

Feltnmålinger – bergvarmeanlegg

- KIWI Dalgård
- Moholt 50|50
- SWECO-Bygget



ANNEX
52

START DATE:
1 January 2018

END DATE:
31 December 2021

Long term performance measurement of GSHP Systems serving commercial, institutional and multi-family buildings

Measured long-term performance data for ground source heat pump systems serving commercial, institutional and multi-family buildings are rarely reported in the literature...

Dr.ing. Jørn Stene

COWI AS

jost@cowi.com

KIWI Dalgård, Trondheim – supermarked



Foto – Øystein Thommesen AS



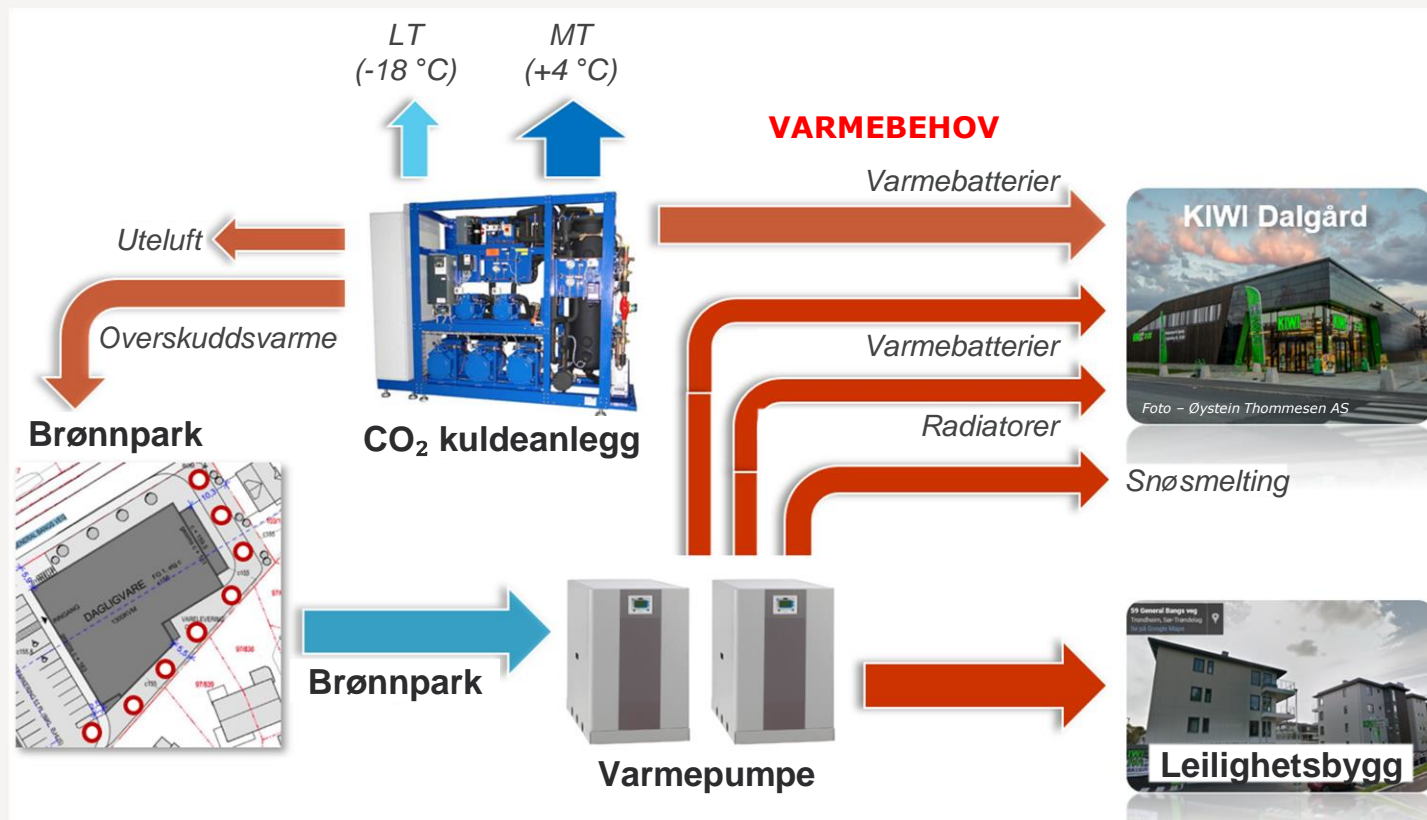
NTNU prosjektoppgave
Marie Garen Aaberg (2018)

KIWI Dalgård – oversikt

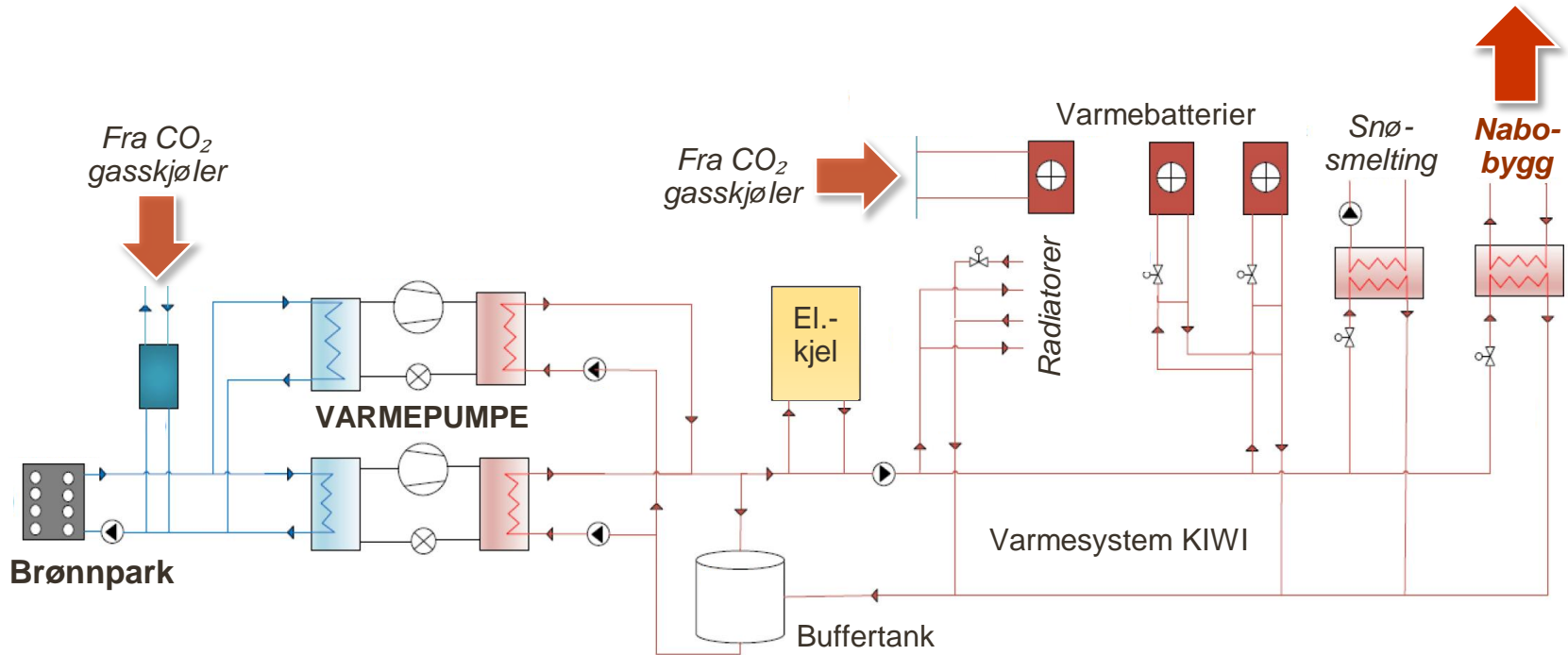
- > Bygget – ferdigstilt juni 2017
 - > Passivhus-standard – 1250 m²
 - > Energieffektive kjølemøbler og belysning
 - > Solcellepaneler (PV), 560 m² + batterilager
- > CO₂ kuldeanlegg
 - > Standard DX-system – 20 kW (-18 °C), 59 kW (+4 °C)
 - > **Varmegjenvinning** til ventilasjonsluft og **brønnpark**
- > Bergvarmepumpe
 - > **Varmepumpe-aggregater** (R410A), 2 x 38 kW ved 4/50 °C
 - > Brønnpark – 8 borehull, totalt 2110 m – 15 m avstand
 - > KIWI-butikk – romoppvarming og snøsmelting
 - > **Ekstern varmeleveranse** til 3 leilighetsbygg



Kuldeanlegg og bergvarmepumpe – termisk energiflyt

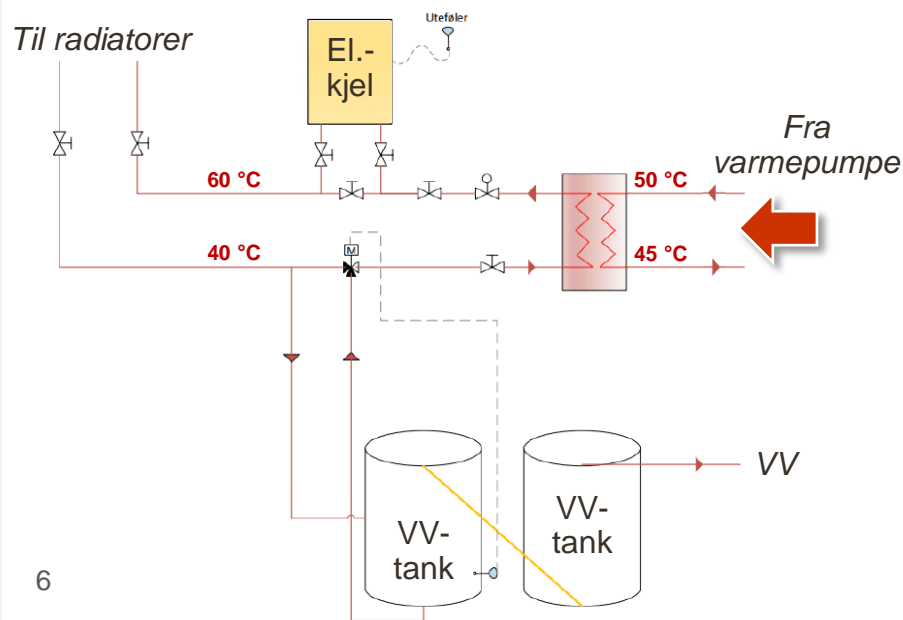


Termisk energiforsyning – prinsippsskisse (1)

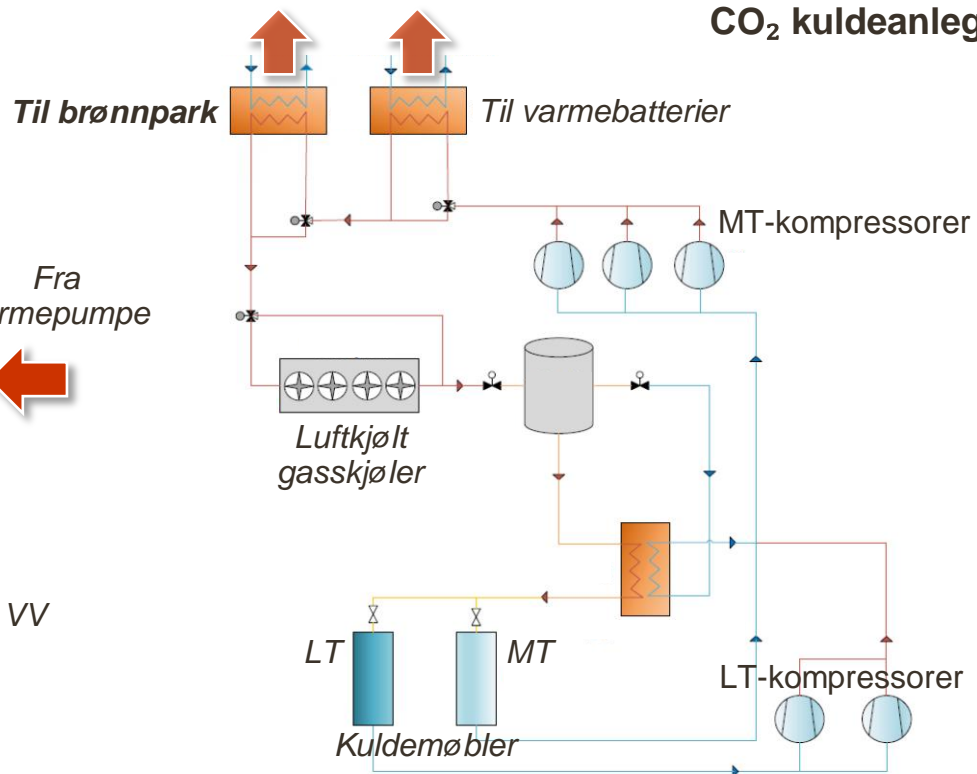


Termisk energiforsyning – prinsipiell skisse (2)

