

Cathrine Hasz Ophaug

Grunnvannsvarmepumpe i fjernkjøle- og fjernvarmesystemer

Masteroppgave i Produktutvikling og produksjon

Veileder: Trygve Magne Eikevik

Medveileder: Randi Kalskin Ramstad

Juni 2021

Cathrine Hasz Ophaug

Grunnvannsvarmepumpe i fjernkjøle- og fjernvarmesystemer

Masteroppgave i Produktutvikling og produksjon
Veileder: Trygve Magne Eikevik
Medveileder: Randi Kalskin Ramstad
Juni 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for energi- og prosessteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne prosjektoppgaven er en del av masteren min i Energi og miljø med spesialisering innen Industriell prosessteknikk ved institutt for energi- og prosessteknikk ved NTNU, høsten 2020.

Jeg vil takke hovedveilederen min Professor Trygve Magne Eikvik for all tid, støtte og god faglig veiledning gjennom hele semesteret. Jeg vil også rette en takk til medveilederen min Randi Kalskin Ramstad, førsteamanuensis ved institutt for geovitenskap og petroleum, som har gitt gode råd under utarbeidelsen av oppgaven.

En takk til Ignat Tolstorebrov som tok seg tid til å lære meg, og hjelpe meg, med EES og som alltid hadde noen minutter til rådighet når jeg kom innom med spørsmål.

Sammendrag

Det er flere fordeler med en felles distribusjonskrets i Melhus. Det gjør den fornybare ressursen tilgjengelig for flere, ved at bygg på områder der det ikke er gunstig å bore brønner kan koble seg til fellesnettet. Denne typen fellesnett gjør at varmforsyningen kan tilpasses hvert enkelt bygg, ved at hvert bygg har egne varmsentraler med varmepumper som henter varme eller kjøling fra distribusjonskretsen. I tillegg kan et slikt fellesnett brukes for både varme og kjøling, og det gjør systemet mindre sårbart for nedetid i enkeltbrønner og øker dermed stabiliteten i varmforsyningen.

Det er i denne masteroppgaven først presentert relevant teori for temaet, deretter er det gjort et litteraturstudie rundt denne typen distribusjonskrets og det er foreslått fire forskjellige løsninger for aktiv og passiv kjøling. Det er videre utviklet en modell i EES for et slikt grunnvannsystem i Melhus, med en hovedkrets, flere mindre delkretser til bygg og flere varmekilder i form av grunnvannsvarmevekslere. Modellen simulerer trykket i hvert punkt i systemet, beregner trykktap og nødvendig massestrømmen for å dekke effektbehovet i hvert bygg. Modellen er brukt til å se på hvordan mengderegulering vil påvirke et slikt system. Temperaturstyrt effektregulering er også vurdert men ikke lagt inn i modellen.

Mengderegulering med turtallsregulerte pumper kan spare pumpearbeid ved at pumpene girer ned og pumper mindre massestrøm når varmebehovet minker. Sammenlignet med en dag med en utetemperatur på $T=0^{\circ}\text{C}$ kan forskjellen i tilført effekt til pumpen være på 44,33kW mot en dag med dimensjonerende utetemperatur. Forskjellen i pumpearbeid mellom den kaldeste dagen i året og den varmeste er 46,25kW. Driften av systemet må simuleres over hele året for å finne nøyaktig hvor mye pumpearbeid som kunne vært spart ved turtallsegulerte pumper. Temperaturstyrt effektregulering vil gi konstant tilført pumpeeffekt året rundt, da massestrømmen i systemet er konstant. Sammenlignet med reguleringsprinsippet med varierende massestrøm vil reguleringsprinsippet med konstant massestrøm gi høyere massestrøm i systemet.

Aktiv kjøling er ikke lagt inn i modellen. Etersom varmepumpene opererer konstant for å forvarme tappevannet, slik som modellene er bygd opp, kunne den lavere temperaturen ut fra fordamperen i varmepumpen vært utnyttet til aktiv kjøling. Dette er ikke gjort i denne modellen, men det kan være av interesse å se på hvordan dette ville påvirket systemet. Etersom de lavere temperaturene ut fra fordamperen i varmepumpen ville bidratt med en større ΔT til kjølingen, ville dette gjort nødvendig sirkulert vannmengden gjennom distribusjonskretsen ved kjøling mindre. Dette vil igjen ha en positivt effekt på tilført pumpearbeid.

Abstract

There are several advantages to a cold-water-circulation network in Melhus. This makes the renewable resource available to more people, so that buildings in areas where it is not favorable to drill wells, can connect to the cold-water-circulation network. This type of cold-water-circulation network makes it possible to adapt the heat supply to each individual building, this is because each building has its own heat pumps that collect heat from the distribution circuit. In addition, a cold distribution network can be used for both heating and cooling, and it makes the system less vulnerable to downtime in individual wells and thus increases the stability of the heat supply.

In this master's thesis, relevant theory for this topic is first presented, then a literature study on this type of distribution circuit is presented and four different solutions for active and passive cooling is proposed. A model has also been developed for such a groundwater system in Melhus, with a main circuit, several smaller sub-circuits for buildings and several heat sources in the form of groundwater heat exchangers. The model simulates the pressure at each node in the system, calculates the pressure drop and the required mass flow to cover the heat demand in each building. The model is used to look at how flow control will affect such a system. A temperature-controlled system has also been assessed but not included in the model.

Flow control with speed-controlled pumps can save pump work by pumping less mass flow through the system when the heat demand decreases. Compared to a day with an outdoor temperature of $T=0^{\circ}\text{C}$, the difference in pump input power is 44.33kW to a day with a design outdoor temperature. The difference in pump input power, between the coldest day of the year and the warmest, is 46.25kW. The operation of the system must be simulated throughout the year to find out exactly how much pump input power that could be saved by speed-regulated pumps. A temperature-controlled system will give a constant need of pump power all year round, as the mass flow in the system is constant. Compared with the regulation principle with varying mass flow, the regulation principle with constant mass flow will give higher mass flow in the system.

Active cooling is not included in the model. Since the heat pumps run constantly to preheat the tap water, the lower temperature from the evaporator in the heat pump could have been used for active cooling. This is not done in this model, but it will be of interest to look at how this would affect the system. Since the lower temperatures from the evaporator in the heat pump would have contributed to a larger ΔT to the cooling, this will give a smaller required mass flow through the distribution circuit during cooling. This in turn will have a positive effect on the required pump power.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
Figurliste	vii
Tabelliste	xi
Nomenklatur	xiv
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven	4
2 Varmepumpeteori	5
2.1 Varmepumper	5
2.1.1 Grunnvann som varmekilde	9
2.2 Arbeidsmedier	9
2.3 Varvevekslere	11
2.3.1 Utfellinger	15
2.4 Varmepumpe til kjøling	16
2.5 Reguleringsprinsipp	16
2.5.1 Behovsstyrt effektregulering	17
2.5.2 Temperaturregulering	17
2.5.3 Mengderegulering	18
2.6 Akkumuleringstank	19
3 Kald distribusjonskrets i litteraturen	21
3.1 5. generasjons fjernvarme- og -kjølesystemer	21
3.2 Integrering av kjøling i vannbaserte varmepumpe systemer	24
3.2.1 Frikjøling	24
3.2.2 Aktiv kjøling	25
3.2.3 Reversible systemer for sesongbasert oppvarming og kjøling	25
3.3 Utfordringer med grunnvann	28
4 Beskrivelse av systemet	30
4.1 Eksisterende og fremtidige brønner	36

5	Kjøling	40
5.1	Kjølesystem med mulighet for dumping av varme	41
5.2	Kjølesystem med to varmepumper	42
5.3	Kjølesystem med akkumuleringstank	42
5.4	Kjølesystem med akkumuleringstank og mulighet for dumping av varme	44
6	Beregningsverktøyet SIMIEN	46
6.1	SIMIEN	46
6.1.1	U-verdi	46
6.2	Områdeplan Melhus sentrum	47
6.3	TEK17	49
6.4	Standard NS3031	50
6.5	Beregning i SIMIEN	52
6.6	Resultater fra simulering i SIMIEN	55
6.6.1	Eksempel Dagens P-plass ved Melhustorget	55
7	Modell	68
7.1	Variierende effektbehov	72
7.1.1	Eksisterende bygg	72
7.1.2	Nybygg	73
7.1.3	Kjøling i modellen	74
7.2	Tappevann	74
7.3	Grunnvannsvarmevekslere	76
7.4	Beregning av vannmengde og varmepumpe	78
7.5	Beregning av temperaturer	83
7.6	Beregning av trykktap	84
7.6.1	Trykktap i bend, T-knutepunkt og endringer i rørdiameter	85
7.6.2	Trykktap i varmevekslerene	85
7.6.3	Trykktap i hvert punkt	86
7.6.4	Høydeforskjell	87
7.6.5	Diameter og lengde på rør	89
7.7	Pumpearbeid	95
7.8	Variierende vannmengde	96
7.9	Variierende temperatur	97
8	Resultater og Diskusjon	98
8.1	Variierende massestrøm og konstant temperatur	98
8.2	Variierende temperatur og konstant massestrøm	109

8.3	Aktiv kjøling	110
8.4	Mulighet for toveis strømming	110
9	Konklusjon og videre arbeid	112
9.1	Konklusjon	112
9.2	Videre arbeid	113
	Referanser	114
	Vedlegg	224

Figurliste

1	Konseptskisse med dagens løsning med enkeltstående anlegg (venstre) og konseptet med fellesnett (høyre)	2
2	Enkel skjematisk fremstilling av en varmepumpe	6
3	Varighetskurve hvor varmepumpen dekker ca. 60% av maks effektbehov og ca. 90% av det årlige energibehovet	8
4	Temperaturfordelingen over en parallell varmeveksler	13
5	Temperaturfordelingen over en motstrøms varmeveksler	14
6	Akkumuleringstank	20
7	Kjøledominert system med mulighet for både kjøling og oppvarming	26
8	System med mulighet for å bytte mellom kjøle- og varmedominert drift	26
9	Varmedominert system med mulighet for både kjøling og oppvarming	26
10	System med mulighet for å bytte mellom kjøle- og varmedominert drift	26
11	System med mulighet for både aktiv og passiv kjøling	27
12	Desentralisert fjernkjølenett der hver forbuker har egen varmepumpe	28
13	Desentralisert fjernkjølenett der hver forbuker har egen varmepumpe og varmeveksler	28
14	Oversikt over de eksisterende byggene og nybyggene	32
15	Dagens grunnvannsbrønner i Melhus sentrum	36
16	Kjølesystem med mulighet for dumping av varme	41
17	Kjølesystem med to varmepumper	42
18	Forslag 3 til å integrere kjøling i systemet	44
19	Kjølesystem med akkumuleringstank og mulighet for dumping av varme	45
20	Områdeplan/plankart for Melhus sentrum	47
21	Termisk effektbehov til oppvarming og kjøling for nybygget på dagens p-plass ved Melhustorget gjennom året	56
22	Simulert effektbehov til oppvarming og kjøling ved varierende utetemperatur for nybygget på dagens P-plass ved Melhustorget	57
23	Effektvarighetskurve for nybygget på dagens p-plass ved Melhustorget	58
24	Simulert effektbehov til oppvarming ved varierende utetemperatur for nybygget på dagens P-plass ved Melhustorget	59
25	Simulert effektbehov til kjøling ved varierende utetemperatur for nybygget på dagens P-plass ved Melhustorget	59
26	Varmebehov ved varierende utetemperatur for nybygget på dagens P-plass ved Melhustorget	60

27	Kjølebehov ved varierende utetemperatur for nybygget på dagens P-plass ved Melhustorget	61
28	Variasjon i varmebehovet over hver uke for boligdelen av nybygget på dagens p-plass ved Melhustorget	62
29	Variasjon i varmebehovet over hver uke for forretningsdelen av nybygget på dagens p-plass ved Melhustorget	62
30	Variasjon i kjølebehovet over hver uke for boligdelen av nybygget på dagens p-plass ved Melhustorget	63
31	Variasjon i kjølebehovet over hver uke for forretningsdelen av nybygget på dagens p-plass ved Melhustorget	64
32	Variasjon i varme- og kjølebehovet over hver uke for boligdelen av nybygget på dagens p-plass ved Melhustorget	65
33	Variasjon i varme- og kjølebehovet over hver uke for forretningsdelen av nybygget på dagens p-plass ved Melhustorget	66
34	Skisse over systemet	70
35	Tilkobling av grunnvannsvarmevekslerne slik som det er nå	77
36	Mulig løsning for tilkobling av grunnvannsvarmevekslerne	77
37	Varmepumpeyklus i et log(p)-h diagram for propan	79
38	Varmepumpeyklus i et log(p)-h diagram for R134a	80
39	Varmepumpeyklus i et log(p)-h diagram for R407C	80
40	Varmepumpeyklus i et log(p)-h diagram for R410A	81
41	Delkrets A	92
42	Delkrets B	93
43	Delkrets C	94
44	Delkrets D og E	94
45	Trykkvariasjon i hovedkretsen	98
46	Trykkvariasjon i krets A	99
47	Delkrets A med pumper	100
48	Trykkvariasjon i krets B	100
49	Delkrets B med pumper	101
50	Trykkvariasjon i krets C	102
51	Delkrets C med pumper	102
52	Trykkvariasjon i krets D	103
53	Delkrets D og E med pumper	103
54	Variasjonen i massestrøm etter utetemperaturen i de ulike byggene	108
55	Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget på p-plass sør for Melhustorget	116

56	Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget på p-plass sør for Melhustorget	117
57	Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget på p-plass sør for Melhustorget	117
58	Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget sør for Bedehuset	118
59	Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget sør for Bedehuset . . .	118
60	Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget sør for Bedehuset . . .	119
61	Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Bensinstasjon	119
62	Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Bensinstasjon	120
63	Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Bensinstasjon	120
64	Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Idegården . .	121
65	Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Idegården	121
66	Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Idegården	122
67	Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Melhustorget	122
68	Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Melhustorget	123
69	Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Melhustorget	123
70	Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Melhustunet	124
71	Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Melhustunet	124
72	Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Melhustunet	125
73	Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Potten øst .	125
74	Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Potten øst	126
75	Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Potten øst	126
76	Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Rådhuset . .	127
77	Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Rådhuset	127
78	Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Rådhuset	128
79	Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Rådhusveien	128
80	Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Rådhusveien	129
81	Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Rådhusveien	129
82	Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Skysstasjonen nord	130
83	Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Skysstasjonen nord . .	130
84	Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Skysstasjonen nord . .	131
85	Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Skysstasjonen sør	131
86	Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Skysstasjonen sør . .	132
87	Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Skysstasjonen sør . . .	132

88	Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Vestre tomt ved Melhustorget	133
89	Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Vestre tomt ved Melhustorget	133
90	Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Vestre tomt ved Melhustorget	134
91	Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for Brannstasjonen	134
92	Varmebehovet ved varierende utetemperatur for Brannstasjonen	135
93	Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for Brannstasjonen	135

Tabelliste

1	En oversikt over egenskaper til noen utvalgte naturlige arbeidsmedier	10
2	Oversikt over bygg og arealer for byggetrinn 1	33
3	Oversikt over bygg og arealer for byggetrinn 2	33
4	Oversikt over bygg og arealer for byggetrinn 3.1	34
5	Oversikt over bygg og arealer for byggetrinn 3.2	35
6	Oversikt over bygg og arealer for byggetrinn 3.3	36
7	Oversikt over kapasiteten av de enkelte brønnene og hvilke brønner som skal være med videre i fellesnettet	38
8	Oversikt over brønnene som tilkobles hver sin grunnvannsvarmeveksler	39
9	Oversikt over Byggene med bruksområdene og antall etasjer	48
10	U-verdier fra TEK17	49
11	Driftstid for de ulike bygningstypene	51
12	Driftstid for de ulike bygningstypene	51
13	Normerte settpunkttemperaturer etter bygningskategori fra NS3031	51
14	Prosentvis andel av effektbehovet som forutsettes tilført sonen som varmtvann, teknisk utstyr, personer og belysning	52
15	Effektbehov for varmtvann, teknisk utstyr, personer og belysning for de ulike bygningstypene	52
16	Oversikt over varmesentralene i nybyggene	67
17	Oversikt over varmesentralene i de eksisterende byggene	71
18	Oversikt over varmesentralene i nybyggene	71
19	Likninger for varierende varmebehov i de eksisterende byggene	73
20	Oversikt over effektbehov til oppvarming av tappevann for nybyggene	75
21	Oversikt over de eksisterende brønnene	87
22	Høyde ved de forskjellige punktene brukt i modellen	88
23	Høyde ved de forskjellige punktene på avstikkerne brukt i modellen	89
24	Diameter og lengde mellom punktene på hovedkretsen brukt i modellen	91
25	Diameter og lengde mellom punktene på avstikkerne brukt i modellen	91
26	Delkrets A	92
27	Delkrets B	92
28	Delkrets C	93
29	Delkrets D	94
30	Delkrets E	95
31	Diameter og lengde mellom punktene på avstikkerne brukt i modellen	95
32	Pumpearbeid ved ulike utetemperaturer	105

33	Termisk effektbehov ved ulike utetemperaturer	107
----	---	-----

Symbolliste

Latinsk bokstav/symbol

A	Tverrsnitt	m^2
c_p	Spesifikk varmekapasitet	$kJ/(kg \cdot K)$
g	Gravitasjonskonstanten	$kg \cdot m/s^2$
h	Spesifikk entalpi	kJ/kg
\dot{m}	Massestrøm	kg/s
p	Pressure	bar
Q	Termisk energi	kJ
\dot{Q}	Varmeoverføringshastighet	kW
s	Spesifikk entropi	$kJ/(kg \cdot K)$
T	Temperatur	$^{\circ}C$
U	Varmegjennomgangstallet	W/m^2K
W	Mekanisk arbeid	kJ
\dot{W}	Mekanisk power	kW
x	Damp kvalitet	-
z	Høyde	m

Gresk bokstav/symbol

α	Hastighetskoeffisient	-
η	Virkningsgrad	-
ρ	Tetthet	kg/m^3

Forkortelser

COP Coefficient of Performance, effektfaktor

EES Engineering Equation Solver

GWP Global Warming Potential, Globalt oppvarmingspotensial

HFK Hydrofluorkarboner

KFK Klorfluorkarboner

NTNU Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

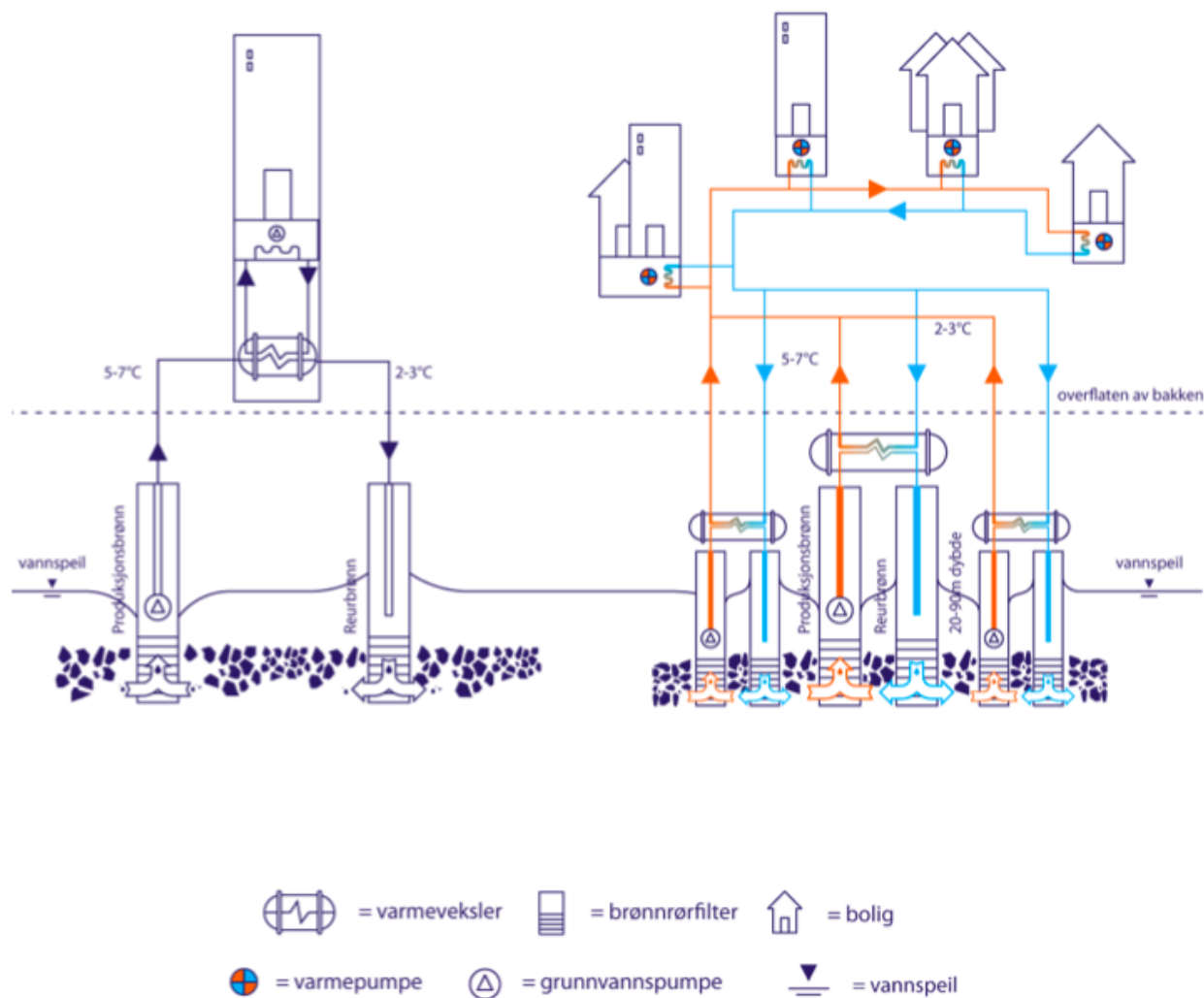
ODP Ozone Depletion Potential, Ozonnedbrytende potensial

TEK Byggtekniskforskrift

1 Introduksjon

I følge (Nagelhus et al., 2019) har det lenge vært kjent at det finnes interessante grunnvannsressurser i Melhusområdet som egner seg som energikilde for miljøvennlig energiproduksjon. Grunnvann er en stabil varmekilde for varmepumper. Temperaturen er relativt konstant gjennom hele året og gir mulighet for kjøling på sommerhalvåret og kan brukes som varmekilde for varmepumper på vinterhalvåret. For Melhus sentrum er det spesielt interessant med grunnvannsbaserte varmepumper ettersom det finnes store grunnvannsressurser under Melhus kommune. Det er gjennom prosjektet ORMEL, Optimalisering av grunnvannsressurser i Melhus og Elverum, gjort en kartlegging av grunnvannsressursene i Melhus sentrum (Nagelhus et al., 2019). Det ligger derfor godt til rette for bruk av grunnvannsbaserte varmepumpeanlegg og grunnvann benyttes allerede som energibærer for flere enkeltstående varmepumpeanlegg i Melhus sentrum til varme og kjøling. Det er planlagte store utbyggingsprosjekter på begge sider av Gaula, noe som vil øke varme- og kjølebehovet. Dette har vært med på å utløse interessen for muligheten for en fellesløsning med en kald distribusjonskrets (Nagelhus et al., 2019). Med et større varme- og kjølebehov er det derfor interessant å se på løsninger som gjør at større deler av Melhus kommune vil kunne utnyttet seg av denne ressursen. Muligheten for en fellesløsning for bruk av grunnvann til oppvarming og kjøling i Melhus sentrum på begge sider av elva Gaula er også sett på i en konseptutredning utarbeidet av Asplan Viak på oppdrag fra TrønderEnergi Kraft. Melhus kommune har også vært delaktige i dette prosjektet.

Det foreslåtte konseptet er å lage en kald distribusjonskrets med distribuerte varmepumper i sentrum av Melhus. Konseptet som skal testes er en tredjepartsløsning, hvor en profesjonell aktør eier og drifter varme- og kjølesystemet og infrastrukturen, og selger varme og kjøling (NOK/kWh) på samme måte som elektrisitet selges til kunder. I Melhus vil, som nevnt tidligere, grunnvann brukes som varmekilde til varmepumpene på grunn av de store grunnvannsressurser som er tilgjengelig der (Nagelhus et al., 2019).



Figur 1: Konseptskisse med dagens løsning med enkeltstående anlegg (venstre) og konseptet med fellesnett (høyre)

(Nagelhus et al., 2019)

Løsningen som er beskrevet i konseptutredningen, vist i Figur 1, er at flere brønnpar produserer grunnvann som varmeveksles mot en distribusjonskrets før vannet føres tilbake til undergrunnen via returbrønner. Distribusjonskretsen er en lukket krets med vann eller en glykolblanding, som går i et kretsløp mellom varmeveksleren og de ulike forbrukerne (byggene). Byggene har egne varmesentraler med varmepumper og eventuelt spisslastløsninger og akkumulatortanker, tilpasset byggets temperatur-, energi- og effektbehov for varme og kjøling (Nagelhus et al., 2019).

Det som skiller denne løsningen fra et tradisjonelt fjernvarmesystem er at det ikke er en sentral varmeproduksjon, men hvert bygg har sin egen varmesentral med varmepumpe. Varmepumpene

i de enkelte byggene henter varme fra distribusjonskretsen som holder en langt lavere temperatur enn i et tradisjonelt fjernvarmenett. Dette gjør at varmforsyningen kan tilpasses egenskapene i de ulike byggene. Eldre bygg vil normalt trenge høytemperatur varme, gjerne 60°C-80°C, mens nyere bebyggelse kan klare seg med lavere temperaturnivå, gjerne mellom 30°C-50°C. Dette skyldes først og fremst at moderne bygg er energieffektive, og at det legges inn vannbårne systemer etter krav i teknisk forskrift (TEK17) (Nagelhus et al., 2019).

Fordelen med et slikt fellesnett er at det kan bidra til at flere bygg kan utnytte de eksisterende grunnvannsressursene. Deler av Melhus sentrum, der det er dårlige forutsetninger i grunnen for å hente opp og reinjisere grunnvann, er avhengig av et fellesnett for å kunne utnytte den fornybare energiressursen (Nagelhus et al., 2019). Eksisterende infrastruktur utnyttes mest mulig ved at eksisterende grunnvannsbrønner også kobles til distribusjonssystemet, noe som også gjør at nybygg vil slippe å bore egne brønner. Et fellesnett vil også gi økt stabilitet i varmforsyningen, da det ikke vil være like sårbart for nedetid i enkeltbrønner som et mindre anlegg (Nagelhus et al., 2019). Profesjonalisert drift vil også være en fordel med denne typen fellesløsning. Driftsproblemer med tette brønner eller varmevekslere som trenger vedlikehold kan oppdages tidlig eller unngås som følge av overvåkning og rutinemessig og planlagt vedlikehold. Enkelte brønner som må tas ut av drift kan erstattes av andre uten at det påvirker driften. Plassering av nye produksjons- og returbrønner kan planlegges og plasseres slik at det ikke oppstår problemer med termisk overslag. Brønnene kan ikke plasseres for tett da det kan føre til termisk overslag som vil si at det avkjølte vannet fra returbrønnen pumpes opp igjen i produksjonsbrønnen.

En annen viktig fordel med det foreslåtte konseptet er at det kan brukes et felles system både for varme og kjøling. Avhengig av om byggene som er tilknyttet distribusjonskretsen primært har behov for varme eller kjøling, vil temperaturen i distribusjonskretsen variere gjennom året. I vintersesongen vil temperaturen i distribusjonskretsen ligge lavere enn grunnvannskretsen da byggene vil returnere vann med en lavere temperatur, mens den i sommersesongen vil kunne ligge høyere da byggene vil utnytte vannet i distribusjonskretsen til kjøling. Den lokale forsyningskretsen i hver bygning vil ha mulighet til både å kunne forsyne varme- og/eller kjølebehov. I rapporten etter konseptutredningsarbeidet er det foreslått at en varmeveksler skiller distribusjonskretsen og de lokale energiforsyningskretsene i hvert bygg, slik at de lokale energiforsyningskretsene kan tilsettes glykol for at varmepumpene i byggene skal kunne operere under 3°C inn på fordampere. Dette fordi ved kun rent vann gjennom fordampere ville temperaturen begrense selve varmepumpedriften (Nagelhus et al., 2019).

Det har vist seg, gjennom konseptutredningen gjort av Asplan Viak, at graving av grøfter og legging av rør til distribusjonskretsen er den dyreste delen av utbyggingen. Samordning

av grøftegraving for distribusjonskretsen, og utbyggingen av annen infrastruktur i området er derfor avgjørende for om anlegget kan knyttes sammen til et felles nett, ettersom lange traseer vil medføre vesentlige kostander.

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Background and objective Ground water is a stable heat source for heat pumps. Temperature level is close to the yearly average ambient air temperature and are relatively stable during the year and gives possibilities for cooling in summer period and heat source for the heat pump in the winter period. In Melhus community around 20 km south of Trondheim there are extensive plans for further utilizing groundwater for heating and cooling purposes.

The plan is to build a cold-water-circulation network with distributed heat pumps in the center of Melhus. The business case to be tested is a third-party solution where a professional organization/company owns and operate the heating and cooling system and infrastructure and sell heating and cooling (NOK/kWh) the same way as electricity to the customers. In Melhus, groundwater will be used as the source for the heat pump due to the large groundwater resources available here (the Melhus aquifer).

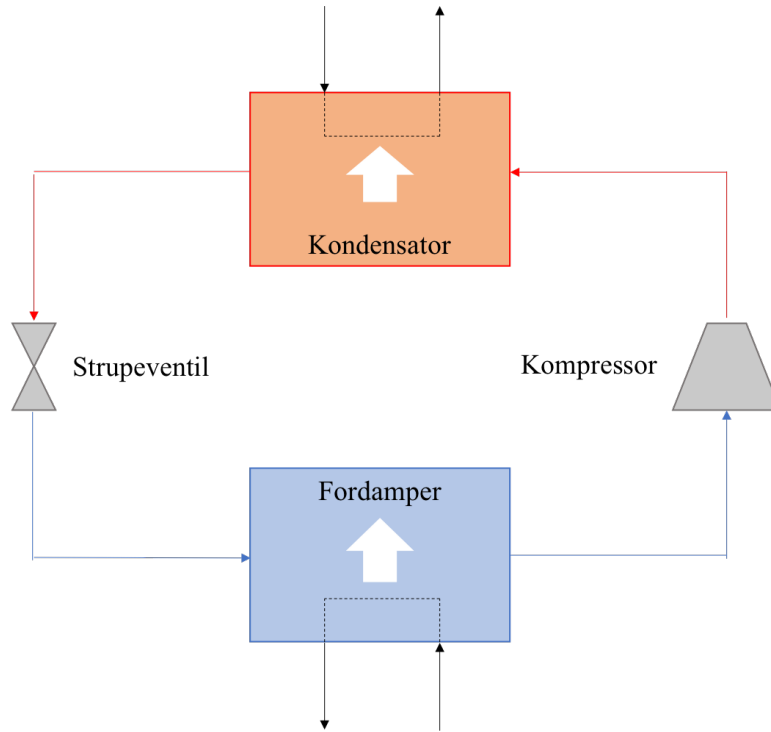
The following tasks are to be considered:

1. Updated literature review of ground water systems
2. Further develop a simulation tool for the distributed ground water system
3. Make some alternative solutions of distributed cooling and heating, including ground water wells
4. Make the design and calculate the heating and cooling loads for a representative year
5. Make a draft scientific paper based on the main results from the master thesis
6. Make proposal for further work

2 Varmepumpeteori

2.1 Varmepumper

En varmepumpe består av fire hovedkomponenter; fordamper, kompressor, kondensator og en strupeventil, også kalt ekspansjonsventil (Stene, 1990). Fordamper og kondensator er varmevekslere. Ved at kompressoren suger arbeidsmediet fra fordamperen senkes trykket i fordamperen. Dette gjør at fordampningstemperaturen til arbeidsmediet synker. Kompressoren suger ned trykket i fordamperen inntil fordampningstrykket er under omgivelsestemperaturen, slik at varme fra omgivelsene vil strømme til arbeidsmediet i fordamperen og få arbeidsmediet til å fordampe (Stene, 1990). Varmen overført fra omgivelsene lagres i arbeidsmediet i form av fordampningsvarme. Kompressoren komprimerer så arbeidsmediet, som nå er i gassform, slik at trykket og dermed temperaturen stiger. Høytemperaturgassen skyves inn i kondensatoren hvor utløpet er strupet ved hjelp av en strupeventil. Trykket i kondensatoren bygger seg opp inntil kondenseringstemperaturen overstiger temperaturen på det varmeopptakende mediet. Ettersom temperaturen på gassen nå er høyere enn temperaturen på det varmeopptakende mediet, for eksempel luft eller vann, avgis varme fra gassen (Self et al., 2013). Denne varmemengden tilsvarer varmemengden opptatt i fordamperen, fordampningsvarmen, og arbeidet tilført kompressoren (Stene, 1990). I kondensatoren avkjøles gassen, kondenserer og går over til væskeform. Det kondenserte arbeidsmediet føres tilbake til fordamperen gjennom strupeventilen, der trykket senkes fra kondensatortrykk til fordampetrykk. Ettersom dette er en lukket krets føres like mye arbeidsmedium gjennom strupeventilen tilbake til fordamperen som det som har fordampet (Stene, 1990). Denne prosessen er vist i Figur 2.



Figur 2: Enkel skjematisk fremstilling av en varmepumpe

En varmepumpe flytter termisk varme fra et medium med lavere temperatur til et medium med høyere temperatur ved forbruk av primærenergi (Self et al., 2013). Produktet fra en varmepumpe er varme som kan brukes, til for eksempel oppvarming. En av grunnene til at varmepumper er så attraktive er at de produserer mer varme enn den energi som kreves for å drive kompressoren i varmepumpen (Self et al., 2013) og har derfor høy energieffektivitet i forhold til tradisjonelle oppvarmingsmetoder (Stene, 1990). Dette er mulig fordi energi ved lav temperatur hentes fra omgivelsene, varmekilden kan være sjøvann, uteluft, jordvarme eller lignende, ved å tilføre elektrisitet for å drive kompressoren i varmepumpen, løftes varmen opp på et temperaturnivå den kan anvendes for eksempel til bygningsoppvarming. Temperaturen på energikilden reduseres ettersom de avgir varme (Novakovic et al., 2007). Ved å utnytte lavtemperatursiden av varmepumpen kan en dekke både varme- og kjølebehov med samme installasjon (Stene, 1990).

Total avgitt varme fra varmepumpens kondensator er som vist i ligning 2.1.

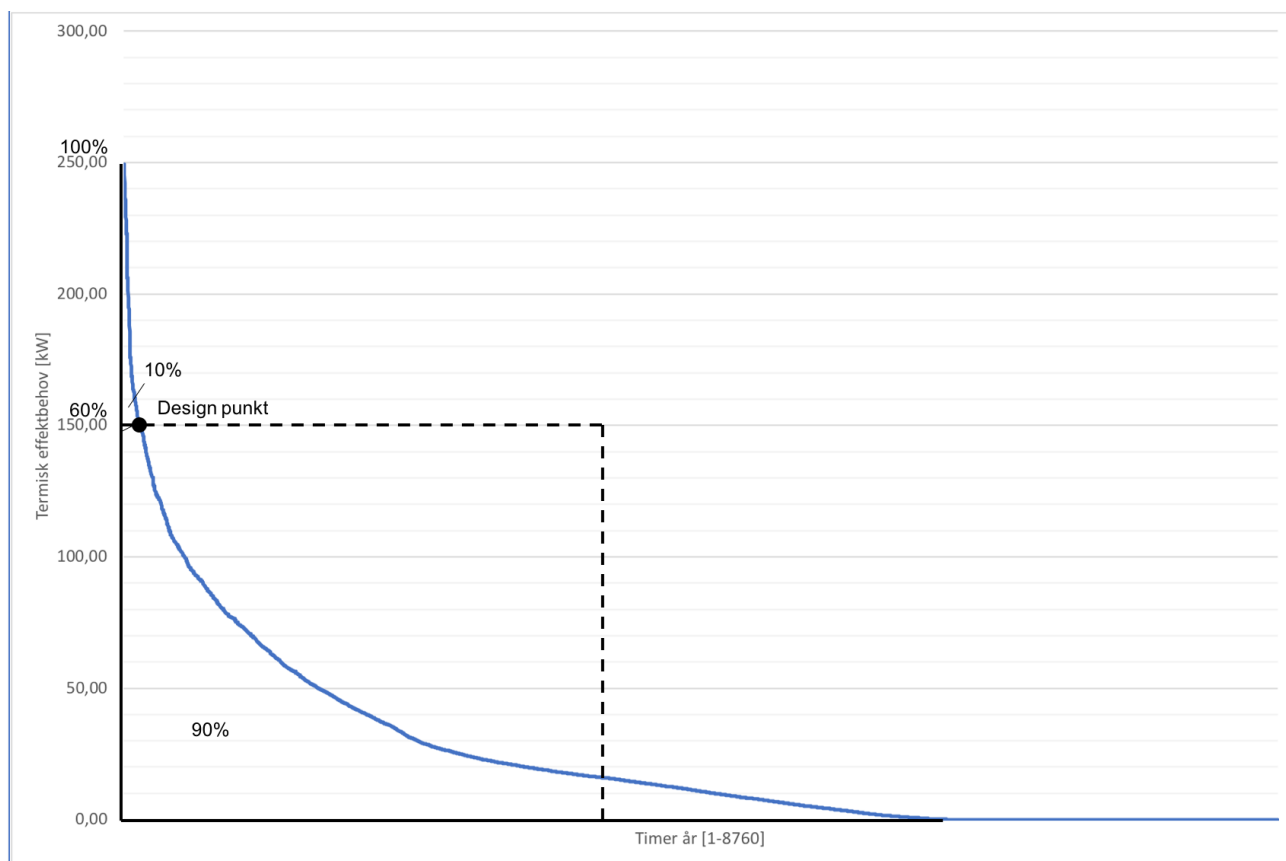
$$Q_c = Q_0 + W \quad (2.1)$$

Der Q_c er avgitt varme, Q_0 er varme tatt opp fra varmekilden. W er elektrisk arbeid tilført prosessen for å drive kompressoren (Novakovic et al., 2007). Varmepumpen kan brukes til både

kjøling og oppvarming avhengig av hvordan den plasseres i forhold til omgivelsestemperaturen (Novakovic et al., 2007).

Arbeidsmediet i en varmepumpe er vanligvis et kjølemiddel (Self et al., 2013). Arbeidsmediet er et medium med så lavt kokepunkt, ved et gitt trykk, at det koker ved den temperaturen grunnvannet, eller varmekilden, har. En varmepumpe flytter termisk energi ved å kontrollere trykk og temperatur ved hjelp av kompresjon og ekspansjon (Self et al., 2013), som beskrevet ovenfor.

Det vil være forskjell i varmebehov i forskjellige typer bygg. Varmebehovet til bruk av bygning-soppvarming vil variere med utetemperatur (Stene, 1990). For industrielle anvendelser dimensjoneres varmepumpene normalt til 100% effektdekning ettersom varmebehovet ofte er tilnærmet konstant hele året. Ettersom varmebehovet for bygningsoppvarming vil variere med utetemperaturen, vil varmepumpen benyttes som grunnlast og dimensjoneres ofte til å dekke 40-70% av bygningens maksimale varmeeffektbehov, mens en spisslast vil dekke resterende varmeeffektbehov (Stene, 1990). På grunn av at det ikke vil være behov for at spisslasten kjører hele tiden vil varmepumpen likevel dekke 80-95% av bygningens årlige varmebehov (Stene, 1990), som vist i Figur 3. Ettersom ikke hele varmebehovet dekkes av varmepumpen, vil dette gi lavere investeringskostnader og varmepumpen vil få mindre dellastdrift og oppnår derfor en høyere årsvarmefaktor for varmepumpen på grunn av bedre virkningsgrad for kompressor og motor (Stene, 1990).



Figur 3: Varighetskurve hvor varmepumpen dekker ca. 60% av maks effektbehov og ca. 90% av det årlige energibehovet

Effektfaktoren avtar raskt med økende temperaturløft for varmepumpen, det vil si økende forskjell mellom temperaturen på varmeopptakssiden og varmeavgivelsessiden. Gode driftsbetingelser for varmepumpen er at den leverer varme ved lavest mulig temperatur på høytemperatursiden (Stene, 1990).

Varmepumpen produserer en varmeeffekt, Q_c [kW] som er lik summen av varmeeffekt tatt opp fra omgivelsene, Q_0 [kW] og tilført arbeid, W [kW], som vist i ligning 2.1. Varmepumpens effektfaktor er forholdet mellom avgitt varmeeffekt og tilført elektrisk effekt. Varmepumpens effektfaktor, også kalt COP (Coefficient Of Performance), er definert som i ligning 2.2 (Stene, 1990).

$$COP = \frac{Q_c}{W} \quad (2.2)$$

I følge Kavanaugh og Rafferty (2014) er de to vanligste typene varmepumpe som brukes i systemer der grunnvarme er varmekilden vann-til-luft og vann-til-vann, der vann-til-luft er den helt klart mest brukte. For Melhus sentrum vil vann-til-vann varmepumpe være den mest aktuelle, ettersom denne typen er den som allerede er brukt i eksisterende løsning.

2.1.1 Grunnvann som varmekilde

I Norge ligger grunnvannstemperaturen på 2-10°C avhengig av magasinets dybde og beliggenheten i landet, dette gjør grunnvann til en god energikilde for varmepumper temperaturmessig (Stene, 1990). I grunnvannsmagasiner dypere enn 10m under bakkennivå er temperaturen nærmest konstant gjennom året, nær overflaten vil grunnvannstemperaturen påvirkes av klimaet (Stene, 1990).

2.2 Arbeidsmedier

Med betegnelsen arbeidsmedium menes prosessmediet i varmepumpeanlegget (Stene, 1990). Tidligere ble KFK gasser mye brukt som arbeidsmedium (Stene, 1990). KFK gasser er arbeidsmedier som har basis i etan eller metan og hvor alle hydrogenatomene er erstattet med klor og fluor, disse arbeidsmediene kalles full-halogeniserte klorfluorkarboner eller bare KFK (KlorFluorKarboner). HKFK er ikke full-halogeniserte klorfluorkarboner og har et eller flere hydrogenatomer. Er mediet klorfritt og kun inneholder hydrogen, fluor og karbon kalles det HFK. Disse er syntetisk framstilt (Stene, 1990). Naturlige arbeidsmedier er for eksempel ammoniakk eller propan eller andre hydrokarboner.

KFK gasser er hverken brannfarlige eller giftige, men de er ozon-nedbrytende. I 1989 trådte Montreal protokollen i kraft med krav om utfasing av enkelte ozon-nedbrytende stoffer, deriblant KFK og HKFK gasser (Stene, 1990) (Olafsen, 2017). Senere kom Kyotoprotokollen som trådte i kraft i 2005 som ga arbeidsmediene en Global Warming Potential (GWP) verdi. HFK gasser har høy GWP verdi selv om de ikke er ozon-nedbrytende, disse fases derfor også ut (Olafsen, 2017).

Arbeidsmedium	T _{NBP} [°C]	T _{Crit} [°C]	P _{Crit} [bar]	GWP	Sikkerhetsgruppe
Ammoniakk, R717	-33,1	132,3	113,5	0	B2L/B2
Propan, R290	-42,1	96,7	42,3	3	A3
CO ₂ , R744	-78,4	31,1	73,8	1	A1

Tabell 1: En oversikt over egenskaper til noen utvalgte naturlige arbeidsmedier (Eikevik, 2014)

Som vist i Tabell 1 kategoriseres arbeidsmediene i sikkerhetsgrupper. Disse forskjellige gruppene klassifiserer giftighet og brannfarlighet. Giftighet er gitt ved bokstavene A og B. Arbeidsmediene kategoriseres som A hvis de ikke er giftige og B hvis de er giftige. Hvor brannfarlig arbeidsmediet er, er gitt ved tall fra 1 til 3, hvor 1 er minst brannfarlig (Andersen, 2017).

Det er det flere faktorer som er viktig ved valg av arbeidsmedium. For eksempel ved lekkasje bør en tenke på giftighet, brennbarhet, ODP, GWP, lukt og farge, og andre mulige miljøpåvirkninger. Egenskaper som bestemmer prosessens teoretiske godhet slik som effektfaktor og volumetrisk varmeytelse og egenskaper av betydning for den praktiske gjennomføringen av prosessen, slik som resulterende systemtrykk, mulig driftsområde for ett-trins kompresjon og varmevekslerens effektivitet er også viktige faktorer. Andre faktorer er pris og tilgjengelighet (Stene, 1990).

Ammoniakk er det beste arbeidsmediet fra et termodynamisk og teknisk synspunkt på de fleste områder hvis en sammenligner med halokarbonene, og dette er grunnen til at ammoniakk er det dominerende arbeidsmediet for større industrielle anlegg (Stene, 1990). En ulempe er at ammoniakk sammen med vann korroderer kobber og kobberlegeringer. Ammoniakk systemer må derfor bygges uten disse materialene. Ammoniakk er giftig, har en sterk lukt som kan skape panikk og er brannfarlig i visse blandingsforhold med luft. I og med at ammoniakk har en såpass kraftig og karakteristisk lukt er faren for å bli forgiftet liten (Stene, 1990). I tillegg er ammoniakk lettere enn luft, så ved en eventuell lekkasje vil ammoniakken stige og bli fjernet av ventilasjonssystemet. Ammoniakk regnes derfor som et trygt arbeidsmedium (Stene, 1990).

Hydrokarboner er veldig brennbare og er eksplosive. Det er hovedsakelig propan og propylene som er brukt i varmpumpesystemer (Eikevik, 2014). Hydrokarboner har vært en del benyttet i kjøleprosesser, men har på grunn av gode termodynamiske og miljømessige egenskaper blitt mer aktuelle og brukes i mindre anlegg/systemer (Eikevik, 2014). Propan er svært brannfarlig og er tyngre enn luft. Det vil derfor lett kunne bygges opp eksplosjonsfarlige konsentrasjoner ved en eventuell lekkasje. Propan kan betraktes som ikke giftig (Stene, 1990), som vist i Tabell

1.

Karbondioksid er ikke brennbart og ikke giftig. Karbondioksid vil heller ikke virke ozon-nedbrytende og vil ikke bidra til å øke konsentrasjonen i atmosfæren ettersom karbondioksid ikke produseres til bruk som arbeidsmedium, men er et biprodukt fra annen prosess industri (Eikevik, 2014).

2.3 Varmevekslere

Varme overført fra det ene mediet til det andre i en varmeveksler uttrykkes som vist i formel 2.3.

$$Q = U \cdot A \cdot LMTD \quad (2.3)$$

Der U [W/m²K] er varmegjennomgangstallet for varmeveksleren, A [m²] er arealet og $LMTD$ [K] er logaritmiske gjennomsnittstemperaturen av det kalde og varme mediet på hver side av varmeveksleren (Gjengedal et al., 2019a), og uttrykkes som vist i formel 2.4.

$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \quad (2.4)$$

Med en konstant grunnvannstemperatur tilgjengelig fra brønnen, bestemmes grunnvannets returtemperatur av massestrømmen i sammenheng med effektbehovet i distribusjonskretsen, som en også kan se fra ligning 2.5 og 2.6. Nøkkelparameteren for å designe en grunnvannsvarmeveksleren er differansen mellom utløpstemperaturen på bygningssiden av varmeveksleren og innløpstemperaturen på grunnvannssiden av varmeveksleren (Banks, 2017). Denne temperaturrendifferansen sier hvor mye temperaturen på vannet i kretsen nærmer seg temperaturen på grunnvannet. Jo mer disse temperaturene nærmer seg hverandre, jo mer effektiv operasjon av varmepumpen som et resultat av gunstigere temperaturer inn på fordampere men dette øker også kostnaden av varmeveksleren på grunn av større areal (Kavanaugh og Rafferty, 2014).

Ligning 2.5 viser sammenhengen mellom last, massestrøm og temperatur på varm side av varmeveksleren. Der $c_{p,h}$ er spesifikk varmekapasitet for det varmebærende mediet. T_{hi} er innløpstem-

peraturen på varm side av varmeveksleren og T_{ho} utløpstemperaturen på varm side.

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_{p,h} \cdot (T_{hi} - T_{ho}) \quad (2.5)$$

Ligning 2.6 viser sammenhengen mellom last, massestrøm og temperatur på kald side av varmeveksleren. Der $c_{p,c}$ er spesifikk varmekapasitet for det varmeopptakende mediet. T_{ci} er innløpstemperaturen på kald side av varmeveksleren og T_{co} utløpstemperaturen på kald side.

