen fra disse forsøkene er i godt samsvar, som vist i figuren til høyre.

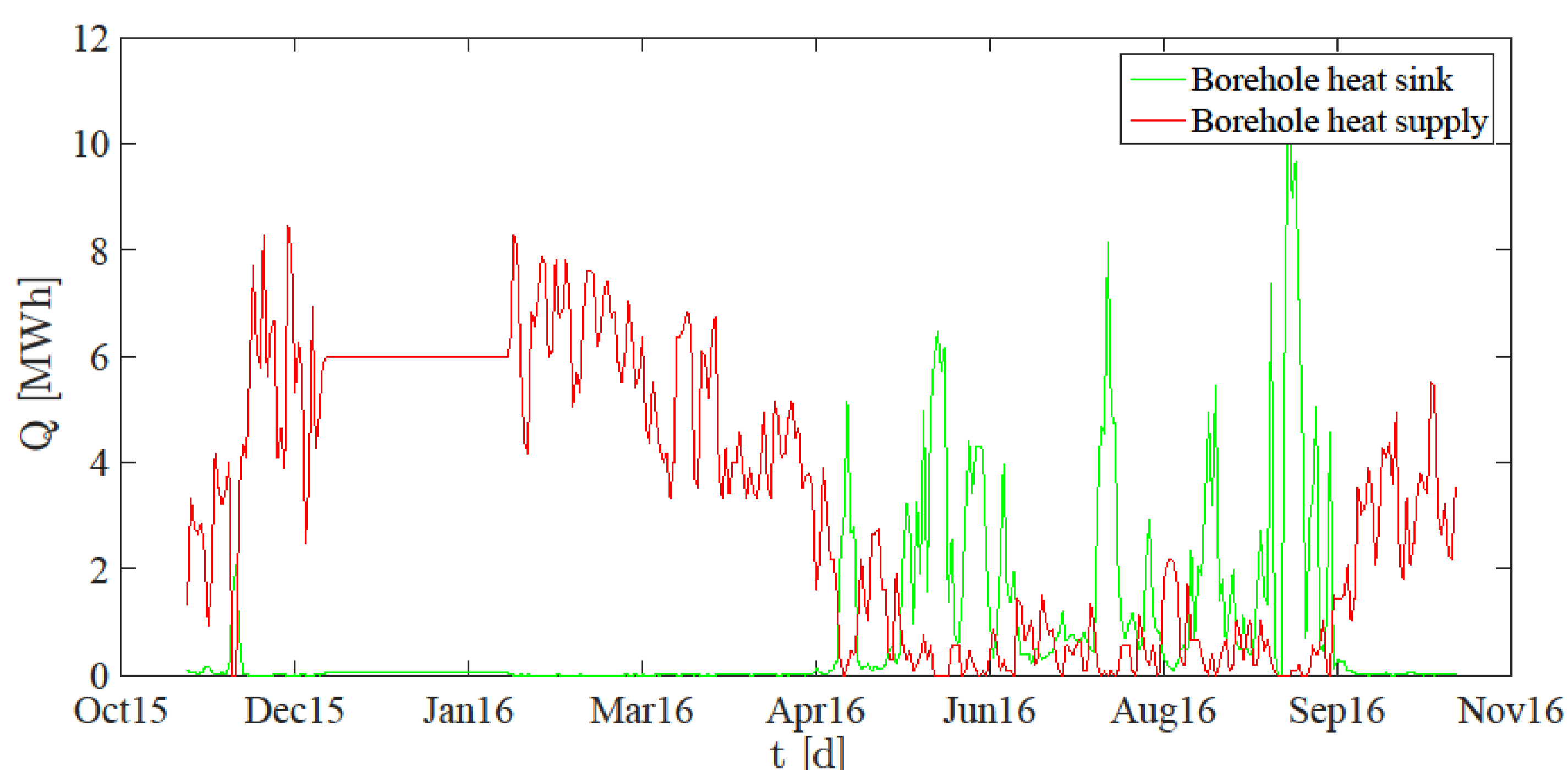
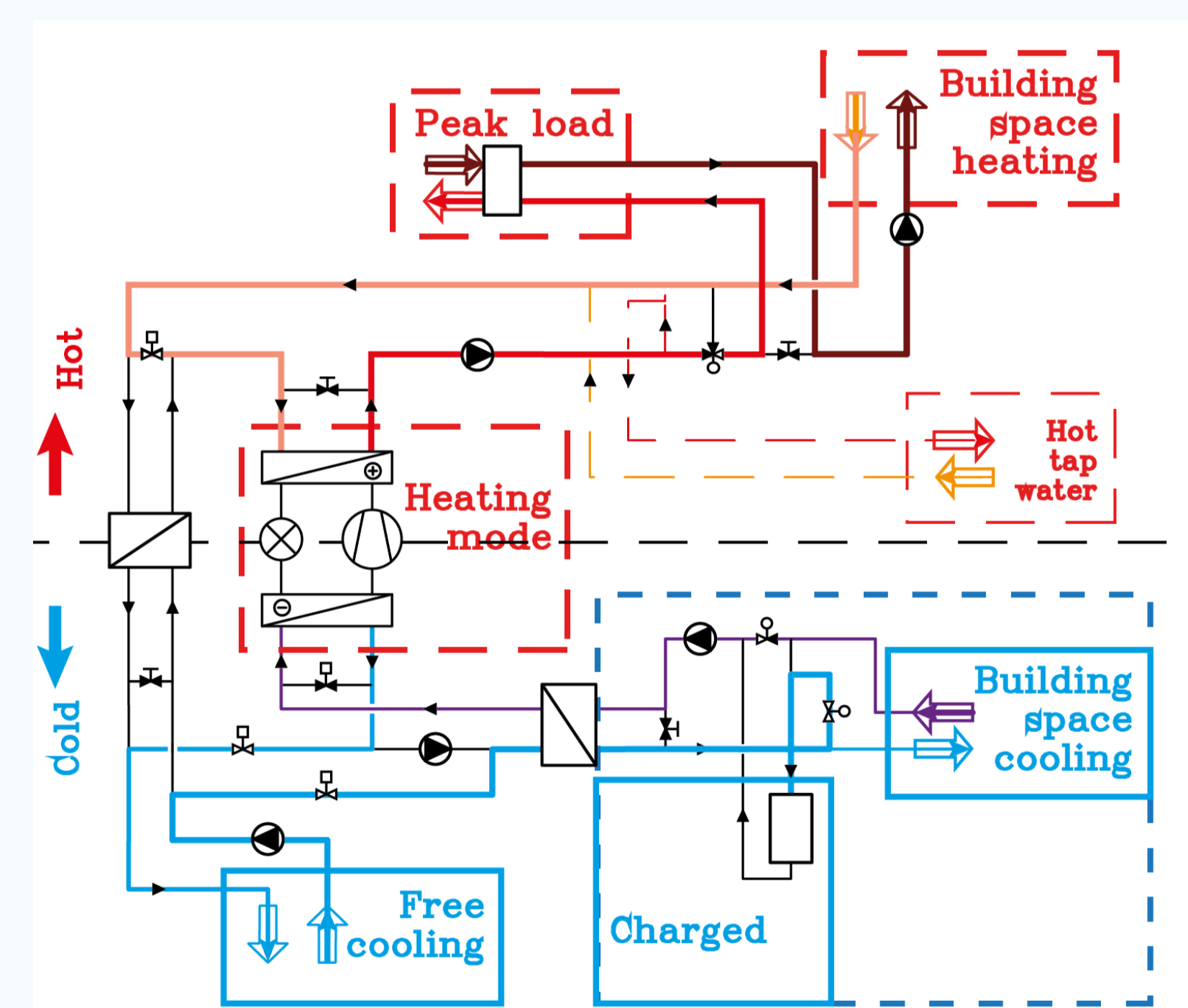
Sammenlikning av målinger og simuleringer viste at en vanlig ladning/utlading av en tank over 12 timer (en natt/dag) ikke er tilstrekkelig til å fryse/smelte tanken totalt og dermed til å utnytte den fulle kapasiteten. En utvidet smelting over 36 timer ga full smelting og en kapasitet på 2500 kWh, noe som er nær kapasiteten gitt av leverandøren (2800 kWh). I en vanlig utlading over 12 timer var kapasiteten rundt halvparten av dette. En publikasjon basert på disse resultatene er under arbeid.