Varmesystem – 3 leilighetsbygg

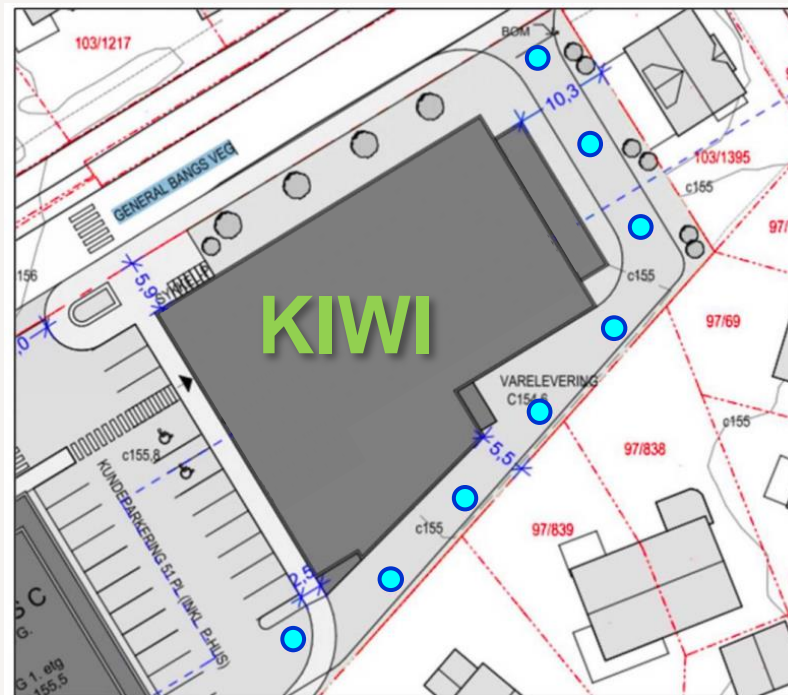


CO₂ kuldeanlegg



Brønnpark – energibrønner i fjell

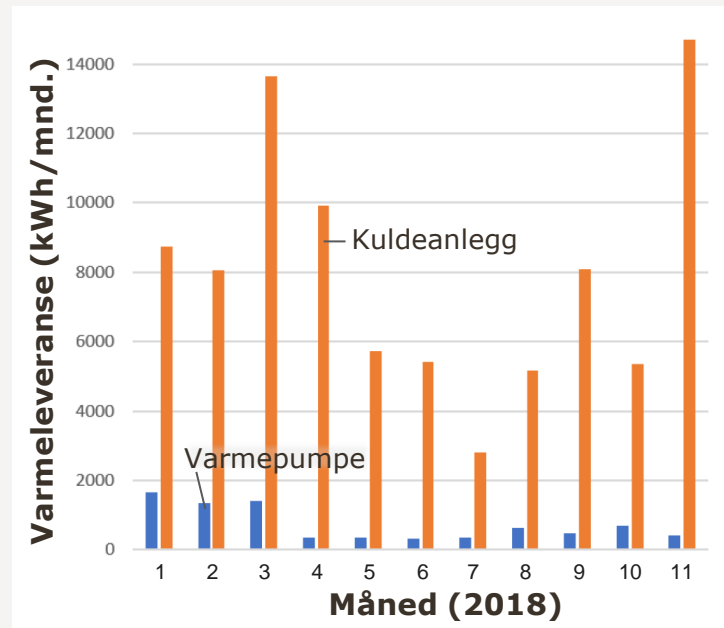
- Berggrunn – fra NGUs* database
 - Grønnstein/grønnskifer
 - $\lambda \approx 3,2 \text{ W/(mK)}$, R_b beregnet i EED
- Brønnpark ●
 - 8 borehull á 264 m = **2.110 m**
 - Borehullavstand ca. 15 m
- Borehullsvarmeveksler (kollektor)
 - Ø40/2,4 – PN10, SDR17, PE100
 - Glattrørskollektor
- Frostvæske
 - Hxi-35 (etanol m/inhibitor)



*Norges geologiske undersøkelse

Måleresultater – varmegjenvinning fra kuldeanlegg

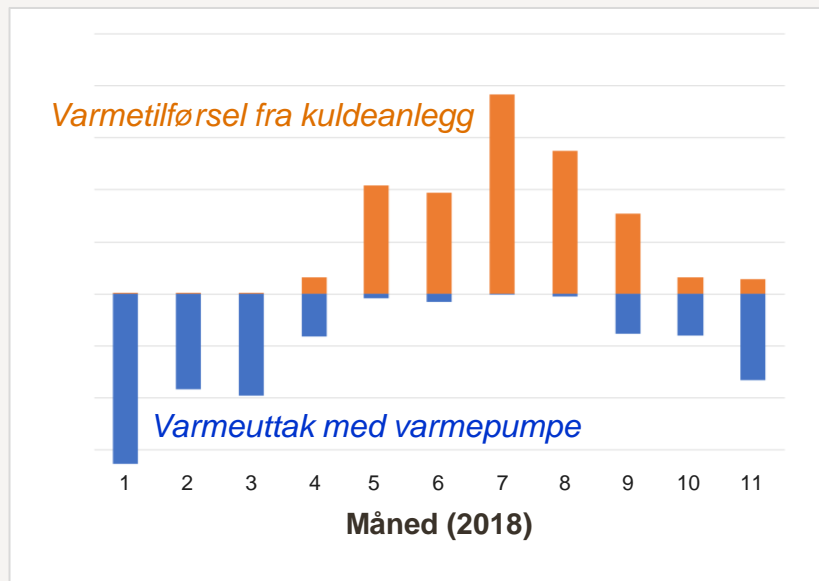
- > CO₂ kuldeanlegg
 - > Under- og overkritisk drift (50-95 bar)
- > Varmeleveranse
 - > Til ventilasjonsluft – 90.000 kWh
 - > Energidekningsgrad – 92 % (som prosjektert)



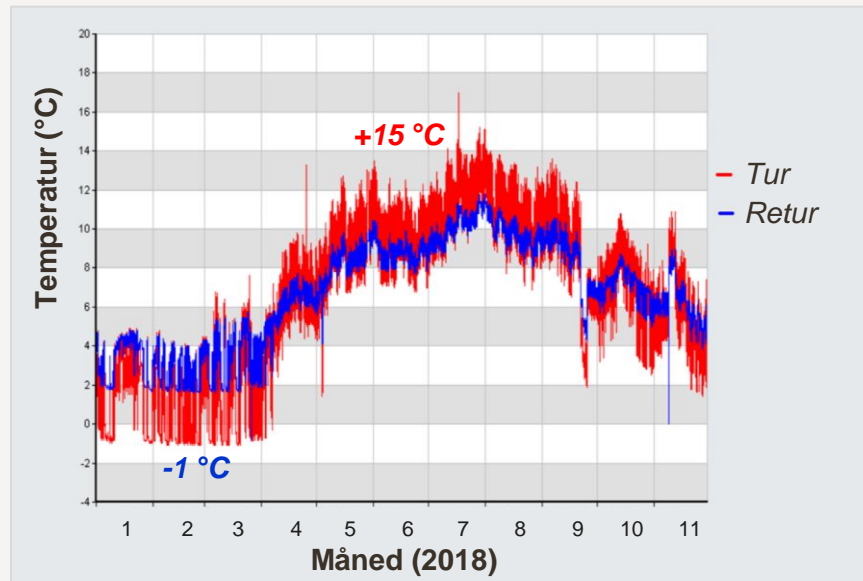
Målinger – Marie Garen Aaberg

Måleresultater – brønnpark (energibrønner i fjell)

> God årlig termisk energibalanse

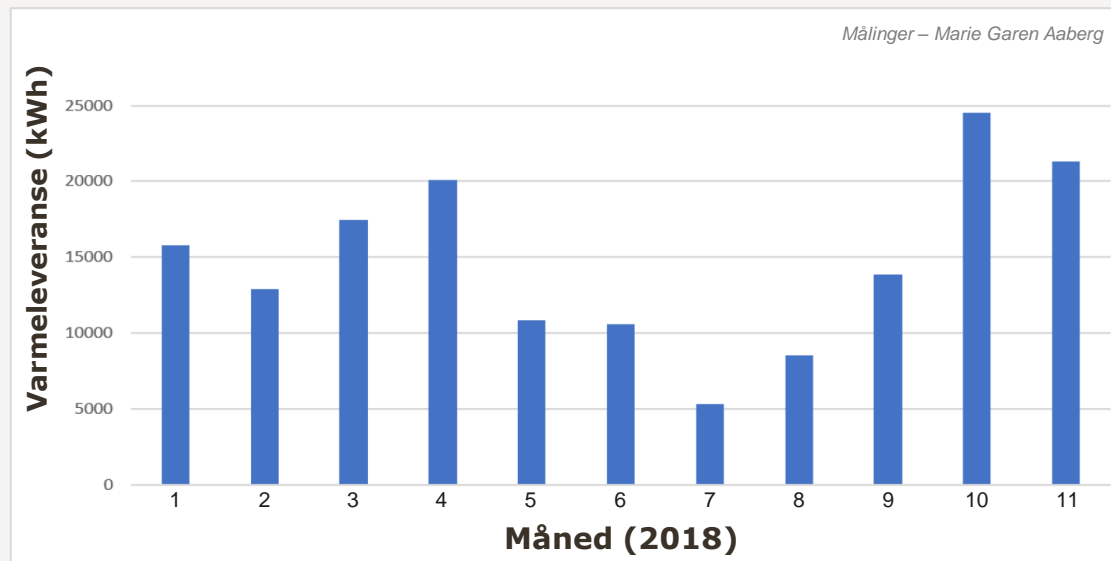


> Akseptable temperaturbetingelser



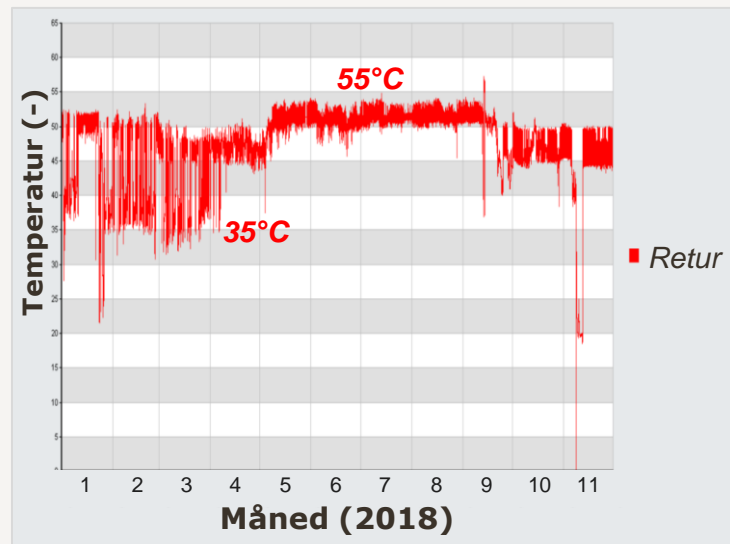
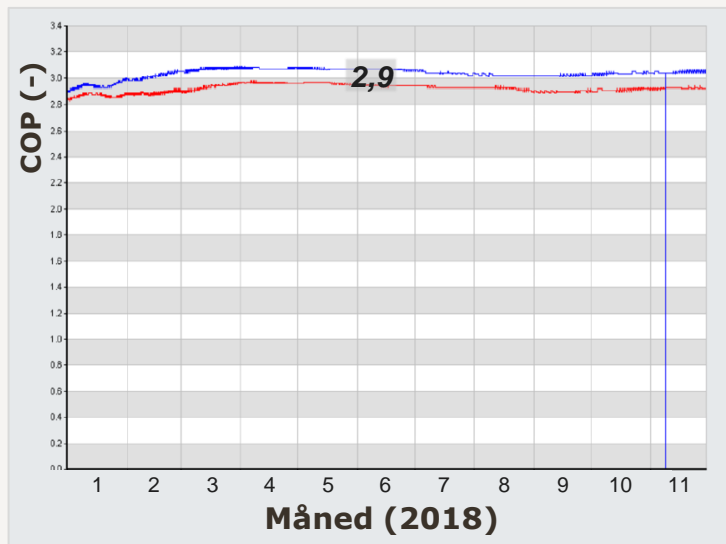
Måleresultater – varmeleveranse fra varmepumpe

- › Ekstern varmeleveranse til 3 leilighetsbygg – **160.000 kWh**
 - › Mindre varmeleveranse enn opprinnelig prosjektert (350.000 kWh/år)
 - › Brønnparken er fullt utnyttet (dvs. årlig termisk energibalanse)



Måleresultater – SCOP for varmepumpe

- › Gjennomsnittlig COP for begge varmepumpeaggregater – ca. **2,9**
 - › Relativt høy returtemperatur i varmesystemet – 60/40 °C-system vs. opprinnelig 40/30 °C
 - › Varmepumpe energiklasse **B** (ErP) – burde vært minimum **A+**



KIWI Dalgård – sammendrag



Positivt

- > Passivhusstandard – energieffektive installasjoner – solcellepaneler på tak
- > Termisk lading av brønnpark med overskuddsvarme – god termisk energibalanse
- > Oppvarming av nabobygg med bergvarmepumpe



Negativt

- > Lavere varmeleveranse enn opprinnelig prosjektert – moderat SCOP
- > Dårlig kapasitetsregulering – én kompressor har blitt bygget om til turtallsregulering
- > Dårlig funksjon for akkumulatortank – tanken ombygd for bedre sjiktning
- > Andre mulige forbedringer (som burde vært implementert):
 - > Mer avansert /energieffektivt CO₂ kuldeanlegg
 - > Lavtemperatur varmesystem i leilighetsbygg, f.eks. 40/30 °C istedenfor 60/40 °C
 - > Varmepumpe-aggregater med Energiklasse A⁺⁺ eller A⁺⁺⁺ (ErP)
 - > Varmepumpe-aggregater med naturlig kuldemedium (propan, R290)
 - > Utvidelse av brønnparken for økt kapasitet/ytelse

Moholt 50|50, Trondheim – nærvarme- og kjøleanlegg



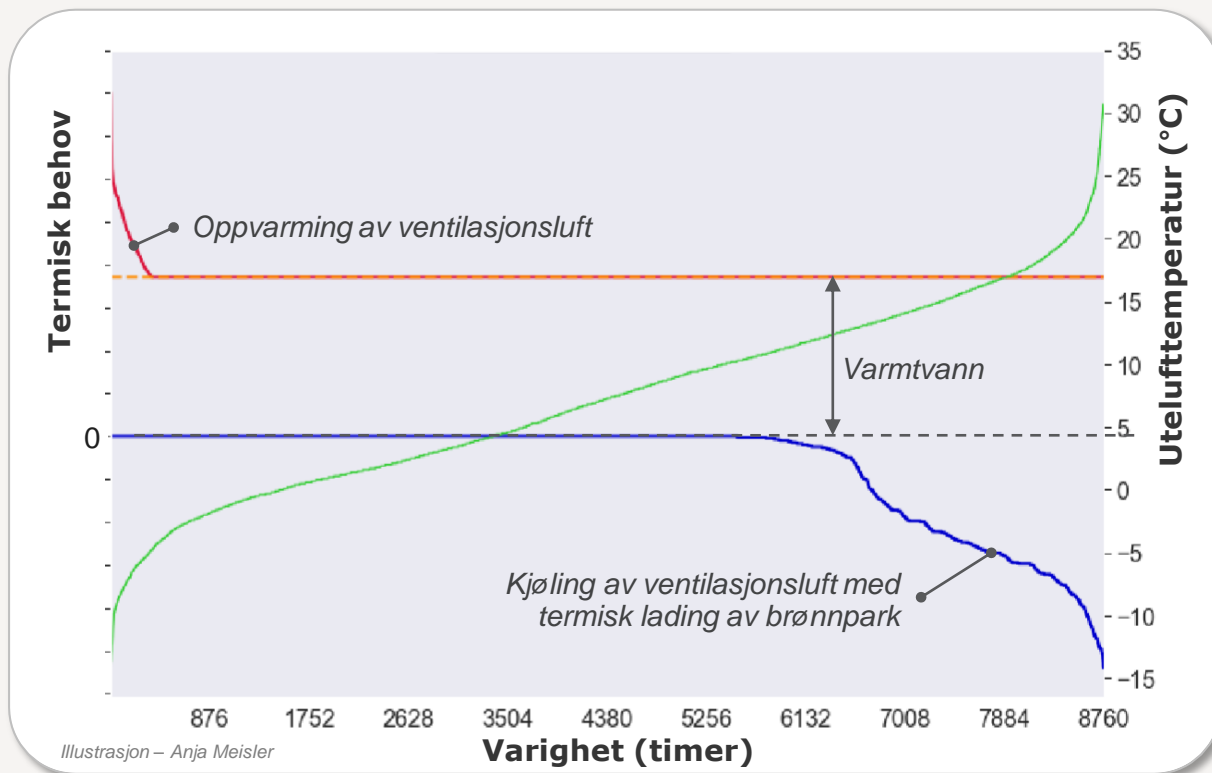
Prosjekt- og Masteroppgave
Anja Meisler (2019/20)