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_{p,c} \cdot (T_{co} - T_{ci}) \quad (2.6)$$

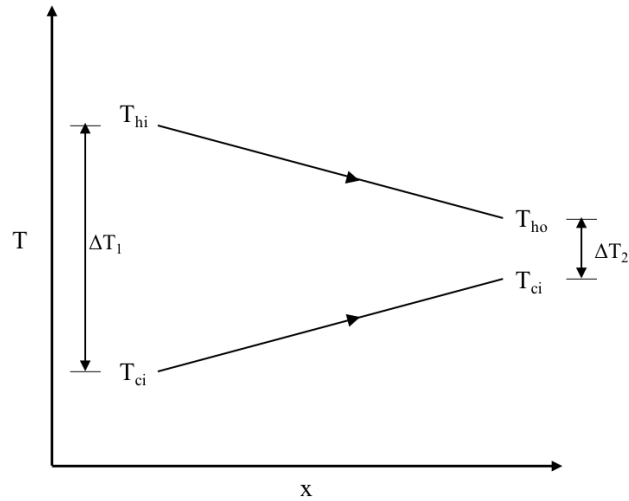
Ligning 2.5 og 2.6 er uavhengige av strømningsretning og varmevekslertype (Incropera et al., 2017).

For varmevekslere med parallell strømning er temperaturdifferansen mellom kald og varm side til å begynne med stor, men avtar ettersom avstanden fra innløpet øker og nærmer seg null asymptotisk, som vist i Figur 4. Utløpstemperaturen på kald side av en varmeveksler med parallell strømning vil aldri kunne overstige utløpstemperaturen på varm side (Incropera et al., 2017).

For en varmeveksler med parallell strømningsretning blir ΔT_1 og ΔT_2 i ligning 2.4 som vist i ligning 2.7 og 2.8.

$$\Delta T_1 = T_{h,i} - T_{c,i} \quad (2.7)$$

$$\Delta T_2 = T_{h,o} - T_{c,o} \quad (2.8)$$



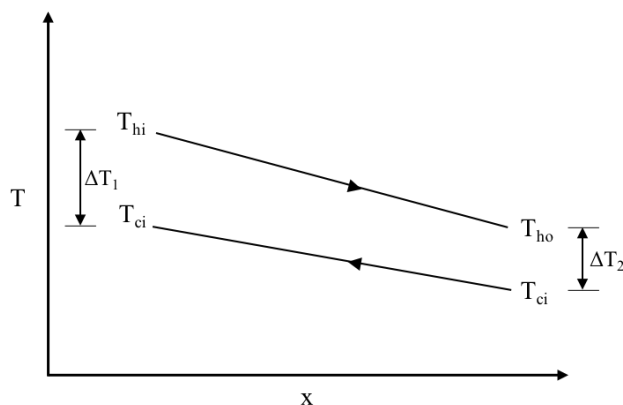
Figur 4: Temperaturfordelingen over en parallell varmeveksler

Varmevekslere med motstrøms strømningsretning varmeveksler mellom den varmeste delen på varm og kald side og den kaldeste delen på varm og kald side. På grunn av dette er ikke temperaturdifferansen mellom kald og varm side like stor som ved innløpet til en varmeveksler med parallell strømning, som vist i Figur 5. Utløpstemperaturen på den kalde siden av varmeveksleren kan overstige utløpstemperaturen på den varme siden (Incropera et al., 2017).

For en motstrøms varmeveksler blir ΔT_1 og ΔT_2 i ligning 2.4 som vist i ligning 2.9 og 2.10

$$\Delta T_1 = T_{h,i} - T_{c,o} \quad (2.9)$$

$$\Delta T_2 = T_{h,o} - T_{c,i} \quad (2.10)$$



Figur 5: Temperaturfordelingen over en motstrøms varmeveksler

For de samme utløps- og innløpstempepraturene vil LMTD være større for en motstrøms varmeveksler enn en med parallell strømning. Derfor krever en motstrømsvarmeveksler mindre areal for å overføre den samme varmen enn en varmeveksler med parallell strømning, der begge varmevekslerene har samme U-verdi (Incropera et al., 2017).

Fra ligning 2.11 kan en se at varmevekslerens effektivitet ϵ er forholdet mellom den faktiske varmeoverføringen i en varmeveksler og den maksimalt mulige varmeoverføringen (Incropera et al., 2017).

$$\epsilon = \frac{\dot{Q}}{Q_{max}} \quad (2.11)$$

Effektiviteten til en varmeveksler kan også uttrykkes som i ligning 2.12 og 2.13.

$$\epsilon = \frac{C_h(T_{h,i} - T_{h,o})}{C_{min}(T_{h,i} - T_{c,i})} \quad (2.12)$$

$$\epsilon = \frac{C_c(T_{c,o} - T_{c,i})}{C_{min}(T_{h,i} - T_{c,i})} \quad (2.13)$$

Der C er som vist i ligning 2.14.

$$C = \dot{m}c_p \quad (2.14)$$

Effektiviteten ϵ er dimensjonsløs og i området mellom $0 \leq \epsilon \leq 1$ (Incropera et al., 2017).

2.3.1 Utfellinger

Begroing og gjentetting av varmeveksleren gir dårligere varmeoverføringskoeffisienten ved at det legges seg et belegg på innsiden av varmeveksleren, som utgjør et ekstra lag med materiale på stålplaten. Ettersom varmen må gå gjennom dette belegget, som virker som en motstand for varmegjennomgangen, er tykkelsen på belegget og materialets termiske konduktivitet avgjørende for påvirkningen av UA verdien. Begroing reduserer varmevekslerens UA verdien. Dette fører til lavere COP (Gjengedal et al., 2019a).

Et uttrykk for U-verdien er vist i ligning 2.15.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_g} + \frac{\Delta x}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a} + R_b} \quad (2.15)$$

Der Δx er materialets tykkelse, λ materialets varmeledningstall og α fluidets varmeledningstall nær veggen. α_g er varmeoverførigstallet på grunnvannsiden og α_s på sekundærsiden. Termisk motstand i form av konduksjon avhenger av materialets tykkelse og materialets varmeledningstall. Termisk motstand i form av konveksjon avhenger kun av fluidenes varmeoverføringstall nærme veggen. Fra 2.15 kan det sees at U-verdien blir mindre med den ekstra termiske reistansen R_b . Denne ekstra resistansen tilsvarer det ekstra materialet som varmen må overføres gjennom (Andersen, 2017).

Den mest effektive måten å unngå vannkvalitetsproblemer er å isolere grunnvannet til en liten del av systemet. Bruk av platevarmeveksler til å begrense grunnvannet til en liten del av systemet er sterkt anbefalt, selv med vann med tilsynelatende godartet kjemi, ettersom grunnvannskjemien kan endres over livsløpet til systemet. Selv om det kan bli sett på som å kun flytte problemet fra varmpumpene til varmeveksleren, er det en mye enklere jobb å rense en varmeveksler enn varmpumpene og alt av rør i systemet. I tillegg er platevarmevekslere designet for å tas fra hverandre og renses. Selv om bruk av grunnvannsvarmevekslere øker kapitalkostnaden til systemet gjør fordelene med lavere vedlikeholdskostnader opp for det (Kavanaugh og Rafferty, 2014).

2.4 Varmepumpe til kjøling

Det oppstår et kjølebehov når et rom har høyere temperatur enn ønskelig. Dette kommer ganske enkelt av at det tilføres mer varme enn det fjernes og det kan være flere årsaker til dette. Det kan for eksempel være for høy utetemperatur, mye internvarme fra personer, lys og utstyr eller sterk solinnstråling. Om sommeren er det vanlig med for høy innetemperatur i boligbygg, mens butikker og kontorbygg kan ha kjølebehov hele året på grunn av høy intervarme (Zijdemans, 2014).

Kjøling kan foregå passivt eller aktivt. Passiv kjøling, eller frikjøling, er kjøling uten bruk av mekanisk drevet utstyr som utnytter energikilden direkte. Aktiv kjøling krever mekanisk drevet utstyr som for eksempel en varmpumpe (Banks, 2017). Passive kjølemetoder skal prioriteres foran aktive kjølemetoder, men ofte brukes en kombinasjon av begge metodene der passiv kjøling prioriteres først (Zijdemans, 2014).

Passiv kjøling i kombinasjon med varmpumpe kan gjøres ved at en eller flere kjøleavgivere kobles til varmpumpes energikilde, som i denne masteroppgaven er grunnvann. Når det oppstår et varmebehov hentes varme fra energikilden og ved et kjølebehov leveres varme tilbake til energikilden (Zijdemans, 2014). Når et kjølebehov oppstår henter kjøleavgiveren kald væske fra energikilden som brukes til å kjøle bygget. Den varmen fra bygget som væsken har tatt opp leveres til varmpumpen før væsken returnerer til energibrønnen. Dersom det er et varmebehov samtidig vil dette heve effektfaktoren til varmpumpen, da varmpumpen vil få tilført en høyere temperatur enn den ellers ville ha gjort. Hvis det ikke er et varmebehov går det vanligvis greit å sirkulere væsken gjennom varmpumpens sirkulasjonspumpe selv når den ikke er i drift. Dersom trykkfallet over pumpen derimot er for stort, kan pumpen tvangskjøres samtidig med kjølekretsens sirkulasjonspumpe. Dersom passiv kjøling ikke er nok, kan kjøleavgiverne tilkobles utløpet av varmpumpen slik at de tilføres den laveste temperaturen i systemet og dermed benytte aktiv kjøling. Ulempen er da at varmpumpen får en litt lavere effektfaktor (Zijdemans, 2014).

2.5 Reguleringsprinsipp

Reguleringsprinsipp er i denne sammenhengen hvordan varme- og kjøleavgiverne effekterreguleres og ulike teknikker for å bedre anleggets regulerbarhet og redusere energiforbruket (Zijdemans, 2014). Tre reguleringsprinsipper for effekterregulering av anlegget er; behovsstyrt effekterregulering,

temperaturregulering og mengderegulering.

2.5.1 Behovsstyrt effektregulering

Behovsstyring av varme og kjøleanlegg har som hensikt å redusere energiforbruket. Behovsstyrt effektregulering foregår ved at en termostat, tilleggsgeber eller regulator endrer eller overstyrer ønsket romtemperatur for å redusere energiforbruket. Det skilles mellom tre typer behovsstyring (Zijdemans, 2014):

- Tidsstyring - SKAL-verdien endres avhengig av ukedager og klokkeslett, for eksempel natt- og helgesenking av innnetemperaturen. Målet er å redusere varmetapet ut av bygningen ved at innnetemperaturen er lavere når det ikke er mennesker tilstede.
- Tilstedeværelse - fungerer likt som tidsstyring ved at innnetemperaturen senkes når det ikke er mennesker tilstede. Forskjellen er at SKAL-verdien ikke endres ved forprogrammering av tid, men om det faktisk er mennesker tilstede ved at en giver gir signal til regulatoren.
- Sommer- og vinterdrift - det tillates noe lavere temperatur på vinterhalvåret og noe høyere temperatur på sommerhalvåret.

2.5.2 Temperaturregulering

Temperaturregulering vil si at turtemperaturen til varmeavgiverne, som for eksempel kan være radiatorer, endres for å regulere pådraget eller varmeavgivers effekt, mens sirkulert vannmengde holdes tilnærmet konstant. Turtemperaturen kan endres ved en to- eller treveisventil eller at varmekildens effekt reguleres direkte, som er typisk for varmpumpeløsninger (Zijdemans, 2014).

Dimensjonerende tur- og returtemperatur for et varmeanlegg er bestemt av dimensjonerende utetemperatur. Dette gjør at det kun er behov for dimensjonerende tur- og returtemperatur når utetemperaturen er lik dimensjonerende utetemperatur. Når det derimot ikke er så kaldt ute kan disse temperaturene være lavere. Utekompensert turtemperatur vil si at turtemperaturen synker med stigende utetemperatur. Utekompensert turtemperatur alene er en styring og ikke regulering ettersom varmeanlegget ikke “vet” romtemperaturen og benyttes derfor bare alene i enkle varmeanlegg, typisk eneboliger. Fordelen med utekompensert turtemperatur er at for lavtemperatur varmekilder, som for eksempel grunnvann, stiger varmekildens effektfaktor

ved lavere turtemperatur, det gir også lavere varmetap fra rør og forbedrer mengderegulering (Zijdemans, 2014).

Ved varierende intervarme er ofte ikke utekompensert styring godt nok alene. Med intervarme menes varme avgitt fra personer, belysning og teknisk utstyr. Dette kommer av at varmeanlegget ikke registrerer at romtemperaturen stiger hvis det for eksempel samler seg flere mennesker i et rom. På grunn av dette kombineres ofte temperaturregulering med mengderegulering, noe som også gjør mengdereguleringen bedre (Zijdemans, 2014). Mengderegulering blir beskrevet i avsnitt 2.5.3.

For større bygninger benyttes vanligvis soneregulering som er en annen variant av temperaturregulering. Soneregulering er i prinsippet at bygningen deles inn i flere soner som har ulike temperaturbehov (Zijdemans, 2014).

2.5.3 Mengderegulering

Å endre sirkulert vannmengde er en annen måte å regulere effekten eller pådraget på. Sammenhengen mellom effekt og massestrøm må beregnes for å kunne oppnå kontrollert effektregulering. Ved mengderegulering forutsettes konstant turtemperatur som vil si at turtemperaturen er lik maks turtemperatur. Hvis turtemperaturen holdes konstant vil returtemperaturen synke når massestrømmen reduseres (Zijdemans, 2014). Det vil si at temperaturdifferansen mellom tur- og returtemperatur øker med avtagende pådrag, motsatt som for temperaturregulering der denne differansen avtar ved avtagende pådrag (Zijdemans, 2014).

På grunn av trykksvingningene som oppstår når ventiler åpner og stenger vil en ved mengderegulering få utfordringer med trykksvingninger i systemet, i motsetning til ved temperaturregulering (Zijdemans, 2014).

Pumpekararakteristikken beskriver forholdet mellom sirkulert mengde (\dot{V}) gjennom pumpen og trykkdifferansen mellom pumpens innløps- og utløpstrykk (Δp) (Zijdemans, 2014).

Anleggs-karakteristikk beskriver forholdet mellom trykktapet i anlegget (Δp) og sirkulert vannmengde (\dot{V}). Trykktapet gjennom anlegget er proporsjonal med hastigheten eller mengden i annen potens (Zijdemans, 2014).

Driftspunktet for et anlegg er krysningspunktet mellom pumpekararakteristikken og anleggs-

karakteristikken. Driftspunktet viser den virkelige trykkdifferansen over pumpen og virkelig sirkulert mengde (Zijdemans, 2014).

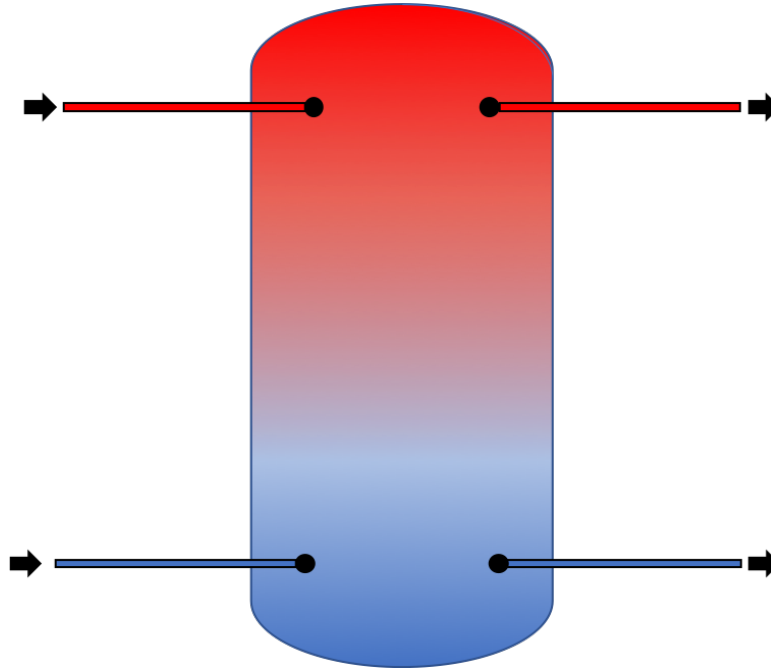
De to faktorer som kan flytte driftspunktet er endring av anleggskarakteristikken, som vil si endring av trykktapet i anlegget, og endring av pumpekarakteristikken som vil si en turtallsendring av pumpen. Dersom en eller flere ventiler i anlegget stenger, vil trykktapet i anlegget øke. Konsekvensen av dette er at kurven for anleggskarakteristikken blir brattere og dermed flyttes driftspunktet til det nye krysningspunktet i tillegg til at sirkulert vannmengde reduseres og trykkdifferansen øker. Dersom pumpens turtall reguleres ned vil pumpekarakteristikken endres og driftspunktet vil igjen flyttes i tillegg til at volumstrømmen reduseres og pumpens trykkøkning reduseres (Zijdemans, 2014).

Trykktapet i anlegget er på det laveste og sirkulert vannmengde på det høyeste når alle ventilene i anlegget er åpne. Denne driftstilstanden blir derfor den dimensjonerende for valg av sirkulasjonspumpe. Når den første ventilen stenger, øker anleggets trykktap og total trykkdifferanse mellom pumpens tur og retur øker. Det vil da sirkulere mer vann igjennom de andre åpne ventilene ettersom trykkdifferansen over disse øker. For at det ikke skal sirkulere større mengder gjennom enkelte varmeagiverne enn det de er dimensjonert for, ettersom dette kan føre til sjenerende støy fra anlegget og økt slitasje, er det ofte ønskelig med konstant trykkdifferanse over reguleringsventilene. Dette kan gjøres på to måter, enten ved at anleggskarakteristikken holdes konstant ved at andre komponenter kompenserer for endringen i trykktap en reguleringsventil forårsaker. Eller ved at pumpekarakteristikken endres ved å turtallsregulere pumpen slik at pumpens trykkøkning holdes konstant uavhengig av volumstrøm (Zijdemans, 2014).

2.6 Akkumuleringstank

En akkumuleringstank benyttes for å jevne ut varmekildens variasjon i delast og korte effekttopper. Det er ønskelig med en relativt konstant vannmengde mellom varmepumpen og akkumuleringstanken, mens vannmengden mellom akkumuleringstank og varmeagivere vil variere. I perioder med større effektbehov vil varmt vann fra akkumuleringstanken benyttes og temperaturen i tanken vil synke, og motsatt i perioder med lavere effektbehov. Temperatursjiktning er ønskelig i en akkumuleringstank. Temperatursjiktningen oppstår ved at varmt vann har lavere tetthet og flyter opp til toppen av tanken mens kaldt vann har høyere tetthet og synker derfor til bunnen av akkumuleringstanken. Dette gjør at det vil være en temperaturdifferanse mellom bunnen og toppen av tanken. At akkumuleringstanken er lagdelt vil si at det er volum med

forskjellig temperatur i tanken (Dinçer og Rosen, 2010), som vist i Figur 6. Blanding av disse volumene bør unngås, også ved tapping og fylling av tanken. For å unngå at det tilførte kalde vannet blandes minst mulig med det allerede oppvarmede vannet i tanken, tilføres kaldtvannet helt i bunnen av tanken og med lavest mulig hastighet. For å redusere hastigheten på vannet ved utløpet av tanken kan en diffuser benyttes. En diffuser kan redusere hastigheten ved å øke strømningsstverrsnittet og/eller endre strømningsretning. Ved endring av strømningsretning er det viktig at trykktapet ikke blir for høyt (Zijdemans, 2014).



Figur 6: Akkumuleringstank

3 Kald distribusjonskrets i litteraturen

3.1 5. generasjons fjernvarme- og -kjølesystemer

Buffa et al. (2019) undersøker 40 forskjellige termiske nettverk i Europa som dekker både varme- og kjølebehovet i bygninger ved hjelp av distribuerte varmpumper i kundenes varmesentraler. Teknologien med termiske nettverk som opererer med en temperatur som er tilnærmet lik bakketemperaturen kan bidra til avkarbonisering av varme- og kjølesektoren og videre utnytte en rekke lavtemperatur energikilder.

Buffa et al. (2019) skriver at fjernvarme- og fjernkjølenettverk har blitt anerkjent som en lovende løsning for å redusere både primærenergiforbruk og lokale utslipp på grunn av varme- og kjølebehovet i bygninger. Tradisjonelle fjernvarmesystemer består av sentraliserte kraftstasjoner som forsyner varmt vann eller damp til kundene gjennom et distribusjonsnettverk. Høytemperatur fjernvarmesystemer har betydelige temperaturløstap og høye installasjonskostnader. Ny forskning fokuserer derfor på det som kalles for 4. generasjons og 5. generasjons fjernvarme- og -kjølesystemer som kan nå høy effektivitet med lave temperaturer. 4- generasjons fjernvarme- og -kjølesystemer kan i følge Buffa et al. (2019) ikke levere både varme og kjøling til forskjellige bygninger på samme tid, noe 5. generasjons nettverk kan. Selv om 5. generasjons fjernvarme- og -kjølesystemer er i en tidlig utviklingsfase, er det flere slike systemer som er i drift i Europa, hovedsakelig pilotprosjekter. Mange av disse systemene opererer forskjellig fra tradisjonelle fjernvarme- og fjernkjølesystemer ved at de forsyner vann med en temperatur mellom 0° og 30° til desentraliserte varmpumper som benytter vann som energikilde. Dette har flere fordeler sammenlignet med et tradisjonelt fjernvarmesystem. Noe av det som skiller et 5. generasjons system fra et 4. generasjons system er at 5. generasjons systemer kan operere både i varme- og kjølemodus uavhengig av temperaturen i systemet og muligheten for toveis energistrømning. En fordel med 5. generasjon systemer er at sesongbasert energilagring kan installeres til sentraliserte løsninger for å dekke varmebehovet i urbane områder, der plassmangel kan gjøre det vanskelig å installere grunnvarmevekslere for individuelle grunnvarmebaserte varmpumper. I tillegg vil muligheten for å levere både varme og kjøling på samme tid til forskjellige bygninger øke sjansen for å gjenbruke overskuddsvarmen fra kjølere til oppvarmingsformål. I følge Buffa et al. (2019) eksisterer det ingen teknisk standard eller retningslinjer for design av slike systemer. I tillegg er det mangel på kunnskap om driftsoptimalisering og kontroll av 5. generasjons fjernvarme- og -kjølesystemer (Buffa et al., 2019).

Buffa et al. (2019) argumenterer for at steget videre innen forskning og utvikling av fjernvarme-

og -kjølesystemer kan føre til fremtidige termiske systemer, hvor desentraliserte varmesentra-ler samhandler og utveksler energi for en pris. 5. generasjons fjernvarme og kjølesystemer er forventet å være passende for en byggeportefølje hvor varme- og kjølebehov selv balanserer sys-temet på kort og lang sikt. Dette kan oppnås ved å utnytte energisynergien mellom forskjellige bygninger med forskjellig bruksmønster.

I følge Buffa et al. (2019) er fordelene med 5. generasjons fjernvarme- og -kjølenettverk at syste-met tillater kjøling og oppvarming på en og samme tid, altså at de tilknyttede varmesentralene kan både hente og levere varme til nettverket. Dette gjør at eieren av varmesentralen får en frihet i driften som om det skulle vært et individuelt varmesystem. Det gir fleksibilitet ved at hver forbruker har sin egen varmesentral med varmepumpe. Termisk energi kan derfor leveres med både høy og lav temperatur for å tilfredstille kravene til hvert enkelt bygg. Denne typen system har også neglisjerbare termiske tap på grunn av den minimale temperaturdifferansen mellom vannet i rørene og bakken. Dette gjør at rørene kan være uisloerte, som sparer kostan-der, og rørene kan være av plastmateriale. I tillegg til at bakken og nettverket kan brukes som energilager.

Det er derimot noen ulemper med et slikt system, disse er i følge Buffa et al. (2019) at varme-sentralene har høyere kostnader enn et tradisjonelle fjernvarmesystemer på grunn av at det er nødvendig med egne grunnvannbaserte varmepumper og varmtvannstanker. Lav ΔT mellom tur og retur rør gjør at det er nødvendig med større rørdiameter og termisk lagringskapasitet. Den lave temperaturdifferansen mellom tur og retur i denne typen nettverk og bruken av brine som varnebærer resulterer i en høyere volumetrisk strømningshastighet for å levere samme termiske energimengde som et tradisjonelt fjernvarmenettverk. For å begrense trykktapene i rørene er større rørdiameter uunngåelig. Dette fører også til høyere pumpekostnader per energienhet på grunn av liten operativ ΔT og høyere fluid viskositet. I tillegg til elektrisitetskostnader for å drive kompressoren i varmepumpene.

Klassifisering av termiske nettverk etter antall rørledninger med forskjellige temperaturnivå (Buffa et al., 2019):

- Ett-rørssystem - Direkte åpent system, typisk for systemer som utnytter overflatevann eller grunnvann hvor, etter vannet har avgitt termisk energi til varmepumper eller kjøler frigis til omgivelsene.
- To-rørssystem - Vannkrets hvor varmepumper eller kjølere er tilkoblet og temperaturen på turledningen er høyere enn returledningen hvis varmebehovet er dominerende og motsatt

hvis det er kjølebehovet som er dominerende.

- Tre-rørssystem - En ekstra turlledning, som har en temperatur som gjør at denne kan brukes til direkte kjøling eller oppvarming ved hjelp av varmevekslere, er installert. Returen går til enten lavtemperatur- eller høytemperaturledningen
- Fire-rørssystem - To separate turlledninger er installert for å holde en temperatur som er passende for direkte kjøling og direkte varme.

Kombinasjonen av mediestrømningsretning og energistrømningsretning.

- Enveis energistrømning - Retningsbestemt mediestrømning, typisk for tradisjonelle fjernvarme- og fjernkjølesystemer med en forsyningsstasjon hvor alle forbrukerne kan operere i enten kjøle- eller varmemodus.
- Enveis energistrømning - Ikke-retningsbestemt mediumstrømning, typisk for tradisjonelle fjernvarme- og fjernkjølesystemer med flere forsyningsstasjoner hvor strømningsretningen kan endres i noen av grenene i systemet.
- Toveis energistrømning - Retningsbestemt mediumstrømning, typisk for 5. generasjons nettverk med sentraliserte pumpestasjoner hvor noen av forbrukerne kan være i kjølemodus og noen i varmemodus
- Toveis energistrømning - Ikke-retningsbestemt strømning for 5. generasjons nettverk med desentraliserte pumpestasjoner hvor forbrukerne kan være i varme- og kjølemodus samtidig.

Den termiske energien levert av et 5. generasjons fjernvarme- og kjølesystem er ikke på et passende temperaturnivå til å kunne brukes direkte til å dekke behovet til romoppvarming og varmt vann. Det er derfor nødvendig med en varmesentral med en varmepumpe i hvert bygg for å øke temperaturen på vannet til et passende nivå for varmedistribusjon og bruk. Hvert bygg kan fungere som både forbruker og produsent av varme mot nettet.

I følge Büning et al. (2018) kan toveis lavtemperatursystemer bli sett på som et 5. generasjons fjernvarme- og -kjølesystem. Systemet består av to rør, et varmt og et kaldt. Bygninger utstyrt med varmepumper og kjøleavgivere er tilkoblet begge rørene, slik at ved et varmebehov hentes sirkulasjonspumpen for bygget vann fra det varme røret som benyttes i varmepumpen og returneres til det kalde røret med en lavere temperatur. Ved et kjølebehov opererer systemet

motsatt vei. Avhengig av varme- og kjølebehovet til de tilknyttede byggene, kan strømmingen på væsken i systemet skifte retning. Den totale forskjellen mellom varme- og kjølebehovet må balanseres av eksterne energikilder.

I følge Bünning et al. (2018) er toveis lavtemperatursystemer et nytt, lovende konsept, som kan levere mer effektiv oppvarming og kjøling av bygg. Forskning viser teoretiske fordeler i form av bedre eksergieffektivitet sammenlignet med andre teknologier. Pilot prosjekter indikerer at dette konseptet gir god ytelse hvis varme og kjølebehovet er variert. Driften av slike systemer er ikke optimalisert. Det er i tillegg mangel på forståelse for hvordan flere varme- og kjølekilder i slike nettverk kan integreres og reguleres. Derfor utviklet Bünning et al. (2018) et reguleringskonsept basert på en sett-temperatur optimalisering og agentbasert regulering som tillater et vilkårlig antall energikilder og laster. Dette ble deretter testet ut på to forskjellige scenarier som representerte et nabolag i San Fransisco og et i Cologne med forskjellige varme- og kjølebehov, og forskjellige betingelser. Bünning et al. (2018) fant at toveis lavtemperatursystemer fører til en forbedring i driftseffektiviteten, og at denne typen system generelt ytet bedre sammenlignet med et tradisjonelt fjernvarmesystem.

3.2 Integrering av kjøling i vannbaserte varmepumpe systemer

Banks (2017) diskuterer hvordan både passiv og aktiv kjøling kan implementeres i gruvevannbasert geotermisk varmesystem.

3.2.1 Frikjøling

Konseptet med frikjøling er å fjerne overskuddsvarme fra en bygning eller en industriell prosess uten bruk av en mekanisk drevet kjøler eller varmepumpe (Banks, 2017).

Hovedfordelen med passiv kjøling er de lave operasjonskostnadene på grunn av elektrisiteten som spares ved at det ikke er nødvendig å drive kompressoren i en varmepumpe. Varmevekslere har en avgrenset temperaturdifferanse mellom kald og varm side av varmeveksleren. Banks (2017) mener at passiv kjøling av boliger og arbeidsplasser er mulig så lenge temperaturen på energikilden er $\leq 12^\circ$. Jo lavere temperaturen er desto mer attraktiv er denne løsningen. Områder hvor temperaturen på energikilden er $\leq 8^\circ$ er passiv kjøling en veldig attraktiv løsning (Banks, 2017).

3.2.2 Aktiv kjøling

Bruk av varmepumper eller kjølere til kjøling tillater større temperaturgradienter mellom bygningen og kjølemediet, og mellom kjølemediet og energikilden.

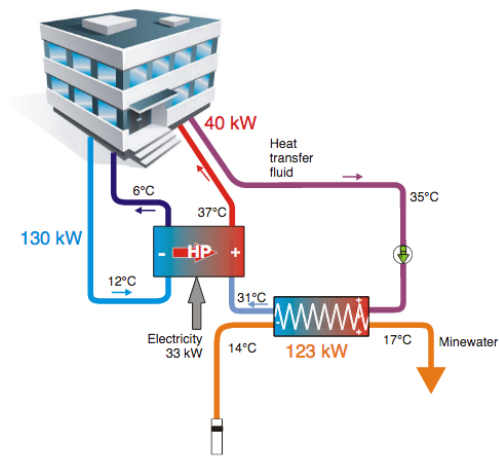
Den enkleste formen for aktiv kjøling er at en varmepumpe brukes til å senke temperaturen på vannet som sirkulerer i bygningen. COP_c er avhengig av temperaturen på kjølemediet som kommer inn i kondensatoren som igjen er sterkt realtert til temperaturen på energikilden, temperaturen på det avkjølte arbeidsmediet som forlater fordamperen i tillegg til temperaturdifferansen over kondenseren og fordamperen eller strømningshastighet gjennom fordamperen og kondenseren. COP_c defineres som i ligning 3.1

$$COP_c = \frac{\text{Varme fjernet fra bygget}}{\text{Elektrisk energi tilført}} \quad (3.1)$$

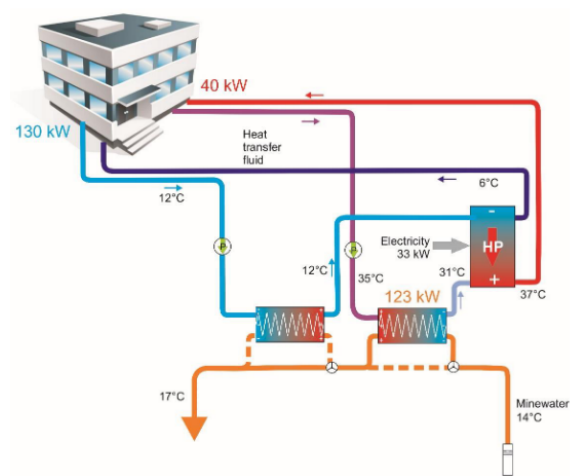
3.2.3 Reversible systemer for sesongbasert oppvarming og kjøling

For bygg med veldefinerte varme og kjølebehov, for eksempel kun kjøling på sommeren og oppvarming på vinteren, kan en reversibel varmepumpe brukes. På vinteren leverer kondenseren varme til bygningens varmekrets og fordamperen er koblet til energikilden gjerne gjennom en varmeveksler. På sommeren er fordamperen koblet til bygningens kjølekrets mens kondenseren avgir varme til energikilden.

Banks (2017) Beskriver også andre løsninger for å kunne levere varme og kjøling samtidig. For et bygg der kjølebehovet konstant er høyere enn varmebehovet er løsningen i Figur 7 foreslått. Den kalde temperaturen ut av fordamperen utnyttes til kjøling og kondensatoren er knyttet til varmekretsen i bygget og grunnvannsvarmevexleren. Figur 8 er nesten samme system men har mulighet til å veksle mellom kjøledominant og varmedominant drift.

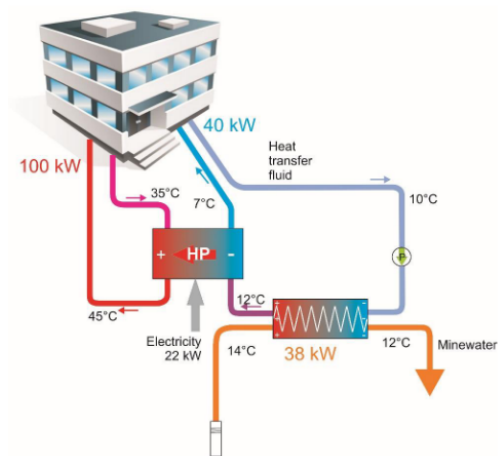


Figur 7: Kjøledominert system med mulighet for både kjøling og oppvarming
(Banks, 2017)

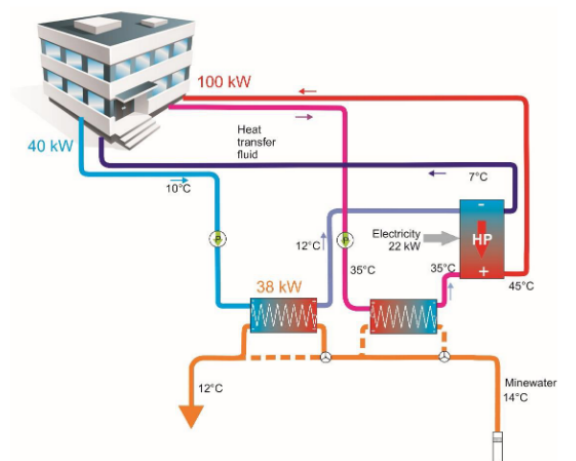


Figur 8: System med mulighet for å bytte mellom kjøle- og varmedominert drift
(Banks, 2017)

For et bygg der varmebehovet konstant er høyere enn kjølebehovet er løsningen i Figur 9 foreslått. Fordamperen er tilknyttet kjølekretsen til bygget og grunnvannsvarmevexleren og kondensatoren er knyttet til varmekretsen i bygget. Figur 10 er veldig likt systemet i Figur 9 men har mulighet til å veksle mellom kjøledominant og varmedominant drift.



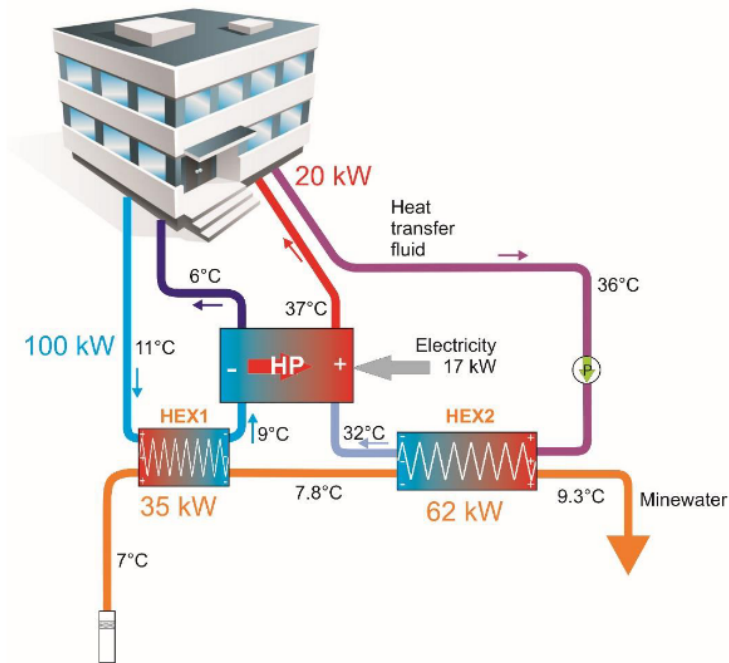
Figur 9: Varmedominert system med mulighet for både kjøling og oppvarming
(Banks, 2017)



Figur 10: System med mulighet for å bytte mellom kjøle- og varmedominert drift
(Banks, 2017)

I en situasjon hvor kjølebehovet er dominant og aktiv kjøling er nødvendig for å dekke kjølebehovet er det også mulig å benytte passiv kjøling i tillegg, så lenge temperaturen på energikilden er lavere enn returen fra bygningen. En varmeveksler HEX1 i Figur 11 dumper varme fra

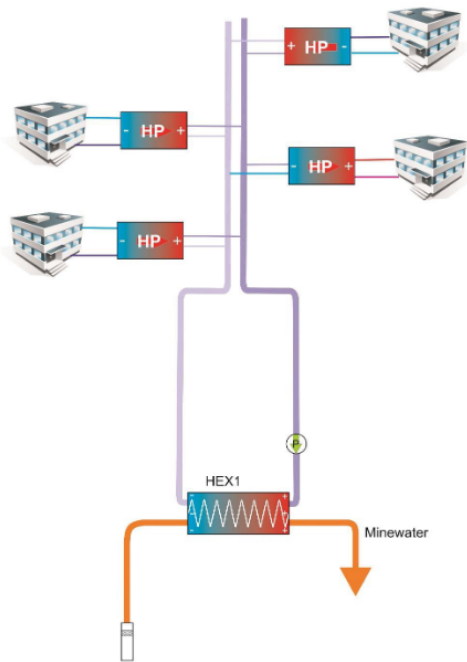
bygningens kjølekrets direkte til energikilden. Dette gjør at kapasiteten til varmepumpen kan reduseres. Varme fra bygningens varmekrets dumpes til energikilden via varmeveksler HEX2 (Banks, 2017).



Figur 11: System med mulighet for både aktiv og passiv kjøling (Banks, 2017)

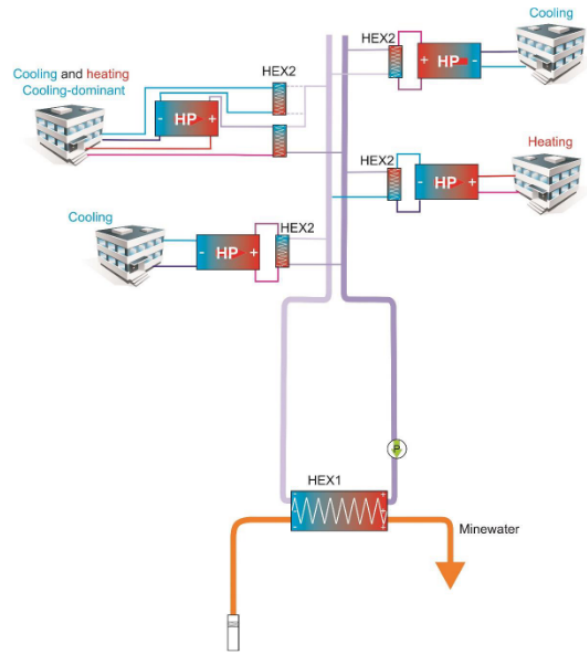
Banks (2017) ser også på fordeler og ulemper med sentraliserte og desentraliserte fjernkjølesystemer. Fordelen med sentraliserte systemer er at Større varmepumper kan benyttes. Større varmepumper har gjerne bedre effektivitet enn mindre varmepumper. Det gir også større kontroll og styring over hele systemet for de som drifter det.

I desentraliserte kjøle-/varmesystemer har hver forbruker en egen varmepumpe som enten brukes til å dumpe varme til returen eller hente varme fra kretsen. Fordeler med desentraliserte systemer er mindre varmetap ettersom vannet har tilnærmet lik temperatur som bakken, dette gjør at det også kan benyttes uisolerte rør som igjen betyr lavere kostnader. Desentraliserte systemer gir større kontroll over kjølesystemet for forbrukeren.



Figur 12: Desentralisert fjernkjølenett der hver forbuker har egen varmepumpe

(Banks, 2017)



Figur 13: Desentralisert fjernkjølenett der hver forbuker har egen varmepumpe og varmeveksler

(Banks, 2017)

3.3 Utfordringer med grunnvann

Kjemiske reaksjoner, suspendert materiale og/eller mikrobiologisk aktivitet i vannet kan forårsake en rekke problemer for et system. Disse problemene inkluderer korrosjon, gjentetting og erosjon av grunnvannspumpen, grunnvannsvarmeveksleren, brønnfilter og rørene samt gjentetting av akviferformasjonen. Vanligvis påvirkes ytelsen av varmepumpene og driftskostnadene av den reduserte varmeproduksjonen. I virkelig alvorlige tilfeller kan det føre til systemsvikt (Gjengedal et al., 2019a). Gjengedal et al. (2019a) presenterer erfaringer med begroing og gjentetting i grunnvannsbasert varmepumpesystemer i Melhus. Først beskrives effekten av begroing og gjentetting av de fire mest påvirkede komponentene i systemet, produksjonsbrønnen, returbrønnen, grunnvannspumpen og grunnvannsvarmeveksleren. Deretter presenteres en overvåkningsprosedyre for feildetektering. Den beskrevne overvåkningsprosedyren måler systemets ytelse og ved systematisk bruk i drift kan det identifisere potensiell gjentetting og begroing i de fire hovedkomponentene (Gjengedal et al., 2019a).

Gjengedal et al. (2019b) fant ut etter undersøkelser gjort på Melhus at oppløste gasser kan være

en mulig trigger for utfellingsreaksjoner som fører til begroing av jern og mangan forbindelser i systemet. Gjengedal et al. (2019b) diskuterer videre risiko forbundet med oppløste gasser i systemet og vurderer triggere for oppløste gasser i et typisk norsk grunnvannsvarmepumpesystem. Videre ble konseptet “solubility grade line”, eller SGL, utviklet og foreslått som et verktøy for optimalisering av designet av systemet. Basert på en SGL analyse og intensjonen om å unngå oppløste gasser under varmeproduksjonen er et alternativt systemdesign i den samme akviferen presentert og sammenlignet. Analysen viser at det tradisjonelle designet er utsatt for gjentetting på grunn av gassbobler og utsatt for vakuumptrykk i deler av anlegget. Det alternative designet minsker faren for dette ved å justere brønn og rør konstruksjonene og ved å utnytte en baktrykk teknikk. Resultatene demonstrerer hvordan designet av grunnvannsvarmepumpesystemet kan tilpasses i henhold til de lokale akvifer forholdene for å unngå oppløste gasser i systemet under drift (Gjengedal et al., 2019b).

På grunn av at begroing og gjentetting av grunnvannsbrønner og varmevekslere er blant de største driftsutfordringene med grunnvannsbaserte varmepumper og termisk energilagringssystemer ser (Gjengedal et al., 2020) på et overvåkningssystem av varmepumpesystem. Gjengedal et al. (2020) presenterer en step-test overvåkingsprosedyre utviklet for å tidlig kunne detektere gjentetting i distinkte deler av grunnvannsvarmepumpe systemet, testet på Lena Terrasse i Melhus Norge. Tre versjoner av test prosedyren er presenter og demonstrerer at testen kan gjennomføres med et minimum av fire steg, som hver varer fire minutter, mens varmepumpesystemet er i drift. Resultatene viser at overvåkningssystemet kan oppdage forandringer i den hydrauliske motstanden i grunnvannskretsen og dermed lokalisere problemer med gjentetting i alle de relevante systemkomponentene i grunnvannskretsen samtidig. I grunnvannsvarmepumpesystemet på Lena Terrasse indikerer disse testene en gradvis forandring i hydrauliske motstand med tiden, som verifiserer at gjentettingsproblemer utvikler seg kontinuerlig i returbrønnen, produksjonsbrønnen og i grunnvannsvarmeveksleren (Gjengedal et al., 2020).

4 Beskrivelse av systemet

I rapporten fra konseptutredningen vurderes eksisterende varmpumpeanlegg med grunnvann, som allerede finnes i området, som en del av fellesinfrastrukturen for distribusjonskretsen. Det sees på hva som skal til for at de eksisterende anleggene kan benyttes videre som en del av fellesnettet. Det ble ikke vurdert å tilknytte eksisterende eneboliger, kun eksisterende boliger som allerede har tilrettelagt for varmpumpeløsning i et leilighetsbygg. Konseptutredningen har vist at samordning av utbygging er en suksessfaktor for fellesløsningen ettersom graving av grøfter har vist seg å være den dyreste delen av utbyggingen. Samordning av utbygging har derfor vært viktig ved valg av trasé for distribusjonskretsen (Nagelhus et al., 2019).

I konseptutredningen er det valgt å gjennomføre utbyggingen av fellesnettet i tre trinn. Samordning med utbygging av områdene er viktig for å redusere kostnadene relatert til legging av grøftetraseer i de ulike trinnene. Det er i konseptutredningen gjort en kartlegging av bygningenes arealpotensial og på bakgrunn av disse arealtallene er det estimert et forventet energibehov. Arealpotensialet og antatt fordeling mellom ulike funksjoner, i tillegg til skisserte planer for den fremtidige utbyggingen i hvert felt, er brukt som grunnlag for inndeling i byggetrinn (Nagelhus et al., 2019). I rapporten fra konseptutredningen står det:

Det må presiseres at det er stor usikkerhet i arealanslagene på dette stadiet. Det vil være usikkerhet knyttet til det faktiske utbyggingspotensialet og dermed også energibehov i de ulike feltene, og denne usikkerheten vil bestå helt fram til realisering av det enkelte utbyggingsprosjekt (Nagelhus et al., 2019).

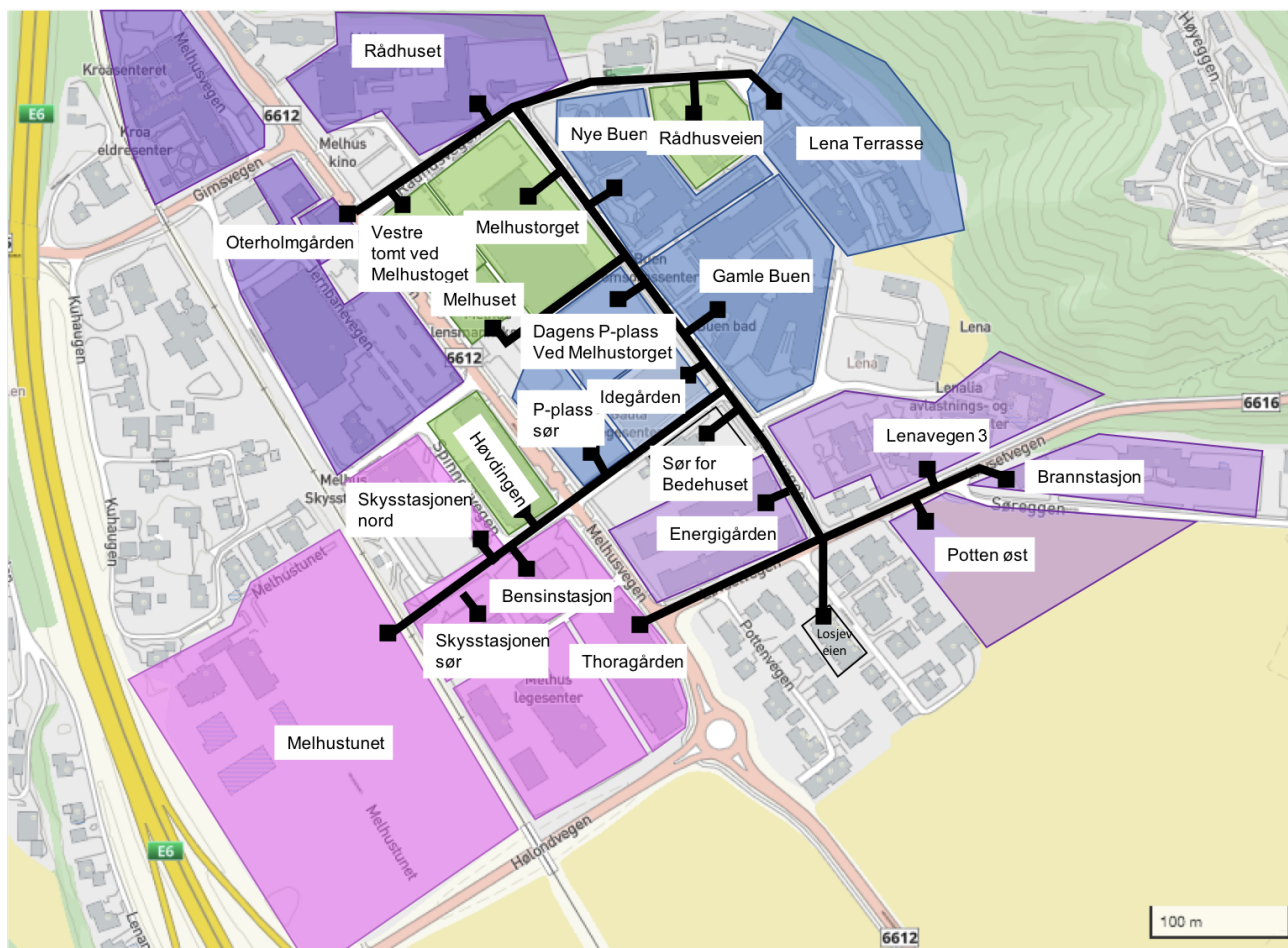
Eksisterende varmpumpeanlegg med grunnvann er vurdert som en del av fellesanlegget. I de første utbyggingstrinnene er det sett på løsninger for østsiden og vestsiden av elva hver for seg, da dette er den mest aktuelle løsningen på kort sikt. Byggetrinn 3 som kobler systemene på hver side av Gaula sammen til et fellesnett vurderes som en mulig løsning på lengre sikt. Når dette tidsmessig vil skje er svært uvisst, og dette trinnet er derfor kun beskrevet på et overordnet nivå i konseptutredningen. Trinn 3 er heller ikke kostnadsvurdert i konseptutredningen (Nagelhus et al., 2019).