Målt turtemperatur (lilla) sammen med målt (rød) og modellert (blå) returtemperatur for to sykluser med smelting og frysing over ca to døgn.

Evaluering av energisystemet i sin helhet

Energisystemet har fire operasjonsmoduser avhengig av oppvarmings- og kjølebehovet. Figuren til høyre viser modusen for lavt kjølebehov og høyt oppvarmingsbehov. Varmepumpene operer da i oppvarmingsmodus, og henter varme fra kjølesystemet og energibrønnene ved behov. Spisslast er dekket med fjernvarme. Det vil alltid være noe kjølebehov grunnet bl.a. store servere. Dette dekkes av fordampere til varmepumpene, samt fri kjøling fra energibrønnene.



Systemet er utrustet med flere temperatur- og energimålere, samt et avansert kontrollsystem for å veksle mellom de forskjellige modusene avhengig av temperaturnivå og behov. Energiforbruket til de forskjellige delene av systemet ble evaluert over et år, fra oktober 2015 til oktober 2016. Det totale oppvarmingsbehovet var 2500 MWh, og kjølebehovet var 1010 MWh. Resultatene viser bl.a. at varmen hentet fra energibrønnene (1200 MWh) er tydelig høyere enn den leverte varmen (300 MWh), som vist i figuren. Dette kan på lang sikt føre til nedkjøling av bakken og reduksjon i virkningsgraden til systemet.