Moholt 50|50 – oversikt

- > Moholt 50|50 – utvidelse av Moholt studentby
 - > Utbygger – Studentsamskipnaden Trondheim (SiT)
 - > Entreprenør termisk energi – AF-gruppen
- > Bygningene – passivhusstandard – 25.000 m²
 - > 5 boligblokker i massivtre – 632 leiligheter (2017)
 - > Kommersielle aktører i 1. etg. – vaskeri i én bygning
 - > Bibliotek og barnehage (2016/17)
 - > Eksisterende boligblokker for studenter, HK21 (2019)
- > Oppvarming og kjøling
 - > **Bergvarmepumpe** – tilkoblet nærvarme-/nærkjøleanlegg
 - > Varmtvannsberedning, oppvarming av vent.luft, og snøsmelting
 - > **Termisk ladning av brønnpark** – 3 kilder
 - > Oppvarming – elektriske panelovner og noe gulvvarme



Estimert effekt-varighetskurve – oppvarming og kjøling



Varmesentral – bergvarmepumpe og elektrokjel

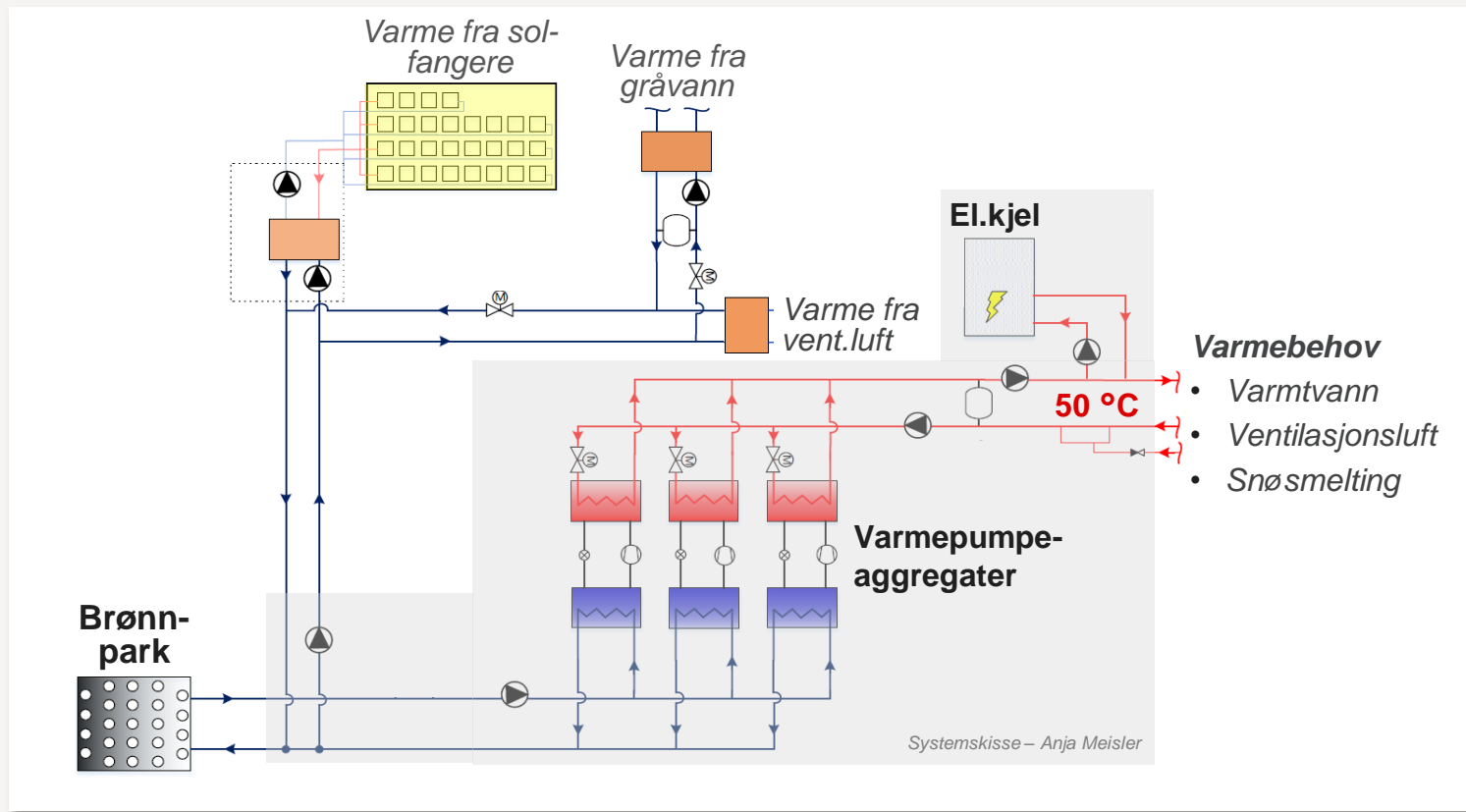
- > Prefabrikkert varmesentral
 - > Varmepumpe, el.kjel, pumper, ventiler osv.
- > Bergvarmepumpe
 - > 3 like varmepumpe-aggregater
 - > 3 x 83 kW = ca. 250 kW ved 3/55 °C
 - > 2 scroll-kompressorer per aggregat
 - > På/av-regulering (intermittent)
 - > Energiklasse B (ErP)
 - > Konstant turtemperatur 50-52 °C (varmtvann)
- > Elektrokjel (spisslast, back-up)
 - > 100 kW (effektbegrensning)



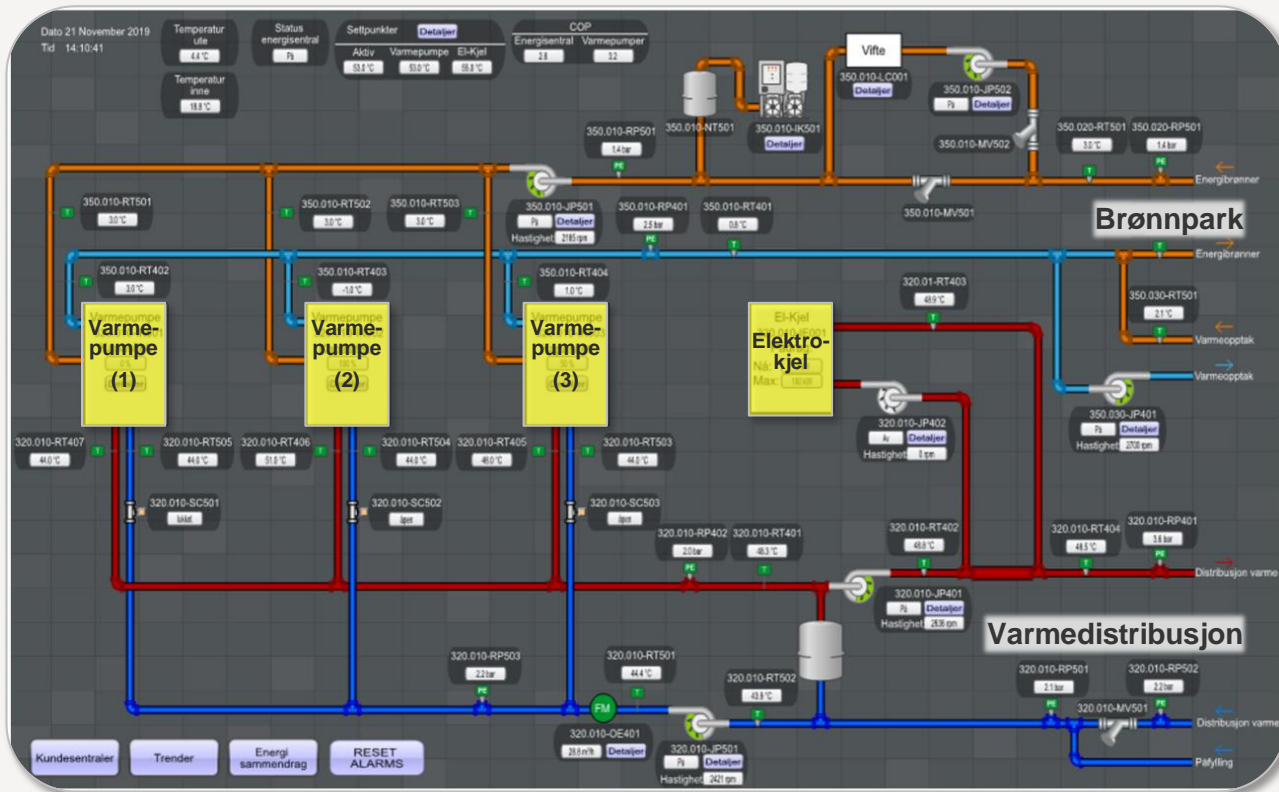
Bergvarmepumpe m/ladesystemer – termisk energiflyt