Trinn 1 på østsiden av elven Gaula inkluderer Buen omsorgssenter, Idegården, Lena Terrasse og den første delen av utbyggingen av Melhustorget som skal bygges på parkeringsplassen like ved Idegården som vist i Figur 14 med blå farge. Ettersom det i dag er overkapasitet ved Buen omsorgssenter kan denne kapasiteten overføres til fellesnettet. Idegården har hatt

driftsproblemer med returbrønnen, denne fases derfor ut og det etableres isteden et ekstra brønnpar i forbindelse med tilknyttingen av Melhustorget (byggetrinn 1). Det er ønskelig å få med Idegården i fellesnettets tidlige ettersom det har vært problemer med lav kapasitet fra produksjonsbrønnen der. I tillegg kompletteres anlegget med en returbrønn ved Buen for å sikre returkapasiteten til grunnvannssystemet på Buen (Nagelhus et al., 2019). Oppsummert kompletteres Buen omsorgsenter med to nye returbrønner, returbrønnen ved Lena Terrasse brukes videre og returbrønnen ved Idegården fases ut. En ny produksjonsbrønn ved Idegården og øker kapasiteten på den nåværende produksjonsbrønnen hvis mulig. Produksjonsbrønn ved Buen og Lena Terrasse brukes videre.

Trinn 2 inkluderer Rådhusveien, Melhustorget, Melhuset og Høvdingen, vist i Figur 14 med grønn farge. En av de ubrukte grunnvannsbrønnene ved Rådhuset tas i drift, som produksjonsbrønn og kompletteres med en ekstra produksjonsbrønn. I trinn 2 forlenges hovedtrassen i Lenavegen frem til rådhuset og bygges ut i Per Bortens veg frem til Høvdingen. I forbindelse med legging av hovedtrasé legges også rør til nye returbrønner som etableres ved Buen. Utbygging av hovedtrasé samordnes mest mulig med byggingen av Melhustorget. Høvdingen og Melhustorget kobles til fellesnettets. Trinn 2 omfatter også etablering av pumpestasjon ved rådhuset og trasé til omsorgsboliger i Rådhusveien og Lena terrasse. Melhuset kompletteres med en returbrønn. Oppsummert, to nye returbrønner på Buen omsorgsenter og en ny ved Melhuset. Eksisterende ORMEL brønn ved rådhuset tas i drift og kompletteres med en ny produksjonsbrønn (Nagelhus et al., 2019).

Byggetrinn 3 omfatter både øst og vest siden av Gaula, inkludert mesteparten av Melhus sentrum. Byggetrinn 3 omfatter også trasé over Gaula som knytter øst- og vestsiden sammen i et felles nett. Øst for Gaula er trinn 3 delt inn i tre delområder som vist i Figur 14 med tre forskjellige lillafarger. Byggetrinnene 3.1, 3.2 og 3.3 kan kobles til fellesnettets uavhengig av hverandre. Det er usikkert når disse byggetrinnene settes igang.



Figur 14: Oversikt over de eksisterende byggene og nybyggene

Figur 14 er en oversikt over de eksisterende byggene og planlagte byggene som skal tilknyttes distribusjonskretsen på østsiden av Gaula i Melhus sentrum. Det er kun varmevekslerne til hver varmesentral tilhørende hvert bygg som er tegnet inn i figuren, grunnvannsvarmevekslerne er ikke markert. Ettersom byggetrinn 3.3 er noe usikkert på grunn av at det er så langt frem i tid er det kun Rådhuset og Oterholmgården fra dette byggetrinnet som er inkludert i maste-reoppgaven. Bedehuset er også noe uklart om skal tilknyttes distribusjonskretsen og er derfor heller ikke inkludert. Energigården er heller ikke nevnt i noen av byggetrinnene så antas at dette bygget heller ikke tilknyttes distribusjonskretsen.

Tabell 2, 3, 4, 5 og 6 viser oversikt over byggene og arealer brukt til å estimere energibehov og effektprofiler for de ulike byggene, delt opp etter byggetrinn for øst siden av Gaula.

Trinn	Delområde	Bygnings- kategori	Eksisterende BRA [m ²]	Nybygg BRA [m ²]	Antall boenheter
1	Dagens P-plass	Boligblokk		5200	50
1	Dagens P-plass	Forretningsbygg		2700	
1	Dagens P-plass sør	Boligblokk		6000	55
1	Dagens P-plass sør	Forretningsbygg		4000	
1	Lena Terrasse og Lena Borettsalg	Boligblokk	11798		119
1	Gamle Buen	Sykehjem	4977		
1	Nye Buen	Sykehjem	8000		
1	Idegården	Boligblokk	1889		21
1	Idegården	Kontor	4822	2000	
1	Idegården	Forretningsbygg	1000		

Tabell 2: Oversikt over bygg og arealer for byggetrinn 1

Trinn	Delområde	Bygnings- kategori	Eksisterende BRA [m ²]	Nybygg BRA [m ²]	Antall boenheter
2	Melhustorget	Boligblokk		12700	120
2	Melhustorget	Forretningsbygg		8500	
2	Vestre tomt ved Melhustorget	Boligblokk		2800	25
2	Melhuset	Boligblokk	2442		20
2	Melhuset	Kontor	3456		
2	Rådhusveien	Boligblokk		1500	
2	Rådhusveien	Sykehjem		500	
2	Høvdingen	Boligblokk	6429		60
2	Høvdingen	Forretningsbygg	4874		

Tabell 3: Oversikt over bygg og arealer for byggetrinn 2

Trinn	Delområde	Bygnings- kategori	Eksisterende BRA [m ²]	Nybygg BRA [m ²]	Antall boenheter
3.1	Energigården	Forretningsbygg	2000		
3.1	Per Bortens veg (Bedehus)	Boligblokk	190		3
3.1	Per Bortens veg (Bedehus)	Kontor	979		
3.1	Brannstasjon	Lett industri/ verksted	2450		
3.1	Potten (Losjevegen)	Boligblokk	2416		20
3.1	Potten øst	Boligblokk		1750	25
3.1	Potten øst	Barnehage		2000	
3.1	Lenavegen 3	Boligblokk	2333		?
3.1	Lenavegen 3	Sykehjem	901		32

Tabell 4: Oversikt over bygg og arealer for byggetrinn 3.1

Trinn	Delområde	Bygnings- kategori	Eksisterende BRA [m ²]	Nybygg BRA [m ²]	Antall boenheter
3.2	Tomt sør for Bedehuset	Boligblokk		1400	25
3.2	Thoragården	Boligblokk	2200		25
3.2	Thoragården	Forretningsbygg	7114		
3.2	Melhurstunet	Boligblokk		25000	357
3.2	Melhurstunet	Kontor		25000	
3.2	Melhurstunet	Forretningsbygg		25000	
3.2	Skysstasjonen og bensinstasjon	Boligblokk		15102	216
3.2	Skysstasjonen og bensinstasjon	Kontor		1248	
3.2	Skysstasjonen og bensinstasjon	Forretningsbygg		6179	
3.2	Sør for Skysstasjonen	Boligblokk		7072	101
3.2	Sør for Skysstasjonen	Kontor		5603	
3.2	Sør for Skysstasjonen	Forretningsbygg		3982	
3.2	Nord for Skysstasjonen	Boligblokk		11593	166
3.2	Nord for Skysstasjonen	Kontor		5729	
3.2	Nord for Skysstasjonen	Forretningsbygg		6851	

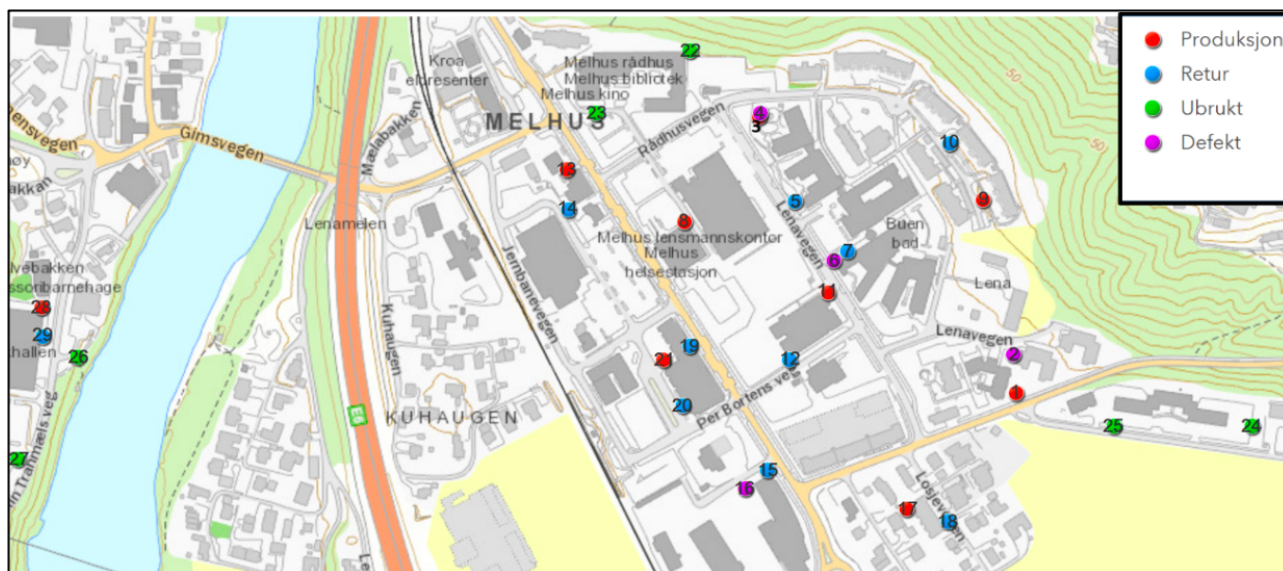
Tabell 5: Oversikt over bygg og arealer for byggetrinn 3.2

Trinn	Delområde	Bygnings-kategori	Eksisterende BRA [m ²]	Nybygg BRA [m ²]	Antall boenheter
3.3	Melhus Rådhus	Kontor		11370	
3.3	Oterholmgården	Boligblokk	968		9
3.3	Oterholmgården	Forretningsbygg	1487		
3.3	Bankkvartalet/ Kroakvartalet	Boligblokk	1400		20
3.3	Bankkvartalet/ Kroakvartalet	Kontor	4000		

Tabell 6: Oversikt over bygg og arealer for byggetrinn 3.3

4.1 Eksisterende og fremtidige brønner

Flere enkeltstående varmpumpeanlegg benytter allerede grunnvann som energikilde til varme og kjøling i Melhus sentrum. Noen av disse anleggene fungerer godt mens andre har hatt utfordringer, spesielt med returbrønnene da disse har hatt en tendens til å gå tett (Nagelhus et al., 2019). Figur 15 viser en oversikt over de brønnene som eksisterer i Melhus sentrum i dag.



Figur 15: Dagens grunnvannsbrønner i Melhus sentrum
(Nagelhus et al., 2019)

De brønnene som er markert med grønt er ubrukte brønner og er tilgjengelig for bruk i fel-

lesnettet ettersom de er etablert gjennom ORMEL-prosjektet. Brønnen markert med rødt er produksjonsbrønner og de blå er returbrønner som indikert i Figur 15. De resterende bønnene er brønner tilknyttet varmeanlegg i bygg. De lilla brønnen er tatt ut av drift og i enkelte tilfeller er de defekte (Nagelhus et al., 2019).

I konseptutredningen gjort av Asplan Viak, for å vurdere om det er mulig med en fellesløsning for Melhus sentrum, er det gjort rede for de eksisterende grunnvannsbrønnen og varmesentraler. Dette er vist i Tabell 7 nedenfor.

Navn	Brønn nr.	Type/navn	Driftstatus boring	Dagens vannuttak/ Forventet kapasitet	Videreføring i fellesnett
Lenavegen 3	1	Produksjon	Ja	20L/s	Ja
	2	Produksjon	Nei	Ukjent, må testes	Ja
Buen sykehjem	3	Produksjon	Ja	12 L/s/30 L/s	Ja
	4	Produksjon	Nei, Defekt	-	Nei
	5	Retur nr. 1	Ja	-	Ja
	6	Retur nr. 2	Nei, Defekt	-	Nei
	7	Retur nr. 3	Ja	-	Ja
Melhuset	8	Produksjon	Ja	4 L/s	Ja
Lena Terrasse	9	Produksjon	Ja	18 L/s	Ja
	10	Retur	Ja	-	Ja
Idegården	11	Produksjon	Ja	6 L/s	Ja
	12	Retur	Ja	-	Nei
Oterholm-gården	13	Produksjon	Ja	4 L/s	Nei
	14	Retur	Ja	-	Nei
Thoragården	15	Retur	Ja	-	Nei
	16	Retur	Nei, Defekt	-	Nei
Losjeveien	17	Produksjon	Ja	10 L/s	Nei
	18	Retur	Ja	-	Nei
Høvdingen	19	Retur	Ja	-	Nei
	20	Retur	Nei	-	Nei
	21	Produksjon	Ja	6.7 L/s	Nei
Rådhuset	22	Ubrukt, ORMEL brønn	Nei	-	Ja
	23	Ubrukt, ORMEL brønn	Nei	-	Ja
Brannstasjonen	24	Ubrukt, ORMEL brønn	Nei	-	Ja
	25	Ubrukt, ORMEL brønn	Nei	-	Ja
Bankhallen	26	Ubrukt, ORMEL brønn	Ja	-	Ja
	27	Ubrukt, ORMEL brønn	Defekt	-	Ja
	28	Produksjon - barneskolen	Nei	18 L/s/50 L/s	Ja
	29	Retur - barneskolen	Nei	-	Ja

Tabell 7: Oversikt over kapasiteten av de enkelte brønnene og hvilke brønner som skal være med videre i fellesnett

(Nagelhus et al., 2019)

Tabell 7 viser at 6 av produksjonsbrønnene i dagens varmesentraler kan tas i bruk i fellesnett. I tillegg er det foreslått i rapporten fra konseptutredning at begge de ubrukte brønnene ved rådhuset, brønn 22 og 23 i Figur 15 tas i bruk som produksjonsbrønner. Det er også foreslått at begge de ubrukte brønnene ved brannstasjonen, brønn 24 og 25 i Figur 15 tas i bruk som

returbrønner.

I byggetrinn 1 kompletteres dagens produksjonsbrønn ved Idegården med en ekstra brønn. Eksisterende og ny produksjonsbrønn ved Idegården tilkobles hver sin grunnvannsvarmeveksler. I byggetrinn 2 tas eksisterende ORMEL-brønn ved Rådhuset i drift og kompletteres med en ekstra produksjonsbrønn. Brønnene ved Rådhuset og Lena Terrasse tilkobles distribusjonskretsen med grunnvannsvarmevekslere (Nagelhus et al., 2019).

I rapporten etter konseptutredningen er det også tegnet inn en varmeveksler ved Lenavegen 3/Brannstasjonen, forutsetter at det også her er en grunnvannsvarmeveksler per produksjonsbrønn. Ettersom produksjonsbrønnen ved Buen omsorgsenter skal videreføres forutsettes det at også denne tilkobles en grunnvannsvarmeveksler. En oversikt over alle brønnparene med grunnvannsvarmeveksler er vist i Tabell 8 sammen med de kjente kapasitetene fra konseptutredningen (Nagelhus et al., 2019). Det er ukjent kapasitet på de brønnene der kapasiteten ikke er oppgitt i Tabell 8.

Navn	Eksisterende/ny	Kapasitet
Rådhuset 1	Eksisterende	-
Rådhuset 2	Ny	-
Lena Terrasse	Eksisterende	18L/s
Buen 1	Eksisterende	12L/s/30L/s
Idegården 1	Eksisterende	6L/s
Idegården 2	Ny	-
Lenavegen 3 og brannstasjonen	Eksisterende	20L/s
Lenavegen 3 og Brannstasjonen	Eksisterende	-
Melhuset	Eksisterende	4L/s

Tabell 8: Oversikt over brønnene som tilkobles hver sin grunnvannsvarmeveksler

Oppsummert blir det da totalt 9 grunnvannsvarmevekslere tilknyttet kretsen som skal forsyne kretsen med nok varme til å dekke behovet til alle byggene, både eksisterende og nybygg. Disse grunnvannsvarmevekslerne er plassert ved produksjons- og returbrønnene ved Lena Terrasse, to ved Rådhuset, en ved Buen omsorgsenter, en ved Melhuset, to ved Idegården og to ved Lenavegen 3/brannstasjonen.

5 Kjøling

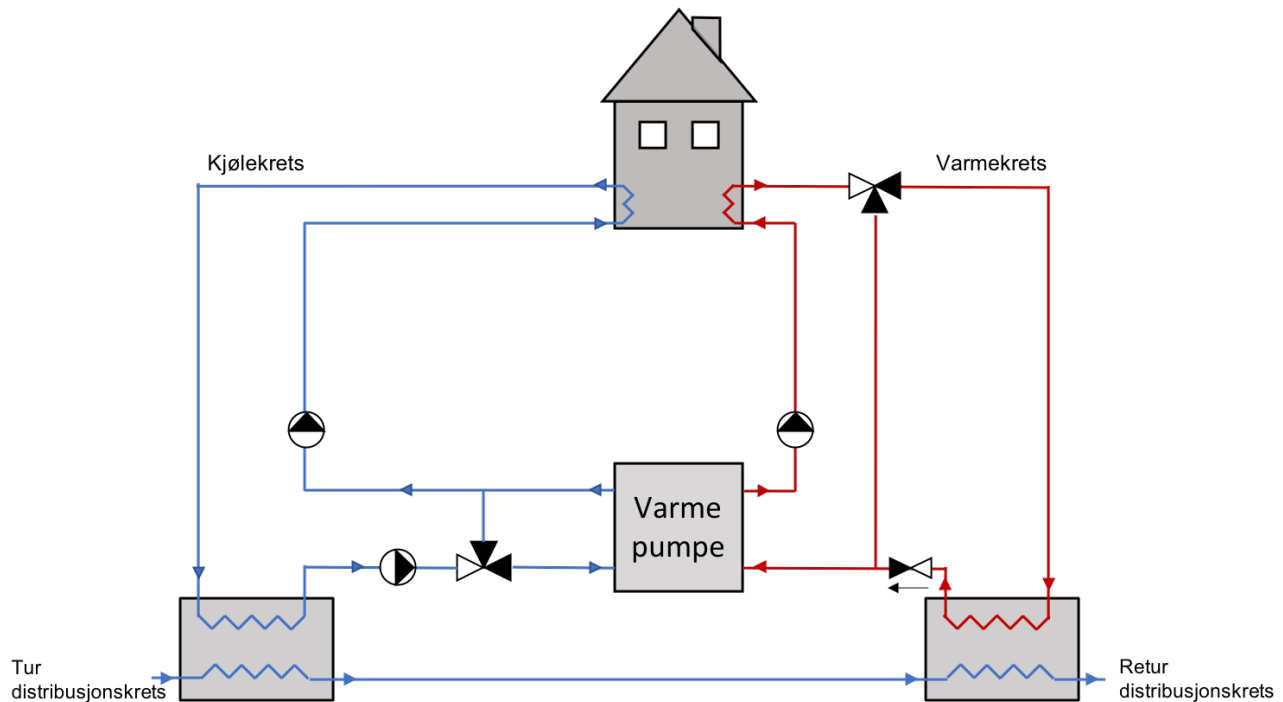
I følge Banks (2017) er 7-12°C vanlig tur-/returtemperatur for et kjøleanlegg. I følge Zijdemans (2014) er både 7-12°C og 14-16°C vanlige temperaturer for et kjøleanlegg. Desto høyere temperaturer som benyttes desto større varmevekslere vil det være behov for. Dette gjør at grunnvannet i Melhus kommune egner seg godt som energikilde til frikjøling, da temperaturen på grunnvannet ligger på rundt 7°C. Ettersom prosesskjøling i byggene ikke er vurdert i denne masteroppgaven vil det eneste kjølebehovet normalt oppstå på sommerstid når utetemperaturer stiger. Dette vil skje omtrent på samme tid hos alle forbrukerne og det vil derfor normalt ikke være varmebehov i kretsen utenom til annet en varmtvannsproduksjon. Varmebehovet til varmtvannsproduksjon kommer an på hvordan varmtvannet produseres, om det er kun ved elektrisitet eller forvarming ved varmpumpe eller kun varmpumpe. I dette tilfellet er det antatt at varmepumpene brukes til forvarming av tappevannet i alle byggene.

For muligheten til frikjøling er det nødvendig med en varmeveksler før fordamperen i varmpumpen for å fordele vannet mellom kjølekretsen og varmekretsen til bygget, som illustrert i Figur 16 - 19. Hvis frikjøling ikke er tilstrekkelig på de varmeste dagene, er det nødvendig med mulighet for aktiv kjøling. Frikjøling bør benyttes så langt det er mulig. Hvis kjølebehovet er større enn varmebehovet og det er behov for aktiv kjøling, slik at varmpumpen er i drift, må det være mulighet for å dumpe varmen som varmpumpen produserer tilbake til distribusjonskretsen.

For at byggene skal kunne utnytte den eventuelle kulden eller varmen fra de andre byggene må strømmen i distribusjonskretsen kunne gå begge veier. Ved et kjølebehov i et bygg vil da dette bygget kunne hente kaldere vann fra returenledningen og returnere varmere vann til turledningen, og motsatt. Hvor stor påvirkning dette ville hatt på temperaturen i distribusjonskretsen må utforskes, da det er store vannmengder i systemet. I modellen er det valgt enveis strømming ettersom det hovedsakelig vil være varmebehov hos alle forbrukerne samtidig, og det samme for kjølebehov. Toveis strømming vil derfor trolig ikke bidra positivt nok til å gjøre opp for det mer kompliserte systemet, uten at det er behov for prosesskjøling i systemet.

Under er det foreslått 4 forskjellige kjølesystemer med mulighet for både frikjøling og aktiv kjøling.

5.1 Kjølesystem med mulighet for dumping av varme



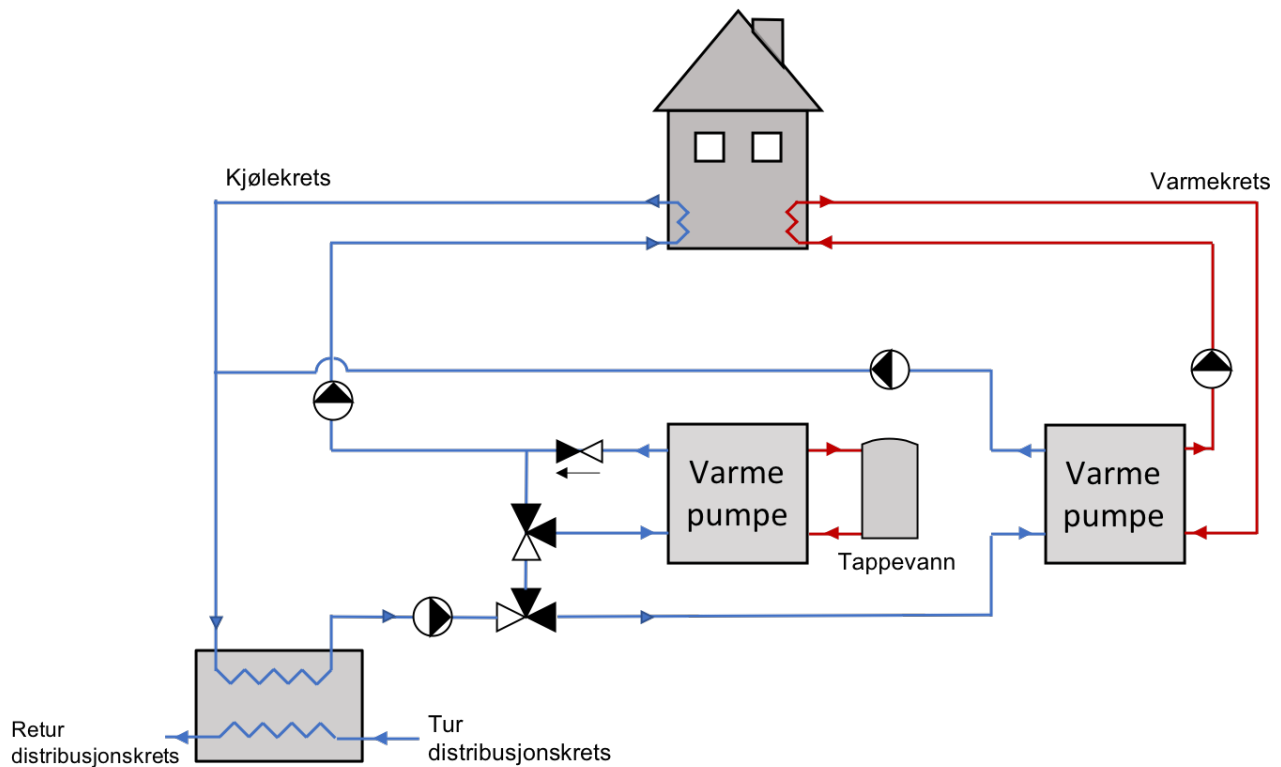
Figur 16: Kjølesystem med mulighet for dumping av varme

Som vist i Figur 16 er det to varmevekslere mot distribusjonskretsen. Dette er for å både kunne hente varme og dumpe varme. Det er viktig at den varmeveksleren som dumper varme tilbake til distribusjonskretsen er nedstrøms for den som henter varme. Ettersom varmeveksleren på den kalde siden av varmepumpen leverer kaldt vann til frikjøling er det ønskelig med laveste temperatur, og det er derfor ikke ønskelig at varme dumpes til distribusjonskretsen før denne varmeveksleren. Hvis varmebehovet er mye større enn kjølebehovet kan det være bedre å bytte om på rekkefølgen. Dette vil gjøre at temperaturen inn på varmepumpens fordamperen blir noe høyere, ettersom turledningen tar opp varme fra kjølesiden av varmeveksleren. Som bedrer varmepumpens COP.

Shuntventilen gir mulighet for både frikjøling og aktiv kjøling fra varmepumpen samtidig. Varmeveksleren på den varme siden av varmepumpen gir mulighet for å dumpe varme til distribusjonskretsen. Hvis kjølebehovet er så stort at det er nødvendig med aktiv kjøling, utover den kjølingen varmepumpen produserer på grunn av tappevannsproduksjon, må varmen fra varmepumpen dumpes et sted.

5.2 Kjølesystem med to varmepumper

I systemet vist i Figur 17 benyttes det to varmepumper for å bedre reguleringen slik at den ene varmepumpen kun produserer varme til oppvarming av tappevann og den andre til romoppvarming. Dette gjør at varmepumpene ikke jobber på lav belastning store deler av tiden på grunn av tappevannet. Den varmepumpen som forvarmer tappevannet kan opereres mer kontinuerlig og den andre kan reguleres bedre på dellast. Varmepumpen som dekker tappevannet leverer også kjøling ettersom den vil være i drift samtidig som det er kjølebehov, i motsetning til den som dekker romoppvarmingen. Løsningen gir også mulighet for passiv kjøling.



Figur 17: Kjølesystem med to varmepumper

5.3 Kjølesystem med akkumuleringstank

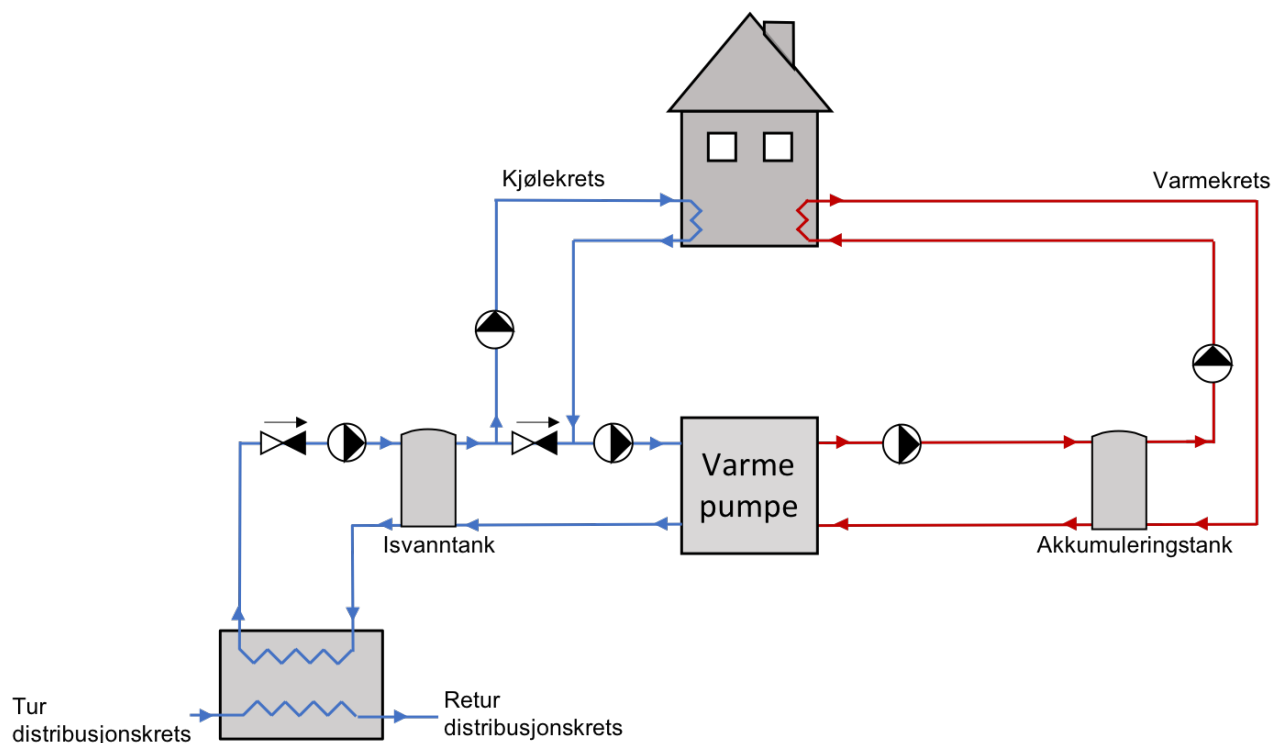
Figur 18 viser et varme- og kjølesystem med akkumuleringstanker. Kaldt vann varmeveksles med distribusjonskretsen og fyller en tank med kaldt vann. Det kalde vannet fra istanken brukes både til passiv kjøling og forsyner varmepumpen før det går tilbake til akkumuleringstanken. Varmepumpen henter varme fra isvanntanken og eventuelt fra returen til kjølekretsen til bygget. Dette gjør at varmepumpen får tilført litt varmere vann dersom det er et kjølebehov i bygget.

Returen fra byggets kjølekrets vil ha en litt varmere temperatur etter å ha tatt opp varme fra bygget som vil være positivt for varmepumpens COP. Varmepumpen vil også bidra til å kjøle ned vannet ytterligere før det går tilbake til tanken mens den er i drift, som igjen er positivt for kjølingen. Varmvannet varmepumpen produserer leveres til en akkumuleringstank som lagerer vannet til det er et behov. Dette gjør at varmepumpen ikke trenger å reguleres av og på hele tiden. Varmepumpene kan derfor produsere varmt vann når elektrisitetsprisene er lave og utnytte tanken når varmebehovet er på sitt største og prisene derfor også er høyere (Banks, 2017).

Sirkulasjonspumpene på hver side av varmepumpen er i drift samtidig med varmepumpen, mens sirkulasjonspumpen før isvannstanken starter når temperaturen i tanken stiger til en gitt temperatur.

Temperaturen i akkumulatortanken kan reguleres etter fast eller utekompensert temperatur. Når bygget ikke har et oppvarmingsbehov kan temperaturen økes til det varmepumpene klarer for å forvarme tappevannet mest mulig.

Sirkulasjonspumpen til kjølekretsen starter når temperaturen i rommet stiger over en bestemt temperatur, slik at kjøleavgiverne tilføres kaldt vann. Kaldt vann hentes fra isvannstanken. Oppvarmet vann går fra kjøleavgiverne tilbake til isvannstanken via varmepumpen. Dersom varmepumpen ikke er i drift og frikjøling ikke er nok til å dekke kjølebehovet, kan varmepumpen tvangskjøres for å benytte aktiv kjøling. Dersom temperaturen i isvannstanken stiger til over det som er akseptabelt for å dekke kjølebehovet starter sirkulasjonspumpen før tanken for å hente kulde fra distribusjonskretsen. Dermed dumpes varme tilbake til distribusjonskretsen. Varmen som leveres fra varmepumpen ved aktiv kjøling forsøkes utnyttet til å forvarme tappevann og dekke et eventuelt oppvarmingsbehov. Dersom bygget ikke har et varmebehov vil temperaturen i akkumuleringstanken stige ved aktiv kjøling. Stiger temperaturen i akkumulatortanken til kondensasjonstemperaturen i varmepumpen, er en løsning for dette beskrevet i neste kapittel.

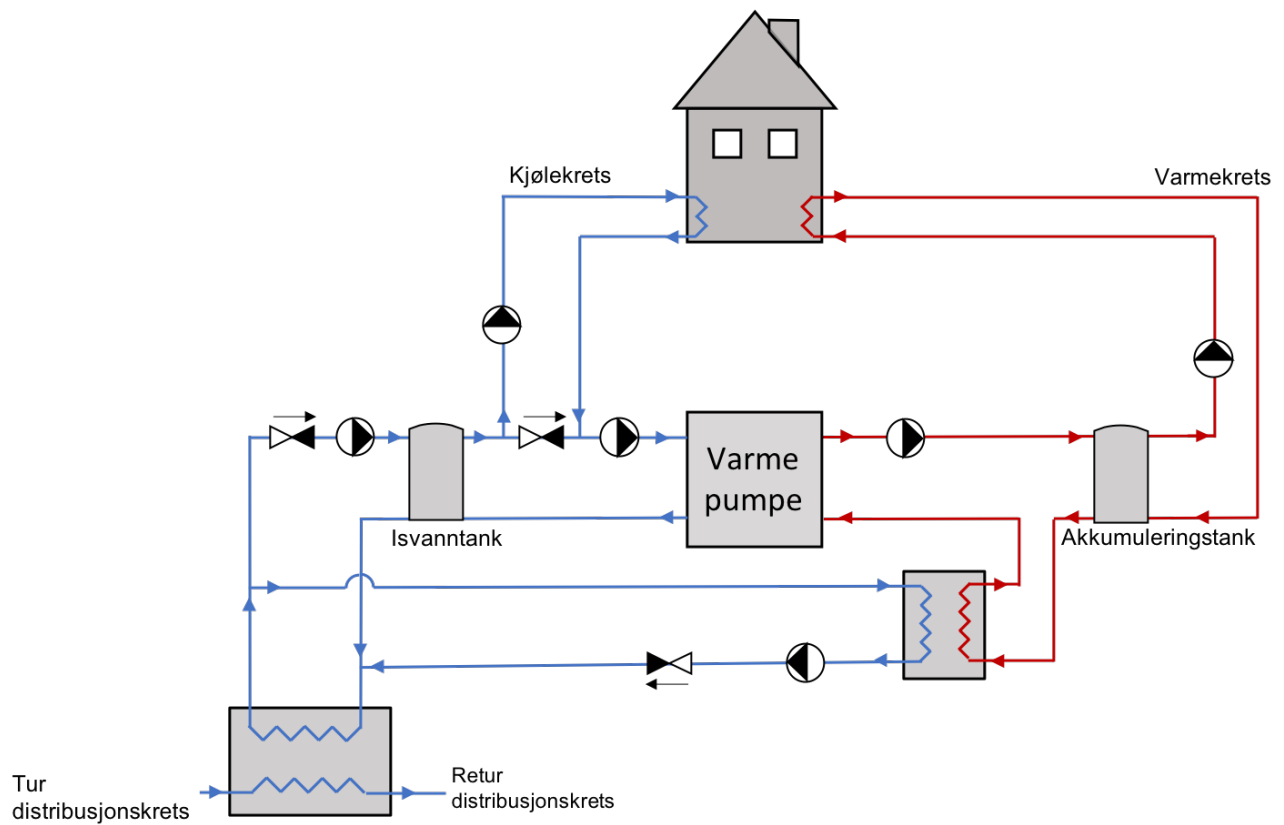


Figur 18: Forslag 3 til å integrere kjøling i systemet

5.4 Kjølesystem med akkumuleringstank og mulighet for dumping av varme

Systemet i Figur 19 er i all hovedsak lik som systemet i Figur 18, men en ekstra varmeveksler for dumping av varme tilbake til distribusjonskretsen, er inkludert. Ulempen med denne løsningen er at varmen som dumpes, dumpes tilbake til samme varmeveksler. Dette gjør at returen blir varmere, som kan føre til at distribusjonskretsen ikke klarer å kjøle ned vannet til samme temperatur som uten varmedumping.

Dersom temperaturen inn på varmepumpens kondensator stiger over en bestemt temperatur vil sirkulasjonspumpen til den ekstra varmeveksleren starte. Da dumpes varme til distribusjonskretsen.



Figur 19: Kjølesystem med akkumuleringstank og mulighet for dumping av varme

6 Beregningsverktøyet SIMIEN

Simuleringsprogrammet SIMIEN er brukt for å simulere variasjonen i varmebehovet over året i de ulike byggene.

6.1 SIMIEN

SIMIEN er et simuleringsprogram utviklet av ProgramByggerne, som ble stiftet i 1993 og kompetansen deres ligger primært i området energibruk og inneklima i bygninger. Bruksområdet er blant annet beregning av årlig energibehov, dimensjonering av oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling (ProgramvareByggerne, udatert). Det er sju typer simuleringer; Dimensjonerende vinterforhold, Dimensjonerende sommerforhold, Årssimulering, Evaluering mot forskrifter, Energimerking, Passivhus/lavenergi og Lønnsomhet tiltak. I denne masteroppgaven er det årssimulering som vil bli brukt. Årssimulering er simulering av et helt kalenderår der energibehov og levert energi til bygningen beregnes (ProgramvareByggerne, udatert).

6.1.1 U-verdi

Differansen mellom en bygnings innetemperatur og utetemperaturen er avgjørende for varmetapet i en bygning (Novakovic et al., 2007). Dette gjelder både for varmetapet gjennom bygningstrukturen og varmetapet på grunn av luftlekkasjer og ventilasjon. En temperaturdifferanse vil føre til en konsekvent og irreversibel temperaturendring, der varme transporteres fra en høyere til en lavere temperatur (Novakovic et al., 2007).

Bygningens termiske isolasjonsevne er gitt av den termiske overføringen U , også kalt varme-gjennomgangskoeffisienten. Novakovic et al. (2007) definerer U -verdien som: varmestrømtettheten som passerer gjennom bygningsstrukturen ved stasjonære forhold når temperaturdifferansen mellom luften på begge sider av bygningsstrukturen er 1K.

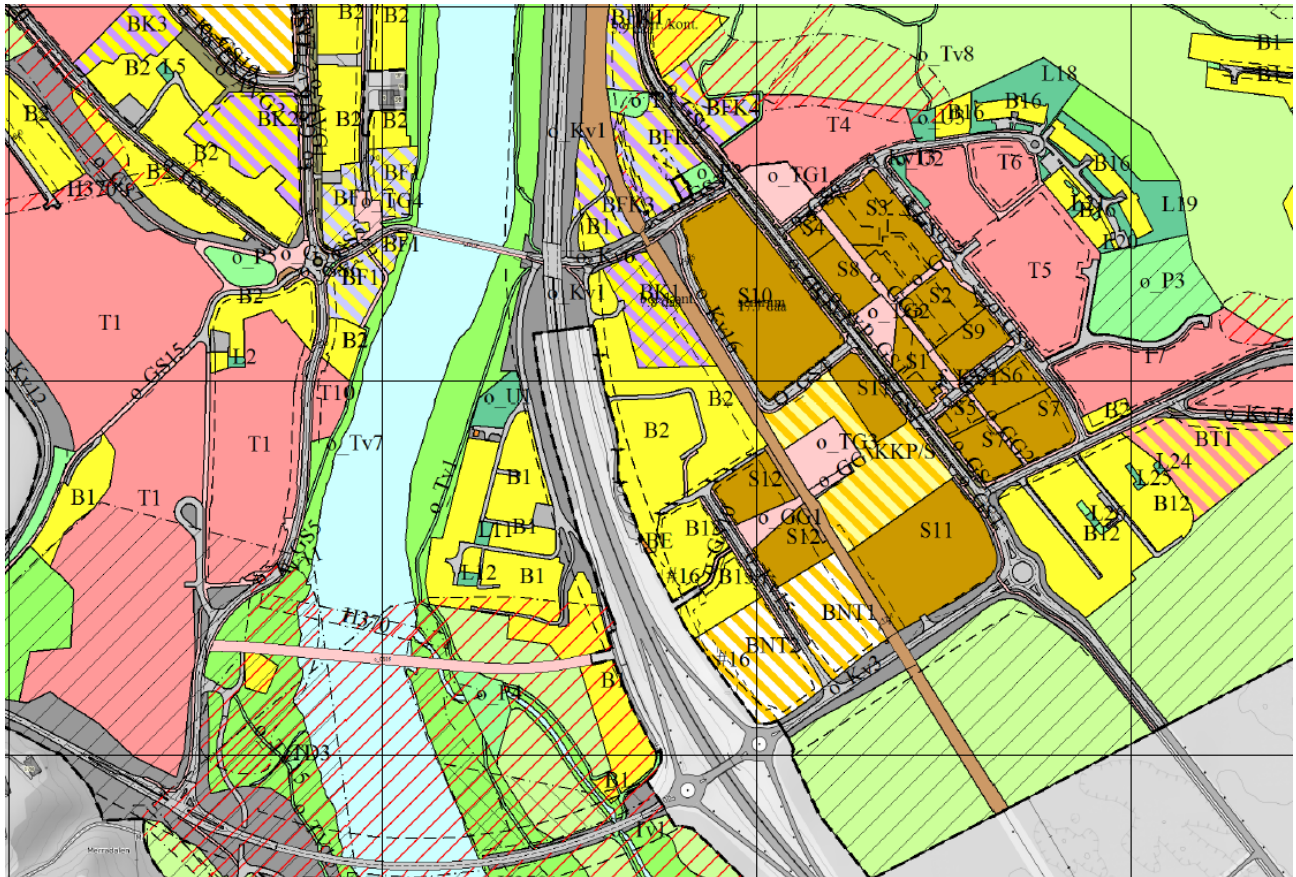
$$U = \frac{1}{R_T} \quad [W/m^2K] \quad (6.1)$$

U -verdien er lik den inverse av den totale resistansen R_T (Novakovic et al., 2007), som også

kan sees fra ligning 6.1. En vegg bestående av flere forskjellige homogene lag har den samme varmestrømtettheten gjennom alle lagene når temperaturen ikke endres. Veggens totale termiske reistansen R_T [m^2K/W] blir da lik summen av alle de individuelle lagenes termiske resistans pluss overflatenes overføringsmotstand (Novakovic et al., 2007).

6.2 Områdeplan Melhus sentrum

For å vurdere antall etasjer og nybyggenes utforming er plankartet for Melhus kommune og områdeplanen som beskriver de ulike områdene i Figur 20 brukt. Plankartet vist i Figur 20 gir en oversikt over de inndelte områdene og områdeplanen (Melhus kommune, 2018) beskriver bestemmelsene for disse områdene.



Figur 20: Områdeplan/plankart for Melhus sentrum
(Melhus kommune, u.å.)

Der B1-B16 er boligbebyggelse, S1-S12 er sentrumsformål, BNT1-BNT2 er Bolig/Næring/Tjenesteyting og T1-T4 er tjenesteyting. Kun de relevante forkortelsene for de aktuelle nybyggene er

forklart her, for fullstendig forklaring henvises det til Områdeplan for Melhus sentrum (Melhus kommune, 2018).

I områdeplanen (Melhus kommune, 2018) står det at fasadene i bygninger med forretning/-næring i første etasje skal være attraktive og åpne. Minst 60% av fasaden i 1. etasje skal derfor ha åpne vindusflater/dører. I tillegg skal det i 1. etasje legges til rette for publikumsrettet virksomhet med romhøyde på minimum 3 m og direkte inngang fra gaten.

Felt	Navn/område	Formål	Antall etasjer
B12	Potten øst	Bolig	Maks 4 etg.
B13	Melhustunet	Bolig	
B16	Lena Terrasse	Bolig	3-7 etg.
S1	Dagens P-plass sør	Sentrumsformål	3-5 etg.
S2	Dagens p-plass	Sentrumsformål	3-5 etg.
S3	Melhustorget	Sentrumsformål	3-5 etg.
S4	Melhustorget	Sentrumsformål	3-5 etg.
S5	Bedehuset	Sentrumsformål	3-5 etg.
S6	Bedehuset	Sentrumsformål	3-5 etg.
S8	Melhuset	Sentrumsformål	3-5 etg.
S9	Idegården	Sentrumsformål	3-5 etg.
S10	Oterholmgården	Kvartalstruktur, Sentrumsformål	3-5 etg.
S11	Thoragården	Kvartalstruktur, sentrumsformål	3-5 etg.
S12	Melhustunet	Sentrumsformål	5-6 etg.
BT1	Potten øst	Barnehage	Min. 2 etg.
T4	Rådhuset	Rådhus, kulturhus og annen tjenesteyting	Min. 2 etg.
T5	Buen omsorgssenter	Sykehjem	2-4 etg.
T6	Rådhusveien	Sykehjem	2-4 etg.
T7	Lenavegen	Tjenesteyting	2-4 etg.
T8	Brannstasjon		2-4 etg.
BNT1-BNT2	Melhustunet	Kombinert formål Bolig/Næring/Tjenesteyting	Maks 5 etg.

Tabell 9: Oversikt over Byggene med bruksområdene og antall etasjer (Melhus kommune, 2018), (Melhus kommune, u.å.)

Felles bestemmelser for sentrumsformål er i følge Områdeplanen for Melhus sentrum at:

Første etasje skal ha utadrettede funksjoner, og aktiv fasade kreves. Innvendig høyde i 1. etasje skal være minimum 3 m. Bebyggelse kan ha inntil 5 etasjer mot gateløpene Melhusvegen og Lenavegen. Bebyggelse inn mot plasser for opphold, kan oppføres i inntil 5 etasjer, med tilbaketrukket toppetasje (Melhus kommune, 2018).

For felt S1-S4 er det i tillegg krav om uteområde på tak over 1. etasje. “Uterommene skal i sin helhet plasseres på tak over 1. etasje, takterrasser og balkonger.” (Melhus kommune, 2018).

Bolig/Forretning/Kontor: Innenfor området kan det oppføres bolig, forretning, kontor. Ny bebyggelse skal oppføres i 2-4 etasjer.

Bolig/Forretning/Tjenesteyting: Det er krav om kombinasjon av formål innenfor området. Det skal etableres bebyggelse på 3-4 etasjer.

Forretning: Ny bebyggelse skal ha minimum takhøyde i første etasje på 3m. Bebyggelse skal oppføres i 2-3 etasjer.

6.3 TEK17

Bruker U-verdier fra TEK17 for nybyggene, vist i Tabell 10 under. Krav fra TEK17 er at alle bygninger, unntatt boligbygning og fritidsbolig med laftede yttervegger, skal ha:

U-verdi yttervegg	U-verdi tak	U-verdi gulv på grunn og mot det fri	U-verdi vindu og dør inkludert karm/ramme	Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell (luftutveksling per time)
$\leq 0,22$	$\leq 0,18$	$\leq 0,18$	$\leq 1,2$	$\leq 1,5$

Tabell 10: U-verdier fra TEK17

Dette er minimumskrav. Det finnes også egne U-verdi krav for boligbygg sammen med en

del andre krav, men ettersom dette ikke eksisterer for alle bygningskategoriene brukes disse U-verdiene for alle de ulike bygningskategoriene.

Kravet for ventilasjon i boligbygninger er at boenheten skal ha ventilasjon som sikrer en gjennomsnittlig frisklufttilførsel på minimum $1,2\text{m}^3$ per time per m^2 gulvareal når boenheten er bebodd. Kravet for ventilasjon i bygg for publikum og arbeidsbygninger at frisklufttilførsel på grunn av forurensninger fra personer med lett aktivitet skal være på minimum 26m^3 per time per person (Direktorat for byggkvalitet (DIBK), 2017).

I TEK17 står det at andel vindus- og dørareal av oppvarmet BRA skal være $\leq 25\%$ for småhus og boligblokker. Dette kravet er ikke mulig å oppfylle for større boliger da dette førte til et større areal med vinduer enn det totale arealet av fasaden. Dette ble derfor gått bort i fra og det ble isteden antatt at 25% av fasadearealet består av vindusflate. Ettersom det ikke finnes noe lignende krav for kontorbygg antas det at dette gjelder for kontorbygg også. Forretningsbygg er ofte butikker der det kanskje ikke er ønskelig med vinduer på alle sidene av bygget og det antas derfor at det kun er vinduer ut mot gaten.

6.4 Standard NS3031

For varmtvann, teknisk utstyr, personer og belysning brukes normerte inndata fra tillegg A i standard NS3031 (Norsk standard, 2014).

De normerte inndataene er fordelt over driftsdøgnets timer for de enkelte bygningskategoriene. Da disse verdiene legges inn som W/m^2 i SIMIEN er disse verdiene summert for de timene bygningen er i drift etter tilhørende bygningskategori. De summerte verdiene er deretter delt på dette antallet timer for å finne en gjennomsnittlig verdi. Den gjennomsnittlige verdien er benyttet i SIMIEN.

Informasjonen i Tabell 11 - 15 er brukt til simulering av varmebehov i byggene.

Bygningskategori	Driftsdøgn for varmtvann, utstyr, personer og belysning døgn/uker	Driftstid for ventilasjon timer/døgn/uker	Driftstid for romoppvarming timer/døgn/uker
Boligblokk	7/52	24/7/52	16/7/52
Kontorbygg	5/52	12/5/52	12/5/52
Forretningsbygg	6/52	12/6/52	12/6/52
Sykehjem	7/52	16/7/52	16/7/52
Barnehage	5/52	10/5/52	10/5/52

Tabell 11: Driftstid for de ulike bygningstypene
(Norsk standard, 2014)

Bygningskategori	Driftstid for varmtvann Timer/døgn/uker	Driftstid for teknisk utstyr Timer/døgn/uker	Driftstid for personer Timer/døgn/uker	Driftstid for belysning Timer/døgn/uker
Boligblokk	24/7/52	24/7/52	24/7/52	24/7/52
Kontorbygg	10/5/52	24/5/52	10/5/52	24/5/52
Forretningsbygg	10/6/52	24/6/52	16/6/52	24/6/52
Sykehjem	24/7/52	24/7/52	24/7/52	24/7/52
Barnehage	8/5/52	24/5/52	10/5/52	24/5/52

Tabell 12: Driftstid for de ulike bygningstypene
(Norsk standard, 2014)

Bygningskategori	Settpunkttemperatur for oppvarming i driftstiden	Settpunkttemperatur for oppvarming utenfor driftstiden	Settpunkttemperatur for kjøling
Boligblokk	22	20	24
Kontorbygg	21	19	24
Forretningsbygg	21	19	24
Sykehjem	22	20	24
Barnehage	22	20	24

Tabell 13: Normerte settpunkttemperaturer etter bygningstype fra NS3031
(Norsk standard, 2014)

Bygningskategori	Varmtvann [%]	Teknisk utstyr [%]	Personer [%]	Belysning [%]
Boligblokk	0	60	100	100
Kontorbygg	0	100	100	100
Forretningsbygg	0	100	100	100
Sykehjem	0	100	100	100
Barnehage	0	100	100	100

Tabell 14: Prosentvis andel av effektbehovet som forutsettes tilført sonen som varmtvann, teknisk utstyr, personer og belysning

(Norsk standard, 2014)

Bygnings- kategori	Varmtvann [W/m ²]		Teknisk utstyr [W/m ²]		Personer [W/m ²]		Belysning [W/m ²]	
	I drifts- tiden	Utenfor driftsti- den	I drifts- tiden	Utenfor driftsti- den	I drifts- tiden	Utenfor driftsti- den	I drifts- tiden	Utenfor driftsti- den
Boligblokk	2,86	0	2,0	0	1,5	0	1,3	0
Kontorbygg	1,92	0	2,74	0,029	5,0	0	1,81	0,021
Forretningsbygg	3,21	0	5,13	0,054	7,63	0	3,61	0,038
Sykehjem	1,15	0	2,63	0	2,96	0	2,67	0
Barnehage	4,81	0	0,72	0,0083	6,2	0	1,89	0,021

Tabell 15: Effektbehov for varmtvann, teknisk utstyr, personer og belysning for de ulike bygningskategoriene

(Norsk standard, 2014)

6.5 Beregning i SIMIEN

For fremtidige bygninger, og Brannstasjonen som ikke benytter grunnvannbasert varmepumpe til oppvarming per idag men som skal tilknyttes distribusjonskretsen, er effektprofilen for termisk varme estimert ved hjelp av SIMIEN samt verdier fra TEK17 og standard 3031 som beskrevet over. Selv om Brannstasjonen er et eksisterende bygg, benyttes samme beregningsmetode for å estimere det termiske energi- og effektbehovet på grunn av manglende informasjon om dette bygget. Ved å benytte TEK17 i simuleringen vil dette vil gi et lavere energi- og effektbehov, ettersom bygget er for gammelt til å følge standarden til TEK17. Ettersom den beregnede termiske effekten til byggene hovedsakelig brukes til å vurdere hvordan variasjonen i effektbehov påvirker driften av systemet, antas det at dette er godt nok for denne bruken.

Ideelt sett bør målinger og detaljerte bygningssimuleringer utføres for å bestemme energi- og effektbehovet for de eksisterende og nye bygningene. Dette er tidkrevende og krever kjennskap til detaljer knyttet til bygningsutforming og bruk. Dette er ikke tilgjengelig og SIMIEN pluss verdier fra TEK17 og standard 3031 er derfor brukt til å estimere det termiske behovet for nybyggene. Ettersom det termiske energi- og effektbehovet skal benyttes til å vurdere ulike driftstrategier ved hjelp av modellen er ikke detaljeringsgraden i det termiske energi- og effektbehovet like viktig som hvis det skulle vært brukt til detaljert dimensjonering av systemet.

Avgrensninger og forutsetninger:

- Termisk energi- og effektbehov er estimert med SIMIEN
- Det er ikke lagt inn ferie for noen av byggene i beregningene med SIMIEN. Dette kan gi noe høyere energibehov.
- Data for et klimatisk normalår for Melhus er ikke tilgjengelig i SIMIEN. Klimadata for Trondheim er derfor benyttet da dette er tilgjengelig i SIMIEN og Trondheim er den nærmeste byen med tilgjengelig klimadata.
- Arealene for de ulike utbyggingstrinnene er i henhold til beskrivelsen i avsnitt over. Ettersom det ikke er beskrevet nærmere hvordan arealet av de forskjellige byggene skal fordeles, er det antatt ett stort bygg for alle de ulike byggene. I praksis vil nok de største planlagte arealene deles opp i flere bygg, spesielt boligblokkene, dette vil derfor kunne gi et litt lavere energibehov, ettersom ett stort bygg vil ha mindre ytterflater og dermed mindre varmetap til omgivelsene enn flere mindre bygg.
- Behovet for prosesskjøling og -frys er ikke vurdert i denne masteroppgaven, men vil bidra positivt om slike systemer knyttes opp mot grunnvannsløsningen ved at det muliggjør distribusjon av termisk overskuddsenergi i området.
- Det forutsettes at alt termisk energibehov til oppvaring er mulig med vannbårne systemer (radiatorer, gulvvarme, ventilasjonsbatterier) utenom tappevann. Det er kun mulig å legge inn en av delene i SIMIEN, har derfor valgt vannbåret radiatorsystem.
- Antar mulighet for kjøling i alle typer nybygg, både boligblokker, kontorer og forretningsbygg.
- Benytter U-verdi fra TEK17 for vegger, tak og vindu.
- Benytter verdier fra NS3031 som beskrevet i avsnittet over for belysning, personer og teknisk utstyr, samt driftstid og settpunkttemperaturer er hentet fra denne standarden.

- Fasaden er lagt inn som nord, vest, øst og sør. Sør og vest er lagt inn som solutsatt fasade.
- Det er ikke lagt inn skillekonstruksjoner i kontorbygg og forretningsbygg fysisk i modellen. Dette gjør at den varmelagrende egenskapen skilleveggene har ikke blir med i beregningen. Dette vil kunne gjøre energibehovet litt høyere enn det er i praksis.

I SIMIEN må totalt gulvareal samt areal på fasade av byggene og oppvarmet luftvolum legges inn. For å finne oppvarmet luftvolum er bruksarealet, som er oppgitt i konseptutredningen for alle nybyggene, ganget med høyden og en faktor på 0,97 for å ta hensyn til skillevegger. Høyden er 3m for forretningsbygg og kontor, og 2,4m for boliger.

For å finne arealet av boligblokker er dette gjort ved å dele det totale arealet på antall boenheter. Antar at alle boenhetene er like store og ser bort i fra ganger og boder og andre fellesareal. For kontorbygg sees det bort i fra skillevegger ettersom det antas at alle rommene har samme temperatur og at det derfor ikke er noe varmetap mellom rommene. Antar at forretningsbygg er butikker og lignende og at det da er store åpene arealer. Antall etasjer er bestemt ut i fra områdeplanen i Melhus sentrum som beskrevet i kapittel 6.2. De ulike bygningskategoriene simuleres hver for seg i SIMIEN selv om de er i ett og samme bygg, dette på grunn av at de har ulikt bruksmønster og noen ulike krav.

For nybygg der det er planlagt boliger og forretning eller kontor i samme bygg, antas det at det i 1. etasje bygges forretning eller kontorer som følger kravet om takhøyde på 3m, med boliger på toppen. For nybygg med både bolig, kontor og forretning antas det forretning i 1. etg, så 1 eller 2 etasjer med kontor og 2-3 etasjer med boliger på toppen. Hvor mange etasjer med kontor og boliger er vurdert ut i fra areal og hvor mange etasjer som er tillatt for det området. For nybygg langs Melhusvegen, som for eksempel Vestre tomt ved Melhustorget, og Lenavegen, som for eksempel Dagens p-plass, p-plass sør og Melhustorget, antas det forretningsbygg i 1. etasje og boligblokk på toppen med uteområde på taket i 1. etasje.

Som energikilder velges elektrisitet og varmepumpe i SIMIEN. Til oppvarmingssystem velges vannbåren varme med godt isolerte rør, ettersom dette er et nybygg. Videre velges det middeltemperatur på 45-55 °C ettersom varmepumpene kun skal brukes til forvarming av tappevannet.

I SIMIEN er det valgt CAV ventilasjon, som er ventilasjon med konstante luftmengde i driftstiden, for boligblokker og VAV ventilasjon, ventilasjon med variabel luftmengde i driftstiden, for kontorbygg og forretningsbygg. Setter luftmengde til $1,2\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ for boligblokker ettersom dette er minste tillatte luftmengde gitt både i NS3031 og TEK17. Velger å la verdiene for

maks luftmengde på $12m^3/hm^2$ og min luftmengde på $7m^3/hm^2$. Utenfor driftstiden brukes en konstant luftmengde på $2m^3/hm^2$. Luftmengdene er tilpasset minimumsverdiene gitt i NS3031.

Videre i simuleringen er det forutsatt at varepumpene dekker 90% av romoppvarmingen og ventilasjon og at de resterende 10% dekkes av el-kjel. Varmepumpen settes til å dekke 70% av varmtvannsproduksjonen og dermed må de resterende 30% dekkes av el-kjel. Den noe lavere dekningsgraden for varmepumpe for varmtvannsproduksjon kommer av at varmepumpene kun forvarmer tappevannet, slik at el-kjelen må bidra mer for å få temperaturen på tappevannet opp på et tilfredstillende nivå. Forutsetter at all kjøling gjøres ved hjelp av det vannbårne systemet slik at varmepumpene settes til å dekke 100% av kjølingen, både romkjøling og kjølebatteriene for ventilasjonen.

Standardverdiene for kuldebroer beholdes ($0,060W/m^2 \cdot K$) i SIMIEN. For tak, yttervegger og gulv benyttes U-verdiene fra TEK17 i Tabell 10. Antar flatt tak for alle bygg.

For internlaster benyttes verdiene fra NS 3031 vist i Tabell15. Driftstid for ventilasjon og romoppvarming samt driftstid og prosent varmeavgivning fra varmtvann, teknisk utstyr, personer og belysning er lagt inn etter bygningskategori. Settpunkttemperaturene fra Tabell 13 og effektbehovet per m^2 fra Tabell 15 er også lagt inn.

$7-12^\circ$ er vanlig tur-/returtemperatur for et kjøleanlegg (Banks, 2017). Benytter derfor disse temperaturene i SIMIEN.

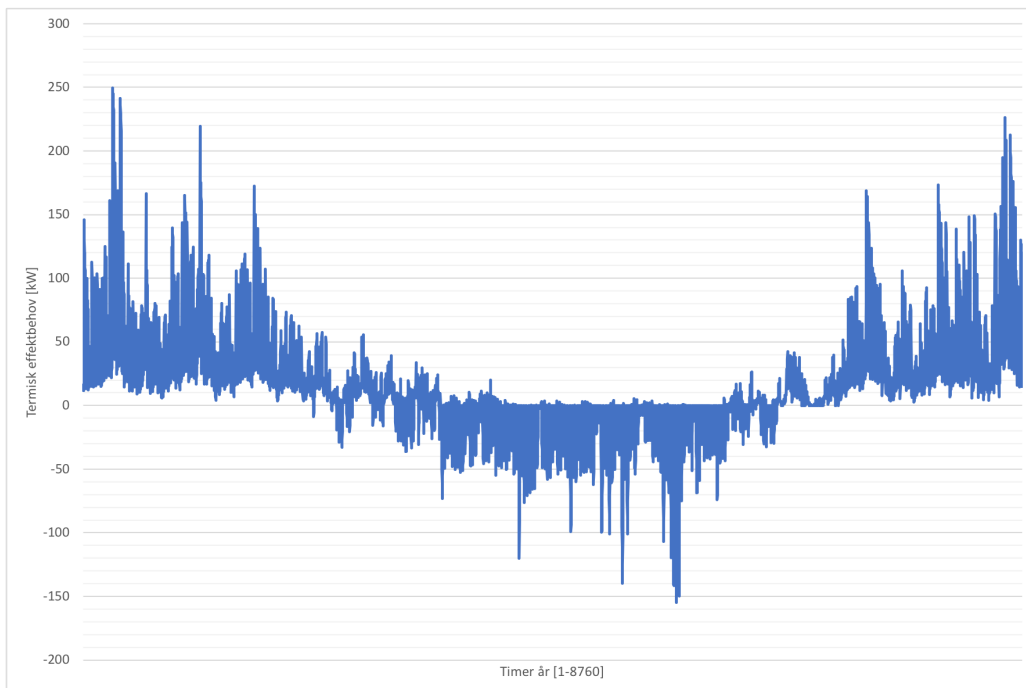
6.6 Resultater fra simulering i SIMIEN

Som et eksempel brukes Dagens P-plass ved Melhustorget som er planlagt i år 2023/2024 i utbyggingstrinn 1. Ut fra foreløpige planer får denne delen av utbyggingen av Melhustorget et areal på $7900m^2$ BRA. Den termiske effektprofilen er vist i Figur 21 og energi/effekttemperaturkurven er vist i Figur 22.

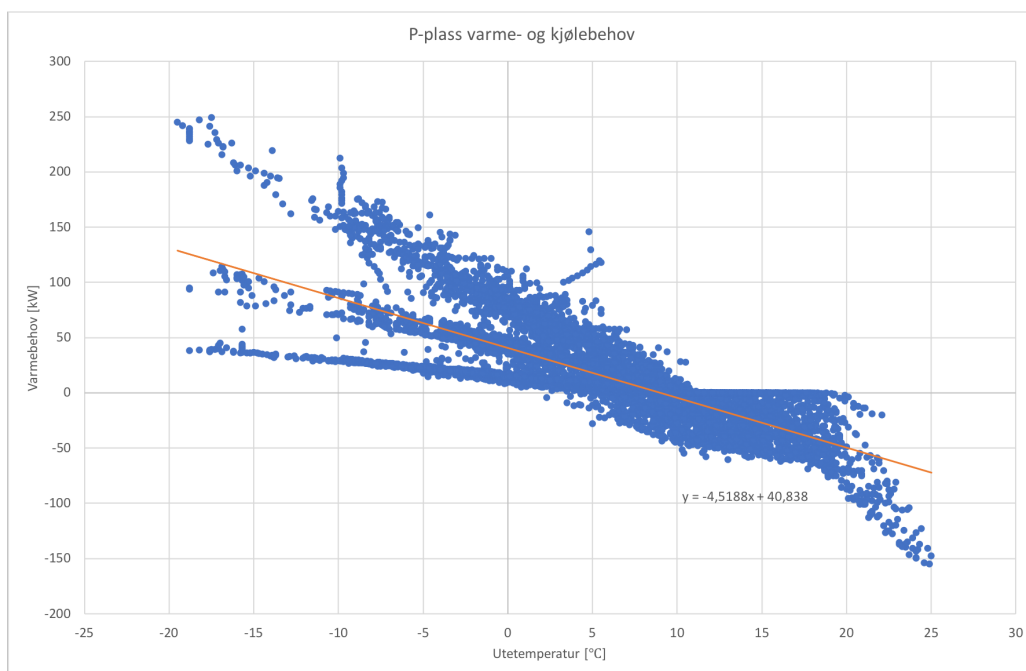
6.6.1 Eksempel Dagens P-plass ved Melhustorget

Resultatene fra SIMIEN er plottet i Excel. I Figur 21 og Figur 22 er kjøling trukket fra oppvarming og deretter plottet, slik at kjølingen blir negativ for å skille effektbehovet for varme

fra kjøling. Det antas at det ikke vil være behov for kjøling og oppvarming samtidig, utenom tappevann, når dette legges inn i modellen. Ettersom oppvarming av tappevann ikke er inkludert her anses det som en god nok tilnærming da det kun sees på romkjøling i disse byggene og ikke prosesskjøling. Ettersom det vil være en varmesentral for hele bygget, og ikke hver bygningskategori, er varmebehovet for alle de tre delene lagt sammen. Det samme er gjort for kjøling, før det totale kjølebehovet for bygget er trukket fra det totale varmebehovet for bygget. Ettersom de ulike bygningskategoriene kan ha varme- og kjølebehov ved ulike tidspunkt kan dette gjøre at for eksempel kjølebehovet i et kontorbygg forsvinner hvis varmebehovet i resten av bygget er større på det tidspunktet.

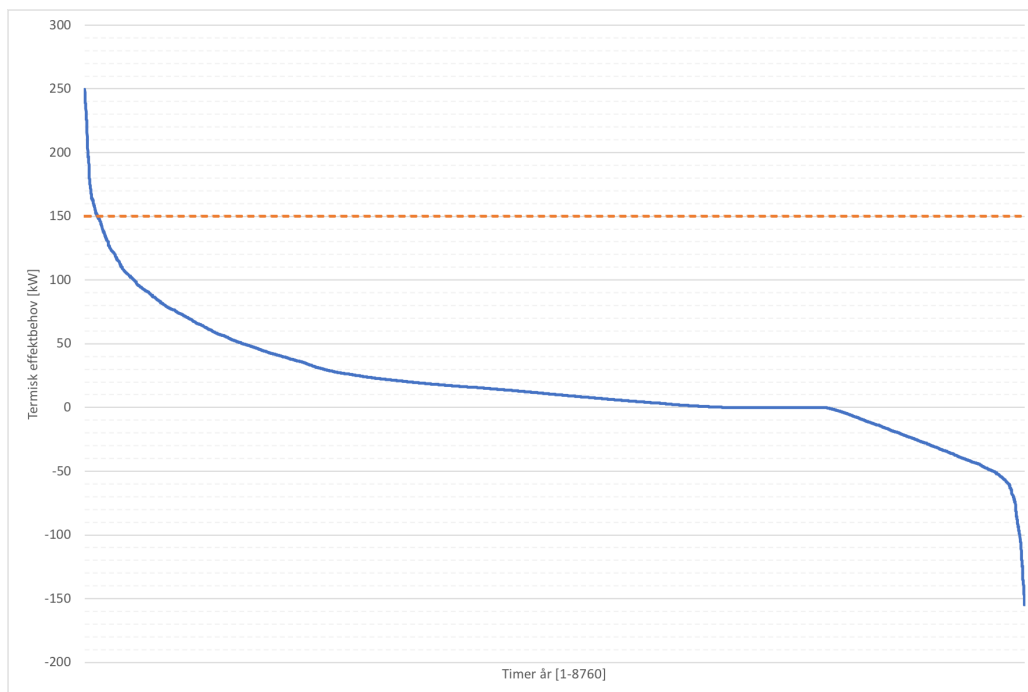


Figur 21: Termisk effektbehov til oppvarming og kjøling for nybygget på dagens p-plass ved Melhustorget gjennom året



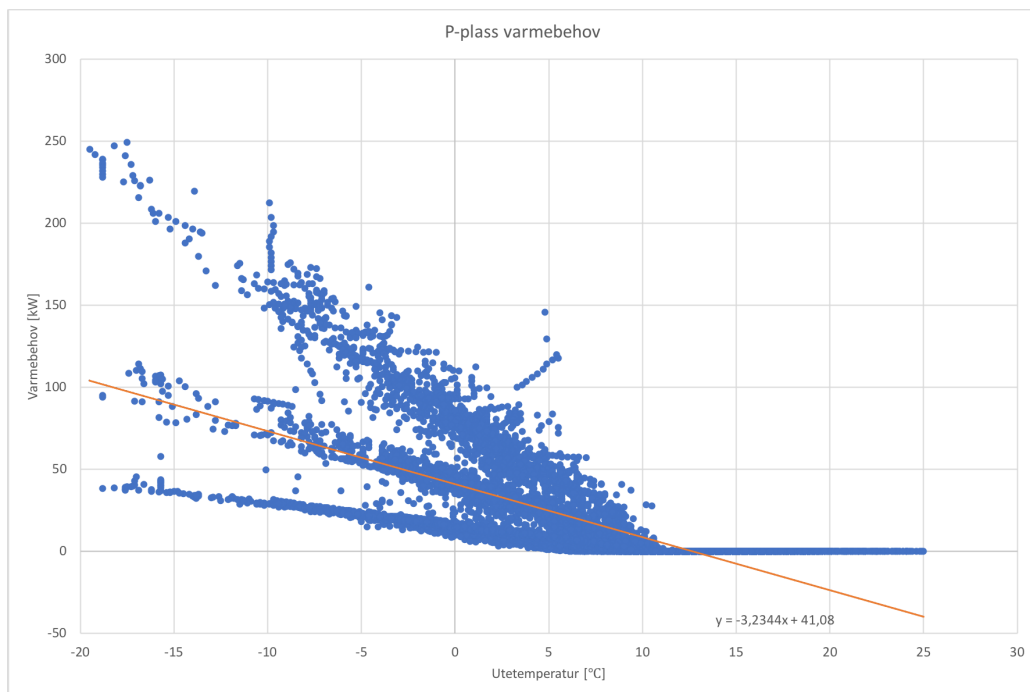
Figur 22: Simulert effektbehov til oppvarming og kjøling ved varierende utetemperatur for nybygget på dagens P-plass ved Melhustorget

Figur 23 viser varighetskurven for Dagens P-plass ved Melhustorget basert på utetemperaturdata over året. Den stiplede linjen i figuren viser dimensjonerende varmeleveranse for en varmepumpe til dette bygget. I dette tilfellet, og for de andre byggene, er det forutsatt at varmepumpene dimensjoneres for 60% av maksimalt effektbehov. Fra Figur 23 ser en at maks effektbehov er 250kW slik at med en dekningsgrad på 60% blir dimensjonerende effektbehov 150kW. Varmepumpen vil fortsatt kunne dekke rundt 90% av energibehovet.

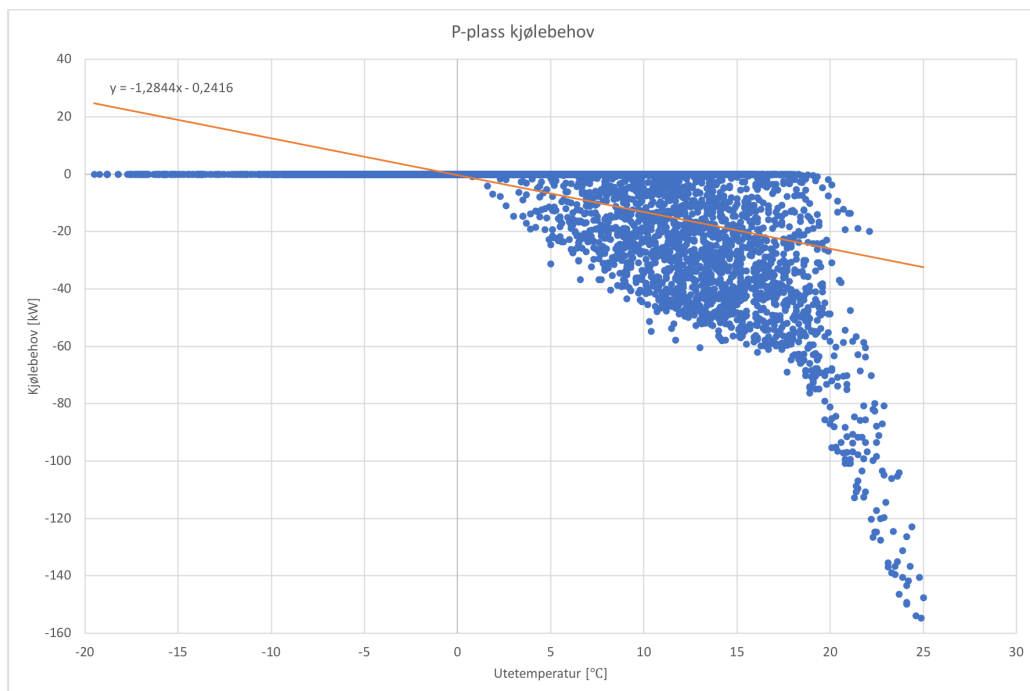


Figur 23: Effektvarighetskurve for nybygget på dagens p-plass ved Melhustorget

Figur 24 viser effektbehovet for oppvarming ved varierende utetemperatur. SIMIEN deler oppvarmingsbehovet opp i romoppvarming og ventilasjonsvarme, disse er lagt sammen før de ble plottet. Også romkjøling og ventilasjonkjøling ble lagt sammen og plottet, vist i Figur 25.



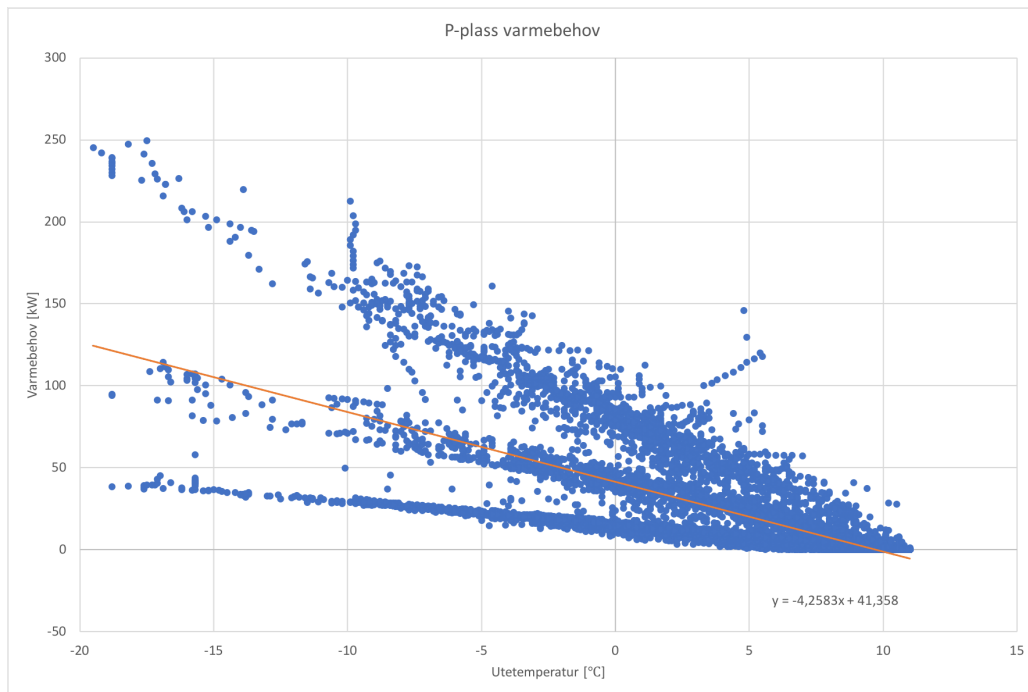
Figur 24: Simulert effektbehov til oppvarming ved varierende utetemperatur for nybygget på dagens P-plass ved Melhustorget



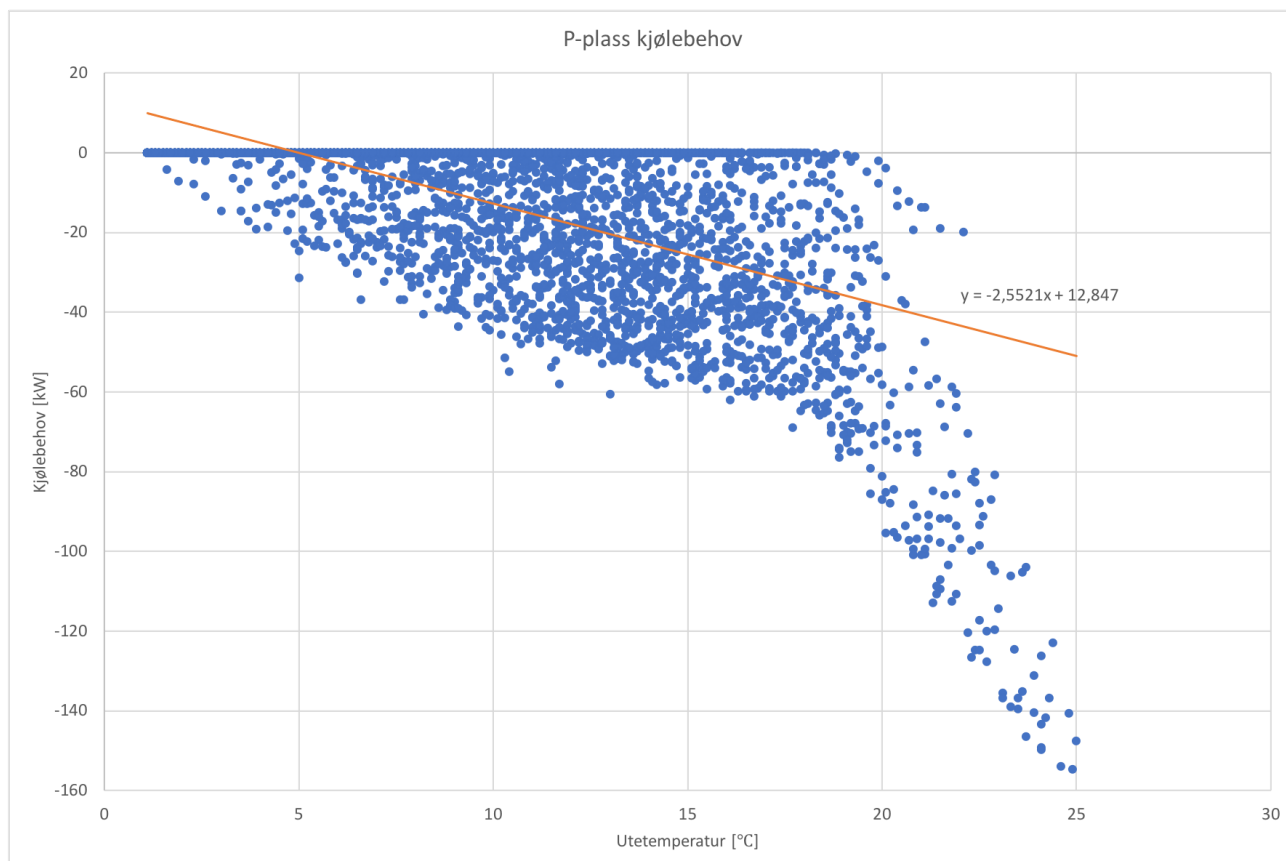
Figur 25: Simulert effektbehov til kjøling ved varierende utetemperatur for nybygget på dagens P-plass ved Melhustorget

For å få en funksjon som dekker varmebehovet og kjølebehovet bedre er varmebehovet og kjøle-

behovet plottet hver for seg. Fra Figur 24 og Figur 25 kan en se at det er et konstant lite varmebehov når utetemperaturen er over ca 11°C og et konstant lite kjølebehov når utetemperaturen er under ca 0°C. Dette konstante lille varmebehovet er ikke effektbehovet til å dekke oppvarming av tappevann ettersom resultatfilen fra SIMIEN ikke inkluderer tappevann, kun romoppvarming og ventilasjonsvarme. Ettersom det er ønskelig å få dekket det største varme- og kjølebehovet i bygget er disse verdiene fjernet i Figur 26 og Figur 27 vist under.



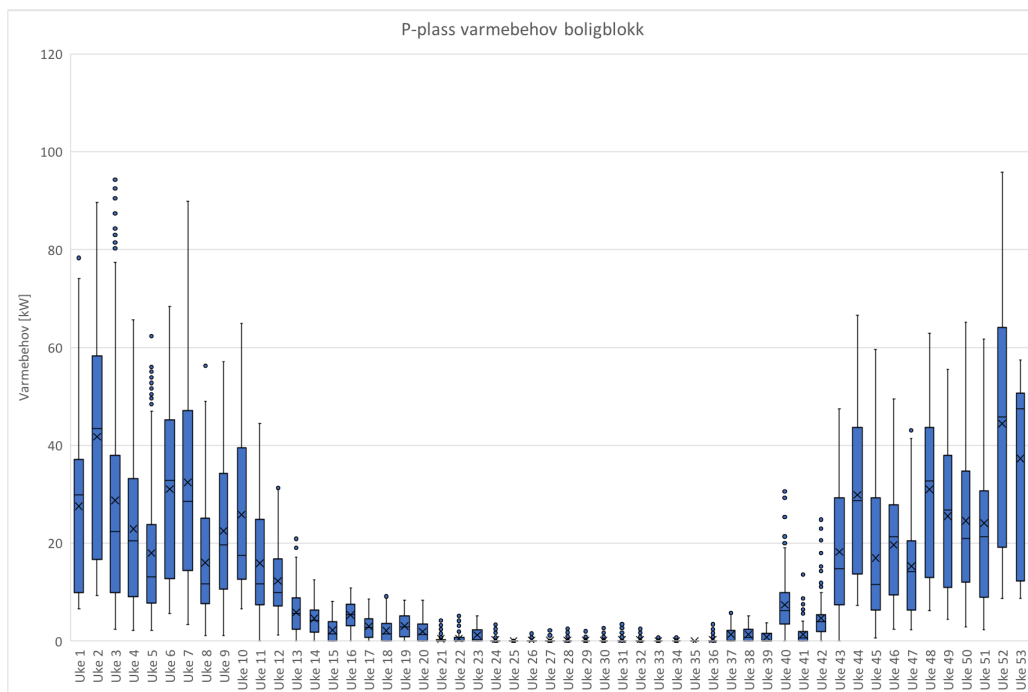
Figur 26: Varmebehov ved varierende utetemperatur for nybygget på dagens P-plass ved Melhustorget



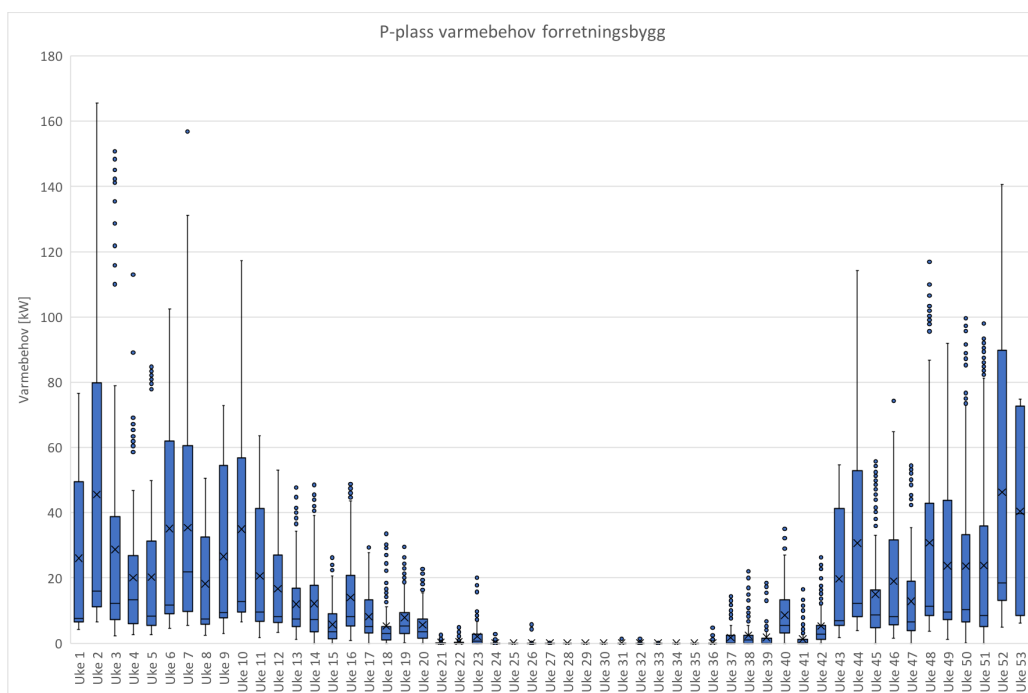
Figur 27: Kjølebehov ved varierende utetemperatur for nybygget på dagens P-plass ved Melhustorget

Den store spredningen i Figur 24 - 27 kommer av at varme- og kjølebehov varierer i løpet av døgnet, da det er lavere effektbehov om natten enn om dagen. Det vil derfor ved samme utetemperatur kunne være forskjellig effektbehov ettersom hvilken tid på døgnet det er. I tillegg påvirker solinnstrålingen, som varmer opp bygget og bidrar positivt på kalde dager men kan også varme opp bygget såpass at det vil oppstå et kjølebehov på dager det normalt ikke vil vært behov for kjøling.

For å gi et bedre inntrykk av variasjonen av varme og kjølebehov over året etter utetemperatur er dette plottet i et box-diagram. Figur 28 og 29 viser variasjonen i varmebehov over hver uke for nybygget som kommer på dagens p-plass ved Melhustorget for boligdelen og forretningsdelen. Figur 30 og Figur 31 viser tilsvarende for kjølebehovet i boligdelen og forretningsdelen og Figur 32 og 33 viser behovet for oppvarming og kjøling i samme diagram. Som en kan se fra Figur 28-33 er det som forventet størst varmebehov på starten av året, i januar, før det avtar frem til midt på året i sommermånedene der kjølebehovet overtar før varmebehovet igjen overtar mot slutten av sommermånedene og øker mot slutten av året.



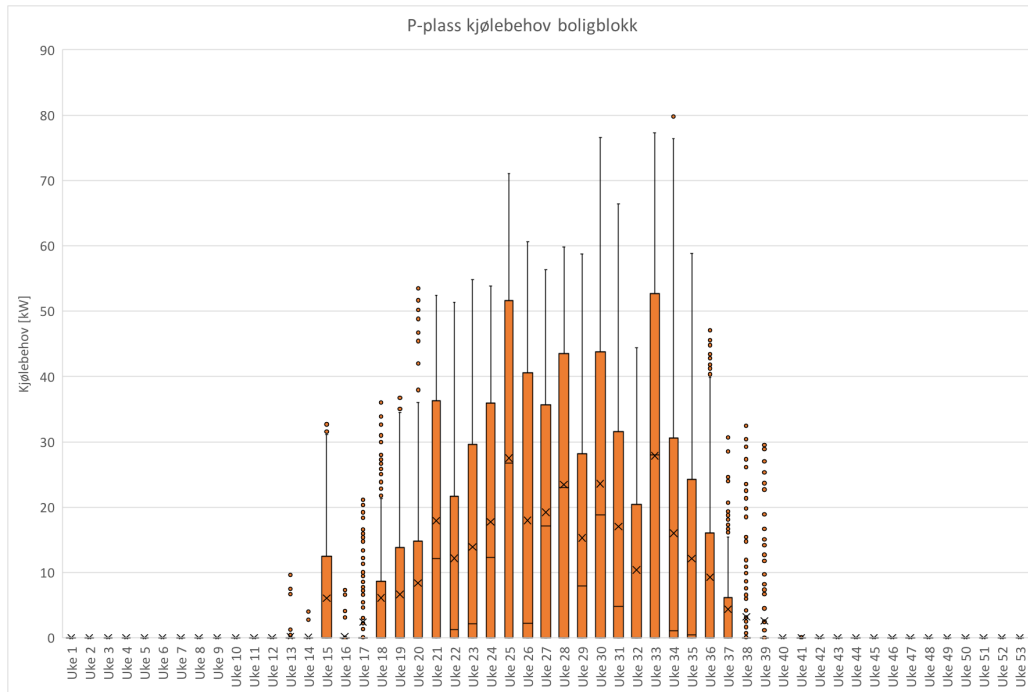
Figur 28: Variasjon i varmebehovet over hver uke for boligdelen av nybygget på dagens p-plass ved Melhustorget



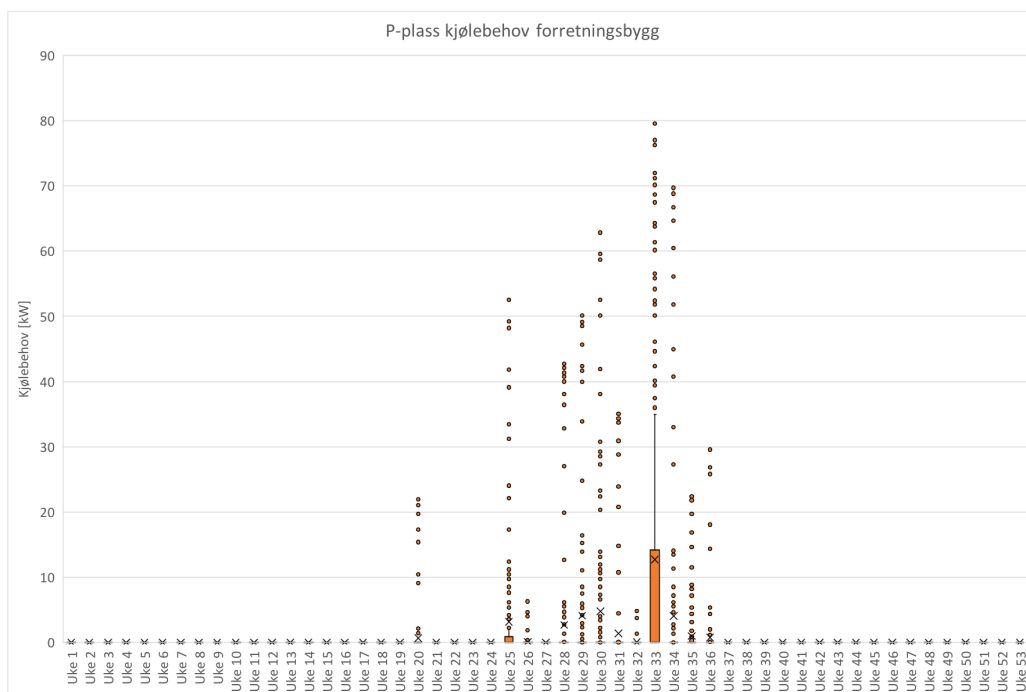
Figur 29: Variasjon i varmebehovet over hver uke for forretningsdelen av nybygget på dagens p-plass ved Melhustorget

Figur 30 viser variasjonen i kjølebehovet over hver uke for boligdelen av det fremtidige bygget

og Figur 31 viser variasjonen i forretningsdelen av bygget. Grunnen til at kjølebehovet er så mye større i boligdelen av bygget enn forretningsdelen er forskjell i solinnstråling og intervarme. Det er antatt at forretningsdelen kun har vindu på en side av bygget og at er lagt til første etasje av bygget, noe som gjør at denne delen skjermes mye for solinnstråling. I tillegg er driftstiden for intervarme høyere i boligdelen enn i forretningsdelen av bygget som også påvirker kjølebehovet.

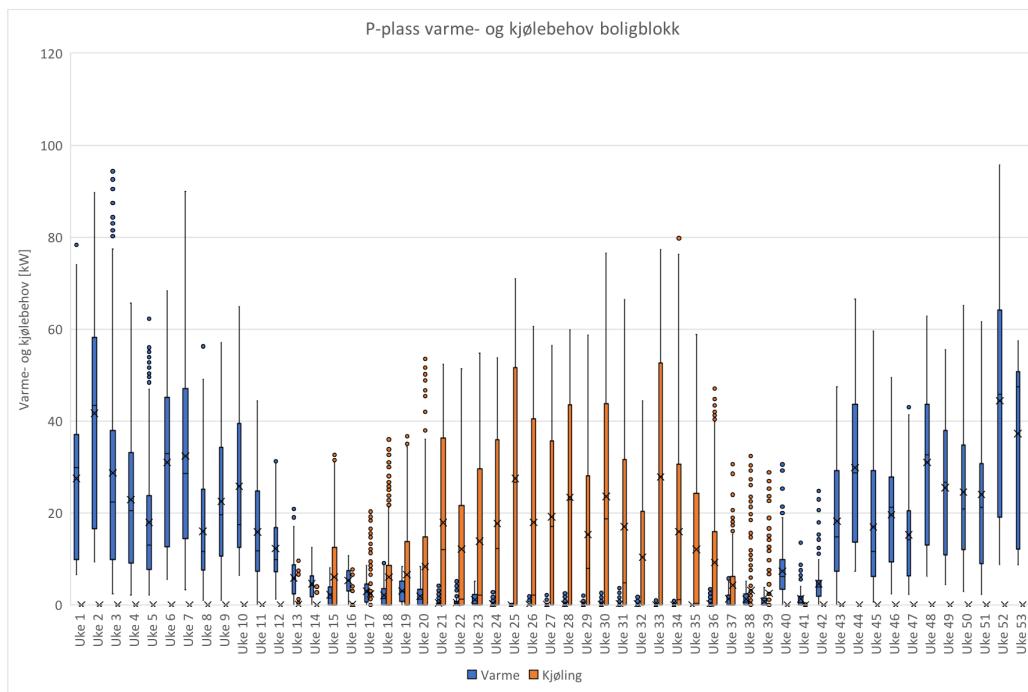


Figur 30: Variasjon i kjølebehovet over hver uke for boligdelen av nybygget på dagens p-plass ved Melhustorget



Figur 31: Variasjon i kjølebehovet over hver uke for forretningsdelen av nybygget på dagens p-plass ved Melhustorget

Fra Figur 32 og 33 kan en se at det noen få, korte perioder i året kan oppstå et varme- og kjølebehov på samme tid. For å demonstrere hvor mye av kjøle og varmebehovet som forsvinner ved at det kun er mulig med enten kjøling eller varme, utenom oppvarming av tappevann, er varmebehovet og kjølebehovet plottet i samme graf med forskjellig farge. Fra Figur 32, som viser både varme- og kjølebehov for boligdelen, kan en se at det er noe overlapp mellom varme- og kjølebehov. Dette gjelder spesielt på våren og høsten når både varme- og kjølebehovet er lite. Det er i tillegg et lite varmebehov året rundt, dette vil forsvinne i kjølebehovet ettersom det i modellen er enten kjøling eller varme i byggene.