Prinsipiell utforming av termisk energiforsyningsystem

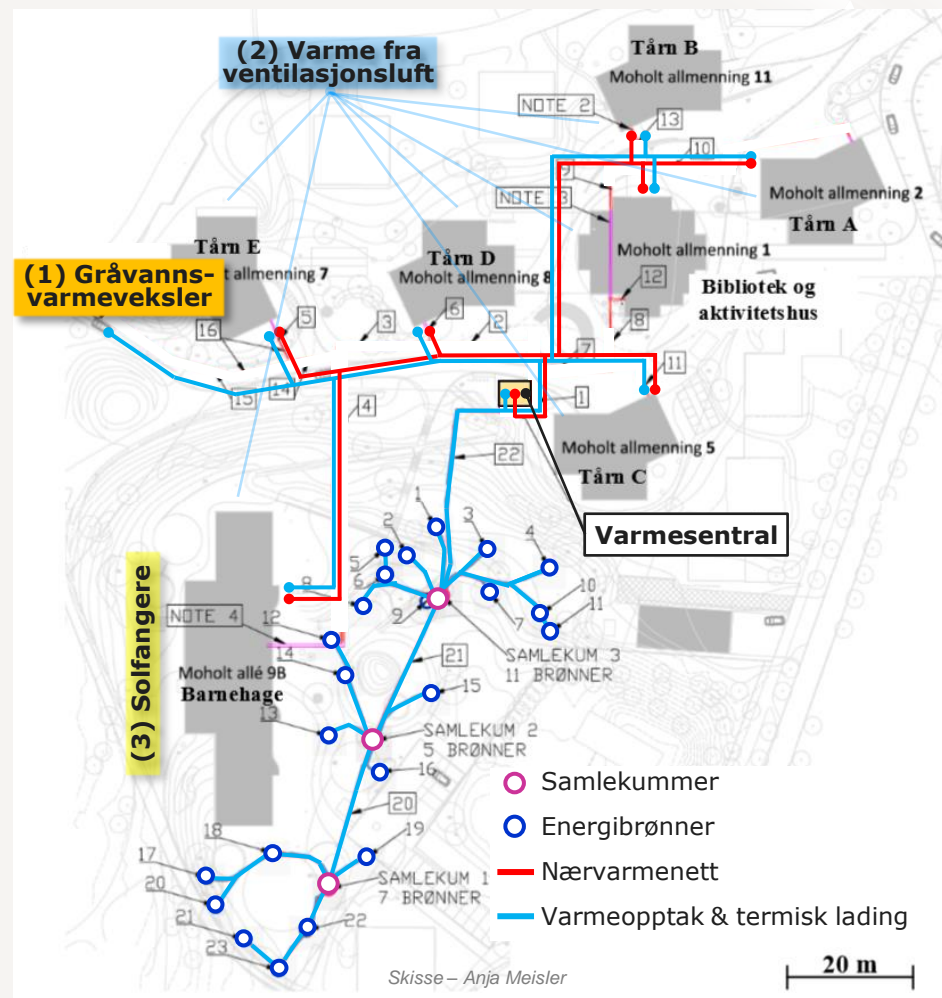


Varmesentral – 3 varmepumpeaggregater + elektrokjel

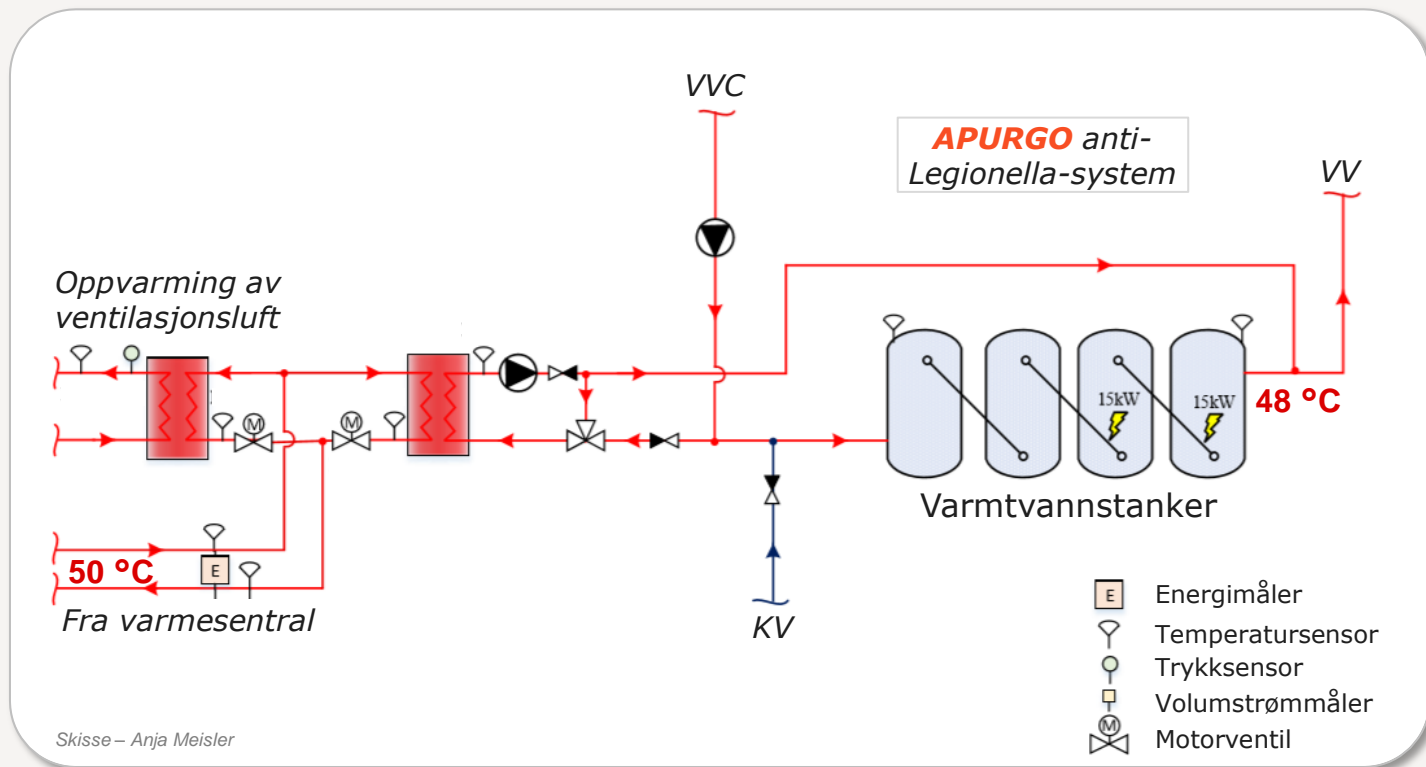


Brønnpark og rørnett

- > Berggrunn – fra NGU database
 - > $\lambda \approx 3 \text{ W/(mK)}$, $R_b \approx 0,11 \text{ (mK)/W}$
- > Brønnpark
 - > 23 x 250 m = 5.750 m
 - > Ikke gjennomført termisk responstesting
 - > Borehullavstand 5 to 15 m
 - > Ø40/2,4, PN10, SDR17, PE100
 - > Glattrørskollektorer
 - > Frostvæske – Hxi-24 (etanol)
 - > Termisk lading (1) + (2) + (3)
- > Rørsystemer
 - > Varmedistribusjon (52 °C)
 - > Varmeopptak og kjøling (0-15 °C)

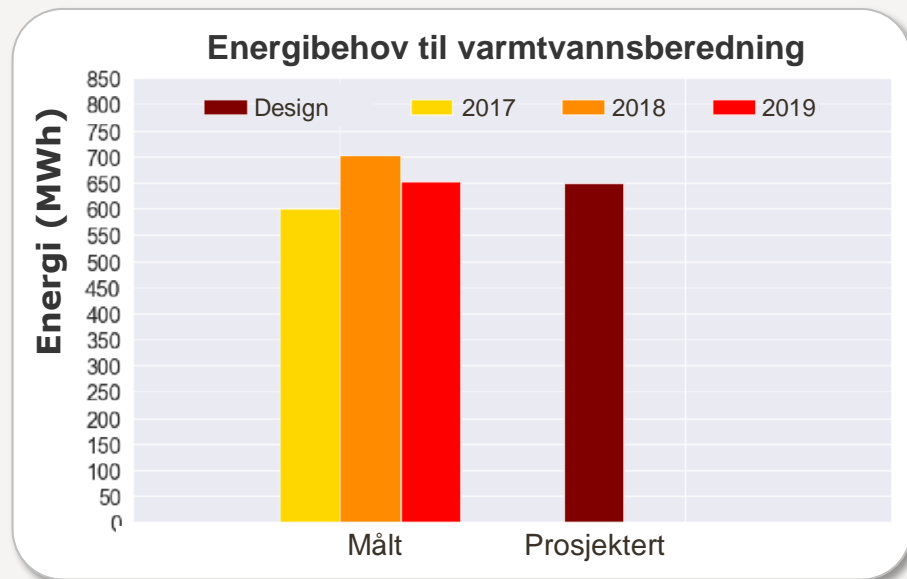


Undersentral – oppvarming av varmtvann og ventilasjonsluft



Varmtvannsberedning – beregnet behov vs. målinger

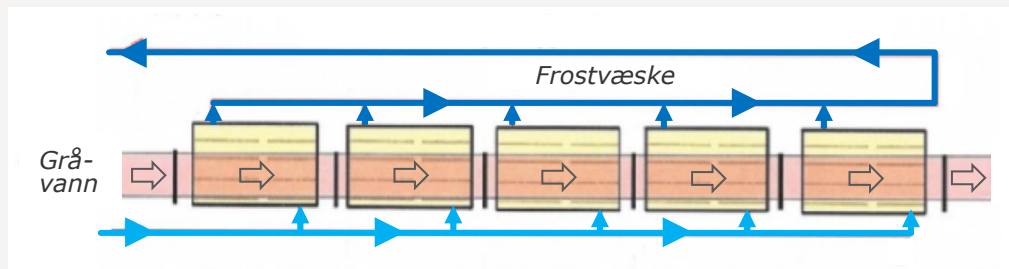
- > Energibehov basert på målinger fra andre studentbyer
 - > Lerkendal studentby (SiT)
 - > Teknobyen (SiT)
- > Målt 900-1100 kWh person/år
 - > 0-10 % avvik fra designverdi
- > Varmtvannssystemer bør prosjekteres og dimensjoneres i hht. feltmåledata
 - > VarmtVann2030 (NTNU-SINTEF)
 - > Andre feltmåledata av tilstrekkelig omfang og av høy kvalitet



Målinger – Anja Meisler

1) Varmegjenvinning fra gråvann – varme til brønnpark

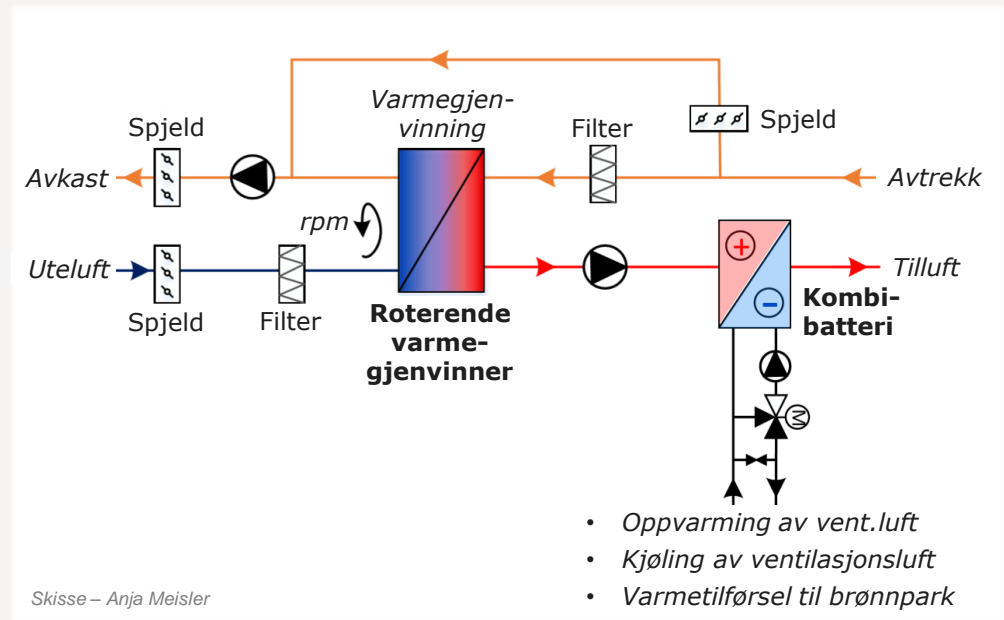
- > Rørledning for gråvann (PE100)
 - > Gråvannstemperatur ca. 15-30 °C
 - > Minste vannmengde 12 liter/s
- > Gråvannsledning med motstrøms varmeveksler
 - > Indirekte systemutforming med sirkulerende frostvæske
 - > Varmeoverføring via integrerte kjølerør
 - > Isolert avløpsrør – ID 200 mm, 5 x 5 m = 25 m
 - > Varmevekslerflate i rustfritt stål
 - > Kobberinger for å unngå biofilm
 - > Spesifikk ytelse 2-6 kW/m²
 - > Kostnad uten grøft 1,3 mill. kr.



Skisse – Anja Meisler

2) Oppvarming/kjøling av vent.luft – varme til brønnpark

- > Ved varmebehov
 - > Varmegjenvinner ($\eta_{\max} = 84\%$)
 - > **Oppvarming** m/kombi-batteri
- > $t_{\text{ute}} > 12\text{ °C}$ (7 °C)
 - > Maks. oppvarming av tilluft med varmegjenvinner ($t > 18\text{ °C}$)
 - > Kjøling av tilluft til settpunkttemperatur med kombi-batteri
 - > **Varme til brønnpark**
- > Ved kjølebehov
 - > **Kjøling** av tilluft til settpunkttemperatur med kombi-batteri
 - > **Varme til brønnpark**



3) Solfangere – varme til brønnpark

- > Termiske solfangere på taket til barnehagen
 - > Flat ("standard") solfanger
 - > 29 x 2,51 m² = 73 m²
 - > Sett-punkt for varmeoverføring 20 °C
 - > Kostnader eks. installasjon 1 mill. kr
- > Prefabrikkert solstasjon
 - > Platevarmeveksler x 2
 - > Primærpumpe
 - > Sekundærpumpe
 - > Ventiler



Målinger – varme til brønnpark («termisk lading»)

> 1) Gråvann

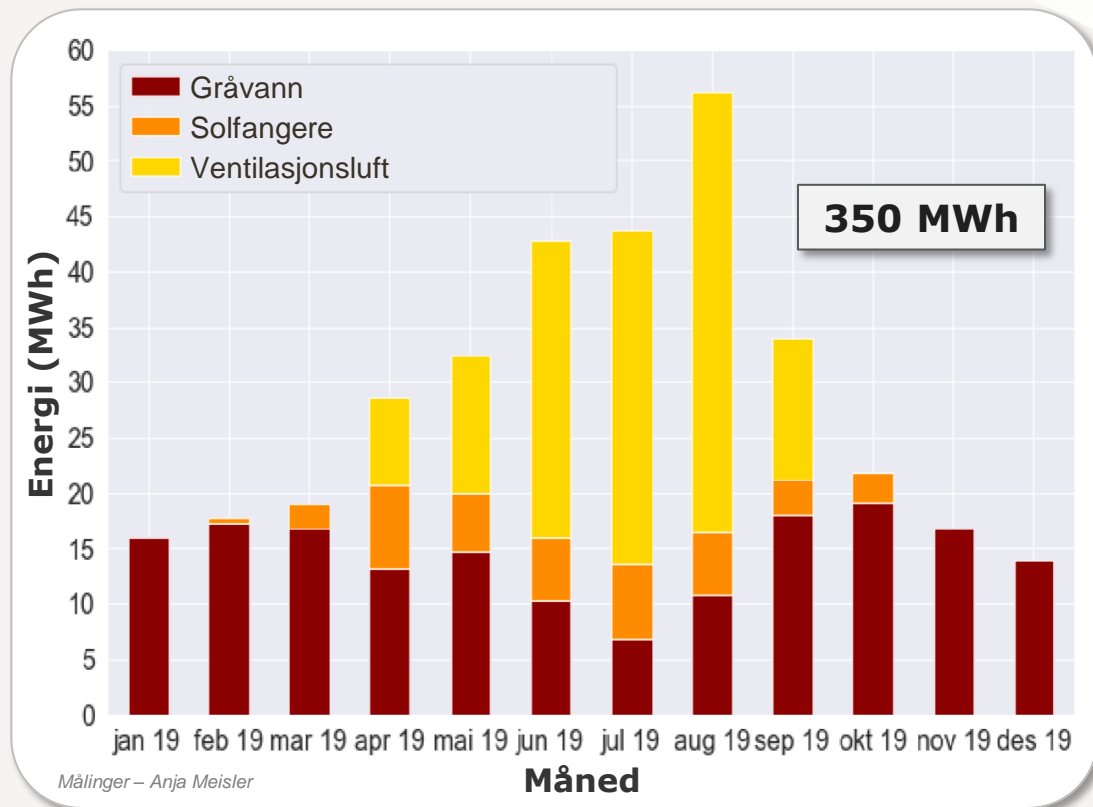
- > Moderat temperatur
- > Varmeoverføring hele året
- > 175 MWh i 2019 – 50 %