Figur 32: Variasjon i varme- og kjølebehovet over hver uke for boligdelen av nybygget på dagens p-plass ved Melhustorget

Fra Figur 33, som viser både varme- og kjølebehov for forretningsdelen av nybygget, kan en se at det også her er noe overlapp mellom varme- og kjølebehov, selv om det er minimalt ettersom kjølebehovet for forretningsdelen er lavt.

Varmesentral	Funksjon varme	Funksjon kjøling	Varmepumpes design varmeeffekt [kW]
Rådhuset	$y = -5,275x + 44,859$	$y = -3,1993x + 13,557$	108,9
Vestre tomt ved Melhustorget	$y = -1,2574x + 11,086$	$y = -1,6961x + 7,5669$	29
Rådhusveien	$y = -1,23x + 14,005$	$y = -0,8304x + 3,2841$	27,3
Melhustorget	$y = -10,224x + 92,945$	$y = -6,4529x + 25,175$	235,9
Dagens p-plass ved Melhustorget	$y = -4,2583x + 41,358$	$y = -2,5521x + 12,847$	96,9
P-plass sør	$y = -4,9354x + 48,031$	$y = -3,2994x + 27,826$	115,1
Bensinstasjonen/Skysstasjonen	$y = -12,472x + 125,34$	$y = -6,2251x + 51,516$	282,3
Skysstasjonen nord	$y = -13,761x + 164,6$	$y = -7,0219x + 58,448$	321,8
Skysstasjonen sør	$y = -10,853x + 138,29$	$y = -4,8024x + 36,408$	250,5
Melhurstunet	$y = -45,521x + 537,16$	$y = -22,257x + 277,66$	1041
Tomt sør for Bedehuset	$y = -2,3009x + 31,849$	$y = -0,8026x + 10,89$	49,34
Potten øst	$y = -2,4522x + 30,128$	$y = -1,185x + 9,2339$	60,66
Brannstasjonen	$y = -2,328x + 27,556$	$y = -0,564x + 5,9453$	53,07
Idegården	$y = -1,6955x + 22,215$	$y = -3,331x + 59,882$	67,94

Tabell 16: Oversikt over varmesentralene i nybyggene

7 Modell

En del av masteroppgaven er å utvikle en simuleringsmodell for det distribuerte grunnvannssystemet inkludert varme- og kjølebehovet i bygningene. Dette er gjort i programmet EES, som er et ligningsløsningsprogram som kan løse tusener av ligninsett. EES har en innebygde termodynamisk database og en database for egenskaper for hundrevis av stoffer (F-Chart Software, udatert).

Modellen skal simulere den beskrevne løsningen for en felles distribusjonskrets som består av en hovedkrets og flere mindre kretser med avstikkere til byggene. Modellen skal inkludere varme og kjølebehov til hvert av byggene og alle grunnvannsvarmevkslerne som bidrar med varme. Den skal også inkludere varierende varmebehov gjennom året og dermed varierende vannmengde i kretsen Videre skal modellen også inkludere både eksisterende bygg og planlagte nybygg. Modellen skal kunne beregne trykktap i kretsen.

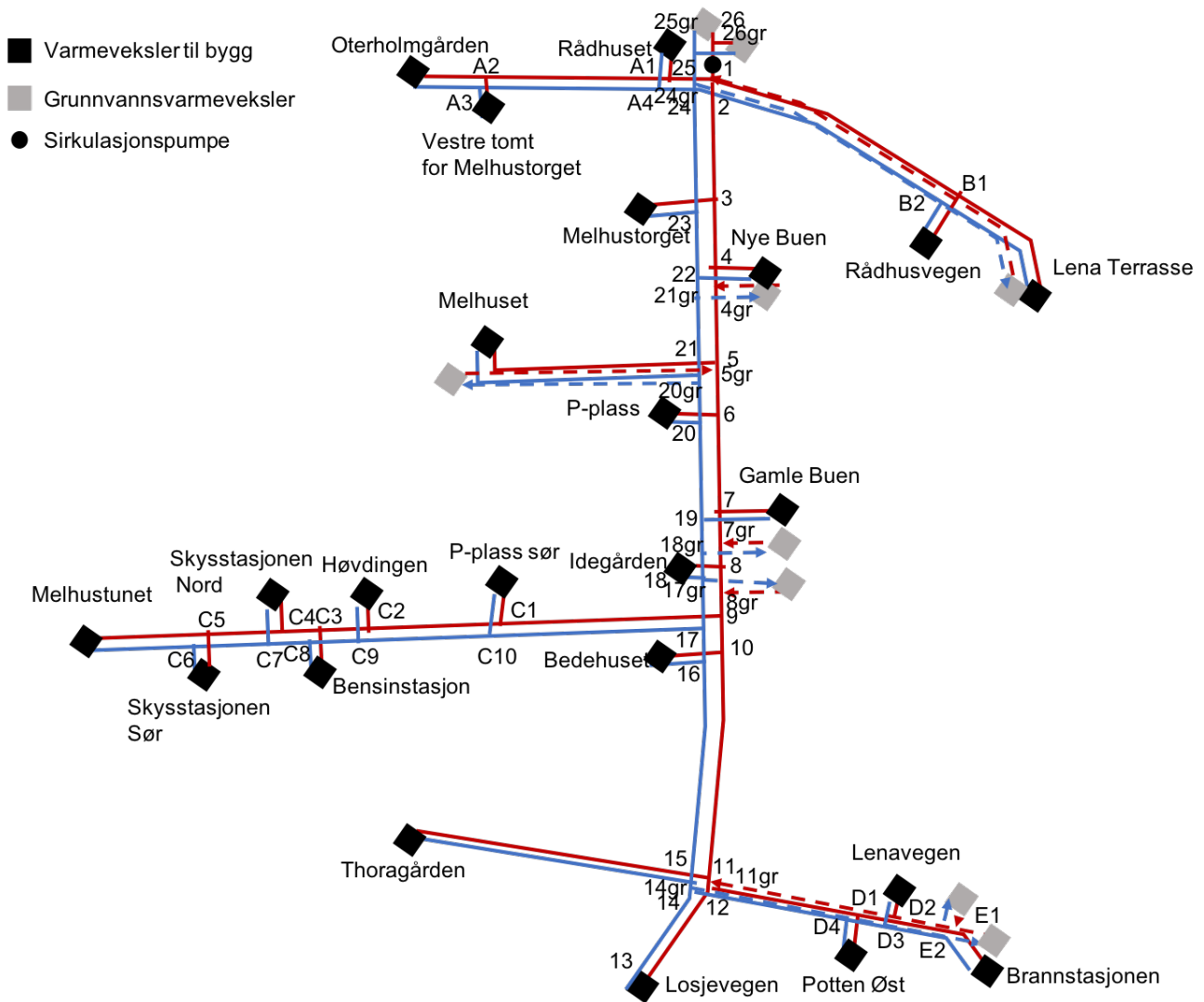
Antagelser og forutsetninger for modellen er:

- Konstant temperatur på 7°C på grunnvannet og konstant returtemperatur på 3°C .
- Konstant tur- og returtemperatur på vannet i distribusjonskretsen, som gir konstant temperatur inn og ut for fordampere
- Konstant virkningsgrad av varmevekslerne.
- Arbeidsmediet i varmepumpene er propan, dette på grunn av manglende informasjon om det faktiske kjølemediet i en del av varmepumpene. For de varmepumpene det finnes informasjon om kjølemediet i varmepumpen, er det faktiske kjølemediet brukt i modellen. Propan er valgt ettersom det er et naturlig arbeidsmedie og kan dekke både oppvarming og forvarming av tappevann.
- Varmetap i rør er ikke inkludert ettersom temperaturen på grunnvannet er tilnærmet lik temperaturen i bakken vil varmetapet være lite.
- Konstant varmekapasitet, c_p , for alle medier.
- Alle rørbend er 90°
- Varmepumpene brukes kun til å forvarme tappevannet slik at temperaturen ut av varmepumpene er maksimum 55°C .

Modellen inkluderer de byggene som allerede benytter grunnvann som energikilde på østsiden av Gaula. Det vil si Lena Terrasse, Nye Buen, Gamle Buen, Lenavegen 3, Idegården, Høvdingen, Melhuset, Oterholmgården, Thoragården og Losjeveien. Modellen inkluderer også nybyggene ved Melhustorget som bygges på dagens parkeringsplass og parkeringplass sør og selve Melhustorget, samt vestre tomt for Melhustorget, nybygg i Rådhusveien, Potten øst, tomt sør for Bedehuset, Melhustunet, Skysstasjonen sør og nord og det nye Rådhuset. I tillegg skal Brannstasjonen, som er et eksisterende bygg som ikke benytter grunnvannsvarmepumper per i dag, kobles på fellesnettet og er derfor inkludert i modellen.

Det er av interesse å sette opp en modell av systemet for å finne den nødvendige massestrømmen for å dekke det termiske effektbehovet og dermed hvilke diametre som kreves for å få distribuert vannet til de ulike byggene. Med bakgrunn i konseptutredningen og forslag om valg av trasé er en systemskisse over nettverket utviklet og presentert i Figur 34. Den røde linjene i Figur 34 er turrørene og de blå er returrørene. De heltrukne linjene i Figur 34 er distribusjonskretsen med avstikkere til varmevekslerene i byggene, markert med svart firkant. De stiplede linjene er avstikkere til grunnvannsvarmeveksleren, markert med grå firkant. De to grunnvannsvarmevekslerene ved Rådhuset har ikke stiplede linje ettersom de er en del av hovedkretsen. Distribusjonskretsen er delt inn i hovedkretsen som er punkt 1-26gr og flere mindre kretser. De mindre kretsen er avstikkere der flere bygg er koblet til samme avstikker. Krets A går fra punkt 1-25 og består av Rådhuset, Oterholm og Vestre tomt ved Melhustorget. Krets B går fra punkt 2-24 og består av Rådhusvegen og Lena Terrasse. Krets C går fra 9-17 og består av Dagens p-plass sør, Høvdingen, Bensinstasjonen, Skysstasjonen sør og nord og Melhustunet. Krets D går fra punkt 12-14 og består av Lenavegen 3 og Brannstasjonen. Krets E går fra punkt 11gr-14gr og består av to grunnvannsvarmevekslere ved Lenavegen 3 og Brannstasjonen. I tillegg til sirkulasjonspumpen som er tegnet inn som en svart sirkel er det også pumpe til hvert bygg og hver grunnvannsvarmeveksler som ikke er tegnet inn i Figur 34. Grunnvannsvarmevekslerene henter vann fra returen og enten varmer opp eller kjøler, alt etter om temperaturen i distribusjonskretsen ligger høyere eller lavere enn temperaturen på grunnvannet. Varmevekslerene til byggene henter vann fra turledningen og leverer tilbake til returen.

Tabell 17 under viser en oversikt over varmeeffekten til hver av varmesentralene i hvert av byggene og arbeidsmedie som brukes i noen av varmepumpene, der informasjon om dette er tilgjengelig. Varmeeffekten oppgitt i Tabell 18 er resultatene fra simuleringen av effektbehov i SIMIEN.



Figur 34: Skisse over systemet

Når utetemperaturen varierer over året vil også varmebehovet variere. Dette kan kompenseres ved å sirkulere mindre vannmengde i systemet for å minke pumpearbeidet og kunne holde temperaturene konstante. En annen styringsstrategi er å holde vannmengden konstant og variere temperaturen.

Varmesentral	Varmepumpe varmeeffekt [kW]	Arbeidsmedium
Lena Terrasse	350	R134a
Nye Buen	148	R410a
Gamle Buen	60	R410a
Lenavegen 3	296	-
Idegården	237,94	R407c
Høvdingen	175	-
Melhuset	126	R407c
Oterholmgården	100	-
Thoragården	210	-
Losjeveien	40	-

Tabell 17: Oversikt over varmesentralene i de eksisterende byggene (Nagelhus et al., 2019), (Riise, 2015)

Varmesentral	Varmepumpe varmeeffekt [kW]	Arbeidsmedium
Rådhuset	108,9	R290
Vestre tomt ved Melhustorget	29	R290
Rådhusveien	27,3	R290
Melhustorget	235,9	R290
Dagens P-plass Melhustorget	96,9	R290
Dagens P-plass sør	115,1	R290
Bensinstasjonen/Skysstasjonen	282,3	R290
Skysstasjonen nord	321,8	R290
Skysstasjonen sør	250,5	R290
Melhurstunet	1041	R290
Tomt sør for Bedehuset	49,34	R290
Potten øst	60,66	R290
Brannstasjonen	53,07	R290

Tabell 18: Oversikt over varmesentralene i nybyggene

Ettersom disse varmesentralene ikke er bygd ennå antas det at arbeidsmediene i varmepumpene blir valgt til å være et naturlig arbeidsmedium da andre arbeidsmedier holder på å fases ut. Antar at propan, R290, er et passende medium ettersom det har en temperaturrekkevidde som kan dekke både romoppvarming og oppvarming av tappevann.

7.1 Varierende effektbehov

7.1.1 Eksisterende bygg

Forskjellen mellom utetemperaturen og innetemperaturen bestemmer bygningens temperaturtap. Dette gjelder både varmetapet gjennom bygningsstrukturen og varmetapet på grunn av luftlekkasje og ventilasjon. Dimensjonerende utetemperatur defineres ofte som et steds kaldeste gjennomsnittstemperatur 3 dager på rad i en periode på 30 år. Utendørs design temperatur brukes som utgangspunkt for å finne en bygnings termiske behov. Observasjon av de 3 dagene med høyest temperatur er mindre interessant ettersom kjølebehovet hovedsakelig er bestemt av solinnstråling og intern varmforsyning (Novakovic et al., 2007). Dimensjonerende utetemperatur for Trondheim er -19°C . I Norge starter normalt sesongen for oppvarming når utetemperaturen faller under 11°C på høsten og varer til utetemperaturen stiger over 9°C på våren. Sesongen for oppvarming er derfor antall dager mellom disse to utetemperaturgrensene (Novakovic et al., 2007).

I de eksisterende byggene er det antatt at det kun er mulighet for oppvarming og ikke mulighet for kjøling. Dette er på grunn av at flere av byggene er gamle. For å finne et uttrykk for varierende varmebehov i de eksisterende byggene er dimensjonerende utetemperatur for Trondheim brukt ettersom det i SIMIEN er brukt klimadata for Trondeim. Ved dimensjonerende utetemperatur, altså -19°C , oppstår det største varmebehovet for hvert bygg og når temperaturen faller til 10° vil varmebehovet være lik null, utenom for tappevann. Temperaturen er satt til 10°C ettersom det er midt i mellom temperaturen som markerer starten på fyringssesongen, 11°C på høsten, og slutten av fyringssesongen, 9°C på våren.

Antar at lineære grafer for variasjonen i varmebehov er godt nok. For å finne en funksjonen for variasjonen i effektbehov for hvert av byggene er det tatt utgangspunkt i den lineære funksjonen $y=ax+b$. For å gi et eksempel på hvordan denne funksjonen blir brukt, brukes verdier fra Lena Terrasse. Maks effektbehov for Lena Terrasse er 350kW , dette oppstår ved -19°C som er dimensjonerende utetemperatur. Når utetemperaturen stiger til 10°C er varmebehovet lik 0. Dette resulterer i funksjonene 7.1 og 7.2.

$$350 = a \cdot (-19) + b \quad (7.1)$$

$$0 = a \cdot 10 + b \quad (7.2)$$

Som resulterer i likningen 7.3.

$$y = -12,069 \cdot x + 120,690 \quad (7.3)$$

Denne fremgangsmåten er brukt for alle de eksisterende byggene og de resulterende likningene er presentert i Tabell 19.

Varmesentral	Varmepumpe varmeeffekt [kW]	Lineær ligning
Lena Terrasse	350	$y = -12,069x + 120,690$
Nye Buen	148	$y = -5,103x + 51,034$
Gamle Buen	60	$y = -2,069x + 20,690$
Lenavegen 3	296	$y = -10,207x + 102,069$
Idegården	170	$y = -5,862x + 58,621$
Høvdingen	175	$y = 6,034x + 60,345$
Melhuset	126	$y = -4,345x + 43,448$
Oterholmgården	100	$y = -3,448x + 34,483$
Thoragården	210	$y = -241x + 72,414$
Losjeveien	40	$y = -1,379x + 13,793$

Tabell 19: Likninger for varierende varmebehov i de eksisterende byggene

Antar at varmepumpene for de eksisterende byggene er dimensjonert for rundt 60% av det totale varmebehovet for byggene, slik at den oppgitte effekten benyttes for å beregne funksjonene for varierende varmebehov etter utetemperatur.

7.1.2 Nybygg

For nybyggene er funksjonene fra Tabell 16 brukt og det er lagt inn en funksjon for kjøling og en for varme i modellen. For at varmebehovet ikke skal gå over maks effekten fra varmepumpene, som er 60% av effekten ved dimensjonerende utetemperatur som beskrevet tidligere, er det lagt inn en if-setning som returnerer maks verdien (60%) hvis varmebehovet overstiger denne verdien.

7.1.3 Kjøling i modellen

I modellen er det lagt inn mulighet for frikjøling i de nye byggene. Fra resultatene i fra SIMIEN beskrevet over er det ved hjelp av Excel laget plot for både kjøling og oppvarming basert på utetemperatur. Ligninger for varme og kjøling er lagt inn i modellen. For at EES skal vite om det er et kjøle- eller varmebehov er det lagt inn en if-setning som sier at det er et kjølebehov hvis kjølebehovet er større enn behovet for varme.

7.2 Tappevann

Tappevannforbruket vil variere over døgnet og ikke etter utetemperaturen i like stor grad som resten av varmebehovet. I store bygg brukes akkumuleringstanker og/eller beredere for at det ikke skal være nødvendig at varmpumpene produsere tappevannet umiddelbart når behovet oppstår, men at de heller produserer varmt vann som lagres på en akkumuleringstank og heller starter å produsere når temperaturen i tanken begynner å falle. I modellen er tappevannet lagt inn som en konstant last for nybyggene. Forutsetter at tappevann er inkludert i levert effekt fra varmpumpene i de eksisterende byggene.

Ettersom tappevannet er lagt inn som en konstant last i modellen vil varmpumpene produsere tappevann til en hver tid også når det er et kjølebehov.

Delområde navn	Effektbehov tappevann [kW]					
	Bolig	Kontor	Forretning	Sykehjem	Barnehage	Totalt
Melhus rådhus	-	21,83	-	-	-	21,83
Melhurstorget	36,32	-	27,29	-	-	63,61
Vestre tomt ved Melhurstorget	8,01	-	-	-	-	8,01
Dagens p-plass	14,87	-	8,67	-	-	23,54
Dagens p-plass sør	17,16	-	12,84	-	-	30
Tomt sør for Bedehuset	4,00	-	-	-	-	4,00
Rådhusveien og Lenavegen 3, sum	4,29	-	-	0,58	-	4,87
Idegården	-	-	-	2,3	-	2,3
Brannstasjonen	-	3,84	-	-	-	3,84
Melhurstunet	-	-	-	-	-	
Potten øst	71,5	48,00	80,25	-	-	199,75
Skysstasjonen og bensinstasjonen	5,01	-	-	-	9,62	14,63
Sør for Skysstasjonen	43,19	2,40	19,83	-	-	65,42
Nord for Skysstasjonen	20,23	10,76	12,78	-	-	43,77
	33,16	11,00	22,00	-	-	66,16

Tabell 20: Oversikt over effektbehov til oppvarming av tappevann for nybyggene

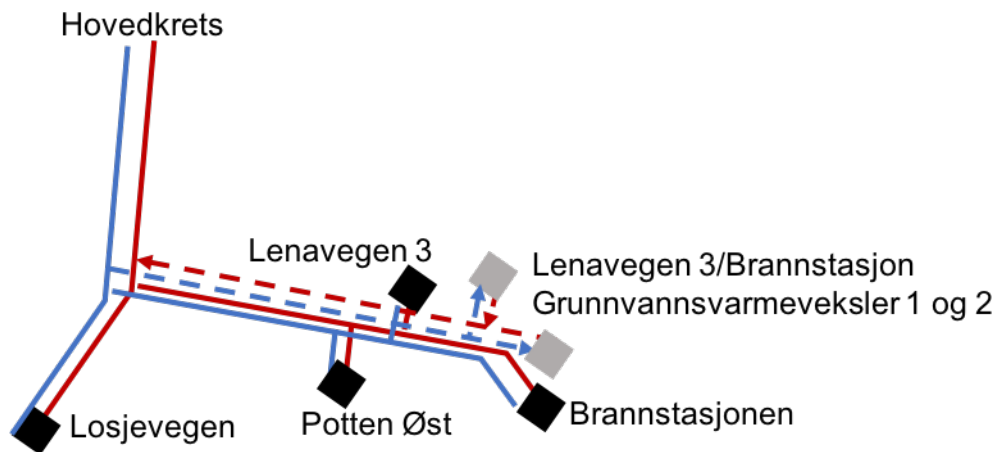
Setter tappevann som en konstant, slik at det er konstant oppvarming av tappevannet. Tappevann er ikke et av resultatene fra SIMIEN, slik at tall fra standarden er brukt for å finne effektbehovet til oppvarming av tappevann for hvert bygg. For å finne effektbehovet til oppvarming av tappevann er effektbehovet i Tabell 15 og arealene i Tabell 2-6 brukt. Arealet for hver av de ulike bygningstypene er multiplisert med effektbehovet oppgitt i W/m^2 og lagt sammen for å finne det totale effektbehovet til oppvarming av tappevann i hvert bygg, som er vist i Tabell 20. Etersom varmpumpene konstant produserer tappevann kunne den lavere temperaturen ut av varmeveksleren vært utnyttet til kjøling, dette er ikke lagt inn i modellen.

For å finne riktig vannmengde ved kjøling er en if-setning lagt inn, slik at den nødvendige vannmengden for å dekke produksjonen av tappevann er lagt sammen med den nødvendige vannmengden for å dekke kjølebehovet. Ved varmebehov blir den ekstra lasten til produksjon av tappevann lagt til effektbehovet for oppvarming.

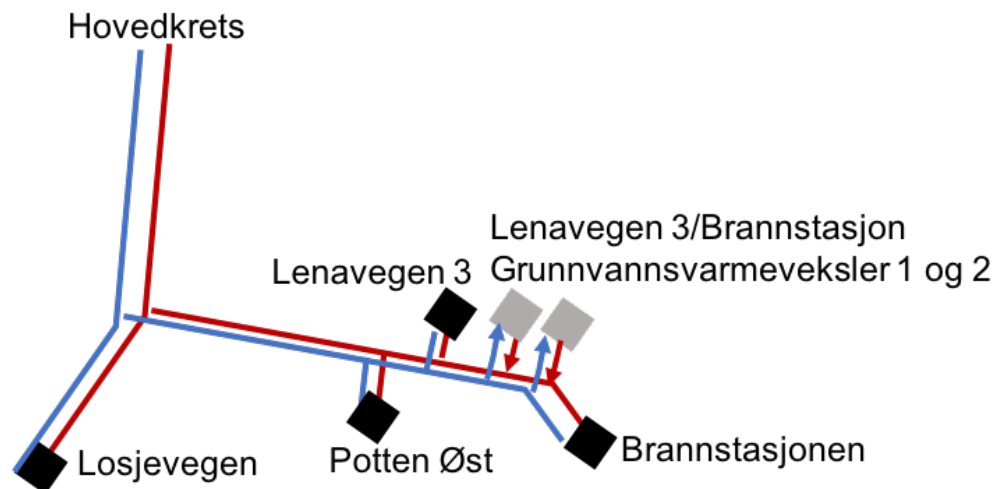
7.3 Grunnvannsvarmevekslere

I modellen er grunnvannsvarmevekslerne lagt inn med egne avstikkere slik at de leverer varme direkte til hovedkretsen, og ikke som en del av delkretsene med forsyning til byggene som vist i 34. Vannmengden som går gjennom hver varmeveksler til hvert av byggen bestemmes da av det totale varmebehovet eller kjølebehovet til byggene, slik at dette behovet blir dekket. Dette gir ekstra rør ettersom det må legges rør fra hovedkretsen til varmeveksleren, som ellers kunne vært unngått ved å koble varmevekslerne på samme mindre kretser som byggene.

En annen mulighet hadde vært å legge inn grunnvannsvarmevekslerne på samme krets som byggene, slik som vist i Figur 36. Til sammenligning viser Figur 35 hvordan grunnvannsvarmevekslerne er tilkoblet i modellen. Med denne løsningen, som vist i Figur 36, kunne det vært spart kostander av rør, men det ville også gjort systemet mer komplekst da systemet måtte ha hatt mulighet for toveis strømming. For de kretsene der grunnvannsvarmeveksleren har mindre kapasitet enn det totale varmebehovet til byggene på denne kretsen, må kretsen ha mulighet til å hente varme fra hovedkretsen i tillegg til den varmen grunnvannsvarmeveksleren leverer. Når varme- eller kjølebehovet i byggene blir mindre ettersom utetemperaturen endres vil kapasiteten på grunnvannsvarmeveksleren kunne overstige varme- eller kjølebehovet i kretsen og dermed oppstår det et behov for å levere varme til hovedkretsen. Den varme siden på den mindre kretsen må derfor ha mulighet for toveis strømming. En annen mulighet er at vannmengden gjennom grunnvannsvarmeveksleren reduseres, som er mulig så lenge de andre grunnvannsvarmevekslerne klarer å dekke det resterende varmebehovet til de andre byggene tilknyttet distribusjonskretsen. Er kapasiteten på grunnvannsvarmeveksleren større enn varmebehovet i avstikkeren leveres varme tilbake til hovedkretsen. Altså hentes vann fra den kalde returen i hovedkretsen og varmes opp i grunnvannsvarmeveksleren, før varme forsynes til byggene koblet til denne avstikkeren og overskuddsvarmen går tilbake til hovedkretsen og bidrar med varme til denne. Hvis kapasiteten til grunnvannsvarmeveksleren derimot er for liten, hentes varme fra turledningen i hovedkretsen og bidrar med å dekke varmebehovet i den mindre kretsen.



Figur 35: Tilkobling av grunnvannsvarmevekslerne slik som det er nå



Figur 36: Mulig løsning for tilkobling av grunnvannsvarmevekslerne

Ettersom toveis strømming gjør systemet mer komplekst ble det derfor valgt å koble grunnvannsvarmevekslerne direkte på hovedkretsen.

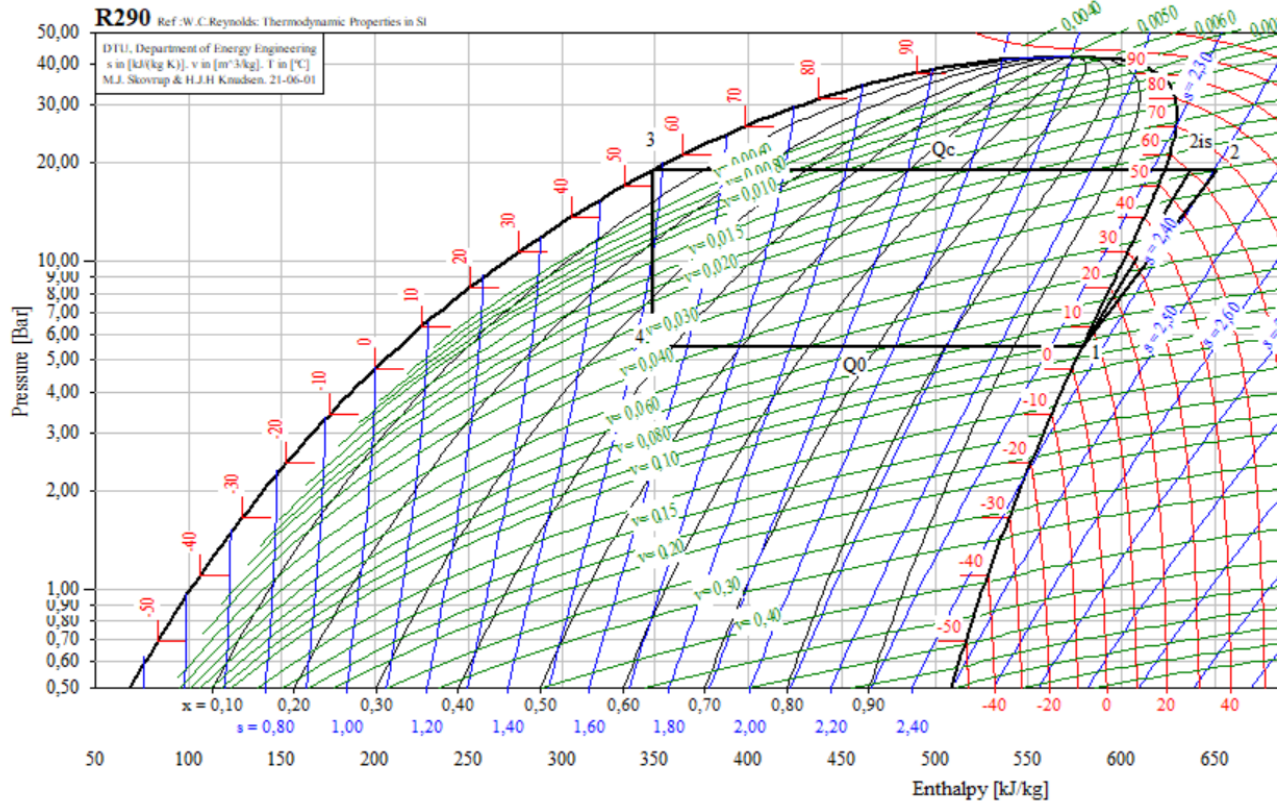
Ettersom kapasiteten til noen av brønnene er kjent som vist i Tabell 8 ble disse først satt til denne kapasiteten, konstant. De resterende brønnene ble deretter satt til å dekke det resterende effektbehovet slik at de alle produserte like mye grunnvann. Produksjonen av grunnvann i disse brønnene vil derfor variere med effektbehovet til de tilknyttede byggene i distribusjonskretsen.

Det viste seg at produksjonen av grunnvann ved Lenavegen 3/Brannstasjonen var for høy i modellen. Dette gjorde at massestrømmen fra punkt 14gr og oppover ble negativ, ettersom

grunnvannsvarmeveklserne produserte mer grunnvann enn det som var nødvendig for å dekke varmebehovet til byggene i krets D og Losjevegen. Vannmengden disse byggene leverte tilbake til returen var derfor ikke stor nok i forhold til det grunnvannsvarmeveklserene hentet fra returen. Dette kunne fungert hvis systemet hadde hatt mulighet for toveis strømming, noe det ikke har. Dette ble derfor løst ved å sette massestrømmen gjennom grunnvannsvarmevekslerne ved Lenavegen 3/Brannstasjonen lik det termiske effektbehovet til byggene i krets D pluss Losjevegen minus 1kg/s for at det skulle sirkulere noe videre til punkt 15 på grunn av at EES ikke klarer å beregne trykktap uten at det går en vannmengde mellom punktene.

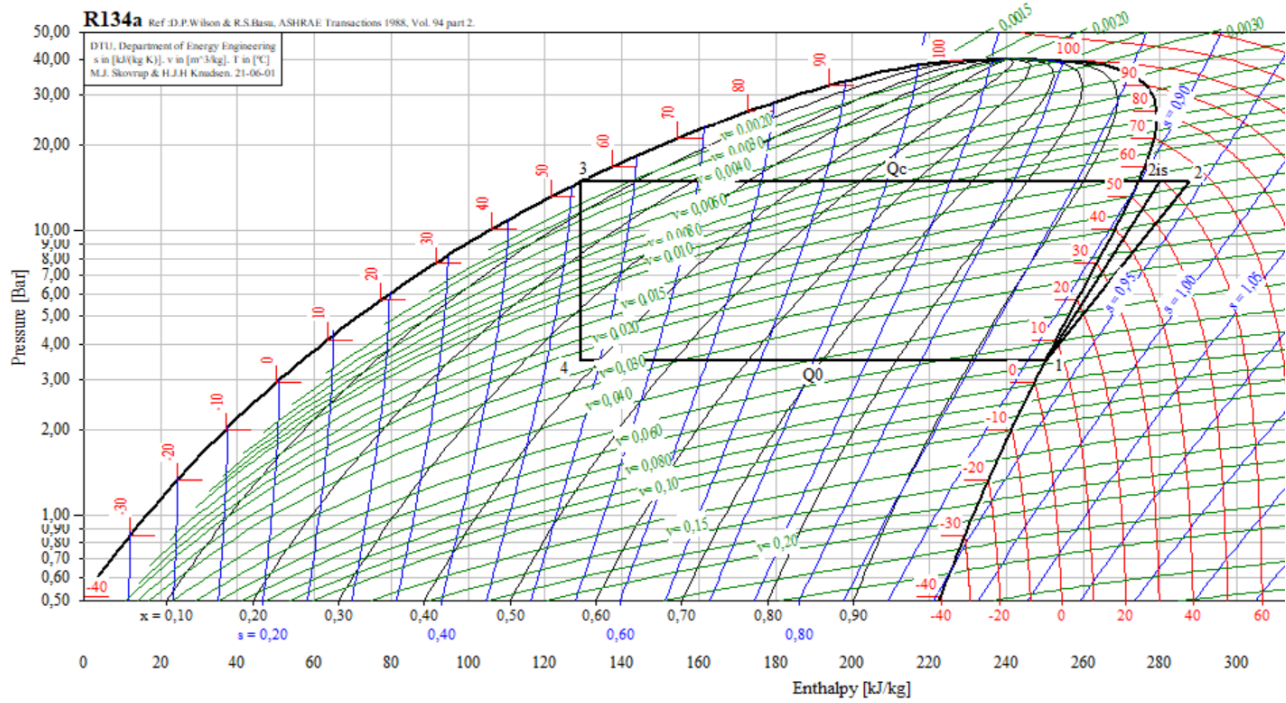
7.4 Beregning av vannmengde og varmepumpe

Ettersom varmeeffekten av hver varmepumpe for de eksisterende varmesentralene er kjent fra konseptutredningen, var dette en naturlig plass å starte. I mangel av informasjon om varmepumpene ble det antatt at arbeidsmediet er propan, R290, for alle varmepumpene der arbeidsmedium ikke er kjent. Deretter ble log(p)-h diagram, Figur 37, brukt for å bestemme et start punkt for varmepumpeprosessen. Figur 37-40 er bare en skisse som indikerer arbeidsprosessen for en varmepumpe og viser ikke eksakte trykk og temperaturer for varmepumpene i denne masteroppgaven. Utgangspunktet ble valgt til $T_3 = 55^\circ\text{C}$, ettersom det antas at varmepumpene skal brukes både til forvarming av varmtvann og oppvarming av bygg. Det er nødvendig med temperatur over 65°C for bruk til oppvarming av varmtvann på grunn av legionella. Ettersom alle byggene har egne varmepumper kan turtemperaturen til byggene tilpasses hvert enkelt bygg, ettersom ønsket turtemperatur til hvert bygg ikke er kjent er alle turtemperaturene satt til 55°C .



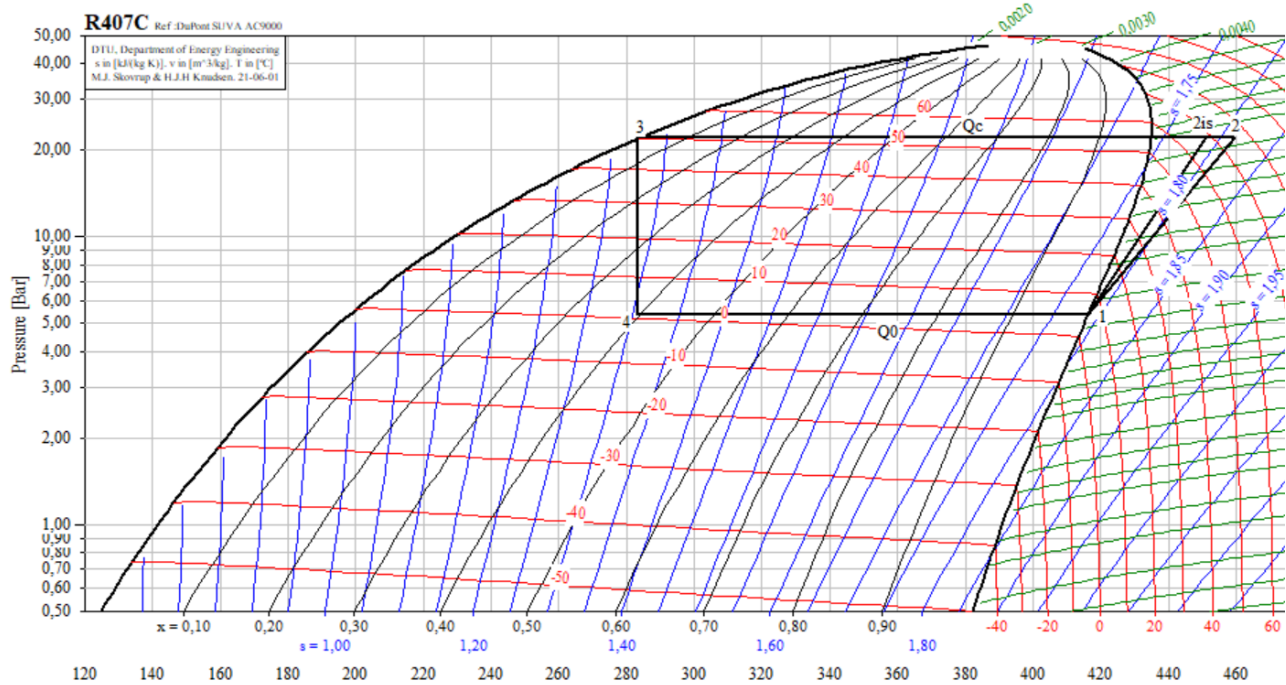
Figur 37: Varmepumpesyklus i et log(p)-h diagram for propan

Figur 37 viser log(p)-h diagrammet for propan, dette viser omtrentlig varmpumpesyklus for modellen.



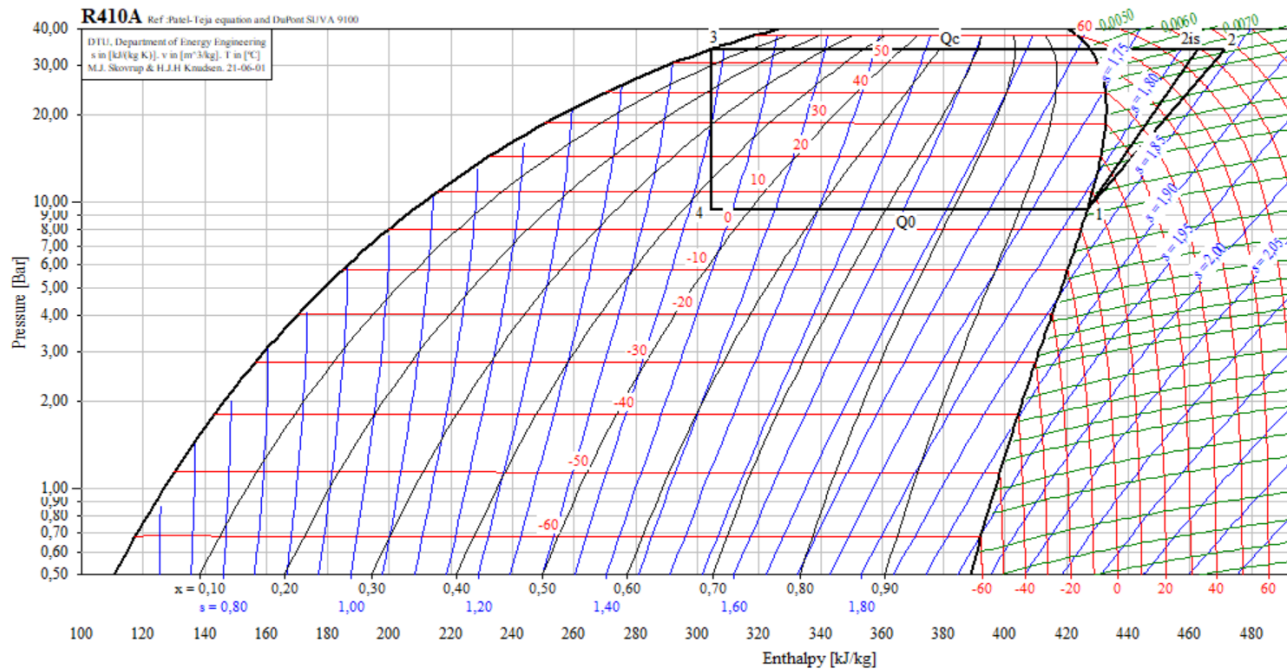
Figur 38: Varmepumpesyklus i et log(p)-h diagram for R134a

Figur 38 viser log(p)-h diagrammet for R134a, dette viser omtrentlig varmpumpesyklus for modellen.



Figur 39: Varmepumpesyklus i et log(p)-h diagram for R407C

Figur 39 viser log(p)-h diagrammet for R407C, dette viser omtrentlig varmepumpesyklus for modellen.



Figur 40: Varmepumpesyklus i et log(p)-h diagram for R410A

Figur 40 viser log(p)-h diagrammet for R410A, dette viser omtrentlig varmepumpesyklus for modellen.

Fra temperaturen i punkt 3, T_3 ble metningstrykket i punkt 3 funnet. Deretter ble trykket i punkt 1, P_1 , satt til metningstrykket ved temperaturen av grunnvannet minus en antatt temperaturdifferanse mellom kald og varm side i grunnvannsvarmeveksleren på 2°C . Temperaturen i distribusjonskretsen og dermed temperaturen inn på fordamperen er derfor til å begynne med satt til 5°C konstant. Ved dette metningstrykket og temperaturen ble h_1 og s_1 funnet ved hjelp av innebygde funksjoner i EES. Ettersom $s_2 = s_1$ ble dette brukt til å finne den isentropiske entalpien i punkt 2. Deretter ble den isentropiske entalpien brukt til å regne ut den virkelige entropien ved hjelp av formel 7.4.

$$h_2 = h_1 + \frac{(h_{2,is} - h_1)}{\eta_{is}} \quad (7.4)$$

h_3 ble deretter funnet fra det valgte startpunktet P_3 og T_3 og $h_4 = h_3$. COP til varmepumpene

ble så beregnet fra formel 7.5.

$$COP = \frac{Q_c}{W} = \frac{(h_2 - h_3)\dot{m}}{(h_2 - h_1)\dot{m}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad (7.5)$$

Når COP er kjent kan kompressorarbeidet, W , beregnes ettersom varmepumpenes varmeeffekt er kjent. Den ble funnet ved formel 7.6.

$$W = \frac{Q_c}{COP} \quad (7.6)$$

Deretter ble nødvendig varme i fordamperen, Q_0 , for at varmepumpen skal levere den oppgitte varmeeffekten funnet, ved hjelp av formel 7.7.

$$Q_0 = Q_c - W \quad (7.7)$$

Når nødvendige varmebehov er kjent kan både massestrømmen av arbeidsmedie og vann beregnes, altså massestrømmen både på kald og varm side av fordamperen, fra formel 7.8.

$$Q_0 = \dot{m}c_p\Delta T \quad (7.8)$$

Ligning 7.8 er snudd om for å få ligningene 7.9 og 7.10.

$$\dot{m}_{\text{arbeidsmedie}} = \frac{Q_0}{h_1 - h_4} \quad (7.9)$$

$$\dot{m}_{\text{vann}} = \frac{Q_0}{c_p(T_{co} - T_{ci})} \quad (7.10)$$

Der T_{co} er temperaturen ut av grunnvannsvarmeveksleren på kald siden og dermed temperaturen på vannet i kretsen og temperaturen inn på fordamperen. Ettersom temperaturene først er satt til å være konstant, antas det at temperaturen inn på grunnvannsvarmeveksleren er lik temperaturen ut av fordamperen. I prinsippet er det altså regnet baklengs slik at temperaturen inn på grunnvannsvarmevekslerne er funnet ved å bestemme en virkningsgrad i tillegg til returtemperaturen på grunnvannet.

Når det oppstår et kjølebehov for nybyggene må nødvendig massestrøm beregnes på en annen måte. Ettersom det er frikjøling må hele kjølebehovet dekkes av vannet i distribusjonskretsen i motsetning til ved varmebehov der varmepumpene bidrar. Vannmengden ved kjøling regnes derfor ut i fra formel 7.11.

$$\dot{m}_{\text{vann,kjøling}} = \frac{Q_{\text{kjøling}}}{c_p(T_{co} - T_{ci})} \quad (7.11)$$

På grunn av at varmepumpene ikke bidrar ved frikjøling vil det kreves en større massestrøm for å dekke det samme effektbehovet ved kjøling enn ved oppvarming.

For å finne total massestrøm er nødvendig massestrøm for hver enkel varmesentral summert sammen.

7.5 Beregning av temperaturer

ΔT er bestemt av temperaturen på grunnvannet og størrelsen på varmeveksleren ettersom det vil være en temperaturdifferanse mellom kald og varm side i varmeveksleren og jo større varmeveksler jo mindre temperaturdifferanse. Ettersom det i rapporten etter konseptutredningen er anbefalt å ikke tilsette glykol i distribusjonskretsen bør ikke temperaturen på vannet gå under 2-3°C, for å være sikker på at vannet i denne kretsen ikke fryser.

Virkningsgraden for grunnvannsvarmeveksleren er satt til 0,7. Grunnen til det er utfellinger og begroing i varmeveksleren på grunnvannssiden som gir dårligere varmeoverføringsevne. Nagelhus et al. (2019) anbefaler en lokal krets med en varmeveksler mellom distribusjonskretsen og hvert bygg, dette gjør at det blir et temperaturfall til før vannet når fordamperne. Denne løsningen anbefales for å kunne ha en glykolblanding i den lokale forsyningskretsen slik at vannet ikke fryser i fordamperen. Dette er ikke lagt inn i modellen.

For å regne ut temperaturen ut av grunnvannsvarmevekslerne brukes ligning 7.12.

$$\epsilon = \frac{T_{hi} - T_{ho}}{T_{hi} - T_{ci}} \quad (7.12)$$

Der ϵ er virkningsgraden av varmeveksleren, som er satt til $\epsilon=0,7$ som nevnt i avsnittet over. T_{hi} er temperaturen inn i varmeveksleren på varm side, T_{ho} er temperaturen ut av varmeveksleren

på varm side og T_{ci} er temperaturen inn i varmeveksleren på kald side.

Temperaturen på grunnvannet som kommer inn på grunnvannsvarmeveksleren, T_{hi} , er satt til å være konstant lik 7°C og temperaturen ut av grunnvannsvarmeveksleren, T_{ho} , til 3°C . Temperaturen inn på grunnvannsvarmeveksleren er valgt ut i fra temperaturen på grunnvannet som er rundt 7°C tilnærmet konstant over hele året. Temperaturen ut av grunnvannsvarmeveksleren på grunnvannssiden er satt til 3°C for å være sikker på at vannet ikke fryser ved noe tidspunkt, samtidig som det er ønskelig med høyest mulig ΔT for å utnytte mest mulig av varmen. I tillegg er T_{ho} med på å bestemme T_{ci} , ettersom det vil være en temperaturredifferanse mellom disse to temperaturene kan ikke T_{ho} være for lav da T_{ci} vil ligge rundt et par grader lavere. Disse temperaturene blir brukt i ligning 7.12 og får $T_{ci}=1,286^\circ\text{C}$. Denne temperaturen er egentlig litt lav med tanke på at distribusjonskretsen ikke er frostsikret.

Setter først temperaturen ut av varmeveksleren på kald side til å være konstant, $T_{co}=5^\circ\text{C}$. Som gjør at temperaturen inn på fordampere blir 5°C . Dette er gjort slik at ΔT mellom den varmeste temperaturen på begge sider av grunnvannsvarmeveksleren blir 2°C . Dette gjør at grunnvannsvarmeveksleren må være relativt stor men ettersom temperaturen på grunnvannet ikke er så høy til å begynne med må det medregnes en stor varmeveksler for at temperaturen på vannet i distribusjonskretsen ikke skal bli altfor lav.

Ettersom varmetap i rørene på distribusjonssiden ikke er tatt hensyn til er vanntemperaturen inn på alle varmevekslerne lik, slik at alle varmepumpene får samme temperatur inn på fordampere. Temperaturen ut av varmevekslerene er også satt til å være konstant slik at alle varmepumpene får samme temperatur ut av fordampere. Dette er ikke helt reelt da returtemperaturen ville variert med vannmengden.