> 2) Ventilasjonsluft

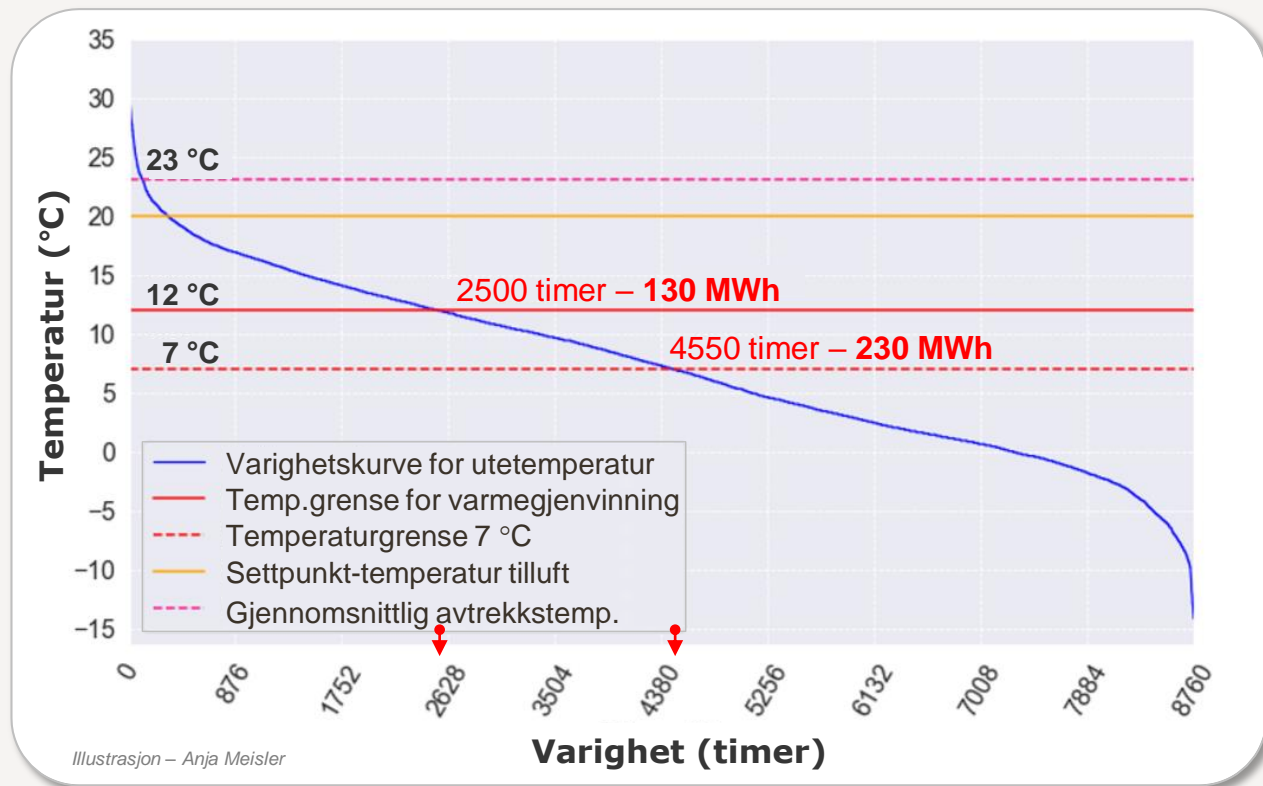
- > Relativt lav temperatur
- > Varmeoverføring april-sept.
- > 130 MWh i 2019 – 38 %

> Solfangere

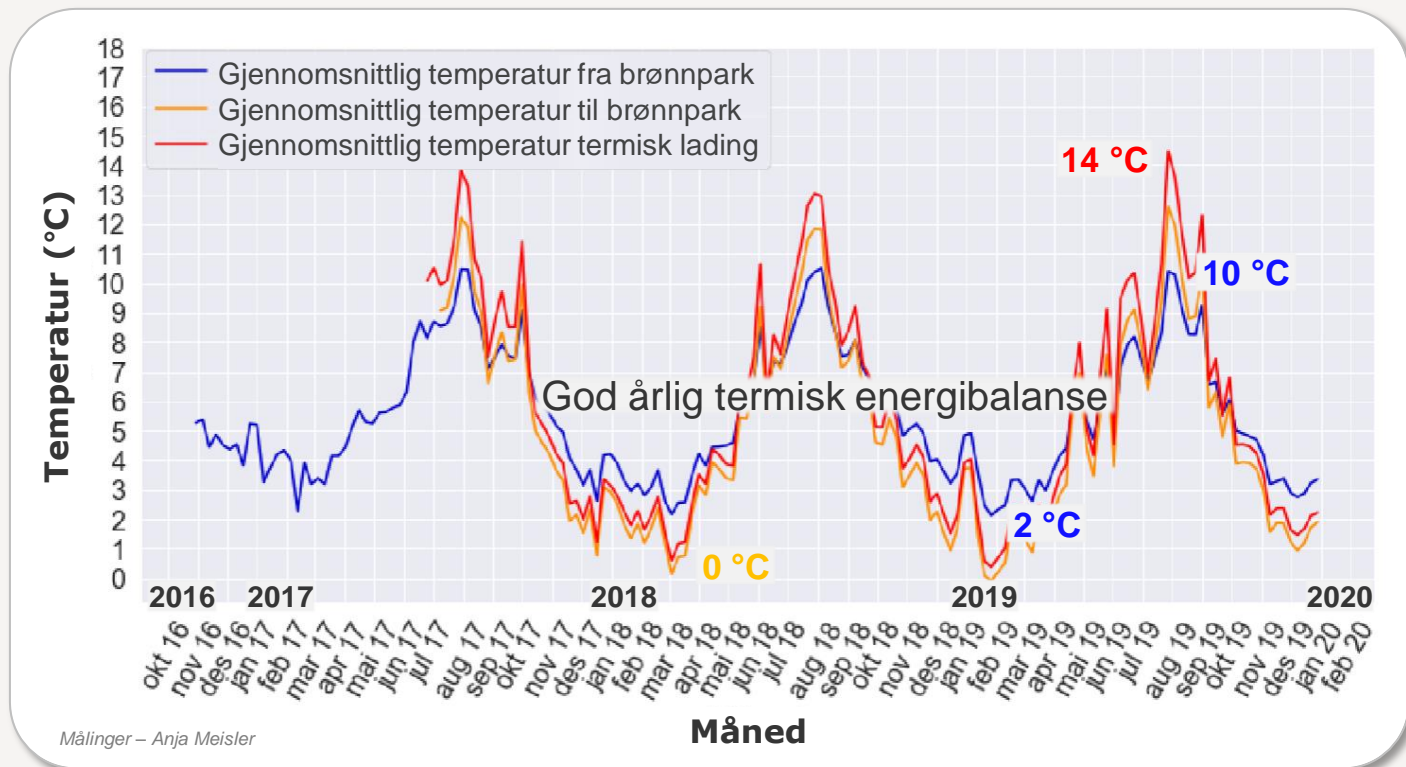
- > Relativt høy temperatur
- > Varmeoverføring febr.-okt.
- > 40 MWh i 2019 – 12 %



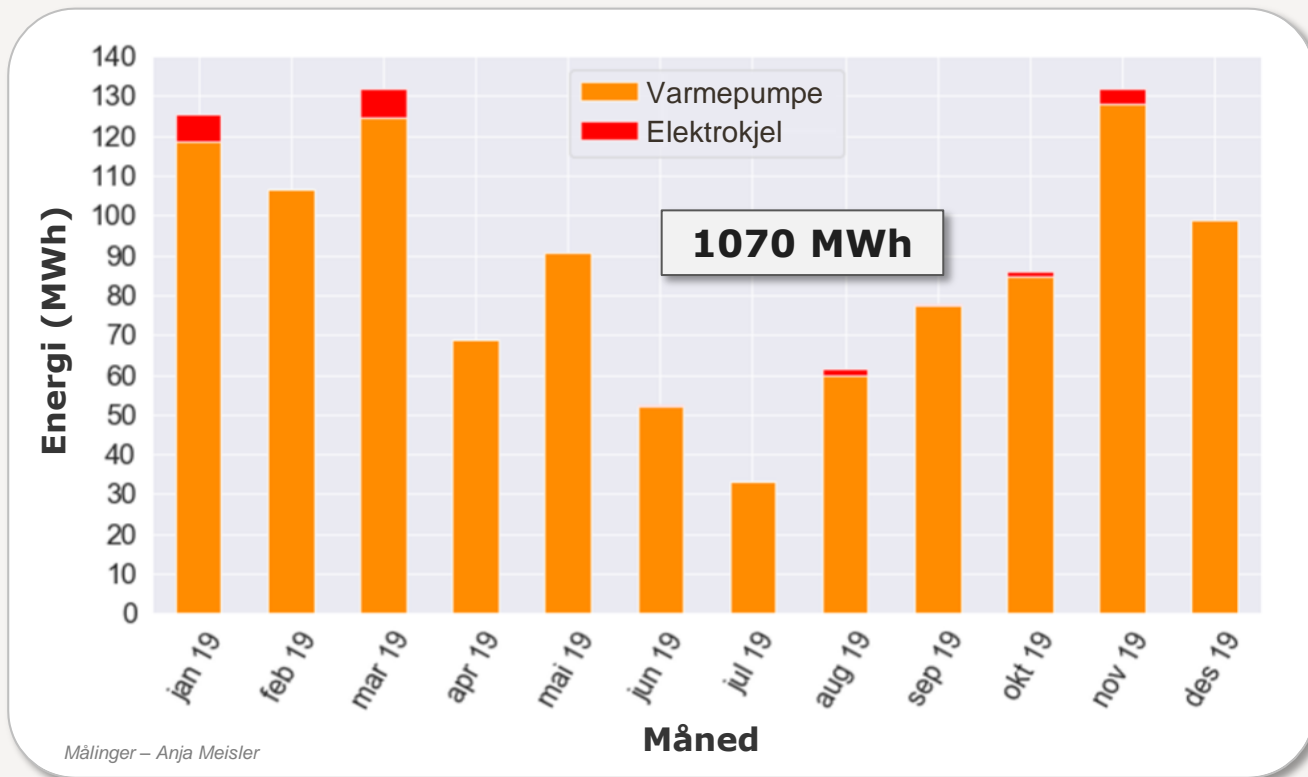
Varme fra vent.luft til brønnpark – $t_{ute} > 12\text{ °C}$ eller 7 °C



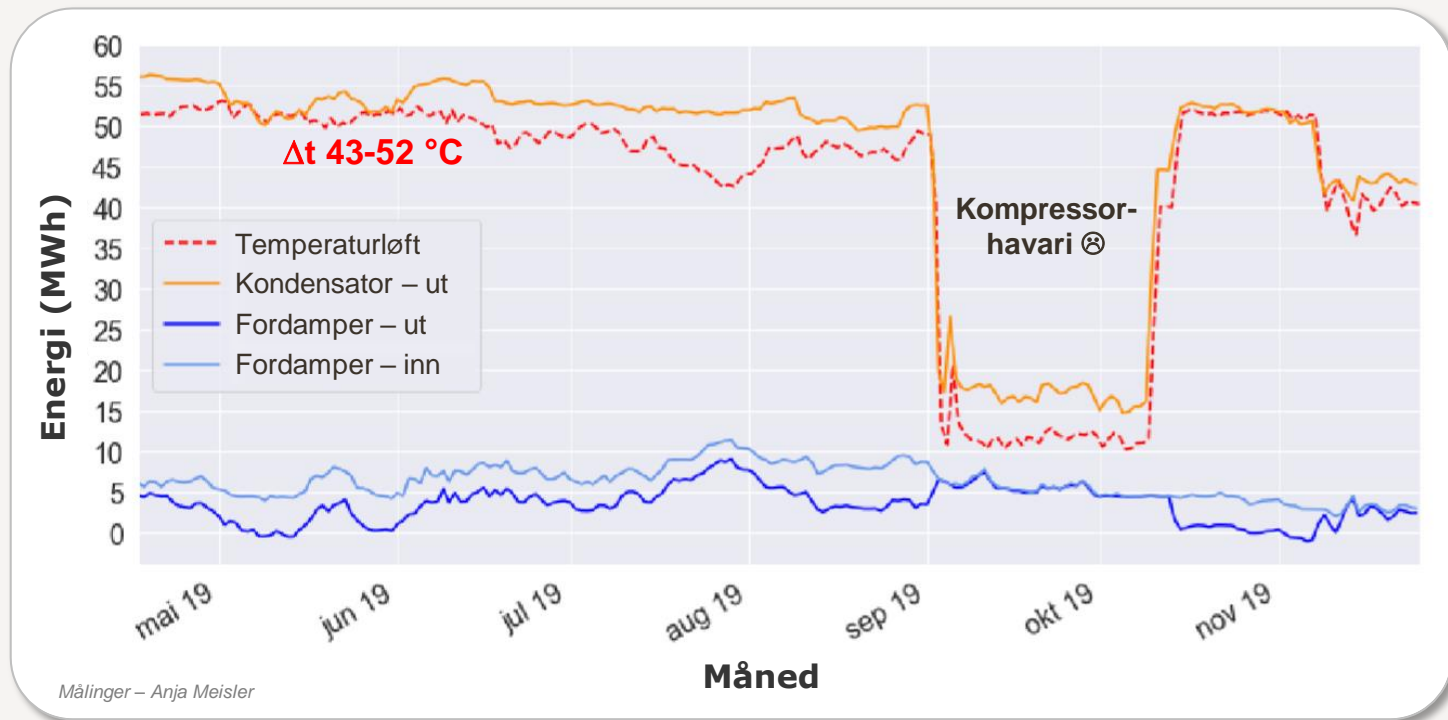
Målinger – temperaturutvikling i brønnpark (2016-20)



Målinger – månedlig varmeleveranse fra varmesentral (2019)



Målinger – temp. for varmepumpeaggregat nr. 1 (2019)



Målinger – $SCOP_{varme}$ og $SCOP_{tot}$ for varmepumpeanlegg

> Måleperiode

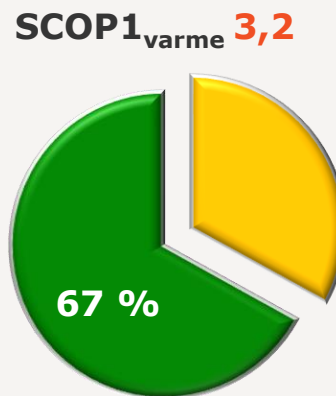
> November 2018 – oktober 2019

> Målt SCOP (metode jfr. EU SEPAMO)

- > $SCOP1_{varme}$ **3,2** *Varmeleveranse eks. pumpearbeid*
- > $SCOP2_{varme}$ **2,8** *Varmeleveranse inkl. pumpearbeid*
- > $SCOP1_{tot}$ **3,8** *Varme-/kjøleleveranse eks. pumpearbeid*
- > $SCOP2_{tot}$ **3,4** *Varme-/kjøleleveranse inkl. pumpearbeid*

> Målt SCOP gir **40-45 %** Carnot-virkningsgrad

> Moderat SCOP – kun Energiklasse B for varmepumpe



Moholt 50|50 – sammendrag



Positivt

- > Nullenergiområde med nærvarme-/nærkjøleanlegg med bergvarmepumpe
- > Varmtvannsbehov fra feltmålinger – svært lite avvik
- > Veldig godt konsept for varmesentral og distribusjonssystemer
- > Kun 48 °C settpunkt for varmtvann – mulig pga. Apurgo anti-Legionella system
- > Termisk lading av brønnpark fra 3 kilder – god årlig termisk energibalanse
- > Prefabrikkert varmesentral – kostnadseffektivt, fancy konsept