7.6 Beregning av trykktap

Videre er trykktapet i kretsen beregnet. For å beregne friksjonstapet i rørene er den innebygde funksjonen “pipeflow” i EES brukt. For at EES skal klare å regne ut friksjonstapet i fra punkt 1 til 2 ved hjelp av denne funksjonen må P_1 , T_1 , \dot{m} , D , L og *relativ ruhet* være kjent. Ruhetsfaktoren for å regne ut relativ ruhet er hentet fra (Pipelife, 2007) for PE rør med diameter over 200mm og er $k=0,05$. Denne konstanten er brukt i formelen 7.13.

$$\text{Relativ ruhet} = \frac{k}{D} \quad (7.13)$$

Funksjonen “pipeflow” i EES gir friksjonstapet i Pascal som brukes i formel 7.14 for å regne om til friksjonstap i meter.

$$h_f = \frac{\Delta P}{\rho g} \quad (7.14)$$

7.6.1 Trykktap i bend, T-knutepunkt og endringer i rørdiameter

For å beregne trykktap i bend, T-knutepunkt og plutselige endringer i rørdiameter benyttes formelen 7.15.

$$h_{sm} = K \frac{u^2}{2g} \quad (7.15)$$

Der u er hastigheten og K er en konstant for bend, T-knutepunkt eller endring i rørdiameter. I modellen er det brukt $K=1,10$ hentet fra (Karoliussen, 2016) som gjelder for 90° bend.

For T-knutepunkt er K avhengig av om det er strømning rett frem eller til en avgreining. For rett strømning er $K=0,35$ og for strømning til en avgreining er $K=1$ (Karoliussen, 2016). K for endring i rørdiameter er hentet ut fra en tabell avhengig av om rørdiameteren blir større eller mindre. K velges fra forholdet d/D der d er den minste diameteren og D den største (Karoliussen, 2016).

7.6.2 Trykktap i varmevekslerene

For å finne endringen i trykktapet gjennom varmevekslerene med endring i massestrømmen er sammenhengen $\Delta P \sim \dot{V}^2$ brukt, der \dot{V} er volumstrømmen. Varmeveksleren dimensjoneres for 0,5bar ved den største massestrømmen slik at det største trykktapet i varmeveksleren blir 0,5bar.

$$\Delta P_{dim} = k \cdot \dot{V}_{dim}^2 = 0,5 \quad (7.16)$$

Dette gir formelen 7.17 som er brukt i modellen for endringen i trykktap gjennom varmeveksleren med varierende massestrøm.

$$\Delta P = \left(\frac{\dot{V}}{\dot{V}_{dim}} \right)^2 \cdot 0,5 \quad (7.17)$$

7.6.3 Trykktap i hvert punkt

For å beregne trykk i hvert punkt er Bernoulliligningen brukt, formel 7.18.

$$\frac{P_1}{\rho_1 g} + \alpha_1 \frac{u_1^2}{2g} + z_1 + h_p = \frac{P_2}{\rho_2 g} + \alpha_2 \frac{u_2^2}{2g} + z_2 + h_l \quad (7.18)$$

Første ledd i ligning er det statiske trykket, $\frac{P}{\rho g}$, andre ledd er det dynamiske trykket, $\alpha \frac{u}{2g}$, og det siste leddet er det geodetiske trykket z_1 . Summen av det geodetiske- og statiske trykket kalles trykknivå, mens summen av geodetisk-, statisk- og dynamisk trykk kalles energinivå. Energienivået representerer den mekaniske energien i væsken, kalt head på engelsk. Det er mengden av mekanisk energi en pumpe må øke for å sirkulere vannet (Hansen, 2013). h_p er trykkøkningen pumpen gir og h_l er head loss fra punkt 1 til 2, inkludert friksjonstap og tap i bend. Trykktapet gjennom varmevekslere er også inkludert i denne der dette er aktuelt. For å balansere trykkene i knutepunktene og for å få riktig vannmengde til byggene, er det satt inn pumper for alle avstikkerne til grunnvannsvarmevekslerne og alle byggene.

α er hastighetskoeffisienten, som benyttes for å kompensere dersom hastighetsprofilen på strømmingen ikke er jevnt forelt over tverrsnittet. Hastighetskoeffisienten multipliseres med gjennomsnittlig hastighet for å finne det dynamiske trykket i Bernoulli ligningen. Hastighetskoeffisienten viser forholdet mellom den virkelige kinetiske energien for hastighetsprofilen til strømmingen og den kinetiske energien til gjennomsnittlig hastighet (Hansen, 2013). Større forskjell i hastighetsprofilen gir større α . α kan beregnes med formel 7.19

$$\alpha = \frac{\int_A u^3 dA}{V^3 A} \quad (7.19)$$

Hvor u er punkthastigheten i tverrsnittet av røret. For laminær strømming er α vanligvis lik 2, for sirkulære rør, og mellom 1,0-1,15 for turbulent strømming nesten uansett tverrsnitt (Hansen, 2013). I de fleste vanddistribusjonssystemer er strømmen vanligvis turbulent slik at α antas å være lik 1,0 slik at det dynamiske trykket blir $\frac{u^2}{2g}$ (*4 Pipelines and Pipe Network Hydraulics - I* 2013).

For lukkede distribusjonssystemer hvor vannet sirkulerer kontinuerlig må ikke motstand på grunn av høydeforskjeller i anlegget overvinnes. Væsken som transporteres i et systemet med høydeforskjell vil bli påvirket av et statisk trykk som følge av vekten av vannsøylen, det geodetiske

trykket. Den samme væsken transporteres tilbake til utgangspunktet og vil da få det samme geodetiske trykket som gjør at disse trykkene utligner hverandre. Det er derfor kun motstanden i rør og komponenter som må overvinnnes for at væsken skal sirkulere i anlegget (Hansen, 2013).

Som nevnt ble formel 7.18 brukt til å beregne trykket i hvert punkt. Dette ble gjort ved at trykket rett etter hovedsirkulasjonspumpen for vannet ble bestemt, dette trykket ble satt til 3bar Slik at trykket i punkt 1 er kjent. Et ligningsett med Bernoulli ble deretter satt opp for å finne trykket i punkt 2 sammen med ligningene for trykktap slik at EES kunne iterere seg til en løsning for systemet av ligninger.

7.6.4 Høydeforskjell

Høydeforskjellen mellom de forskjellige punktene, er beregnet fra z oppgitt i Tabell 21.

Brønn	Type	z, moh. [m]
Lena Terrasse	Produksjon	25,40
	Retur	22,89
Nye Buen	Produksjon	18,12
	Retur	-
Gamle Buen	Retur	-
Lenavegen 3	Produksjon	17,82
Idegården	Produksjon	18,46
	Retur	18,41
Høvdingen	Produksjon	-
	Retur 1	-
	Retur 2	-
Melhuset	Produksjon	18,18
Oterholmgården	Produksjon	18,45
	Retur	18,53
Thoragården	Produksjon	18,15
	Retur	-
Losjeveien	Retur	-

Tabell 21: Oversikt over de eksisterende brønnene
(Riise, 2015)

Alle brønnene i Tabell 21 skal ikke videreføres i fellesnettets i henhold til konseptutredningen

(Nagelhus et al., 2019), men bruker disse høydene for å definere plasseringen av byggene i modellen i mangel på informasjon om hvor varmevekslerne er plassert. Ettersom det mangler informasjon om en del av byggene, inkludert Rådhuset og Høvdingen, er dette hentet fra kommunekart.no, noe som er mindre nøyaktig enn målingene gjort av Riise (2015).

Høydene i de ulike punktene som er brukt i modellen er vist i Tabell 23:

Punkt fra	Punkt fra	Avstikker	z [m]
27gr	28	Rådhuset 1 grunnvannsvarmeveksler	18
27gr	28gr	Rådhuset 2 grunnvannsvarmeveksler	18
1	27	Krets A	18
1	26gr	Lena Terrasse grunnvannsvarmeveksler	18
2	26	Krets B	18
3	25	Melhustorget	17
4	24	Nye Buen	18,12
4gr	23gr	Nye Buen grunnvannsvarmeveksler	18,12
5	23	Melhuset	18
5gr	22gr	Melhuset grunnvannsvarmeveksler	18
6	22	Dagens P-plass ved Melhustorget	18
7	21	Gamle Buen	18,46
7gr	20gr	Idegården 1 grunnvannsvarmeveksler	18,46
8	20	Idegården	18,46
8gr	19gr	Idegården	18,46
9	19	Krets C	18
10	18	Tomt sør for Bedehus	18
11	17	Energigården	17
12	16	Thoragården	17
12gr	15gr	Krets D	17
13	15	Losjeveien	17
14			17

Tabell 22: Høyde ved de forskjellige punktene brukt i modellen

Punkt fra	Punkt fra	Avstikker	z [m]
A1	A4	Rådhuset	18
A2	A3	Oterholm/Vestre tomt ved Melhustorget	18,45
B1	B2	Lena Terrasse/Rådhusveien	22,89
C1	C10	P-plass sør	19
C2	C9	Høvdingen	19
C3	C8	Bensinstasjonen	18
C4	C7	Skysstasjonen Nord	18
C5	C6	Skysstasjonen sør/Melhustunet	19
D1	D4	Potten øst	16
D2	D3	Lenavegen 3/Brannstasjonen	17,82

Tabell 23: Høyde ved de forskjellige punktene på avstikkerne brukt i modellen

For punkt B1-B2 Lena Terrasse/Rådhusveien er høyden for returbrønnen ved Lena Terrasse brukt ettersom denne ligger nærmest i plassering. Bruker høyden til Idegåren for Gamle Buen ettersom disse ligger så nært hverandre. Høyden ved Melhuset er hentet fra kommunekart.no, selv om høyden ved brønnen er kjent, ettersom plasseringen av brønnen er et stykke fra knutepunktene.

Høyden for Rådhuset er hentet fra kommunekart. For punktet ved Vestre tomt ved Melhustorget og Oterholmgården, punkt A2 og A3, er høyden ved produksjonsbrønnen til Oterholmgården brukt. Punktet Lenavegen 3/Brannstasjon, punkt D2 og D3, er satt til høyden ved produksjonsbrønnen ved Lenavegen 3. For de resterende byggene er høyden hentet fra kommunekart.no.

7.6.5 Diameter og lengde på rør

Tabell 24 viser en oversikt over diameteren på rørene i hovedkretsen og Tabell 25 - 31 viser en oversikt over diameteren på rørene i de mindre kretsene og avstikkerne som er brukt i modellen samt lengden av rørene mellom de ulike punktene. Henviser til Figur 34 for forklaring på punktene.

Punkt	Lengde [m]	Diameter [m]
1-2	0,5	0,25
2-3	50	0,25
3-4	30	0,25

4-4gr	1	0,25
4gr-5	40	0,35
5-5gr	1	0,35
5gr-6	25	0,35
6-7	60	0,35
7-7gr	5	0,35
7gr-8	5	0,35
8-8gr	1	0,35
8gr-9	50	0,4
9-10	25	0,1
10-11	105	0,1
11-11gr	0,5	0,05
11gr-12	0,5	0,15
12-13	60	0,04
13-14	60	0,04
14-14gr	0,5	0,15
14gr-15	0,5	0,09
15-16	105	0,1
16-17	25	0,125
17-17gr	50	0,4
17gr-18	1	0,4
18-18gr	5	0,4
18gr-19	5	0,3
19-20	60	0,25
20-20gr	25	0,25
20gr-21	1	0,25
21-21gr	40	0,25
21gr-22	1	0,25
22-23	30	0,25
23-24	50	0,25
24-24gr	0,5	0,25
24gr-25	0,5	0,25
25-25gr	25	0,25
25gr-26	1	0,2
25gr-26gr	1	0,2
26-26gr	0,5	0,2
26gr-1	25	0,25

Tabell 24: Diameter og lengde mellom punktene på hovedkretsen brukt i modellen

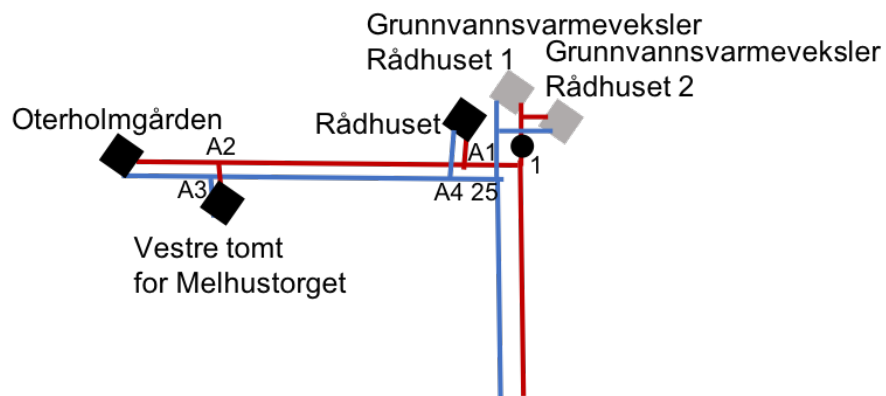
Navn	Punkt	Lengde [m]	Diameter [m]
Rådhuset	A1-A4	50	0,065
Vestre tomt for Melhustorget	A2-A3	10	0,04
Oterholmgården	A2-A3	100	0,1
Lena Terrasse	B1-B2	150	0,1
Rådhusveien	B1-B2	100	0,04
Melhustorget	3-23	50	0,08
Nye Buen	4-22	50	0,065
Melhuset	5-21	230	0,065
Dagens P-plass	6-20	50	0,05
Gamle Buen	7-19	50	0,05
Idegården	8-18	50	0,05
P-plass sør	C2-C9	50	0,065
Høvdingen	C1-C10	10	0,08
Bensinstasjonen	C3-C8	50	0,1
Skysstasjonen sør	C4-C7	50	0,1
Skysstasjonen nord	C5-C6	50	0,1
Melhurstunet	C5-C6	60	0,2
Bedehuset	10-16	100	0,05
Thoragården	11-15	300	0,09
Potten øst	D1-D4	50	0,1
Lenavegen	D2-D3	50	0,1
Brannstasjonen	D2-D3	150	0,05
Losjeveien	12-13	120	0,04

Tabell 25: Diameter og lengde mellom punktene på avstikkerne brukt i modellen

Punkt	Bygg	Lengde [m]	Diameter [m]
1-A1		25	0,1
A1-A2		80	0,1
A1-A4	Rådhuset	50	0,065
A2-A3	Oterholm	100	0,1
A2-A3	Vestre tomt for Melhustorget	10	0,04
A3-A4		80	0,08
A4-25		25	0,1

Tabell 26: Delkrets A

Et utsnitt av Figur 34 for delkrets A er vist i Figur 41 for å gi leseren en forståelse for punktene.

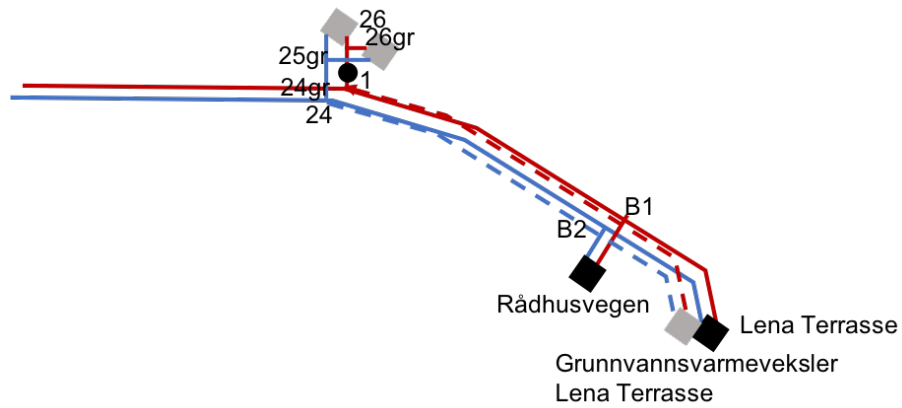


Figur 41: Delkrets A

Punkt	Bygg	Lengde [m]	Diameter [m]
2-B1		150	0,125
B1-B2	Lena Terrasse	150	0,1
B1-B2	Rådhusveien	100	0,04
B2-24		150	0,125

Tabell 27: Delkrets B

I Figur 42 er et utsnitt av delkrets B fra Figur 34 vist.

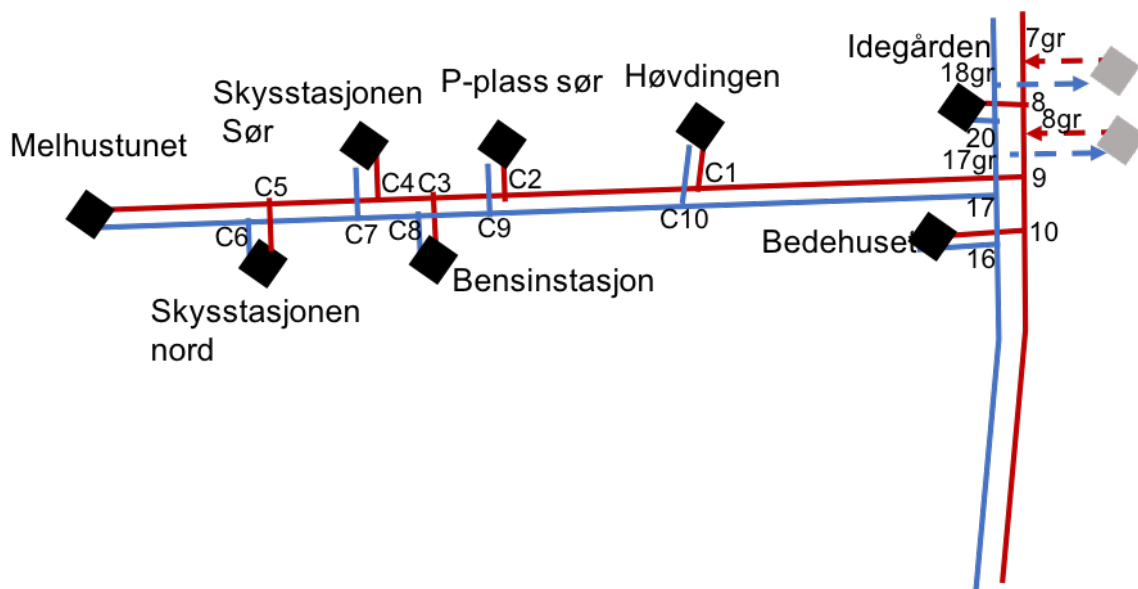


Figur 42: Delkrets B

Punkt	Bygg	Lengde [m]	Diameter [m]
9-C1		110	0,4
C1-C2		65	0,4
C1-C10	P-plass sør	50	0,065
C2-C3		25	0,4
C2-C9	Høvdingen	10	0,08
C3-C4		10	0,35
C3-C8	Bensinstasjon	50	0,1
C4-C5		40	0,3
C4-C7	Skystasjon sør	50	0,1
C5-C6	Skystasjon nord	50	0,1
C5-C6	Melhurstunet	60	0,2
C6-C7		40	0,3
C7-C8		10	0,3
C8-C9		25	0,3
C9-C10		65	0,3
C10-17		110	0,4

Tabell 28: Delkrets C

I Figur 43 er et utsnitt av delkrets C fra Figur 34 vist.

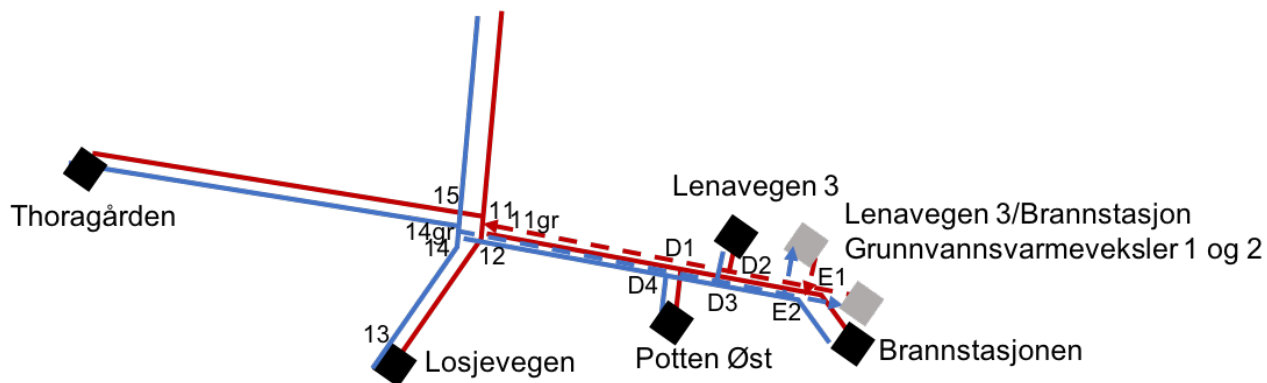


Figur 43: Delkrets C

Punkt	Bygg	Lengde [m]	Diameter [m]
12-D1		75	0,15
D1-D2		25	0,125
D1-D4	Potten	50	0,1
D2-D3	Lenaveien 3	50	0,1
D2-D3	Brannstasjon	150	0,05
D3-D4		25	0,125
D4-14	5-21	75	0,15

Tabell 29: Delkrets D

I Figur 44 er et utsnitt av delkrets D og E fra Figur 34 vist.



Figur 44: Delkrets D og E

Punkt	Navn	Lengde [m]	Diameter [m]
14gr-E1		150	0,125
E1-E2	Lenavegen 3 grunnvannsvarmeveklser 1	10	0,1
E1-E2	Lenavegen 3 grunnvannsvarmeveksler 2	10	0,1
E2-11gr		150	0,1

Tabell 30: Delkrets E

Navn grunnvannsvarmeveklser	Punkt	Lengde [m]	Diameter [m]
Rådhuset 1	27gr-28	1	0,2
Rådhuset 2	27gr-28gr	1	0,2
Lena Terrasse	25gr-2gr	450	0,2
Buen	23gr-4gr	50	0,2
Melhuset	22gr-5gr	230	0,1
Idegården 1	20gr-7gr	50	0,125
Idegården 2	8gr-19gr	50	0,2
Lenavegen 3 og brannstasjonen 1	E1-E2	50	0,1
Lenavegen 3 og brannstasjonen 2	E1-E2	50	0,1

Tabell 31: Diameter og lengde mellom punktene på avstikkerne brukt i modellen

I følge (Pipelife, 2007) anbefales normalt vannhastigheter mellom 0,5 - 2,0 m/s i kommunale vannledninger, det er da snakk om vann og avløpsledninger, men antar at er overførbart for denne typen rørsystemer. Rørdiameterer er derfor valgt etter en kombinasjon av å prøve å holde hastigheten på vannet mellom 0,5-2m/s og etter standard rørdimensjoner fra (CRANE Co. Engineering Department, 2013). Disse diameterene gjelder for stålrør, men antar at disse også er gjeldende for plastrør da Pipelife i følge deres egen nettside produserer plastrør med dimensjonene 20-2500mm (Pipelife, udatert).

7.7 Pumpearbeid

For å beregne pumpearbeid er formel 7.20 brukt. Dette er effekten ut av pumpen altså den effekten pumpen tilfører vannet.

$$P_w = \dot{m}gh_p \quad (7.20)$$

Deretter er formel 7.21 brukt for å finne pumpens tilførte effekt. Der η_p er pumpens virkningsgrad som er satt til 0,8 for alle pumpene i modellen. For pumper med varierende turtall vil virkningsgraden variere med turtallet, derfor er 0,8 benyttet som en gjennomsnittlig virkningsgrad.

$$P_p = \frac{P_w}{\eta_p} \quad (7.21)$$

7.8 Varierende vannmengde

For å regulere sirkulert vannmengde i systemet benyttes turtallsregulering av pumpene som vil si at pumpene girer ned når varmebehovet og dermed massestrømmen i systemet minker. Dette gjør at temperaturene i systemet holdes konstante og pumpearbeidet blir mindre. Dette er gjort ved å beholde T_{co} konstant, som er temperaturen ut av grunnvannsvarmeveksleren og inn på fordampere, slik som den ble satt til å begynne med som beskrevet i kapittel 7.5. Massestrømmen gjennom hver varmeveksler vil da endre seg etter varmebehovet i hver bygning mens temperaturen i systemet og temperaturen ut av varmepumpen holdes konstant. Massestrømmen reguleres ut i fra byggets effektbehov, som igjen er avhengig av om det er et varmebehov eller kjølebehov. Massestrømmen bestemmes av energimengden varmepumpen trenger for å dekke varmebehovet eller energimengden som er nødvendig for å dekke kjølebehovet ved det tidspunktet, alt etter om det er et kjølebehov eller varmebehov. Med konstante tur- og returtemperaturer finner en da vannmengden ved et varmebehov med ligning 7.22 og ved et kjølebehov ligning 7.23.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_o}{T_{co} - T_{ci}} \quad (7.22)$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{kjøling}}{T_{co} - T_{ci}} \quad (7.23)$$

Som en ser fra ligningene 7.22 og 7.23, når effektbehovet varierer og både T_{co} og T_{ci} er konstant er det kun massestrømmen som kan endres for å få riktig varme- eller kjøleavgivelse til bygget.

7.9 Varierende temperatur

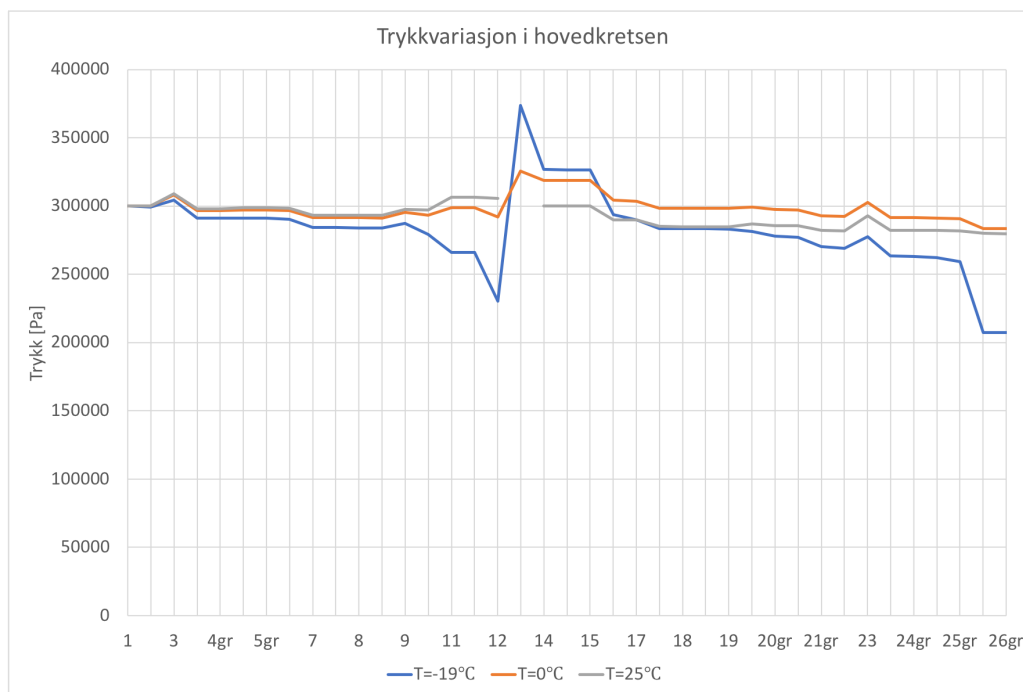
Varierende temperaturer i systemet vil gi konstant trykk og vannmengde. For å variere temperaturene i kretsen settes massestrømmen gjennom hver varmeveksler i systemet konstant lik den maksimale massestrømmen. For noen av byggene vil massestrømmen til kjøling på den varmeste dagen i året overstige den maksimale massestrømmen ved dimensjonerende utetemperatur. Dette kommer, som nevnt tidligere, av at det ved frikjøling er behov for en større vannmengde for å dekke det samme effektbehovet, som kan sees fra ligning 7.22 og 7.23. Q_o vil være mindre enn $Q_{kjøling}$ ved samme effektbehov ettersom varmpumpene vil bidra ved et varmebehov slik at $Q_c = Q_o + W$.

Når effektbehovet, \dot{Q} , varierer, massestrømmen er konstant og den spesifikke varmekapasiteten, c_p , for vannet er konstant, er det kun ΔT som kan endes. Temperaturen i turledningen av distribusjonskretsen er bestemt av temperaturen ut av grunnvannsvarmeveksleren. Temperaturen på vannet i returledningen er bestemt av temperaturen ut av fordamperen i varmpumpen. Ettersom temperaturen ut av fordamperen nå ikke er konstant vil den variere med det termiske effektbehovet til det tilkoblede bygget. Temperaturen ut av fordamperene er derfor ikke lengre like for hele kretsen slik som for reguleringsprinsippet beskrevet over. Temperaturen ut av grunnvannsvarmeveksleren vil også kunne variere ettersom temperaturen ut av fordamperne og dermed temperaturen inn i grunnvannsvarmeveksleren endres. Dette kommer også an på om grunnvannsmengden er konstant eller ikke.

8 Resultater og Diskusjon

For å vurdere driftstrategien med mengderegulering, som vil si varierende massestrøm og konstante temperaturer, er forskjellige driftsituasjoner simulert. En temperaturen for vinterdrift er satt til dimensjonerende utetemperatur, $T=-19^{\circ}\text{C}$, en temperatur for sommerdrift er satt til $T=25^{\circ}\text{C}$, som er den høyeste temperaturen det året, og en temperatur for vår- og høstdrift er satt til $T=0^{\circ}\text{C}$.

8.1 Varierende massestrøm og konstant temperatur



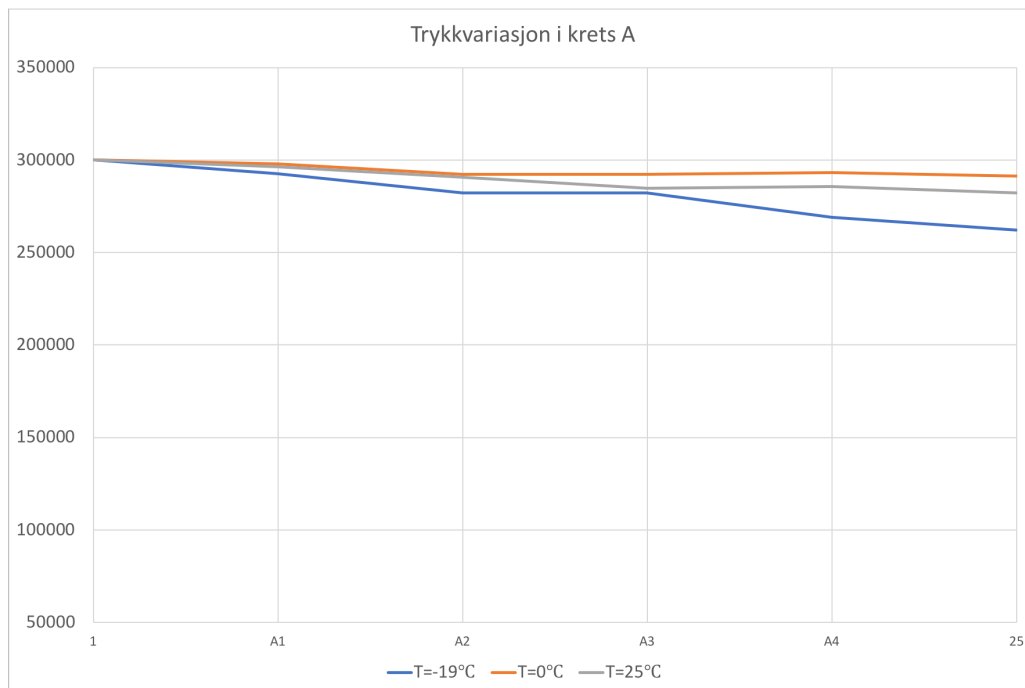
Figur 45: Trykkvariasjon i hovedkretsen

Figur 45 viser trykket i hvert av punktene i hovedkretsen. Det store trykktapet fra punkt 9 til 12 ved $T=-19^{\circ}$ skyldes trykktapet gjennom varmeveksleren til Losjevegen, samt mindre rørdiameter fordi massestrømmen gjennom denne delen av hovedkretsen er mindre. Dette kommer av at store deler av vannet går av til krets C ved punkt 9.

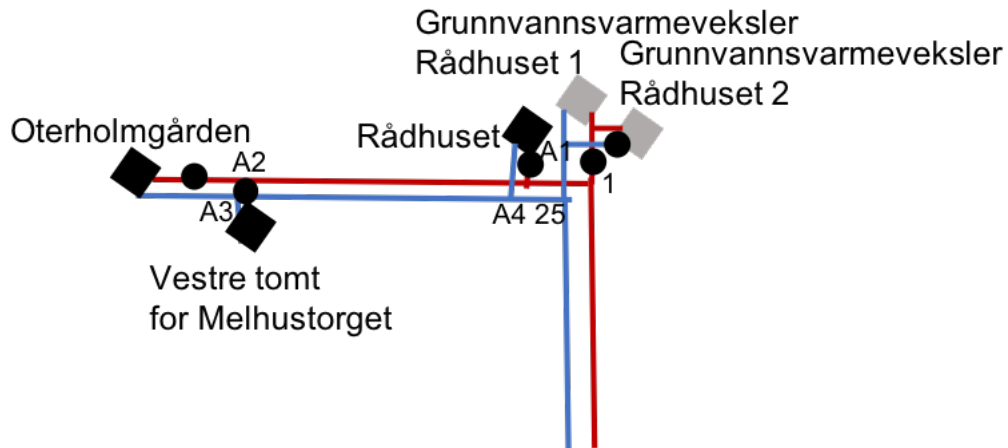
Trykkøkningen fra punkt 12 til 13 er det pumpen ved Losjevegen som står for. Grunnen til den store variasjon i trykket rundt Losjevegen, punkt 9 til 14, er at det ved maks kapasitet,

om vinteren ved dimensjonerende utetemperatur, er en mye større massestrøm som sirkulerer i systemet. Ved $T=0^{\circ}\text{C}$ er massestrømmen gjennom varmeveksleren til Losjevegen mindre. Dette gir mindre trykktap i varmeveksleren, ettersom trykktapet i varmeveksleren er proporsjonalt med hastigheten i andre som beskrevet i avsnitt 7.6.2. Trykkøkningen fra punkt 26gr til punkt 1 er på grunn av sirkulasjonspumpen.

Kurven for $T=25^{\circ}$ viser mindre trykkvariasjoner ettersom det kun er kjølebehov når utetemperaturen er 25°C . Da det ikke er lagt inn mulighet for kjøling i de eksisterende byggene i modellen, og heller ikke konstant forvarming av tappevann, vil det ikke sirkulere vann gjennom varmevekslerene til de eksisterende byggene ved denne driftssituasjonen. På grunn av at nær halvparten av de tilkoblede byggene ikke har et effektbehov, gir dette mindre massestrøm i systemet som igjen fører til mindre trykktap i kretsen enn for dimensjonerende utetemperatur. I tillegg til at systemet unngår trykktap gjennom varmevekslerene i de byggene som ikke har et effektbehov. Grunnen til oppholdet i kurven for $T=25^{\circ}$ fra punkt 13-14 er at dette er over Losjevegen som ikke har mulighet for kjøling. Det vil derfor ikke sirkulere vann gjennom varmeveksleren i Losjevegen ved denne utetemperaturen, og det vil derfor heller ikke være et trykkfall over den. Trykket i punkt 14 er derfor satt til 3bar, som er systemtrykket.

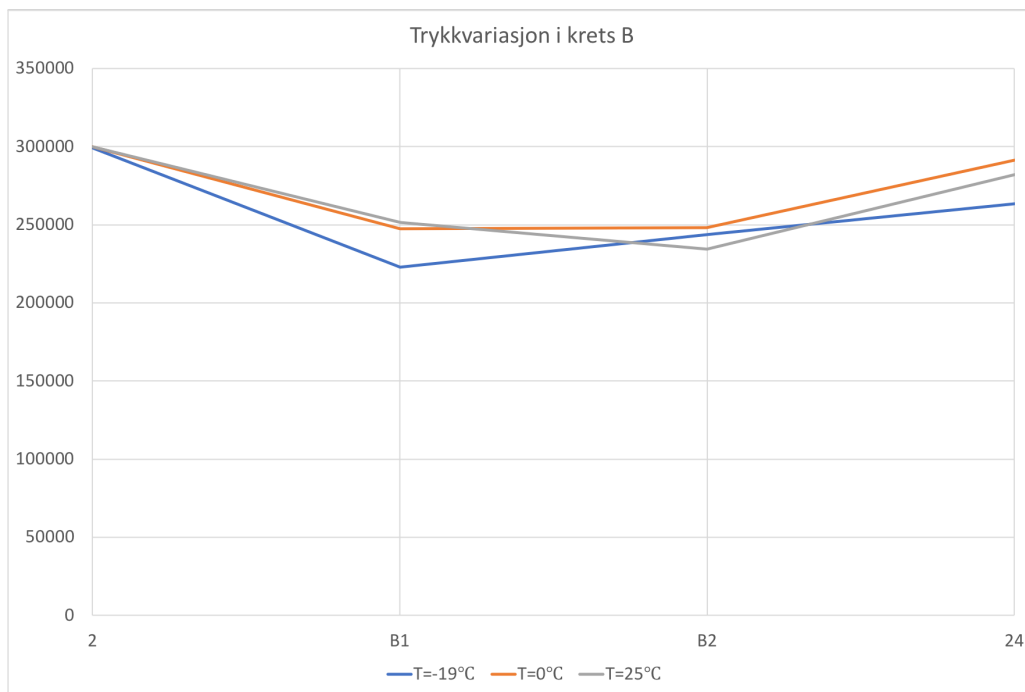


Figur 46: Trykkvariasjon i krets A

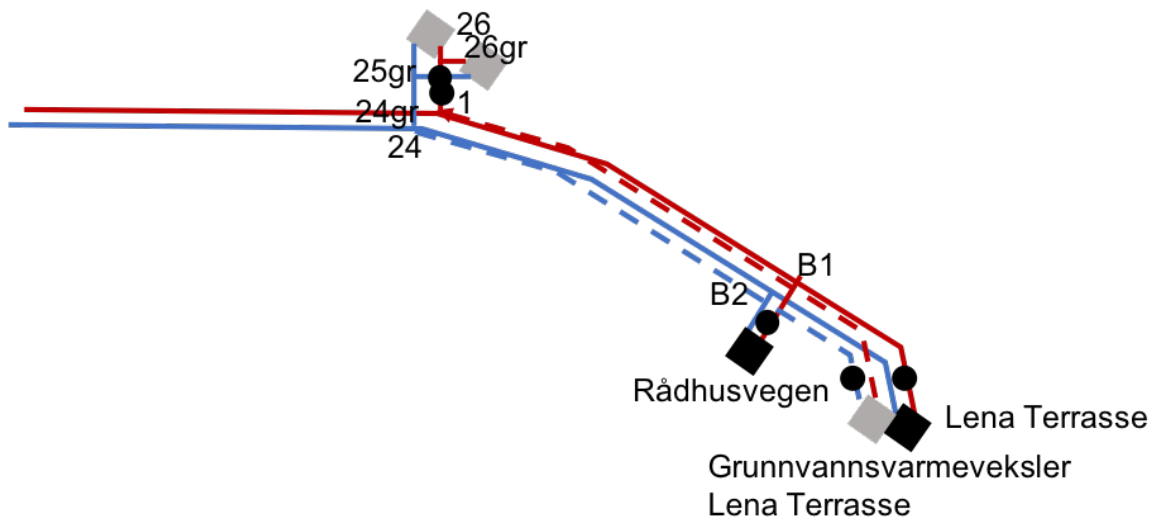


Figur 47: Delkrets A med pumper

Trykkvariasjonen i krets A, vist i Figur 46, holder seg relativt konstant. Grunnen til det større trykkfall fra punkt A4 til 25 ved dimensjonerende utetemperatur er på grunn av den større massestrømmen enn ved de andre driftssituasjonene. Trykkøkningen fra punkt 25 til punkt 1 er på grunn av sirkulasjonspumpen. Figur 47 viser punktene i delkrets A for å gi leser en bedre forståelse for hvordan systemet ser ut i sammenheng med trykkvariasjonen. Pumpene til byggene er også markert i Figur 47 som svarte sirkler. Pumpene er kun markert for å illustrere at det er en pumpe på kretsen til hvert bygg, dette er ikke nøyaktig plassering.



Figur 48: Trykkvariasjon i krets B

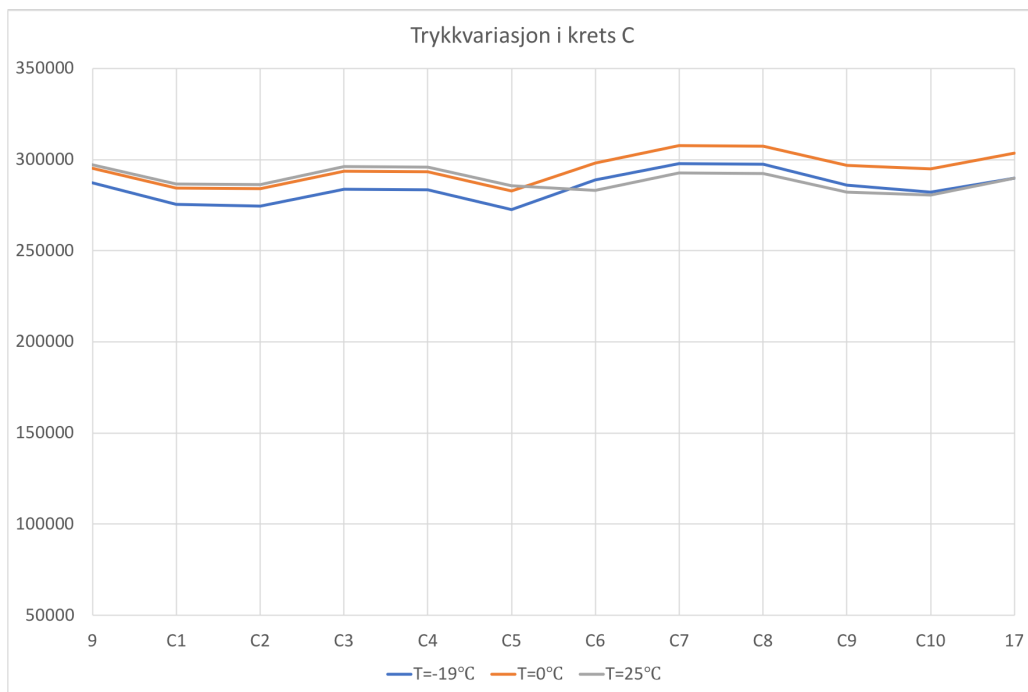


Figur 49: Delkrets B med pumper

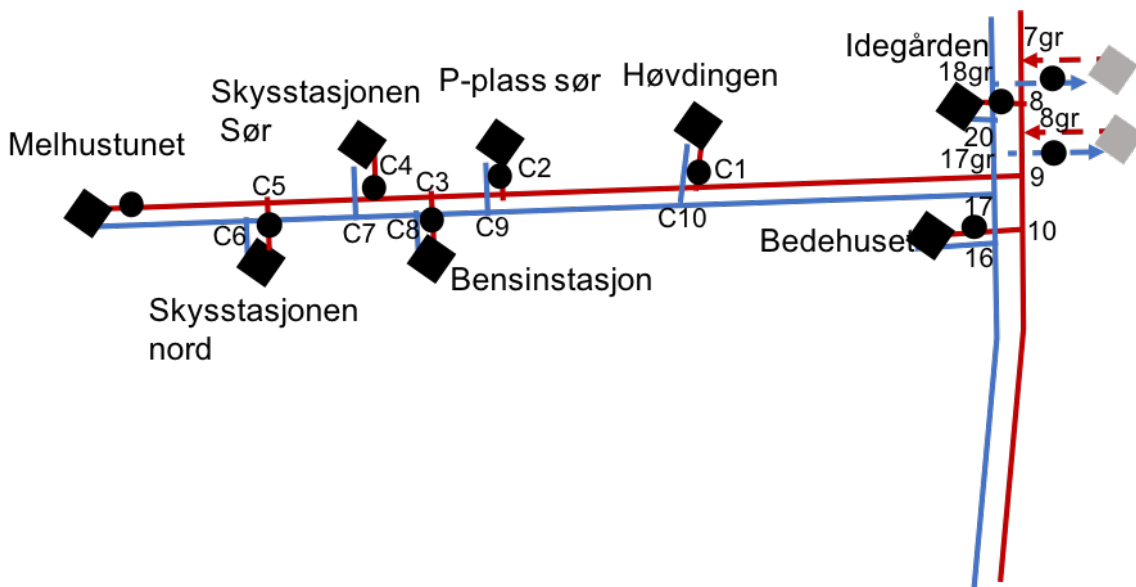
Trykkfallet fra punkt 2 til B1, som vist i Figur 48, kommer av friksjonstap i rør og høydeforskjell. Fra B1 til B2 går vannet gjennom varmevekslerene der trykket påvirkes ulikt ut i fra driftsituasjon. Det noe høyere trykktapet ved dimensjonerende utetemperatur kommer av større massestrøm. Figur 49 viser punktene og hvilke bygg, med pumper, som inngår i delkrets B.

Grunnen til trykkøkning fra punkt B1 til B2 skyldes at Lena Terrasse og Rådhusveien har hver sin pumpe som overviner trykktapet gjennom varmeveksleren for $T=0^{\circ}\text{C}$ og $T=-19^{\circ}\text{C}$.

For driftsituasjonen der det kun er kjølebehov, $T=25^{\circ}\text{C}$, vil det kun være et trykkfall gjennom varmeveksleren til Rådhusvegen, ettersom Lena Terrasse ikke vil ha et kjølebehov. Trykkøkningen fra punkt B2 til 24 kommer av at punkt B2, ligger over 4m høyere enn punkt 24.



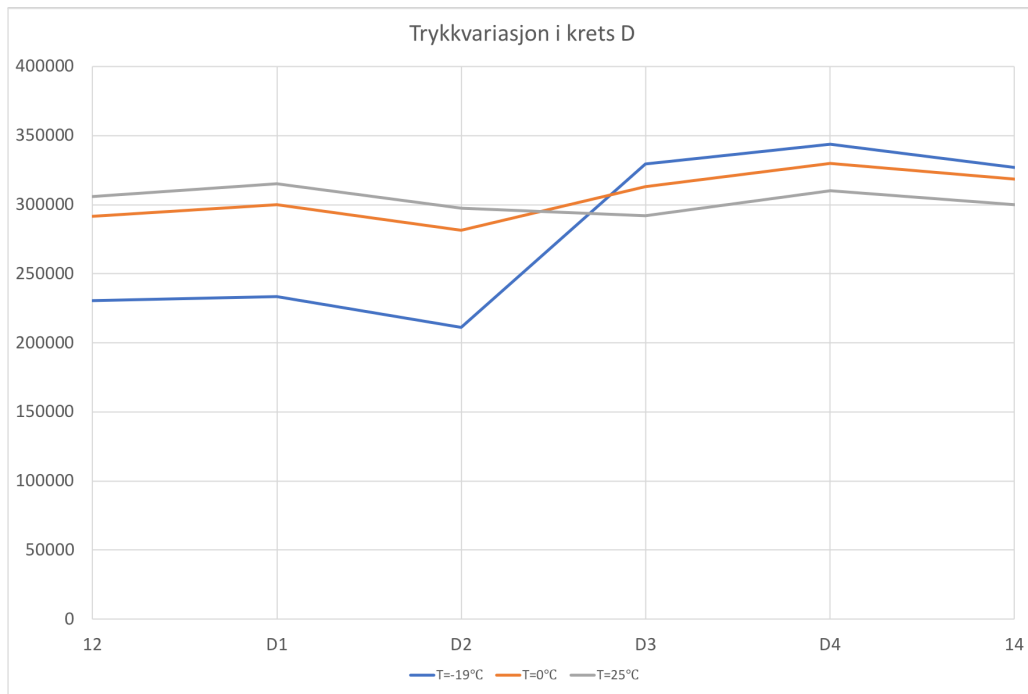
Figur 50: Trykkvariasjon i krets C



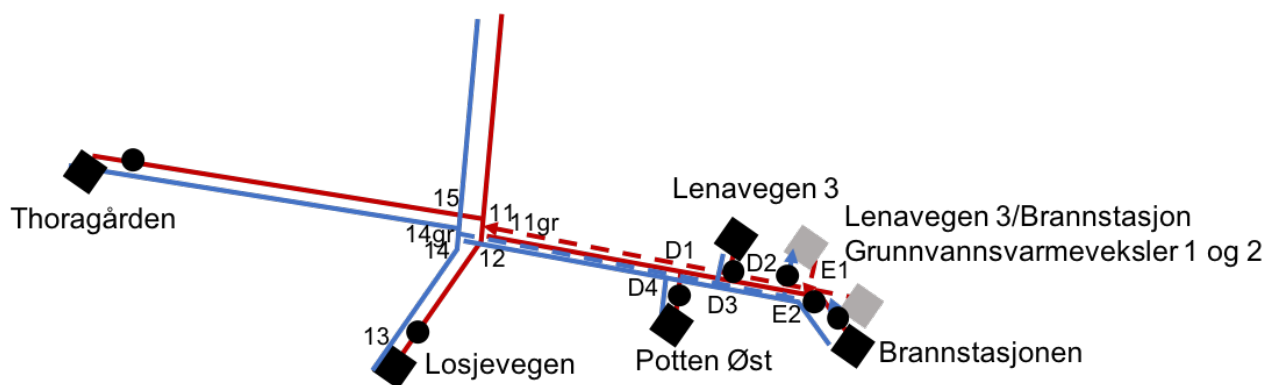
Figur 51: Delkrets C med pumper

Som en ser fra Figur 50, er det større variasjoner i trykket i krets C. Dette kommer av varierende rørdiametre og at det er mange bygg tilkoblet denne kretsen, som gjør at det vil være trykkendringer på grunn av varmevekslerene og pumpene til disse byggene. Ved vinter- og vår/høstdrift er trykkvariasjonene like, men trykknivået ligger litt høyere for vår/høst drift, $T=0^{\circ}\text{C}$, ettersom trykktapet er lavere på grunn av mindre massestrøm.

Trykkvariasjonen for sommerdrift, $T=25^{\circ}$, følger trykkvariasjonen til de andre driftssituasjonene frem til Melhustunet og Skysstasjonen sør, punkt C5. Forskjellen i fra punkt C5 kommer av at massestrømmen ved denne driftssituasjonen er lav, som gjør at pumpene ved Melhustunet og Skysstasjonen sør operer med lavt turtall og gir derfor liten trykkøkning. Trykktapet gjennom varmevekslerene til disse byggene er større enn den trykkøkningen pumpene gir, derfor blir det et lite trykkfall fra C5 til C6. Den lille trykkøkningen pumpene gir er nok til å møte mottrykket i returledningen. Trykkøkningen i fra punkt C6 til C7 og C10 til 17 skyldes at punkt C6 ligger høyere enn C7 og C10 høyere enn 17. For forklaring på hvilke punkter og bygg dette er, se Figur 51 som viser punktene og hvilke bygg, med pumper, som inngår i delkrets C.



Figur 52: Trykkvariasjon i krets D



Figur 53: Delkrets D og E med pumper

Fra Figur 52 ser en at trykker i punkt 12 for dimensjonerende utetemperatur er en del lavere enn for de to andre driftssituasjonene. Dette kommer av større sirkulert vannmengde i kretsen ved denne driftssituasjonen som igjen fører til større trykktap. Den store trykkøkningen fra punkt D2 til D3 kommer av at pumpen til Lenavegen og Brannstasjonen må øke trykket for å møte mottrykket i returledningen. Trykkøkningen fra punkt D3 til D4 kommer av at punkt D3 ligger høyere enn D4. Figur 53 viser punktene og hvilke bygg, med pumper, som inngår i delkrets D.

For $T=0^{\circ}\text{C}$ er ikke trykktapet frem til punkt 12 like stort som for dimensjonerende utetemperatur. Dette kommer av den mindre massestrømmen ved denne temperaturen. Pumpene til Lenavegen og Brannstasjonen trenger ikke øke trykket like mye for å møte mottrykket for denne driftssituasjonen fra D2 til D3.

For $T=25^{\circ}\text{C}$ er trykkvariasjonen lik som for de andre driftssituasjonene frem til punkt D2. Fra punkt D2 er det et trykkfall. Dette kommer av at pumpen ved Lenavegen ikke vil gå ved denne driftssituasjonen, ettersom dette bygget ikke har mulighet for kjøling. Pumpen ved Brannstasjonen vil operere med lavt turtall på grunn av den mindre massestrømmen. Dette vil gi dermed mindre trykkøkning, men nok til å møte mottrykket i returen. Fra punkt D3 er trykkvariasjonen lik som for de andre driftssituasjonene.

Tabell 32 viser en oversikt over det tilførte pumpearbeidet til pumpene ved hvert bygg og grunnvannsvarmeveklserne som er beregnet med EES.

Pumpe og punkt	Input power [kW] ved $T=-19^{\circ}\text{C}$	Input power [kW] ved $T=0^{\circ}\text{C}$	Input power [kW] ved $T=25^{\circ}\text{C}$
Sirkulasjonspumpe, 1	10,46	0,7087	0,4763
Rådhuset, A1	0,3598	0,1019	0,4469
Oterholm, A2	0,2685	0,01406	-
Vestre tomt ved Melhustorget, A2	0,03895	0,0113	0,2262
Lena Terrasse, B1	3,382	0,1365	-
Rådhusveien, B1	0,1828	0,05135	0,1289
Melhustorget, 3	0,9858	0,3548	1,255
Nye Buen, 4	0,684	0,02521	-
Melhuset, 5	1,255	0,06198	-
Dagens P-plass ved Melhustorget, 6	0,7258	0,2493	0,5778
Gamle Buen, 7	0,2852	0,02072	-

Idegården, 8	6,783	0,6515	0,03994
P-plass sør, C1	0,6248	0,2323	0,3669
Høvdingen, C2	0,7825	0,07419	-
Bensinstasjon, C3	1,50	0,555	0,428
Skysstasjonen nord, C4	1,302	0,5761	0,1781
Skysstasjonen sør, C5	1,865	0,7889	0,47
Melhurstunet, C5	4,926	2,07	0,5425
Sør for Bedehuset, 10	0,3172	0,1829	0,04705
Thoragården, 11	2,615	0,1714	-
Potten øst, D1	0,6004	0,1585	0,04713
Lenavegen 3, D2	3,471	0,2534	-
Brannstasjon, D2	0,7706	0,2139	0,01501
Losjevegen, 12	0,5749	0,03857	-
Grunnvannsvarmeveksler Rådhuset 2, 25gr	0,08283	0,004505	0,0007883
Grunnvannsvarmeveksler Lena Terrasse, 24gr	2,355	1,663	1,887
Grunnvannsvarmeveksler Buen, 21gr	3,066	2,373	2,848
Grunnvannsvarmeveksler Melhuset, 20gr	0,3892	0,3182	0,3889
Grunnvannsvarmeveksler Idegården 1, 18gr	0,428	0,3649	0,4883
Grunnvannsvarmeveksler Idegården 2, 17gr	3,184	0,9105	0,6788
Grunnvannsvarmeveksler Le- navegen 3/Brannstasjonen 1, E1	1,728	0,09269	0,0114
Grunnvannsvarmeveksler Le- navegen 3/Brannstasjonen 2, E1	1,802	0,09795	0,01147
Totalt	57,86	13,53	11,61

Tabell 32: Pumpearbeid ved ulike utetemperaturer

Grunnen til at det ikke er noe pumpearbeid for de eksisterende byggene ved $T=25^{\circ}\text{C}$, er på grunn av at det ikke er mulighet for kjøling i disse byggene og pumpene vil derfor ikke gå, som

beskrevet tidligere.

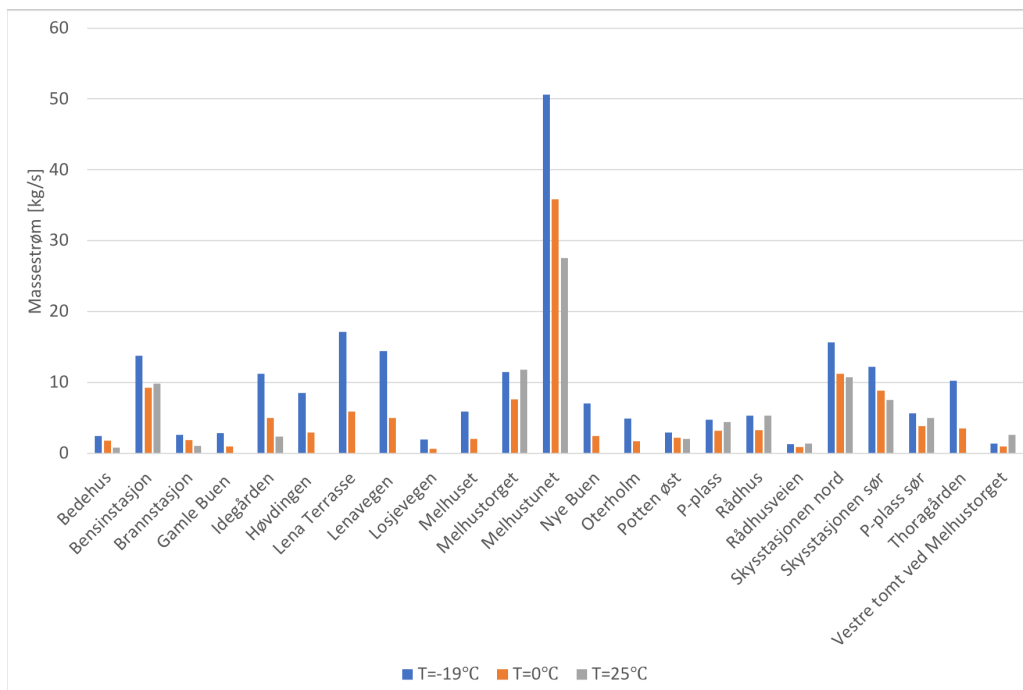
Grunnen til at pumpearbeidet for noen av pumpene til grunnvannsvarmevekslerne varierer mye og andre ikke, er på grunn av at de grunnvannsvarmevekslerne med kjent kapasitet har konstant massestrøm. For de andre grunnvannsvarmevekslerene vil massestrømmen variere med variasjonen i effektbehovet i systemet og dermed gi varierende pumpearbeid. Det vil fortsatt være noe variasjon i pumpearbeidet for de pumpene med konstant massestrøm, ettersom trykket i systemet varierer noe med sirkulert vannmengde i distribusjonskretsen.

Som forventet vil pumpearbeidet være størst ved dimensjonerende utetemperatur for de aller fleste byggene. For Rådhuset og Vestre tomt ved Melhustorget er pumpearbeidet derimot størst ved $T=25^{\circ}\text{C}$, dette kommer av at frikjøling gir større massestrøm enn massestrømmen ved varmebehovet. Pumpearbeidet til Melhustorget er også høyere for driftssituasjonen ved $T=25^{\circ}\text{C}$ enn $T=-19^{\circ}\text{C}$. Dette kommer av at mottrykket ved punkt 25, returen fra Melhustorget, er høyere for sommerdriften enn vinterdriften av systemet. Dette kommer av at trykktapet i systemet er lavere ved sommerdrift, på grunn av mindre sirkulert vannmengde gjennom systemet.

Som en ser fra Tabell 32 kan en spare $57,86\text{kW}-13,53\text{kW}=44,33\text{kW}$ fra dimensjonerende utetemperatur til en utetemperatur på $T=0^{\circ}\text{C}$ ved å turtallsregulere pumpene. Forskjellen i pumpearbeid mellom den varmeste dagen i året og den kaldeste er $57,86\text{kW}-11,61\text{kW}=46,25\text{kW}$. For å finne hvor mye pumpearbeid som kunne vært spart over hele året ved turtallsegulerte pumper, må driften av systemet simuleres over hele året.

Bygg	Effektbehov [kW] ved T=-19°C	Effektbehov [kW] ved T=0°C	Effektbehov [kW] ved T=25°C
Oterholm	100	34,48	-
Vestre tomt ved Melhus- torget	29	19,1	8,01
Rådhuset	108,9	66,69	21,83
Lena Terrasse	350	120,7	-
Rådhusveien	27,3	18,88	4,87
Melhus- torget	235,9	156,6	63,61
Nye Buen	148	51,03	-
Melhus- et	126	43,45	-
Dagens P-plass ved Melhus- torget	96,9	64,9	23,54
Gamle Buen	60	20,69	-
Idegården	237,94	106,12	-
P-plass sør	115,1	78,03	30
Høvdingen	175	60,35	-
Bensinstasjon	282,3	190,8	65,42
Skysstasjonen sør	250,5	182,1	43,77
Skysstasjonen nord	321,8	230,8	66,16
Melhus- tunet	1041	736,9	199,8
Bedehus	49,34	35,85	4
Thoragården	210	72,41	-
Lenavegen 3	295,9	102,1	-
Potten øst	60,66	44,76	14,63
Brannstasjon	53,07	37,56	10
Losjevegen	39,99	13,79	-

Tabell 33: Termisk effektbehov ved ulike utetemperaturer



Figur 54: Variasjonen i massestrøm etter utetemperaturen i de ulike byggene

Bygg uten grå stolpe har ikke noe kjølebehov.

Som en kan se fra Tabell 33 og Figur 54 varierer effektbehovet for pumpene i byggene i mye større grad enn massestrømmen for drift ved $T=0^{\circ}\text{C}$ sammenlignet med $T=25^{\circ}$. Dette fordi, ved et varmebehov bidrar varmepumpene men ved et kjølebehov må vannet i kretsen dekke hele kjølebehovet, som gjør at det kreves en større vannmengde.

Som beskrevet tidligere er rørdiametere valgt etter standard rørdimensjoner og anbefalt hastighet på vannet i rørene. Den største massestrømmen gjennom systemet er ved dimensjonerende utetemperatur. Ved simuleringer med lavere massestrømmer oppstod det problemer med å få modellen til å bergene alle data korrekt, dette førte til at pumpearbeidet ble noe negativt for enkelte av pumpene. På grunn av lavere massestrøm i disse delkretsene vil trykktapet i delkretsene ikke bli stort nok til å møte riktig mottrykk i returledningen. Modellen beregnet negativt pumpearbeid (løftehøyde) for å få et trykk ut av delkretsene som stemmer overens med trykket i returledningen.

For å balansere systemet slik at pumpearbeidet blir positivt er rørdiametrene for disse avstikkere endret. Ved å gjøre denne endringen ble pumpearbeidet positivt for alle pumpene, men noe høyt for noen av byggene enn det som egentlig er nødvendig for drift ved dimensjoneren-

de utetemperatur, for eksempel Idegården. Dette bygget består av det eksisterende nybygget pluss en planlagt fremtidig kontordel. På den varmeste dagen i året forutsettes det at det kun er kjølebehov i den nybygde delen av bygget, noe som gir en mye mindre massestrøm gjennom avstikkeren til Idegården, enn ved dimensjonerende utetemperatur. Dette fører til mindre trykktap i avstikkeren til Idegården, noe som gjør trykket fra denne avstikkeren er for høyt til å stemme overens med trykket i returledningen.

EES beregner pumpearbeidet negativt, i stedet for å balansere trykkene i systemet. Hvorfor EES beregner dette slik er usikkert. Dette er derfor, som nevnt tidligere, løst med å gjøre diameteren på denne avstikkeren mindre, slik at trykkfallet ble større og dermed pumpearbeidet positivt, samtidig som en møter trykket i hovedkretsens retur. Dette kunne nok også vært løst ved å øke rørdiameteren på returledningen av denne kretsen slik at trykktapet i returen blir mindre.

Pumpearbeidet til grunnvannsvarmevekslerene er ikke sett på i denne masteroppgaven da det ikke har vært en del av oppgaven, men kunne også vært interessant å se på. Det kunne vært spart pumpearbeid og dermed kostander ved at disse pumpene også turtallsreguleres, da flere av dagens systemer går på konstant kapasitet. Hvis reguleringsprinsippet med konstante temperaturer og varierende massestrøm velges, vil også massestrømmen gjennom grunnvannsvarmeveksleren, på både kald og varm side, variere med byggenes effektbehov da ΔT holdes konstant på både kald og varm side.

8.2 Varierende temperatur og konstant massestrøm

I denne masteroppgaven har fokuset vært å se på konstante temperaturer og varierende massestrøm for å vurdere hvordan dette påvirker pumpearbeidet. Det har derfor ikke vært prioritert å modellere reguleringsprinsippet med varierende temperaturer og konstant massestrøm og trykk. Med dette reguleringsprinsippet ville pumpearbeid i kretsen blitt konstant og tilnærmet likt som driftsituasjonen med varierende massestrøm, ved dimensjonerende utetemperatur. Massestrømmen i systemet med reguleringsprinsippet med konstant massestrøm vil være noe høyere enn for reguleringsprinsippet med varierende massestrøm ved dimensjonerende utetemperatur. Fordi noen av byggene nå må dimensjoneres for maksimalt varmebehov og noen for maksimalt kjølebehov, gir dette totalt en høyere massestrøm enn for reguleringsprinsippet med varierende massestrøm.

Dette reguleringsprinsippet kunne også vært modellert for å se hvordan dette påvirket tempera-

turene i kretsen. Med tanke på at varmpumpene benyttes til forvarming av tappevann, kunne det vært interessant å sett på hvordan dette ville påvirket temperaturen ut av varmpumpene. Det er ikke ønskelig med for lav temperatur til forvarmin av tappevann, ettersom enten spisslatten eller en annen form for varmekilde, bereder eller el-kjel, må dekke resten av oppvarmingen. I modellen er det lagt inn at varmpumpene vil gå konstant for å dekke forvarming av tappevann. Det vil da ikke være spesielt gunstig med en lav temperatur ut av varmpumpene når dette er det eneste varmebehovet. Temperaturen ut av varmpumpene bør også tilpasses etter temperaturnivået til byggene, da radiatorene gjerne er dimensjonert for et visst temperaturnivå.

Dette reguleringsprinsippet vil gjøre at temperaturen i kretsen vil variere da hvert bygg vil levere forskjellig temperatur tilbake til returledningen. Det anbefales derfor at det sees på hvordan dette påvirker tur- og returtemperaturen i hovedkretsen. Dette for å sikre at grunnvannsvarmevekslerne klarer å dekke behovet jevnt over hele kretsen, slik at det ikke blir for liten kapasitet i deler av nettet.

En fordel med temperaturregulering er at en ikke vil få utfordringer med trykksvingninger i systemet som oppstår når ventiler åpner og stenger, slik som ved mengderegulering.

8.3 Aktiv kjøling

Aktiv kjøling kunne også vært sett på for å gjøre kjølingen mer effektiv. Dette ville minnet massestrømmen i systemet slik at pumpene ikke trenger å pumpe like mye vann gjennom systemet ved kjøling. Dette ville gjort at det ikke ville vært like stort sprik mellom pumpearbeid og effektbehov mellom kjøling og oppvarming. Løsninger som beskrevet i kapittel 5 kunne vært vurdert til dette.

8.4 Mulighet for toveis strømming

En annen løsning for å legge inn grunnvannsvarmevekslerne i kretsen er å tilknytte de sammen med byggene i avstikkerene. Det må da være mulighet for toveisstrømming. Dette må være mulig for at grunnvannsvarmevekslerne skal kunne levere varme til hovedkretsen ved større kapasitet enn det er behov for til byggene i avstikkeren, og for å hente varme fra hovedkretsen når kapasiteten er for liten i forhold til behovet i avstikkeren. Dette vil gjøre at grunnvannsvarmevekslerne henter vann fra returen i hovedkretsen, og enten henter eller leverer varme til

turledningen, alt etter varmebehovet i avstikkeren. Det må da undersøkes hvordan dette vil påvirke driften av systemet, varmepumpene og kjølesystemet. Dette ville spart kostnader ved at grunnvannsvarmevekslerne ikke vil ha egne rør, men kobles direkte sammen med avstikkeren til byggene. Noen av byggene og grunnvannsvarmeveksleren ligger et stykke unna hovedkretsen slik at det er snakk om en del meter med rør. Antar at grøftene også må være bredere for å kunne legge både rør til byggene og grunnvannsvarmevekslerene i samme grøft, slik at dette også ville vært en kostnad spart.

9 Konklusjon og videre arbeid

9.1 Konklusjon

Effektregulering med turtallsregulerte pumper kan spare pumpearbeid ved at pumpene girer ned og dermed pumper mindre massestrøm når varmebehovet minker. Sammenlignet med en dag med en utetemperatur på $T=0^{\circ}\text{C}$ kan forskjellen i tilført effekt til pumpen være på 44,33kW mot en dag med dimensjonerende utetemperatur. Forskjellen i pumpearbeid mellom den kaldeste dagen i året og den varmeste er 46,25kW. Driften av systemet må simuleres over hele året for å finne nøyaktig hvor mye pumpearbeid som kunne vært spart ved turtallsregulerte pumper.

Temperaturstyrt effektregulering vil gi konstant tilført pumpeeffekt året rundt, da massestrømmen i systemet er konstant. Sammenlignet med reguleringsprinsippet med varierende massestrøm vil reguleringsprinsippet med konstant massestrøm gi høyere massestrøm i systemet. Anbefaler derfor at reguleringsprinsippet med varierende massestrøm og turtallsregulerte pumper benyttes, ettersom dette sparere energi.

Rørdiameterne i systemet er valgt for at hastigheten i rørene skal ligge mellom 0,5-2m/s. Rørdiameterne kan derfor optimaliseres, slik at trykktapet avstikkerne blir mindre som igjen vil ha en positiv effekt på pumpearbeidet. Det anbefales å se nærmere på dette for å optimalisere investeringskostnadene.

Aktiv kjøling er ikke lagt inn i modellen. Ettersom varmepumpene går konstant for å forvarme tappevannet, slik som modellene er bygd opp, kunne den lavere temperaturen ut fra fordampere i varmepumpen vært utnyttet til aktiv kjøling. Dette er ikke gjort i denne modellen, men kan være av interesse å se på hvordan dette ville påvirket systemet. Ettersom de lavere temperaturene ut fra fordampere i varmepumpen ville bidratt med en større ΔT til kjølingen, ville dette gjort nødvendig sirkulert vannmengden gjennom distribusjonskretsen ved kjøling mindre. Dette vil igjen ha en positivt effekt på tilført pumpearbeid. Anbefaler at dette sees på videre.

9.2 Videre arbeid

Videre arbeid som anbefales:

- Videreutvikle modellen til å inkludere:
 - Aktiv kjøling
 - Temperaturstyrt effektregulering
- Simulere driften over hele året i modellen for å finne nøyaktig hvor mye pumpearbeid som kunne vært spart ved å turtallsregulere pumpene.
- Nøyaktig plassering av pumper og ventiler og annet utstyr
- Optimal rørdiameter i distribusjonskretsen
- Design og detaljer for distribusjonskretsen og tilhørende varmesentraler, varmevekslere og grunnvannsbrønner.

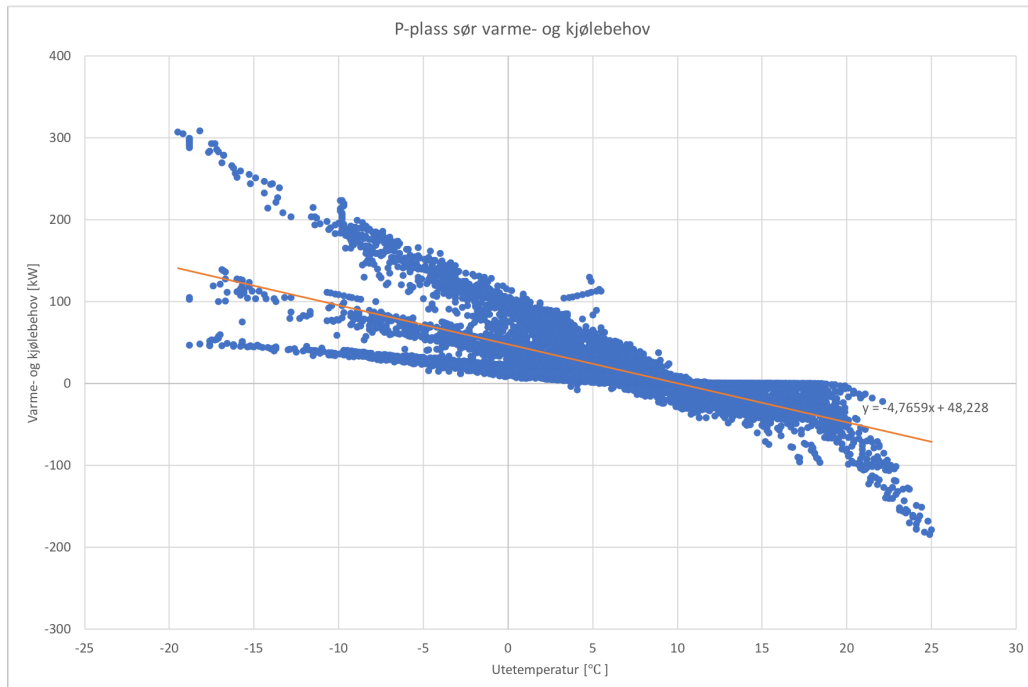
Referanser

- 4 *Pipelines and Pipe Network Hydraulics – I* (2013). Hentet: 04 desember 2020. URL: <http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/87905/128/Hydraulics-notes-tgc.pdf>.
- Andersen, A. B. S. (2017). «Grunnvannsbaserte varmpumper: Tilrettelegging for bruk av grunnvann til oppvarming og kjøling i Melhus sentru - sentralisert løsning». Masteroppg. Norwegian University of Science og Technology.
- Banks, D. (mar. 2017). *Integration of Cooling into Mine Water Heat Pump Systems F1.1*. Tekn. rapp. Glasgow University.
- Buffa, S., Cozzini, M., D’Antoni, M., Baratieri, M. og Fedrizzi, R. (apr. 2019). «5th generation district heating and cooling systems: A review of existing cases in Europe». I: 104, s. 504–522.
- Bünning, F., Wetter, M., Fuchs, M. og Müller, D. (jan. 2018). «Bidirectional low temperature district energy systems with agent-based control: Performance comparison and operation optimization». I: 209, s. 502–515.
- CRANE Co. Engineering Department (2013). *Flow of Fluids - Through Valves, Fittings and Pipe*. 100 First Stamford Place.
- Dincer, I. og Rosen, M. A. (2010). *Thermal Energy Storage: Systems and Applications*. John Wiley Sons Inc.
- Direktorat for byggkvalitet (DIBK) (2017). *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. Hentet: 11.09.2020. URL: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>.
- Eikevik, T. M. (2014). *Heat pumping processes and systems*.
- F-Chart Software (udatert). *EES Engineering Equation Solver*. Hentet: 10 desember 2020. URL: <http://fchartsoftware.com/ees/>.
- Gjengedal, S., Ramstad, R. K., Hilmo, B. O. og Frengstad, B. S. (jun. 2019a). «Fouling and clogging surveillance in open loop GSHP systems». I: *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 79, s. 69–82.
- Gjengedal, S., Stenvik, L. A., Ramstad, R. K., Ulfsnes, J. I., Hilmo, B. O. og Frengstad, B. S. (aug. 2020). «Online remote-controlled and cost-effective fouling and clogging surveillance of a groundwater heat pump system». I: *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*.
- Gjengedal, S., Stenvik, L. A., Storli, P. T. S., Ramstad, R. K., Hilmo, B. O. og Frengstad, B. S. (sep. 2019b). «Design of Groundwater Heat Pump Systems. Principles, Tools, and Strategies for Controlling Gas and Precipitation Problems». I: *Energies*.
- Hansen, J. S. (2013). «Analyse av energiytelser til sirkulasjonspumper i bygninger». Masteroppg. Norwegian University of Science og Technology.

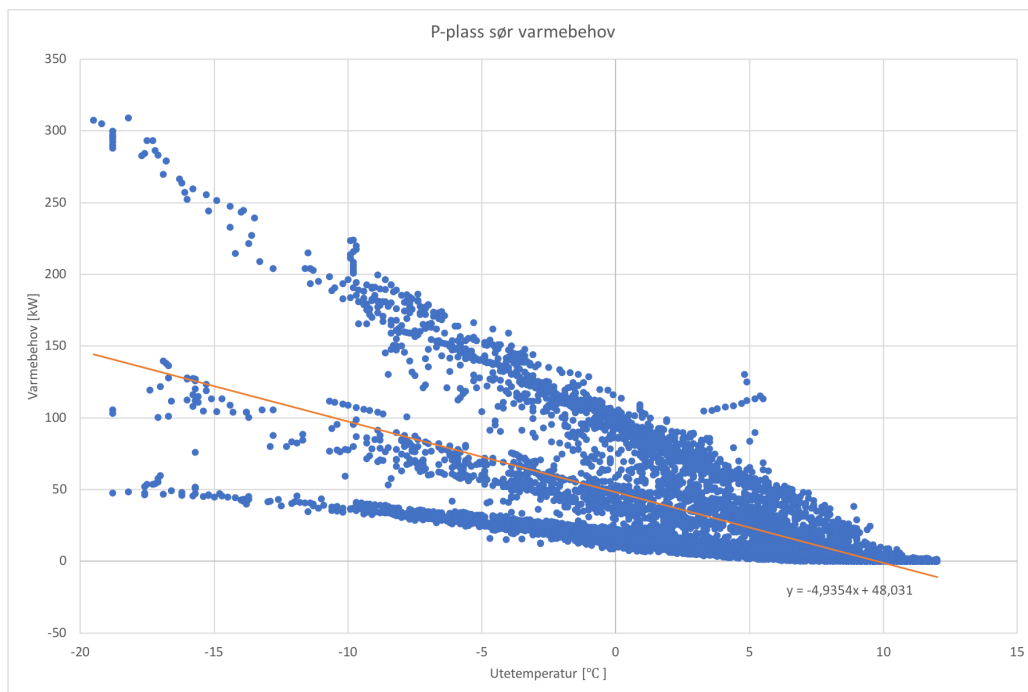
- Incropera, F. P., Dewitt, D. P., Bergman, T. L. og Lavine, A. S. (2017). *Incropera's Principles of Heat and Mass Transfer*. John Wiley Sons Inc.
- Karoliussen, H. (2016). *TFNE 3007 Fornybar Energi Valgfag - Vannkraft - Friksjonstap i rør*. Hentet: 30 oktober 2020.
- Kavanaugh, S. og Rafferty, K. (2014). *Geothermal Heating and Cooling: Design of Ground-Source Heat Pump Systems*. ASHRAE.
- Melhus kommune (oktober 2018). *Områdeplan for Melhus sentrum*. Tekn. rapp. Melhus kommune.
- (u.å.). *Plankart på bakken/over bakken*. Tekn. rapp. Melhus kommune.
- Nagelhus, L., Ramstad, R. K., Holmberg, H., Tønnesen, J., Riise, M. H. og Hilmo, B. O. (jun. 2019). *Rapport Konseptutredning*. Tekn. rapp. Asplan Viak.
- Norsk standard (2014). *NS 3031*. Hentet: 22. februar 2020.
- Novakovic, V., Hanssen, S. O., Thue, J. V., Wangensteen, I. og Gjerstad, F. O. (2007). *Energy management in buildings - Energy conservation and energy efficiency*. Universitetsforlaget AS og Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Olafsen, M. (jun. 2017). *Alternative Solutions for Heat Central in the Gimse School, Based on Ground Water as Heat Source*. Tekn. rapp. NTNU.
- Pipelife (2007). *Rørhåndboka*. Hentet: 30 oktober 2020. URL: <https://www.pipelife.no/content/dam/pipelife/norway/%20marketing/general/brochures/various/R%5C%C3%5C%B8rh%5C%C3%5C%A5ndboka.pdf%7D>.
- (udatert). *PE TRYKKRØR*. Hentet: 29 mai 2021. URL: <https://www.pipelife.no/infrastruktur/vmt/pe-trykkroer.html%7D>.
- ProgramvareByggerne (udatert). *SIMIEN*. Hentet: 22. februar 2020. URL: <http://www.programbyggerne.no/>.
- Riise, M. H. (2015). «Praktisk guide for grunnvarmeanlegg basert på oppumpet grunnvann». Masteroppg. Norwegian University of Science og Technology.
- Self, S. J., Reddy, B. V. og Rosen, M. A. (jan. 2013). «Geothermal heat pump systems: Status review and comparison with other heating options». I: *Applied Energy* 101, s. 341–348.
- Stene, J. (1990). *Varmepumper - Grunnleggende varmepumpeteknikk*. SINTEF Energi, Klima- og kuldeteknikk.
- Zijdemans, D. (2014). *Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer*. Skarlandpress.

Vedlegg

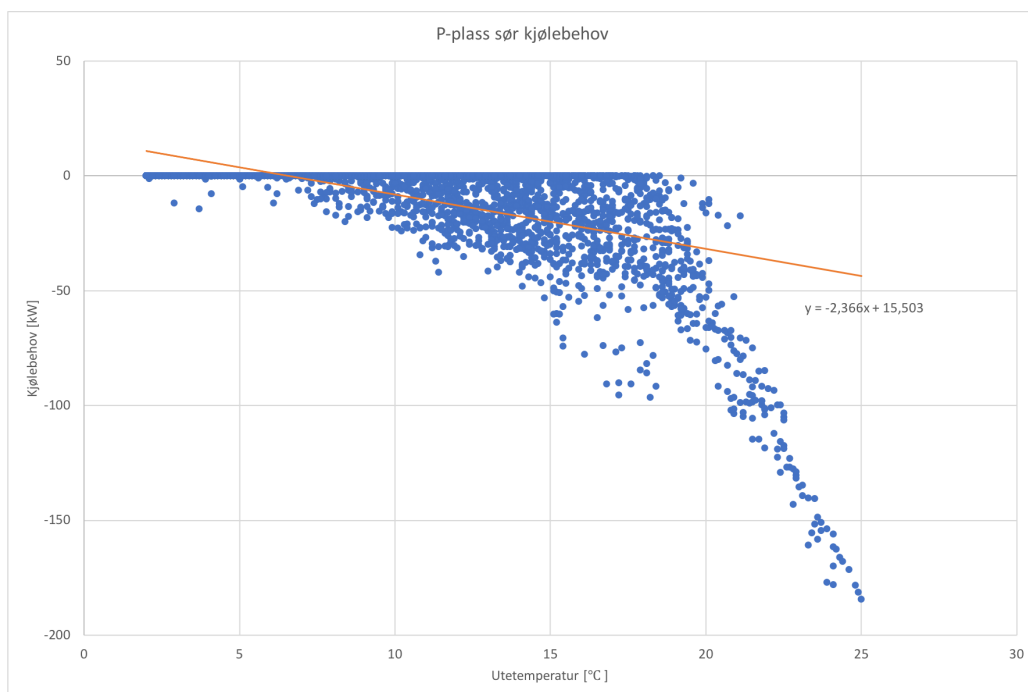
Vedlegg A: Grafer med varierende effektbehov for hvert av nybyggene



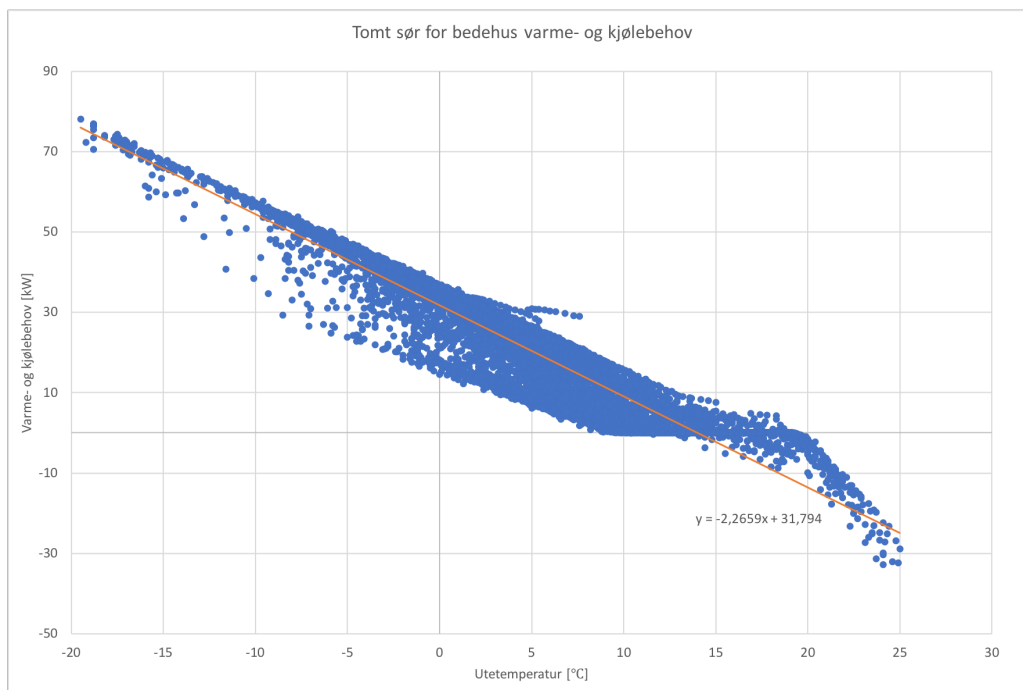
Figur 55: Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget på p-plass sør for Melhustorget



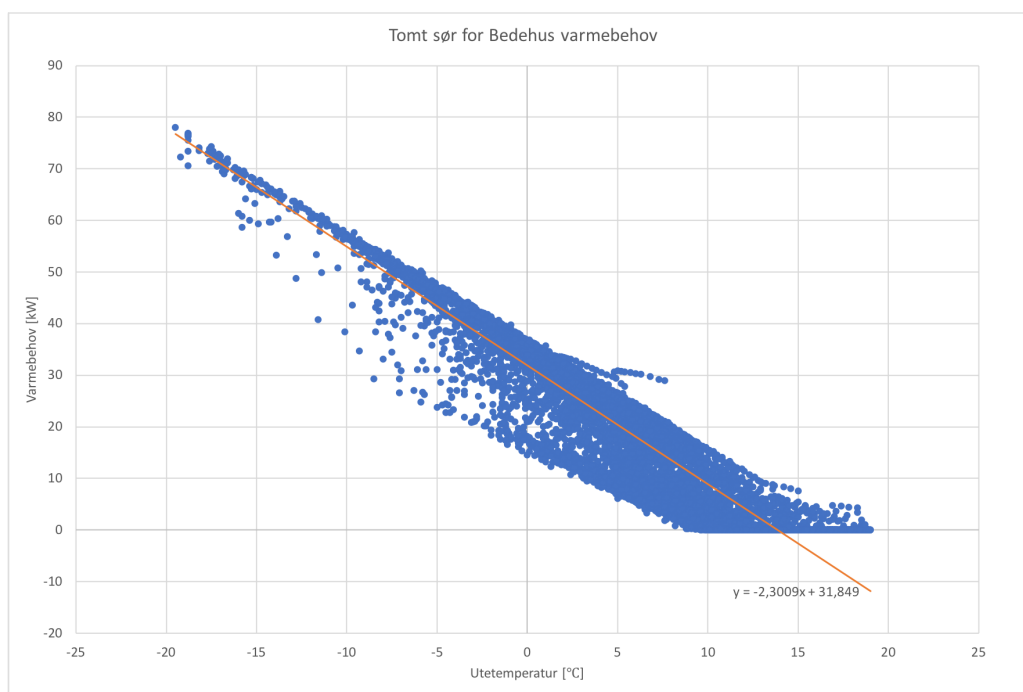
Figur 56: Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget på p-plass sør for Melhus-torget



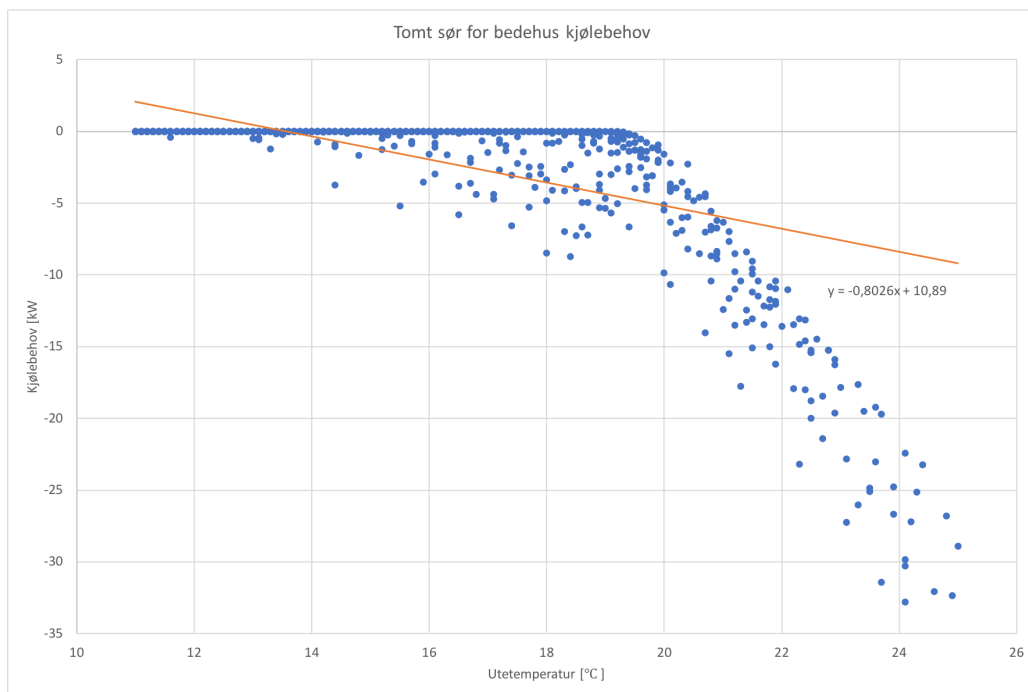
Figur 57: Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget på p-plass sør for Melhus-torget



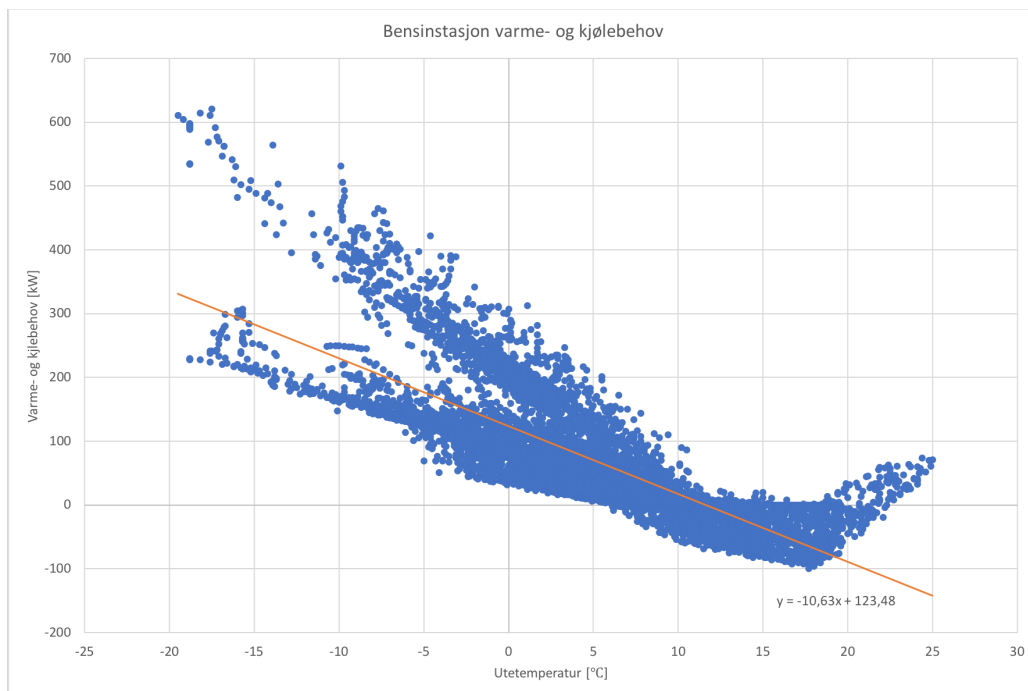
Figur 58: Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget sør for Bedehuset



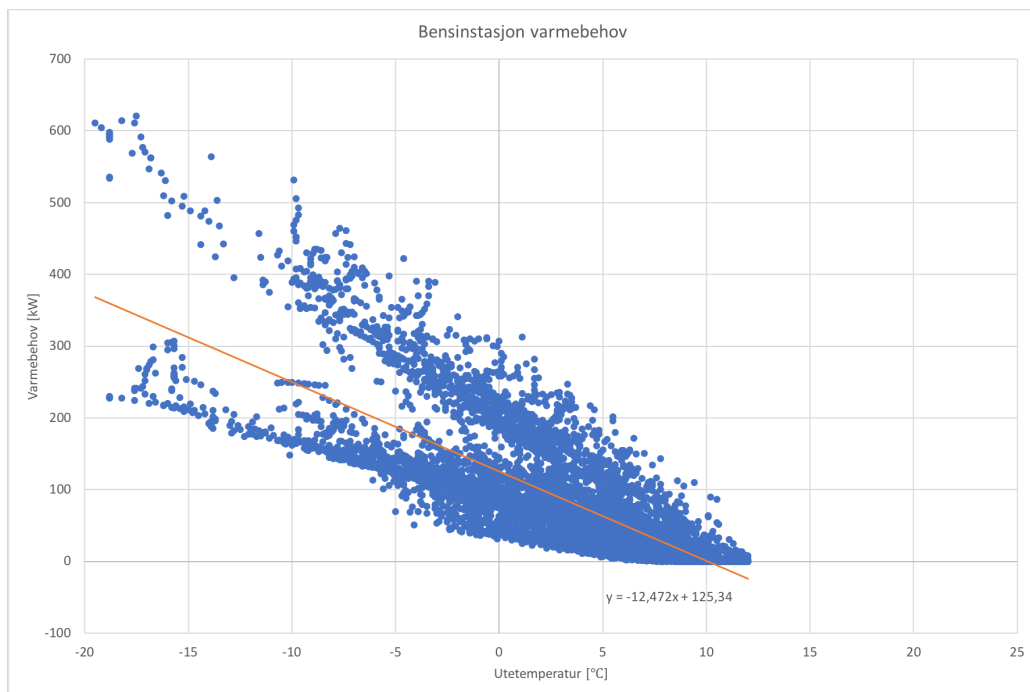
Figur 59: Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget sør for Bedehuset



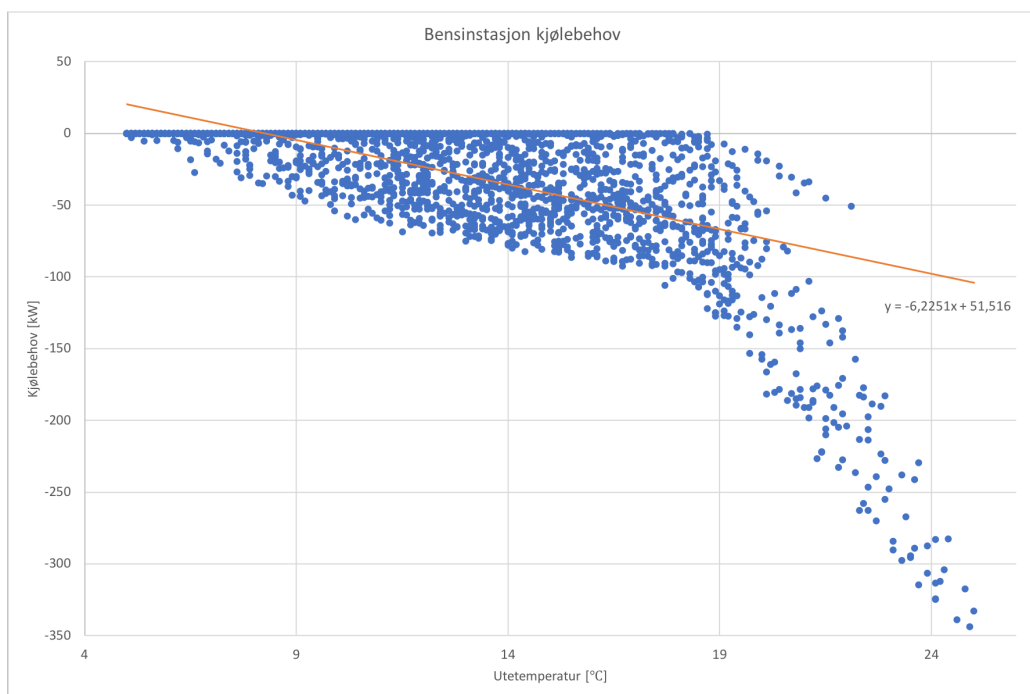
Figur 60: Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget sør for Bedehuset