Negativt

- > Varmepumpeaggregater av lav kvalitet – Energiklasse B, alle 6 kompressorer havarett
- > Kompressorer reguleres på/av – burde vært turtallsreg. (høyere SCOP, mindre slitasje)
- > R410A (HFK) – burde vært naturlig kuldemedium – propan eller ammoniakk
- > Driftsproblemer med varmtvannssystem for de enkelte undersentralene
- > Solfangerne er kostbare, lav årlig varmeleveranse (ikke anbefalt konsept)

IEA HPT Annex 52, 2021 – Jørn Stene

SWECO-bygget, Bergen – kontorbygg

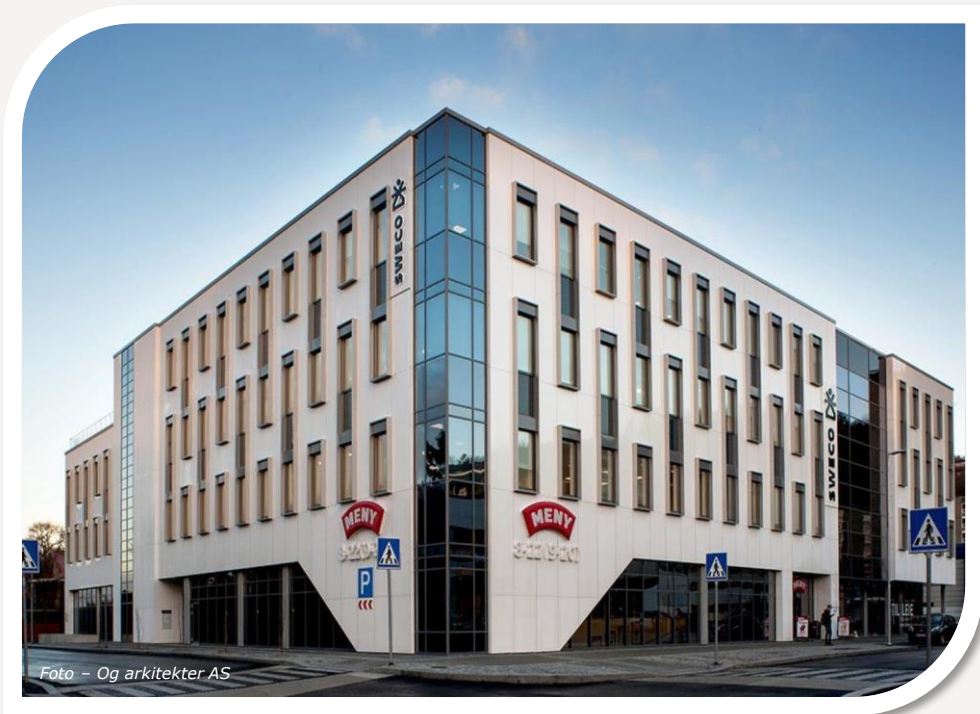


Foto – Og arkitekter AS



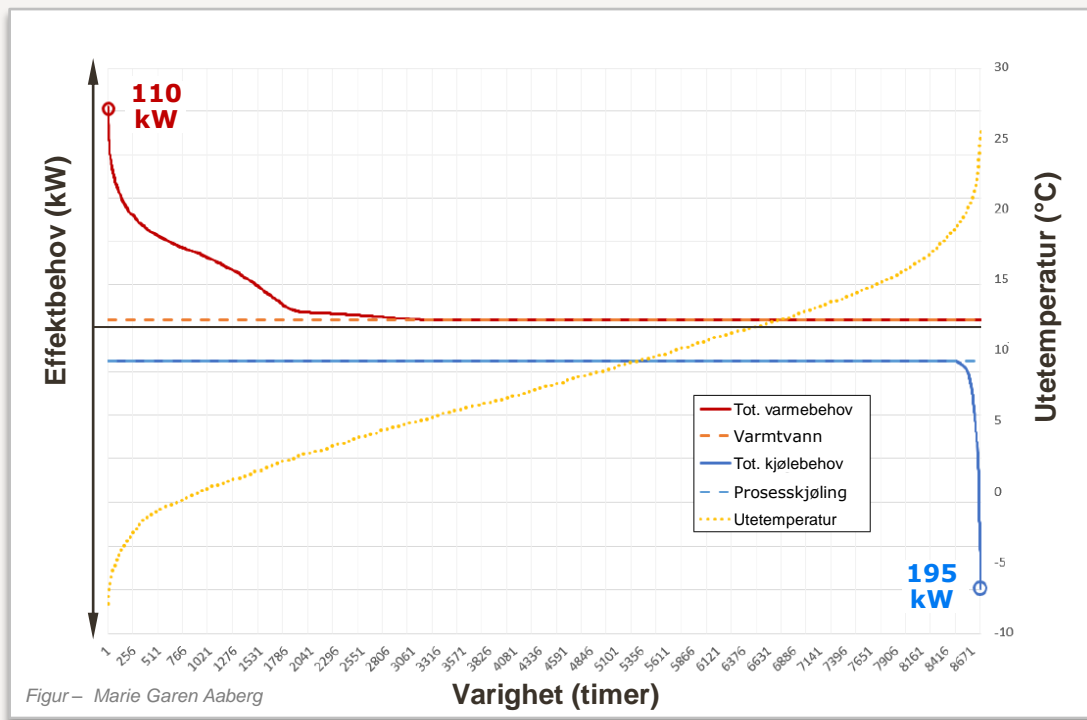
Masteroppgave
Marie Garen Aaberg (2019)

SWECO-bygget – oversikt

- > Bygningen
 - > Butikker 1. etg., kontorer 2-4. etg. – BRA 18.000 m²
 - > Passivhusstandard, Energikarakter A, **Breem-Nor Excellent**
 - > Solcellepaneler (PV) på fasade og tak
- > Termisk energisystem
 - > Varme- og kjølebehov
 - > 110 kW – oppvarming og varmtvannsberedning
 - > 195 kW – klimakjøling og prosesskjøling – adiabatisk forkjøling
 - > Varmegjenvinning fra kuldeanlegg i matvarebutikk
 - > Grunnlast – bergvarmepumpe
 - > **1 stk. varmepumpe-aggregat** – ammoniakk (R717) som kuldemedium
 - > **Brønnpark** – vertikale energibrønner under bygget
 - > Spisslast og back-up – fjernvarme



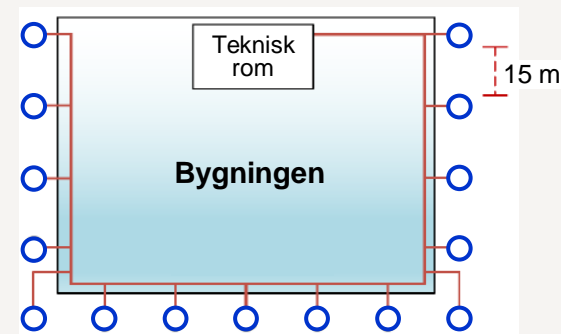
Målinger – effekt-varighetskurver, oppvarming og kjøling



Figur – Marie Garen Aaberg

Brønnpark – termisk energilager i fjell

- > Berggrunn – fra NGU database
 - > Grønnstein/grønnskifer
 - > $\lambda \approx 3,2 \text{ W/(mK)}$, R_b beregnet med EED
- > Brønnpark ○
 - > 15 energibrønner á 220 m = **3.300 m**
 - > Borehullavstand 15 m
- > Borehullsvarmeveksler (kollektor)
 - > Ø40/2,4 – PN10, SDR17, PE100
 - > Glattrørskollektor
- > Sekndærmedium
 - > **Vann** (min. temp. 3 °C) – mindre robust driftsområde
 - > Ikke behov for varmevekslere vs. varme-/kjølesystem

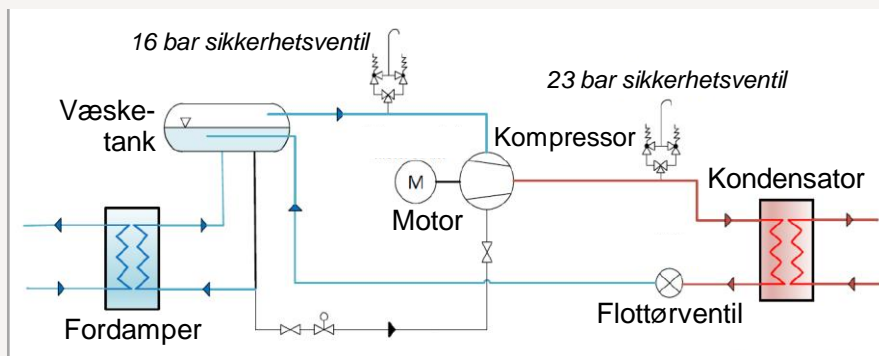


Figur – Marie Garen Aaberg

Høyeffektiv varmepumpe – ammoniakk som kuldemedium

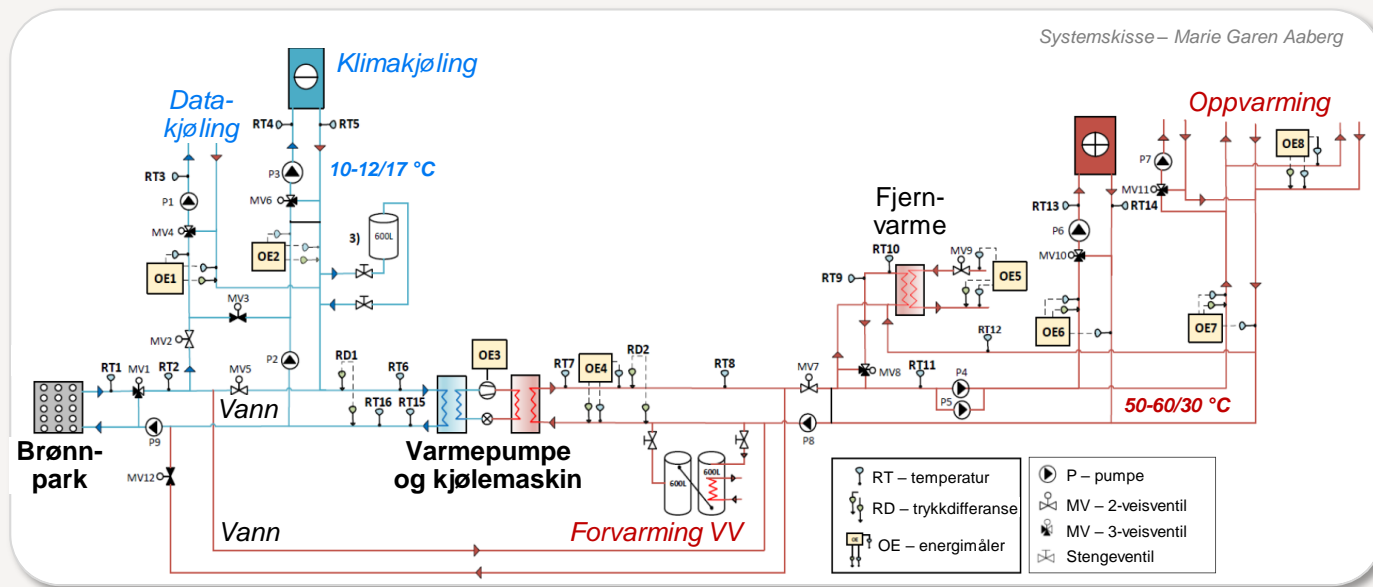


- > Skreddersydd, høyeffektiv varmepumpe
- > 190 kW kjøleytelse ved 10/38 °C
- > Ammoniakk som kuldemedium– 20 kg
- > 6-sylindret åpen stempelkompressor m/VSD, 15-56 Hz (28-100 %) og sylindravlastning



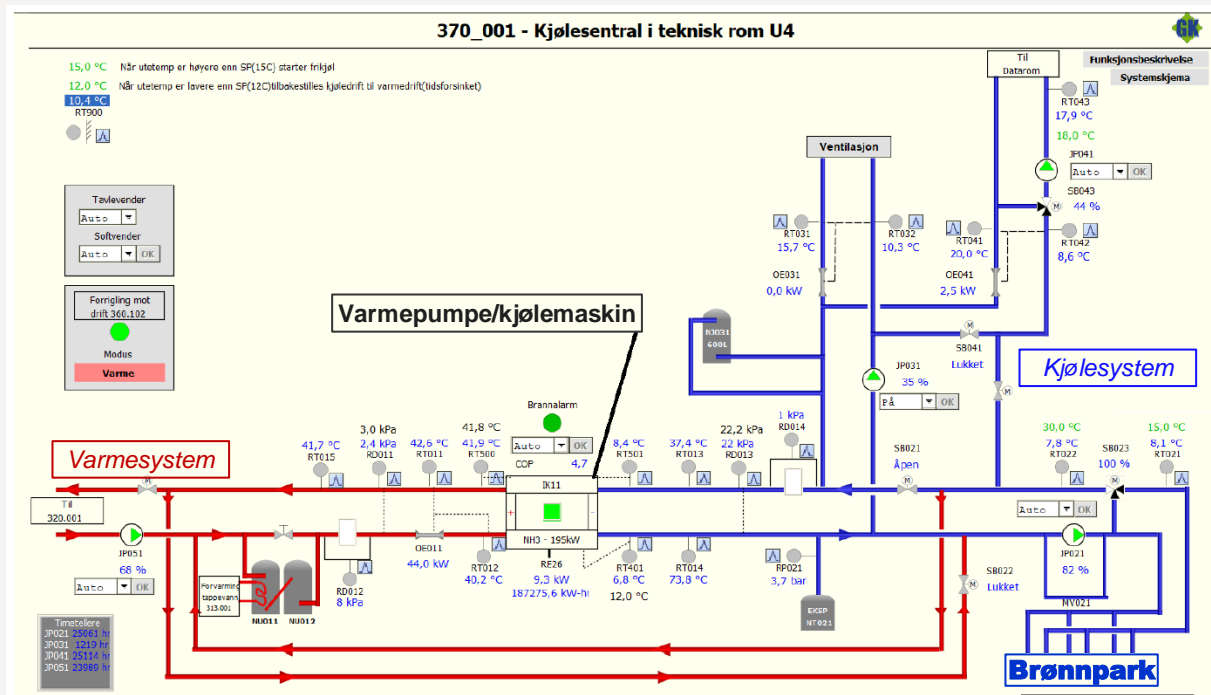
- > Varmepumpeaggregat i gasstett, ventilt kabinett med gassdetektor og alarmsystem (jfr. NS-EN 378)
- > Doble lavtrykks-/høytrykks sikkerhetsventiler med utløp på tak

Prinsipiell systemskjema for termisk energisystem

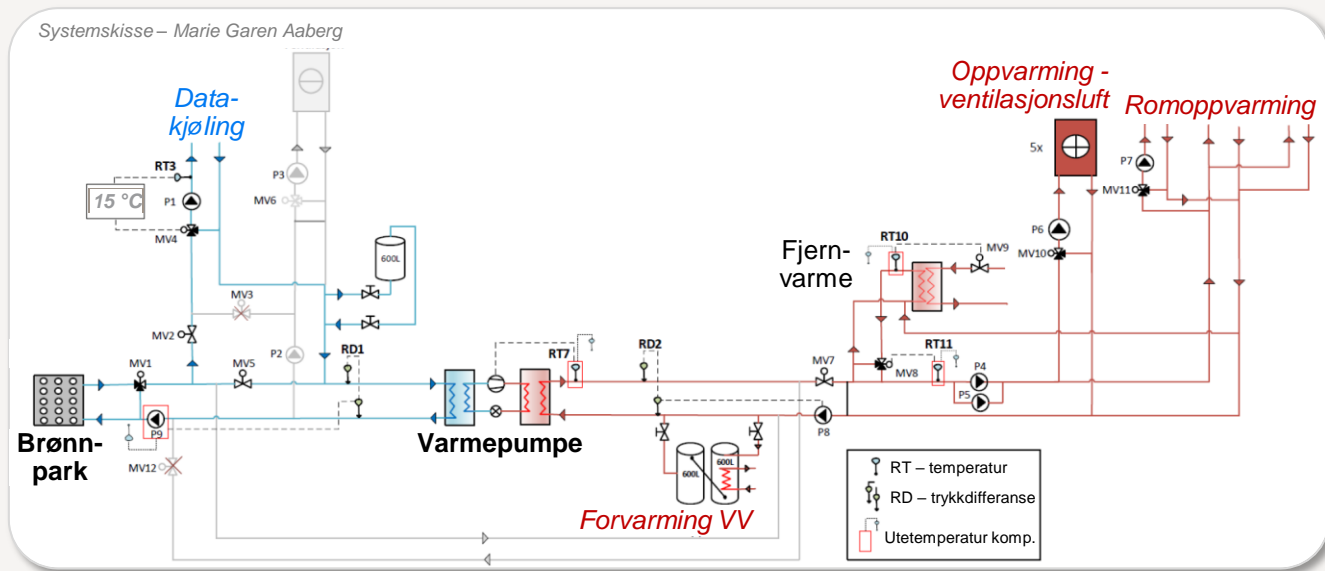


- > **Vann** som sek.medium – ingen varmevekslere mellom brønnpark og varme-/kjølesystem

Termisk energisystem – eksempel på bilde fra SD-anlegg

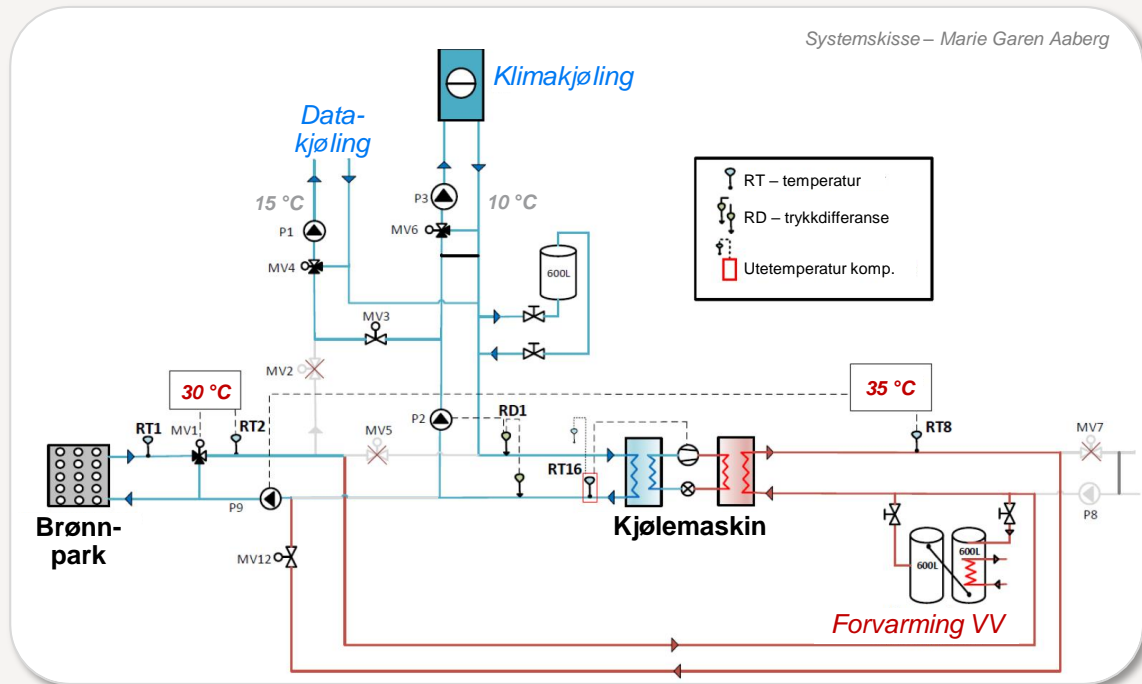


Termisk energisystem – «overordnet varmedrift»



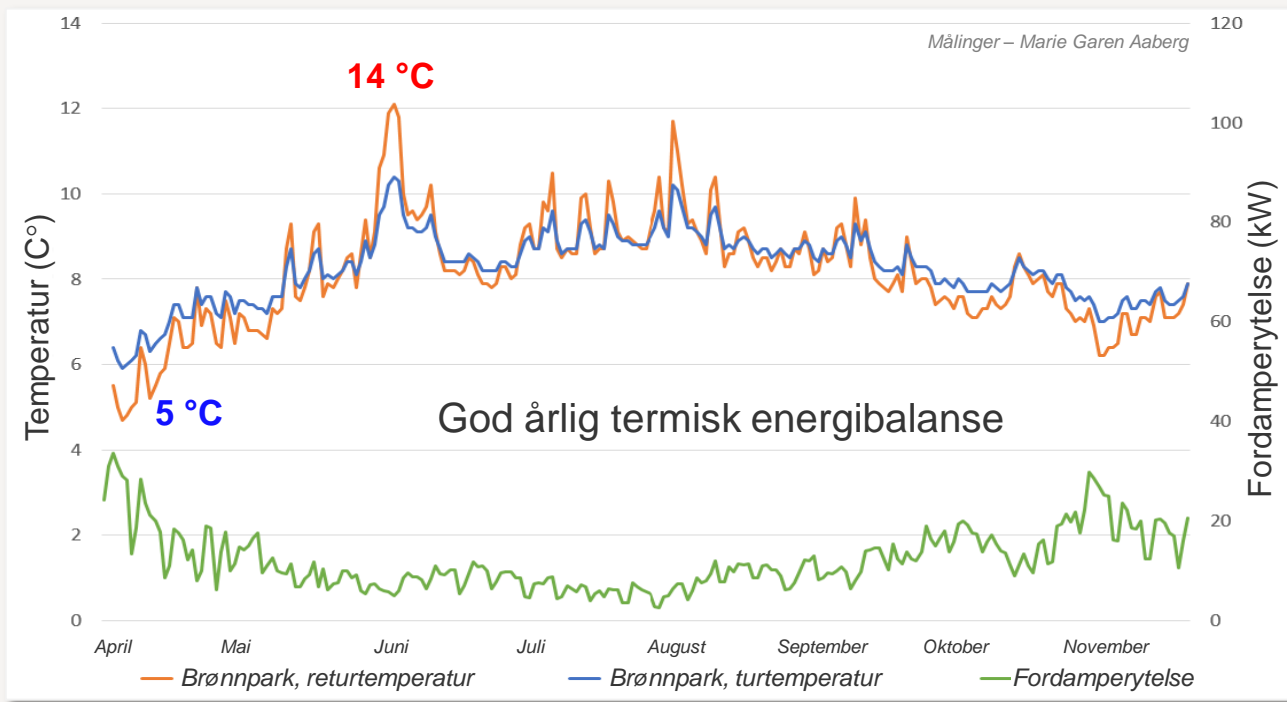
- > Varmebehov – oppvarming rom/ventilasjonsluft og for-/ettervarming varmtvann
- > Kjølebehov – dekkes av kaldt vann fra brønnpark/fordamper (100 % frikjøling)

Termisk energisystem – «overordnet kjøledrift»

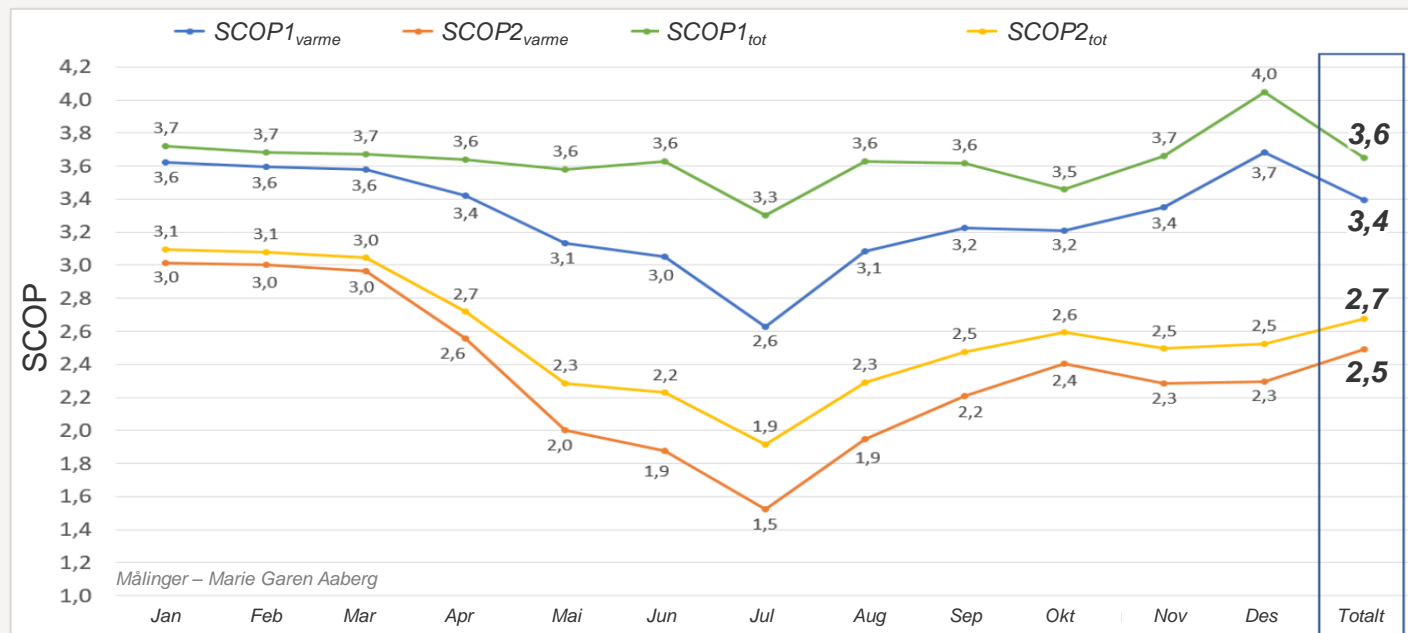


- > Forvarming av varmtvann + ettervarming med el.-varmekolber, ingen andre varmebehov
- > Varmepumpe driftes som kjølemaskin
 - > Dekker hele kjølebehovet i bygningen (data, klima)
 - > Overskuddsvarme fra kondensator til brønnpark
 - > Varmepumpen har aldri vært i «overordnet kjøledrift» dvs. frikjøling er tilstrekkelig

Målinger – temperatur i brønnpark vs. fordamperytelse

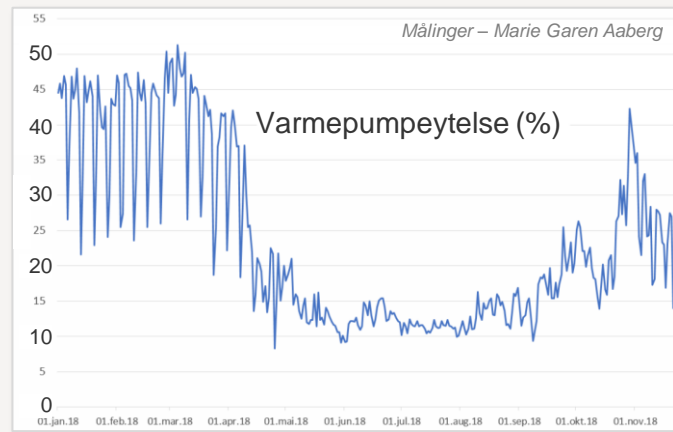
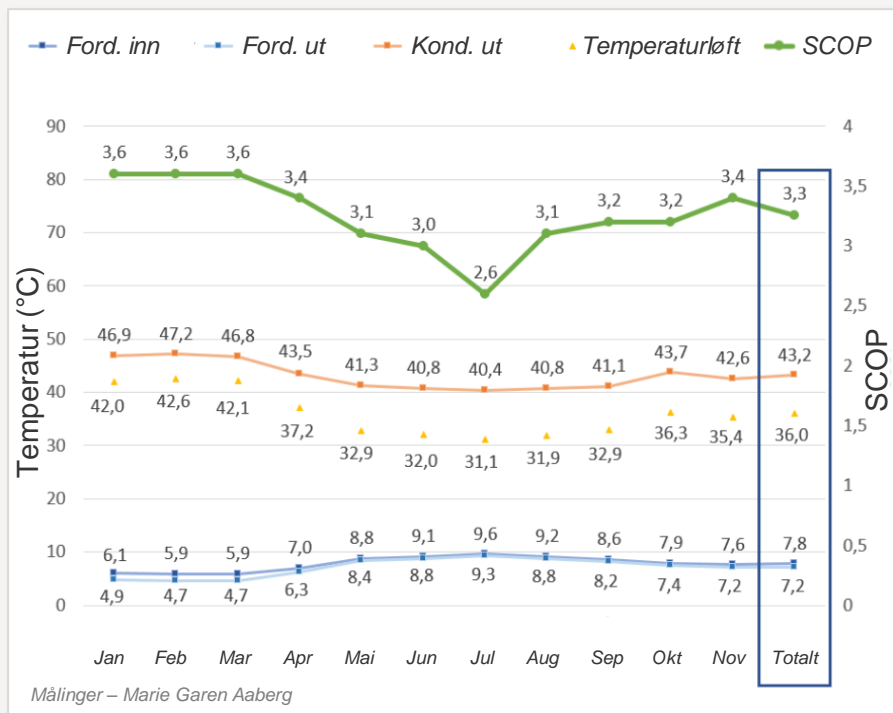


Målinger – SCOP for varmepumpe-aggregat



› Moderat SCOP pga. mye drift på lav dellast – overdimensjonert varmepumpe vs. brønnpark

Målinger – SCOP for varmepumpen



- > Moderat SCOP pga. mye drift på lav delast
 - > 10 til 45 % av maks. ytelse
- > Ytelsesregulering av kompressor
 - > Turtallsregulering/VSD (28-100 %)
 - > Sylinderavlastning (10-28 %)

Målinger – $SCOP_{varme}$ og $SCOP_{tot}$ for varmepumpe

- > Måleperiode

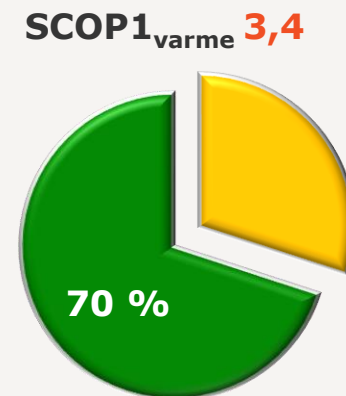
 - > 2018

- > Målt SCOP (metode jfr. EU SEPAMO)

 - > $SCOP1_{varme}$ **3,4** *Varmeleveranse eks. pumpearbeid*
 - > $SCOP2_{varme}$ **2,5** *Varmeleveranse inkl. pumpearbeid*
 - > $SCOP1_{tot}$ **3,6** *Varme-/kjøleleveranse eks. pumpearbeid*
 - > $SCOP2_{tot}$ **2,7** *Varme-/kjøleleveranse inkl. pumpearbeid*

- > Målt SCOP gir **45-50 %** Carnot-virkningsgrad

 - > Moderat SCOP pga. mye drift på lav delast – overdimensjonert VP





SWECO-bygget – sammendrag



Positivt

- > Passivhusbygg, Breeam-Nor Excellent – energieffektive installasjon m/varmegjenvinning
- > Skreddersydd varmepumpe av meget høy kvalitet – ammoniakk som kuldemedium
- > Vann som sekundærmedium i brønnparken – innovativ utforming og drift
- > Brønnparken dekker hele kjølbekovet (100 % frikjøling)



Negativt

- > Overdimensjonert varmepumpe – moderat SCOP pga. mye drift på lav dellast
 - > Forbedring av varmepumpe – lavere dim. ytelse (100 kW) eller bruk av 2 kompressorer
- > Ikke optimalisert brønnpark (15 energibrønner)
 - > Ikke prosjektert med f.eks. EED vs. varme- og kjølebehov
 - > Ikke gjennomført termisk responstest (TRT)
- > Ikke optimalt konsept for varmtvannsberedning – kun 20 % energidekning fra varmepumpe

BERGVARMEPUMPER

Hvordan oppnå installasjoner med høy total kvalitet?



ANNEX

52

START DATE:
1 January 2018

END DATE:
31 December 2021

Long term performance measurement of GSHP Systems serving commercial, institutional and multi-family buildings

Measured long-term performance data for ground source heat pump systems serving commercial, institutional and multi-family buildings are rarely reported in the literature...

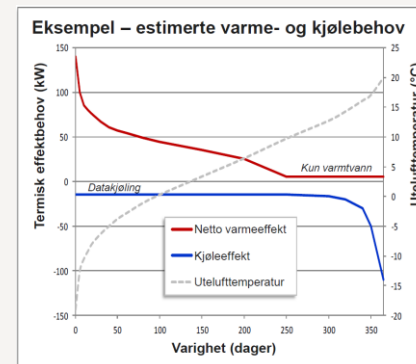
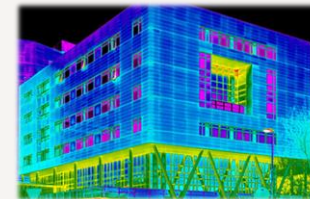
Bærekraftige anlegg – **total** kvalitet – fra design til drift



Varme- og kjølebehov

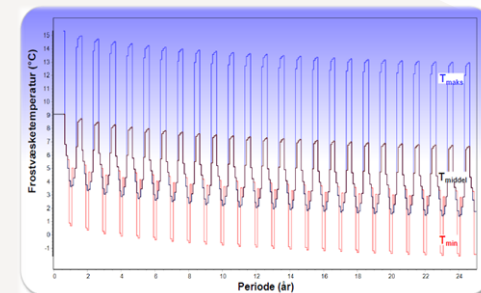


- > Data er kritisk for korrekt utforming/dimensjonering
- > Romvarme og klimakjøling – må beregnes med høy nøyaktighet
 - > Bruk relevant programvare og tilstrekkelig detaljerte inndata
 - > Erfaringer – beregninger vs. feltmålinger
 - > Reelt årlig varmebehov (kWh/år) alltid høyere høyere enn beregnet
 - > Maks. effektbehov (kW) vanligvis lavere enn beregnet
- > Varmtvannsberedning (VV) og prosesskjøling (PK)
 - > VV – bruke data fra feltmålinger (f.eks. VarmtVann2030)
 - > PK – bruke utstyrdata + feltmålinger
- > Anvende varighetskurver for oppvarming/kjøling
 - > Gir totaloversikt over termiske behov



Brønnpark – vertikale energibrønner i fjell

- > Overordnet prosjektering – temperaturløsløst
 - > Antall brønner og konfigurering – bruk f.eks. EED eller IDA ICE
 - > Termisk responstesting (TRT) bør gjennomføres for alle større anlegg
 - > Vurderer termisk lading – reduserer antall brønner/avstand
 - > Ventilasjonsluft, uteluft, gråvann, kondensatorvarme osv.
- > Prosjektering av utstyr for brønnpark
 - > Korrekt væskemengde i kollektorer
 - > Ca. 0,5 liter/s, innreguleringsventil for hver kollektor – god varmeovergang, moderat trykktap
 - > Lavt pumpearbeid
 - > Kollektorer – Ø40 mm opp til 250 m, Ø45 ved dypere energibrønner
 - > Lavt spesifikk trykktap for tilførselsledninger (maks. 100 Pa/m) og varmevekslere 30 (kPa/m)
 - > Høyeffektive pumper (IE3, MEI>0,4) – optimalisert pumperegulering
 - > Miljøvennlig kuldebærer med lav viskositet (etanol eller annet biologisk nedbrytbart medium)
 - > Effektivt avluftingssystem og finfilter i borehullskrets



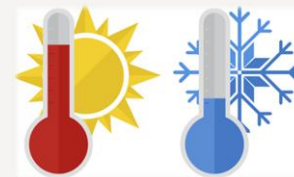
Termisk energisentral

- > Høyeffektive varmepumper av høy kvalitet
 - > ErP Energiklasse min. A++, Eurovent energiklasse min. A
 - > Ingen temperaturbegrensning vs. varmesystem
- > 100 % miljøvennlig kuldemedium
 - > Naturlige medier – ammoniakk, propan, CO₂ – høy SCOP
- > Fortrinnsvis minst 2 varmepumpeaggregater
 - > Økt fleksibilitet – bedre delastegenskaper, lavere minstelast
- > Ytelsesregulering av kompressorer
 - > Scroll-kompressorer – turtallsregulering (VSD)
 - > Stempel-kompressorer – VSD + evt. sylindervlastning
 - > Skrue-kompressorer – VSD + sleideregulering – v_i-regulering

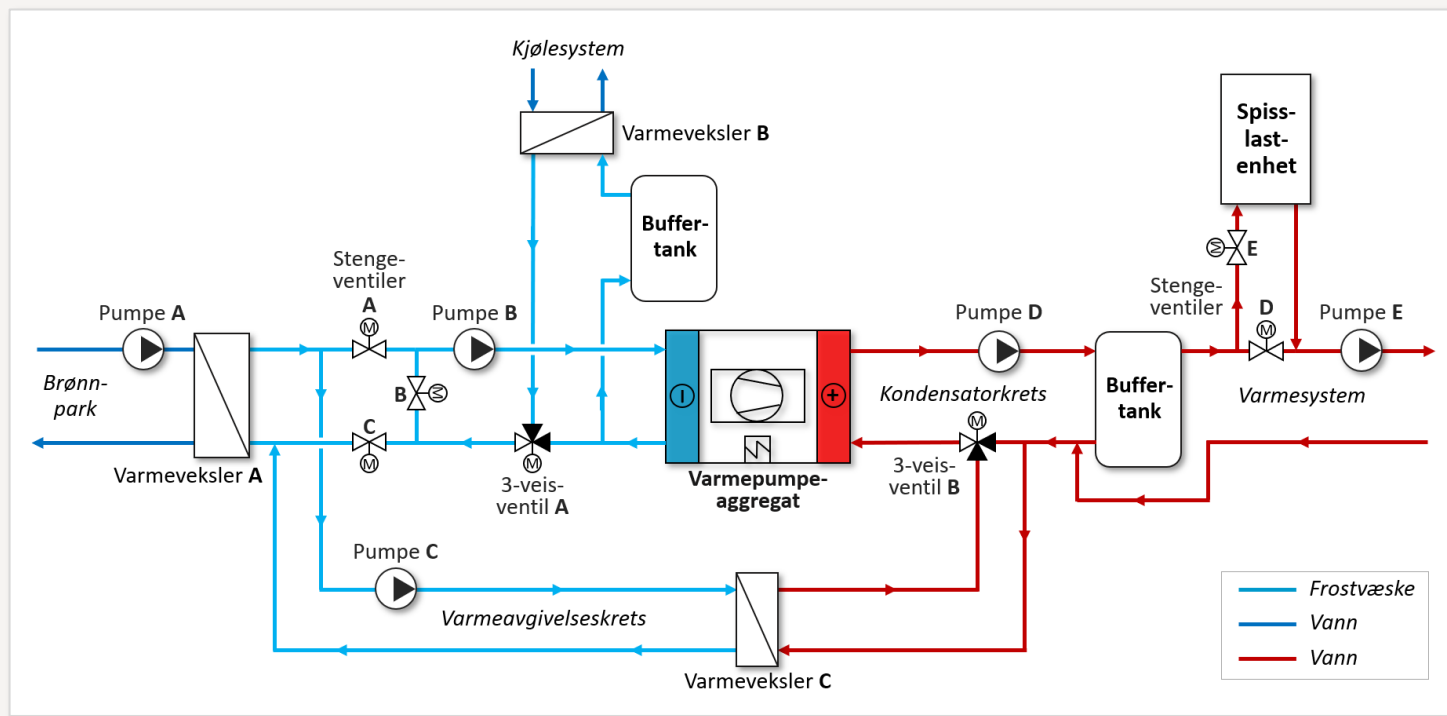


Bergvarme og sekundærsystemer

- > Varmepumpe dimensjoneres for å dekke spisslastkjøling – evt. PCM-lager
 - > Kun frikjøling – vanligvis moderat kjøleytelse og minimum fleksibilitet
 - > Krets for avgivelse av overskuddsvarme – varmeveksler, pumpe, regulering-/stengeventiler
- > Optimalisert utforming for oppvarming, varmtvann og kjøling
 - > Varmtvann – utforming tilpasset årlig varmebehov og temperaturnivå – eksempler:
 - > Forvarming + bruk av forvarmet vann i blendeventil, evt. lavtemperatur varmtvann (45-50 °C)
 - > Ettervarming med hetgassvarmeveksler (to-trinns system)
 - > Separat CO₂-varmepumpe
 - > Lavtemperatur varmesystem ($\leq 50-60$ °C) – utetemp.kompensering
 - > Høytemperatur kjølesystem (≥ 12 °C)
- > Andre viktige områder
 - > Hydraulisk skille mellom varmepumpe og kjølesystem
 - > Seriekobling av varmepumpe og spisslastenhet – korrekt samkjøring



Bergvarmepumpe – eksempel på prinsipiell systemutforming



Instrumentering – målinger

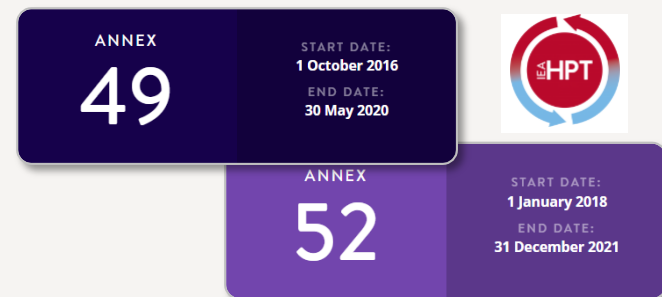
- > Instrumentering – varmepumpesystem inkl. brønnpark
 - > Nøyaktige temperaturfølere + termiske/elektriske energimålere
 - > Kvalitetssikring av sensorer og målesystem/EOS-system
- > Overlevering
 - > Igangkjøring, dokumentert innregulering/funksjonstesting osv.
 - > Site Acceptance Test (SAT) – måling av varme-/kjøleytelser og COP
- > Prøvedriftsperiode
 - > Fortrinnsvis min. 12 måneder for bergvarmepumper
- > I anleggets driftstid
 - > Optimalisert drift, feildeteksjon osv.
 - > Presentasjon av historiske data – COP, SCOP, ytelser, temp. osv.





NTNU feltmålinger har blitt brukt i prosjektene:

- > NTNU-SINTEF FME «Zero Emission Buildings» and «Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities», **FME ZEB/ZEN** (2010-16 – 2017-24)
 - > <http://www.zeb.no> <https://fmezen.no>
- > **IEA Heat Pumping Technologies Annex 40/49** – «Heat Pumps in nZEB» (2012-15, 2016-20) og **Annex 52** «Long term Performance Measurements of Ground-Source Heat Pump Systems» (2018-21)
 - > <https://www.annex49.net>
 - > <https://heatpumpingtechnologies.org/annex52/>
- > Norsk aktivitet finansiert av Enova og FME ZEB/ZEN



Takk for oppmerksomheten!

Jørn Stene

COWI AS

JOST@cowi.com