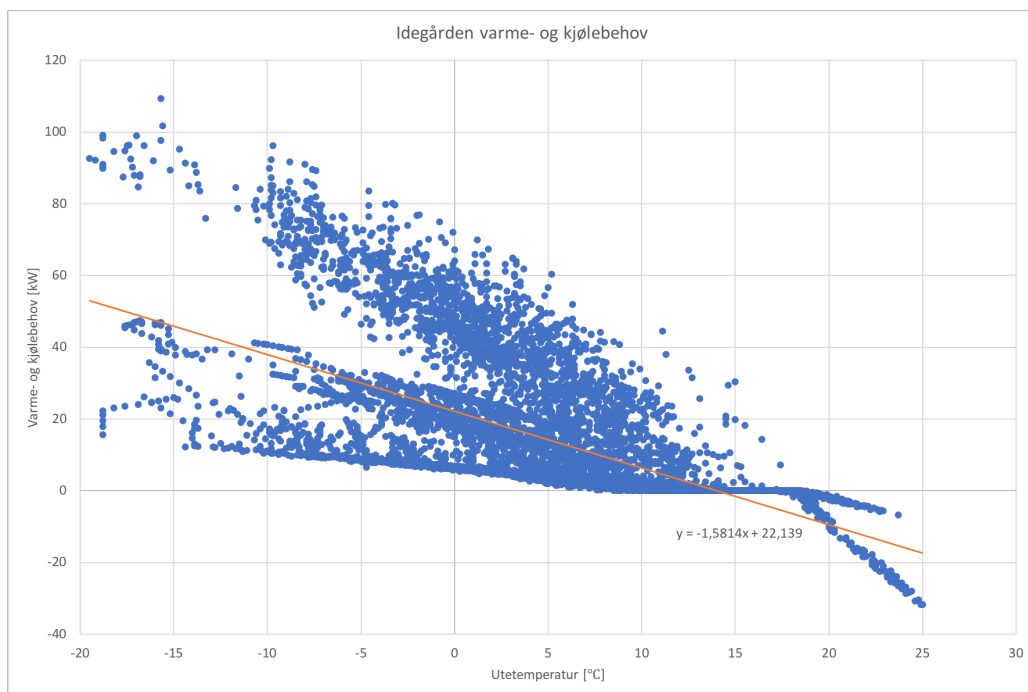
Figur 61: Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Bensinstasjon



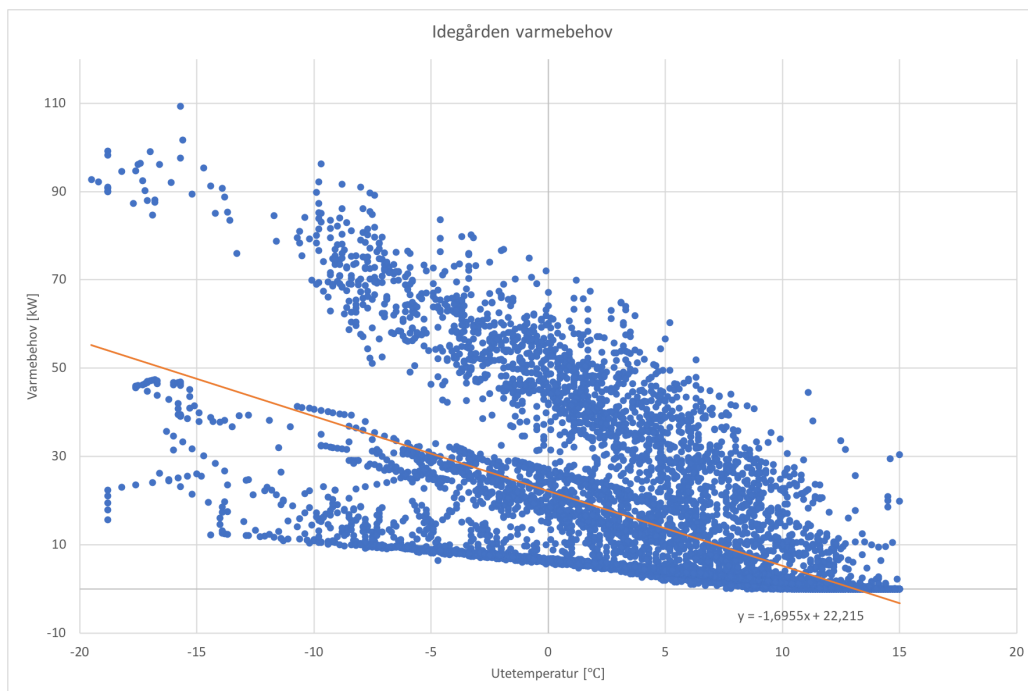
Figur 62: Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Bensinstasjon



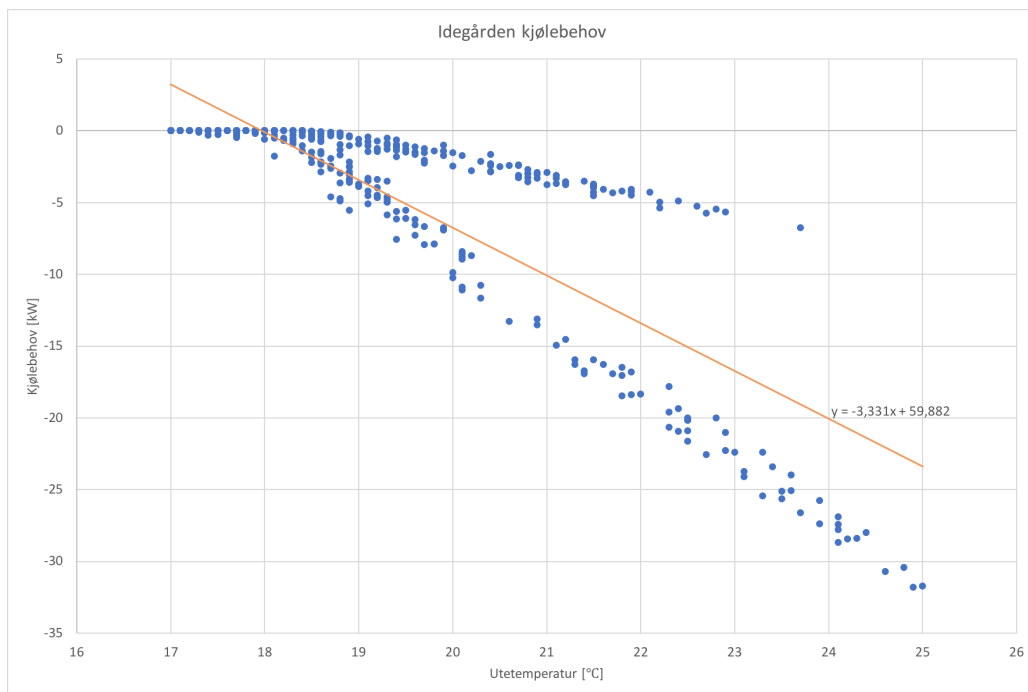
Figur 63: Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Bensinstasjon



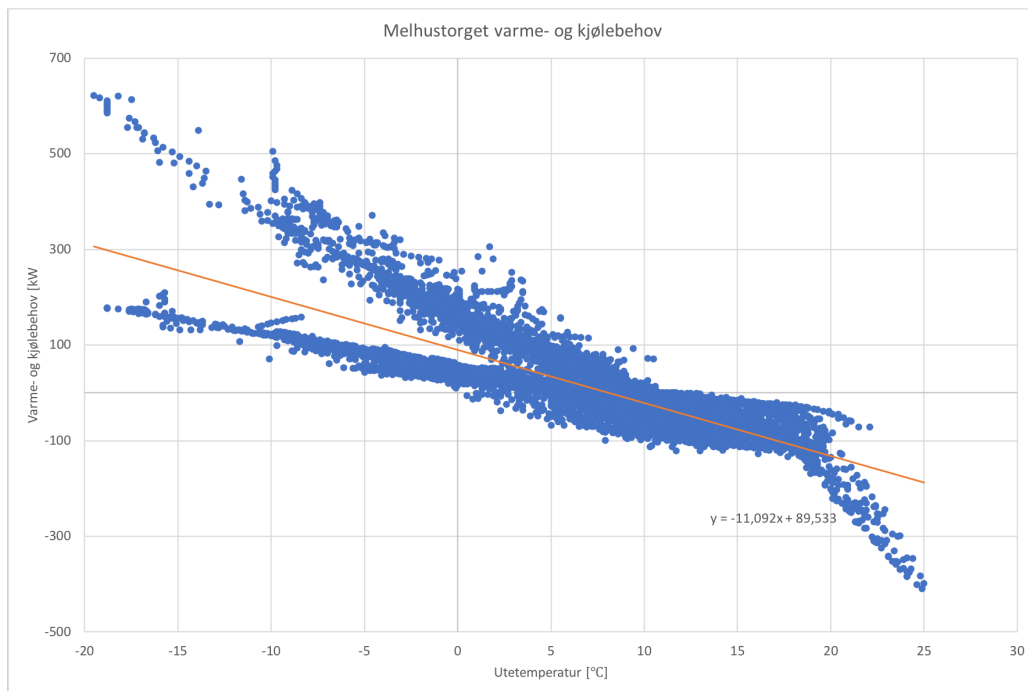
Figur 64: Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Idegården



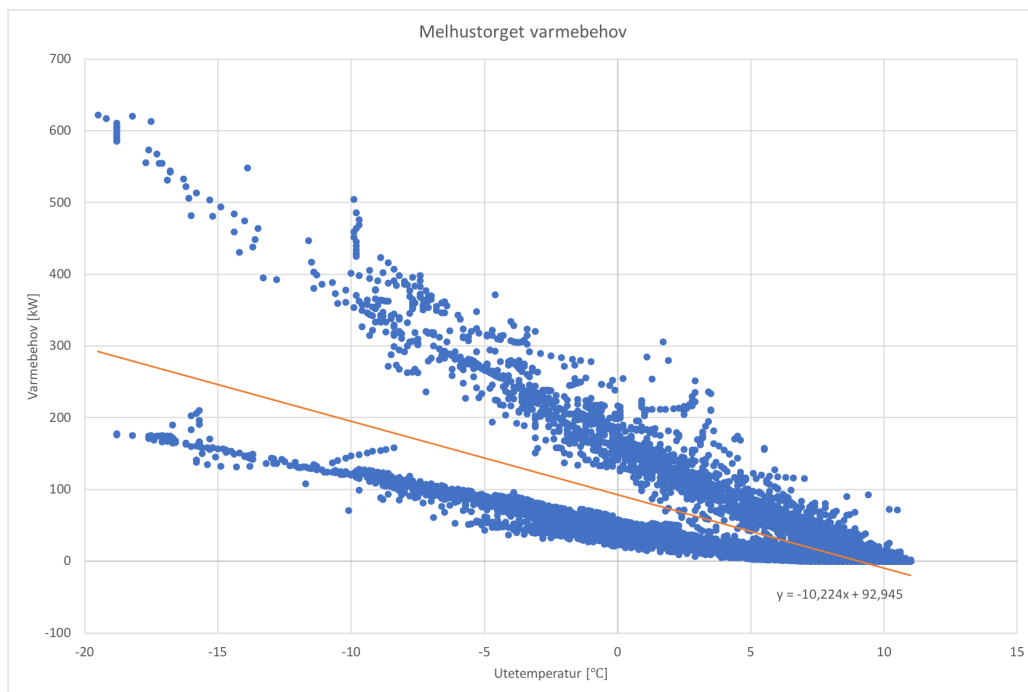
Figur 65: Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Idegården



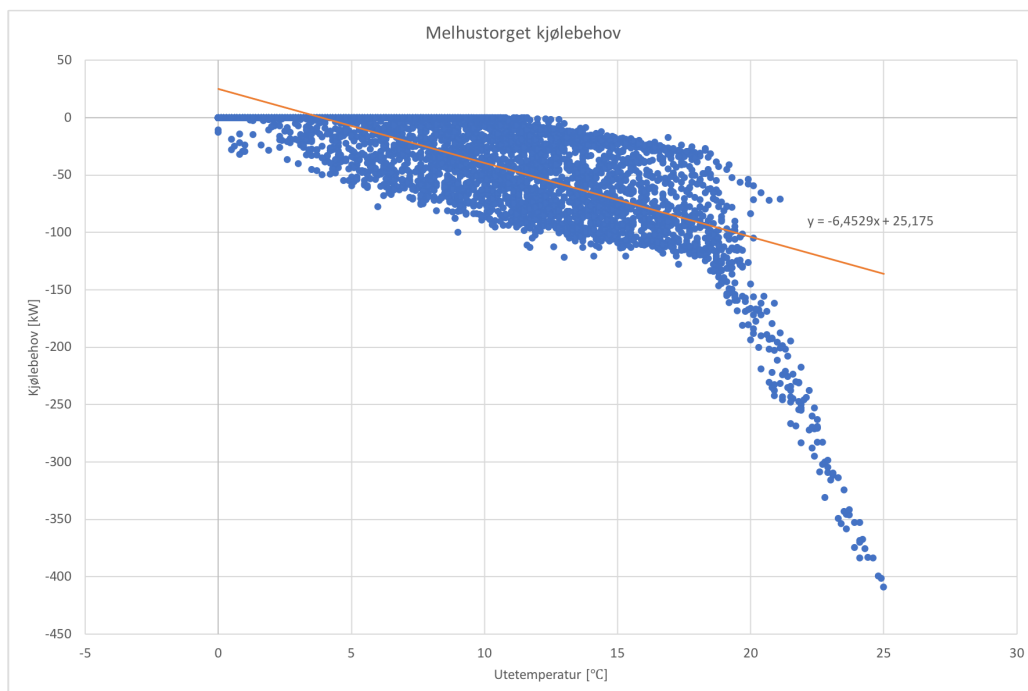
Figur 66: Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Idegården



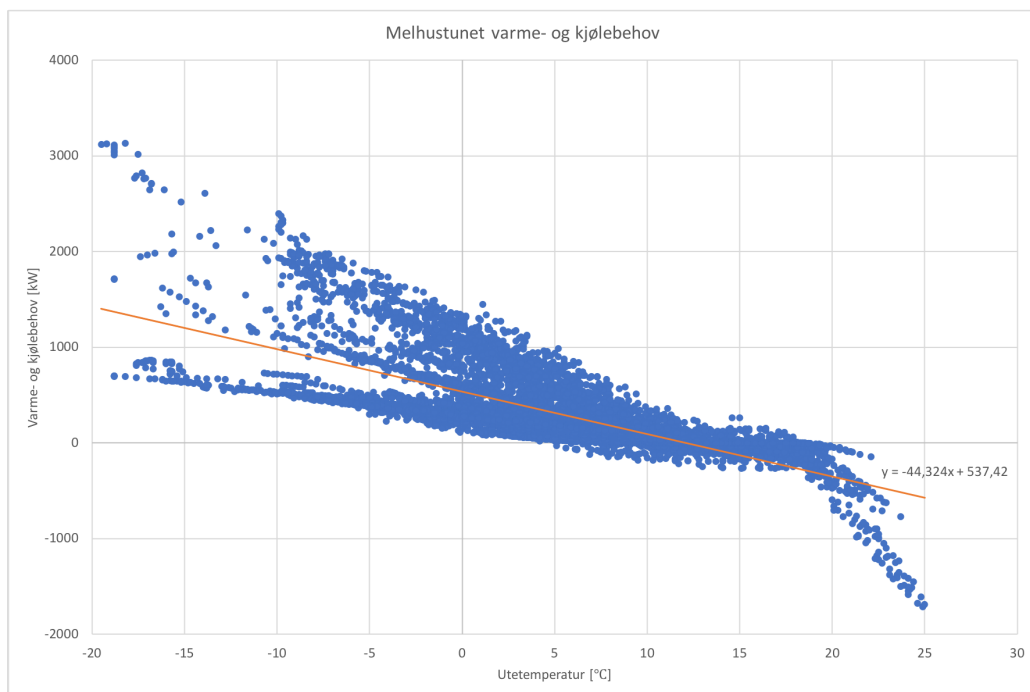
Figur 67: Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Melhustorget



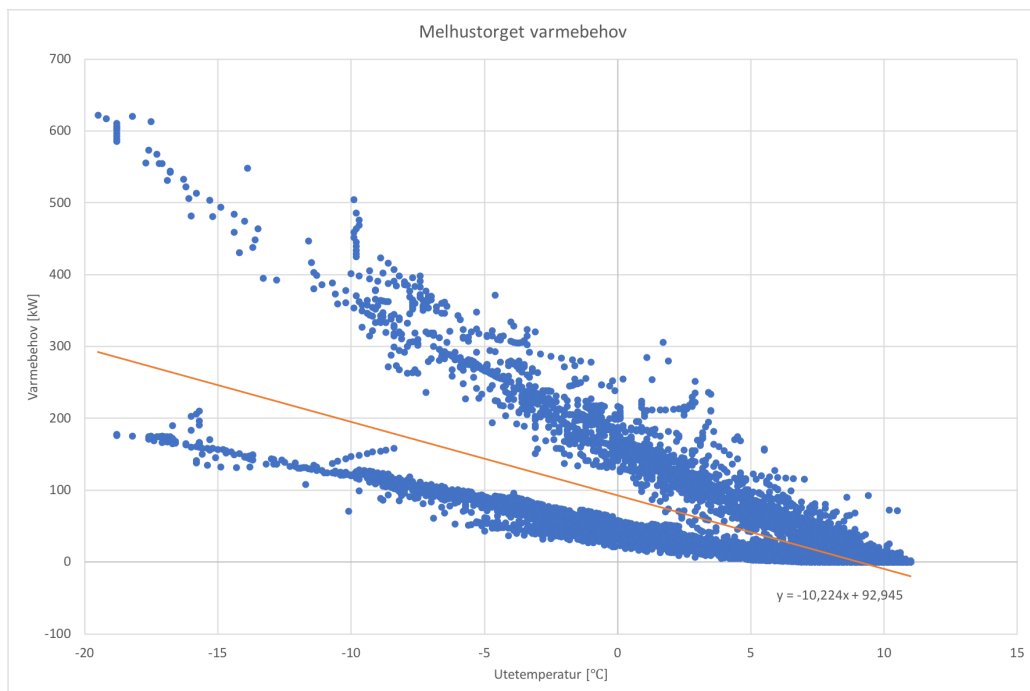
Figur 68: Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Melhustorget



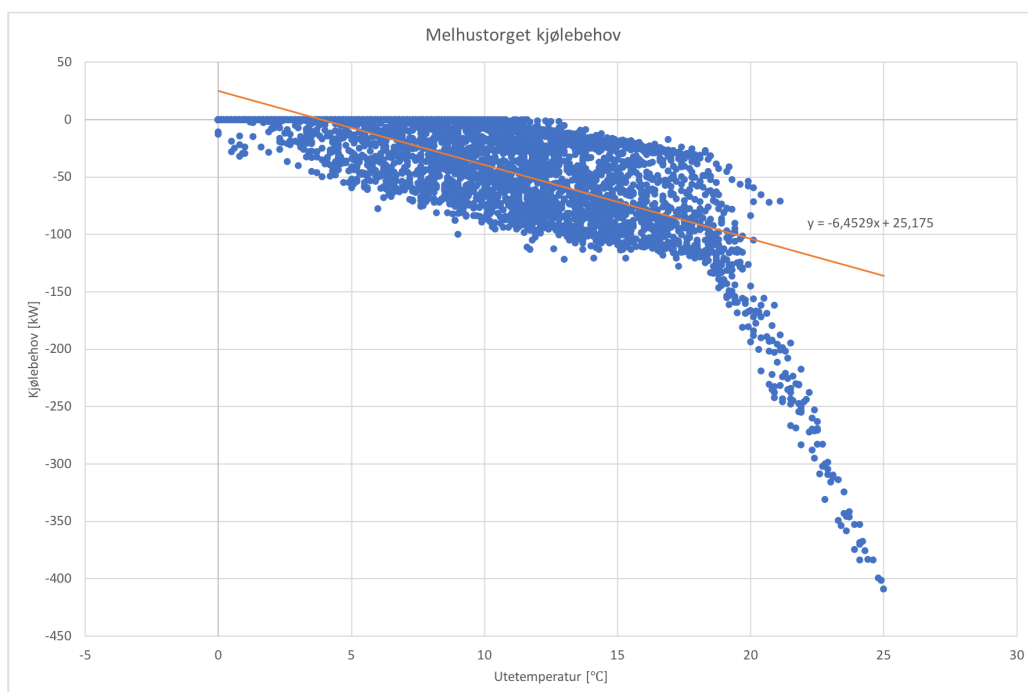
Figur 69: Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Melhustorget



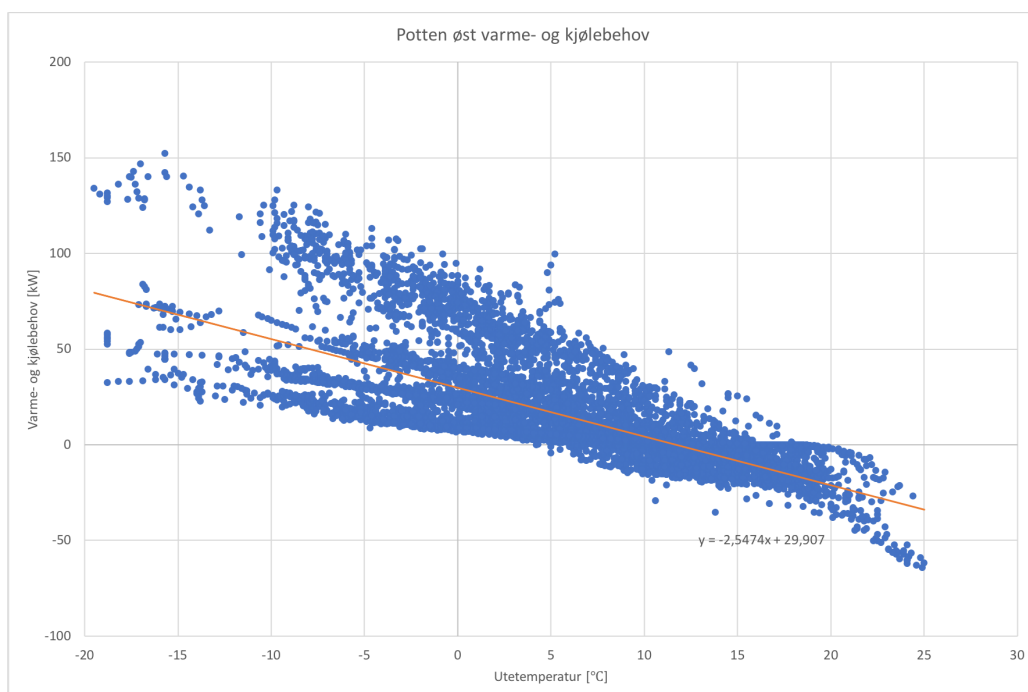
Figur 70: Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Melhustunet



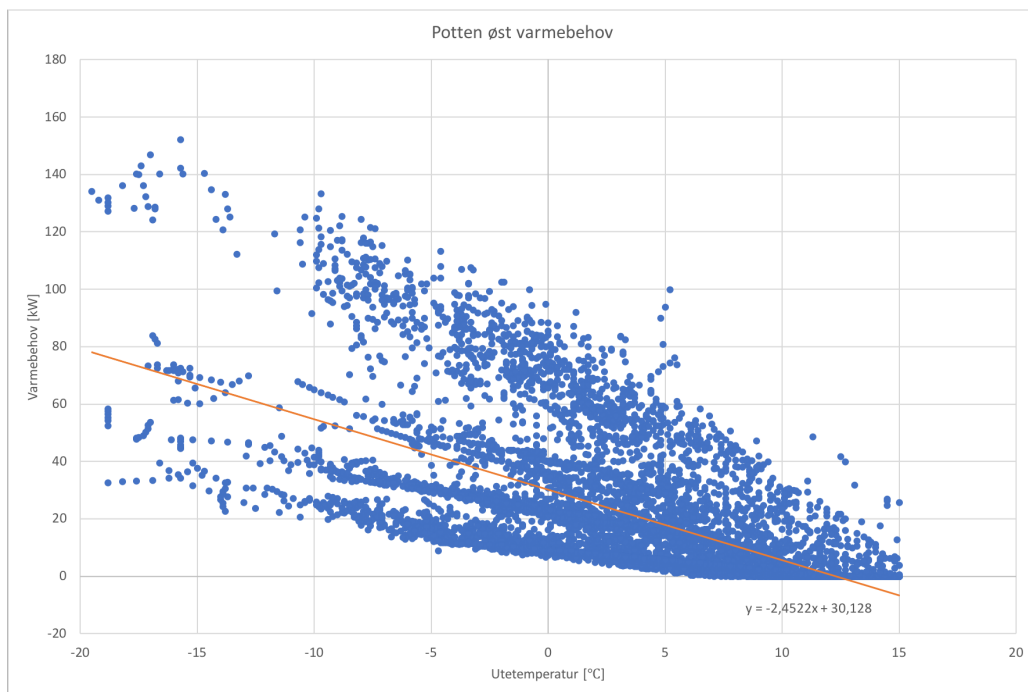
Figur 71: Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Melhustunet



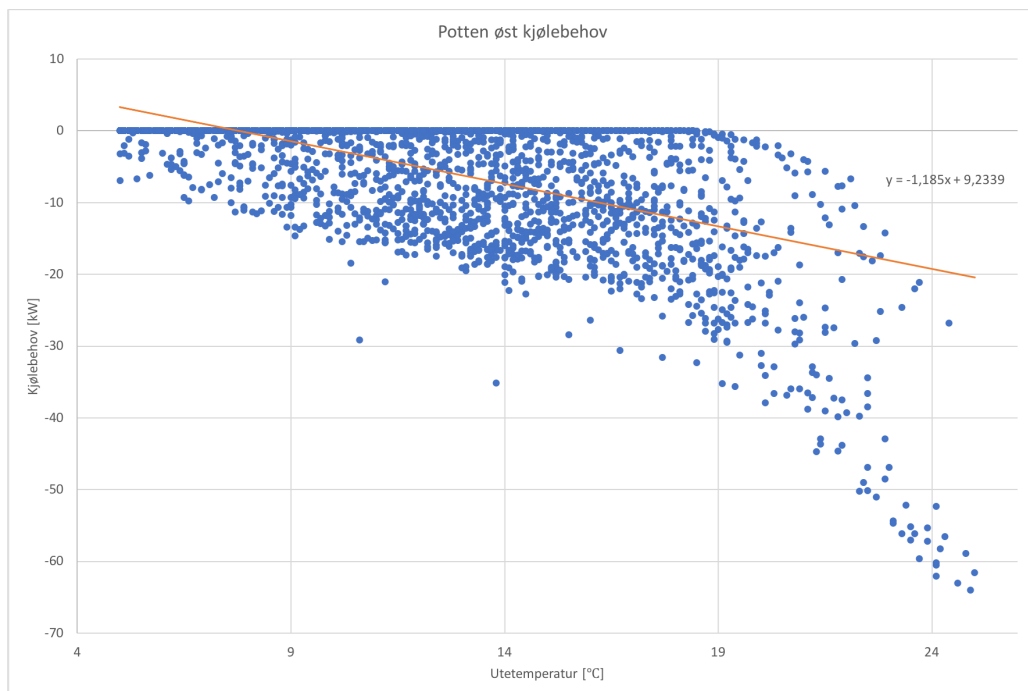
Figur 72: Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Melhustunet



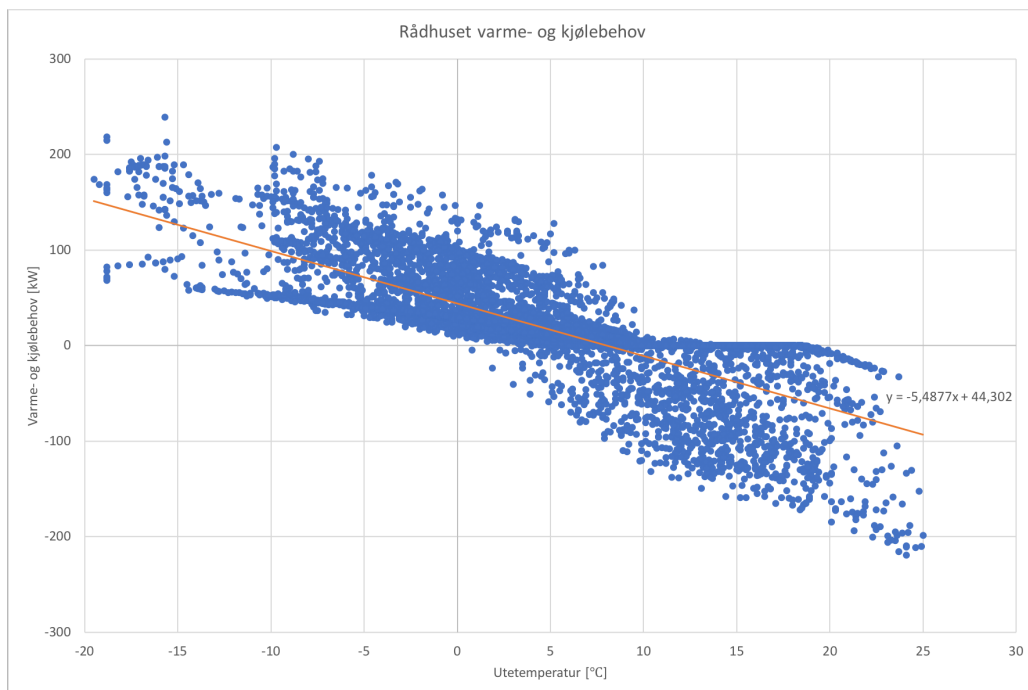
Figur 73: Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Potten øst



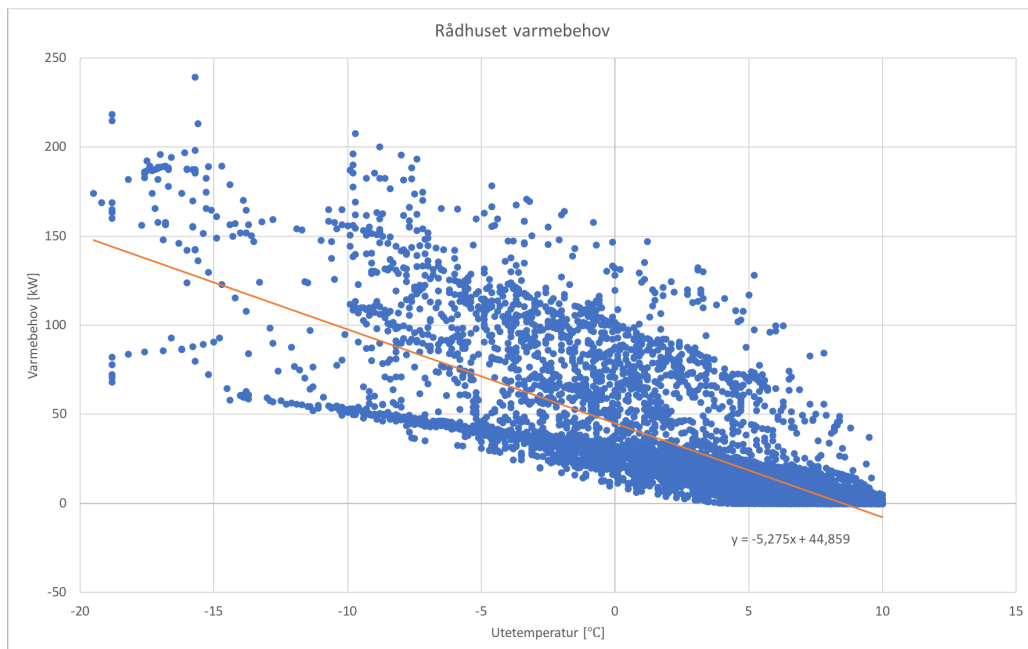
Figur 74: Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Potten øst



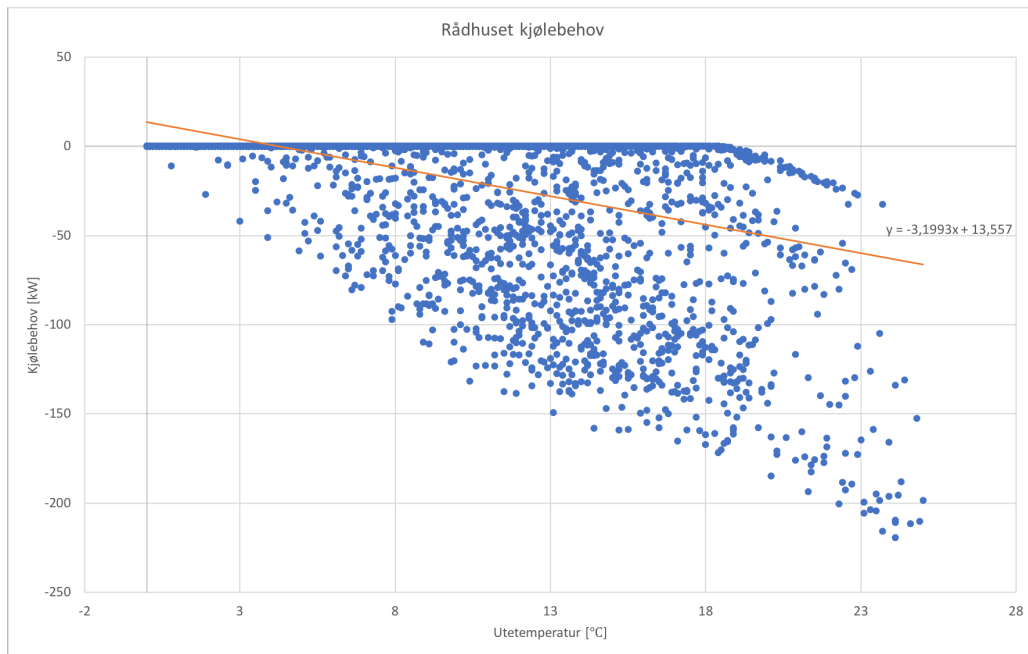
Figur 75: Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Potten øst



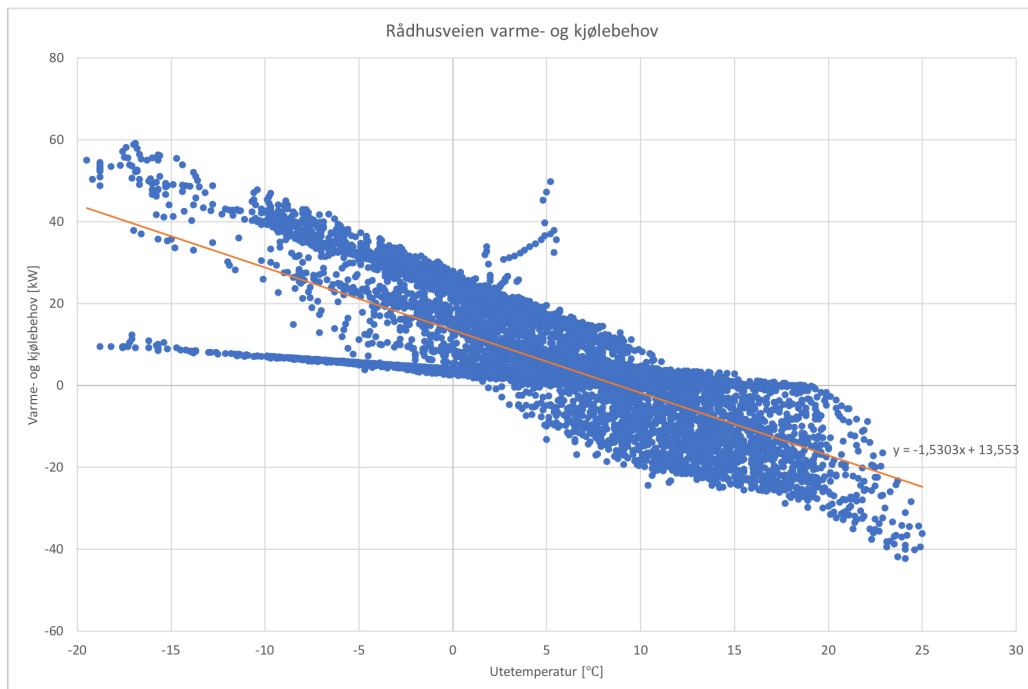
Figur 76: Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Rådhuset



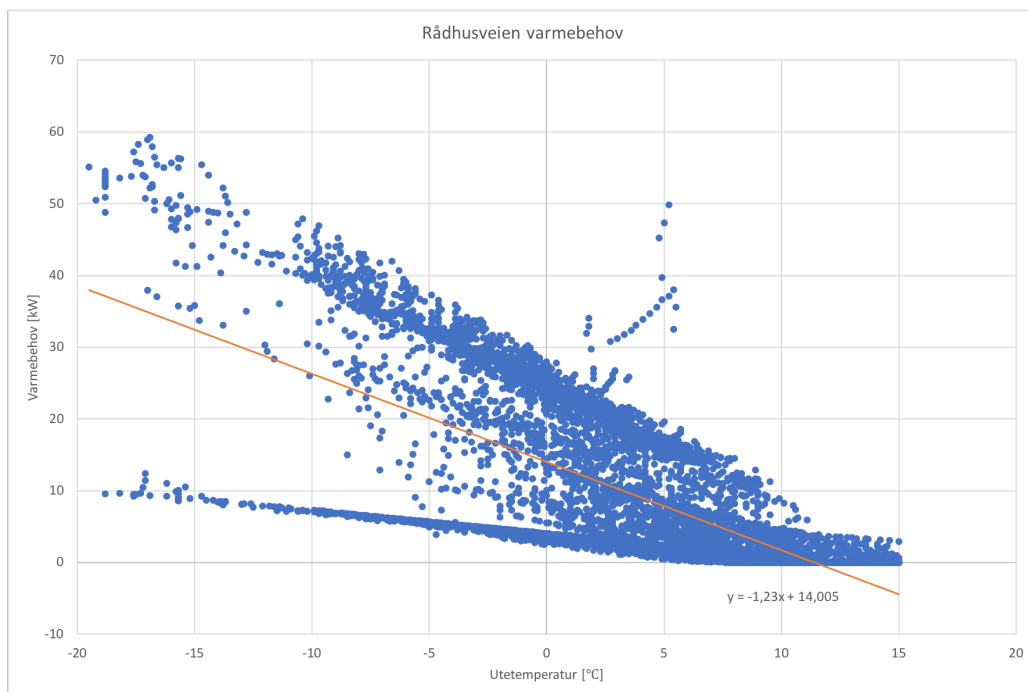
Figur 77: Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Rådhuset



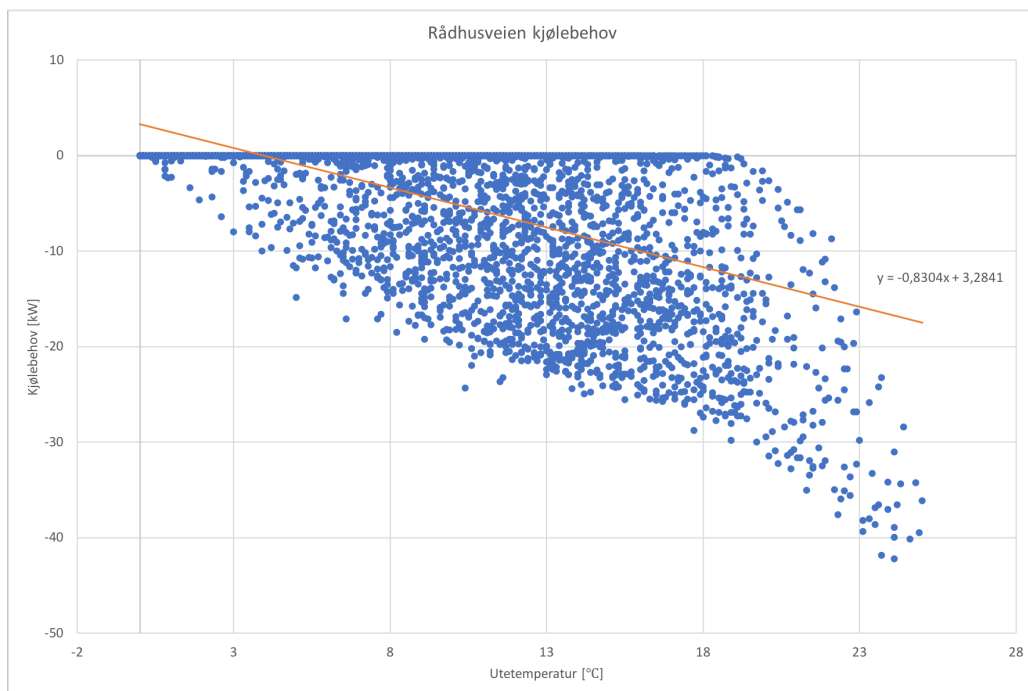
Figur 78: Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Rådhuset



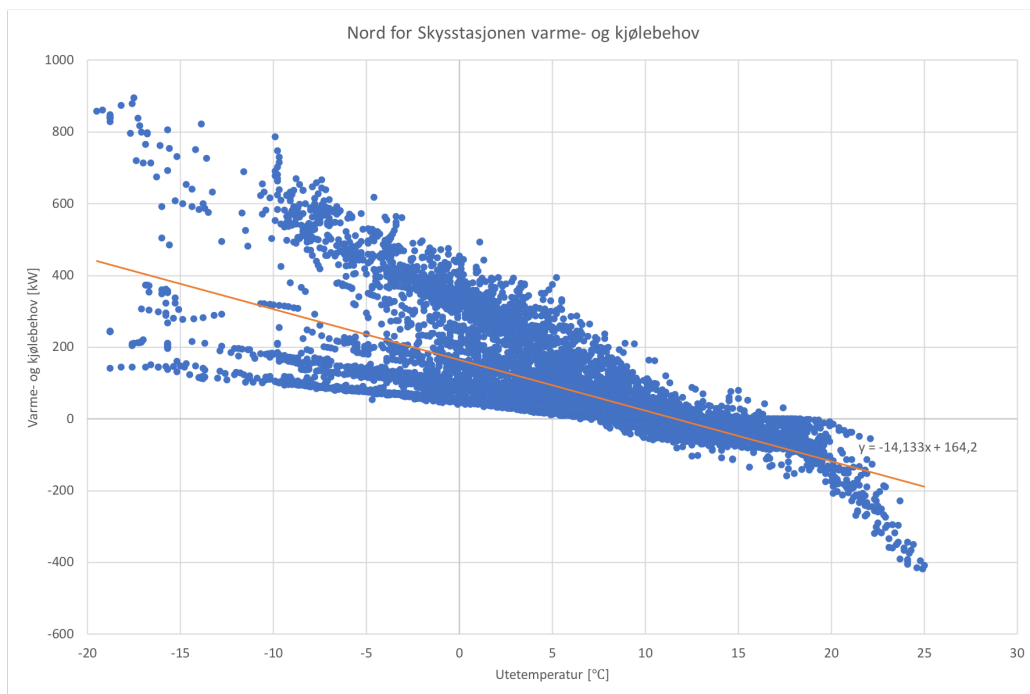
Figur 79: Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Rådhusveien



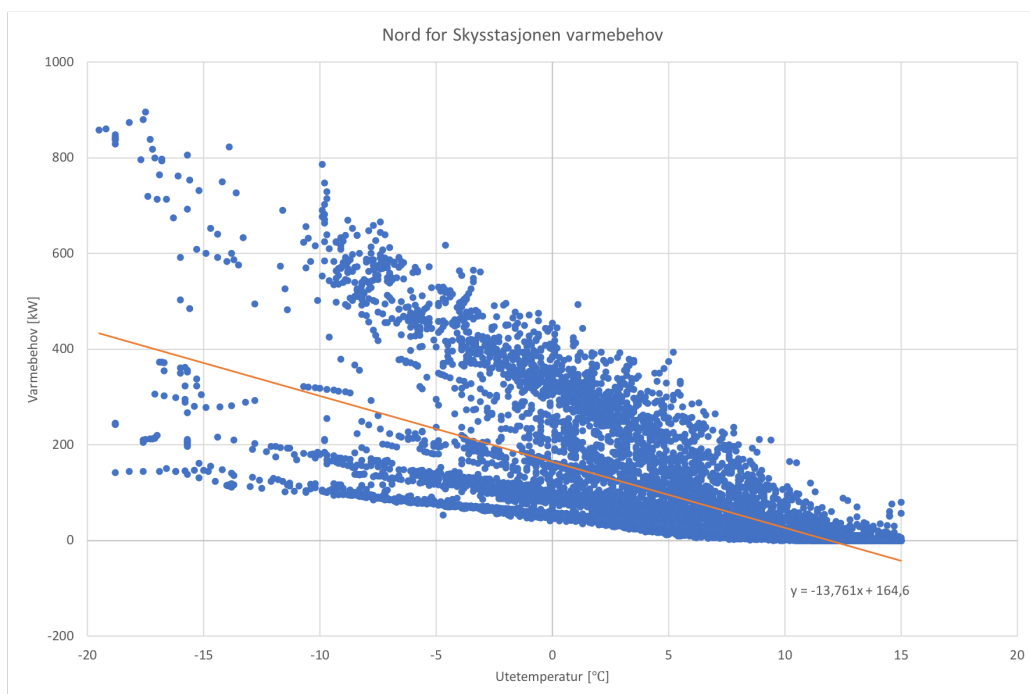
Figur 80: Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Rådhusveien



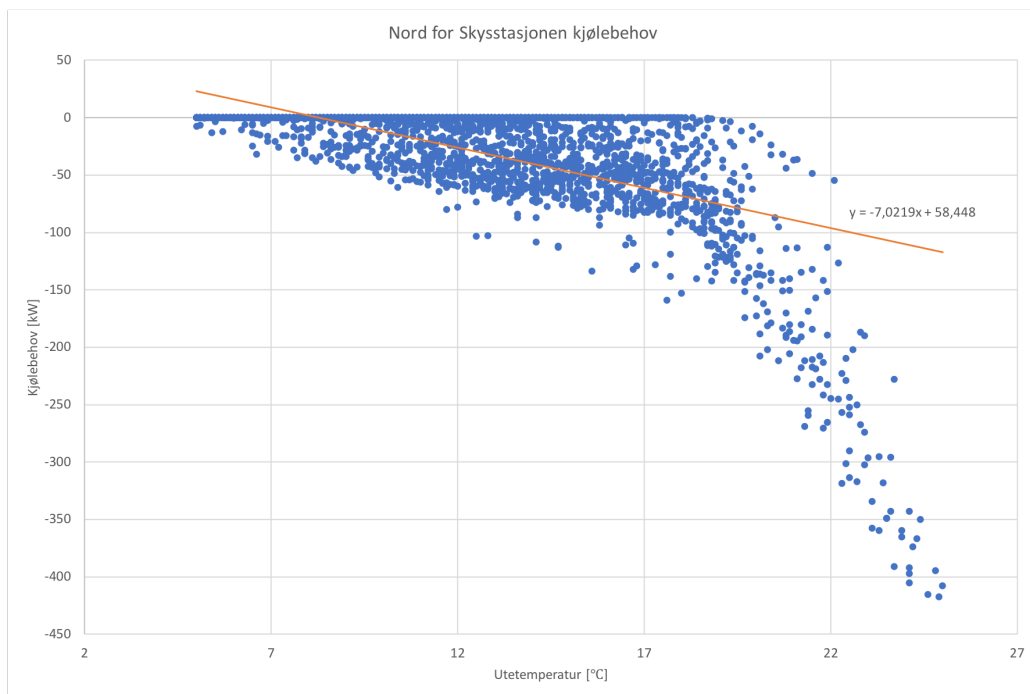
Figur 81: Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Rådhusveien



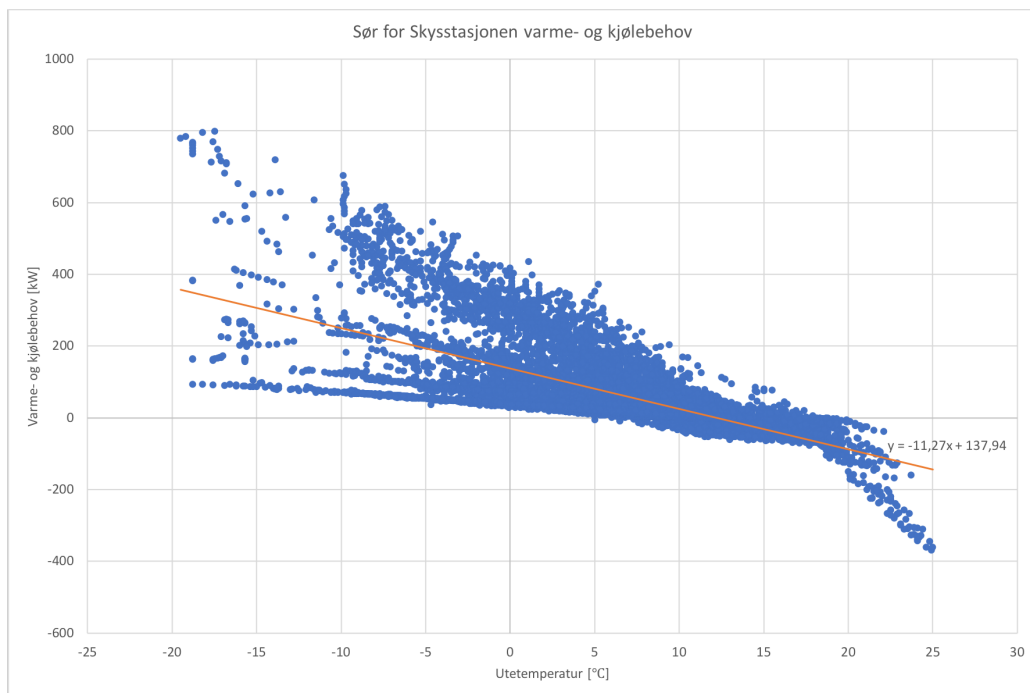
Figur 82: Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Skysstasjonen nord



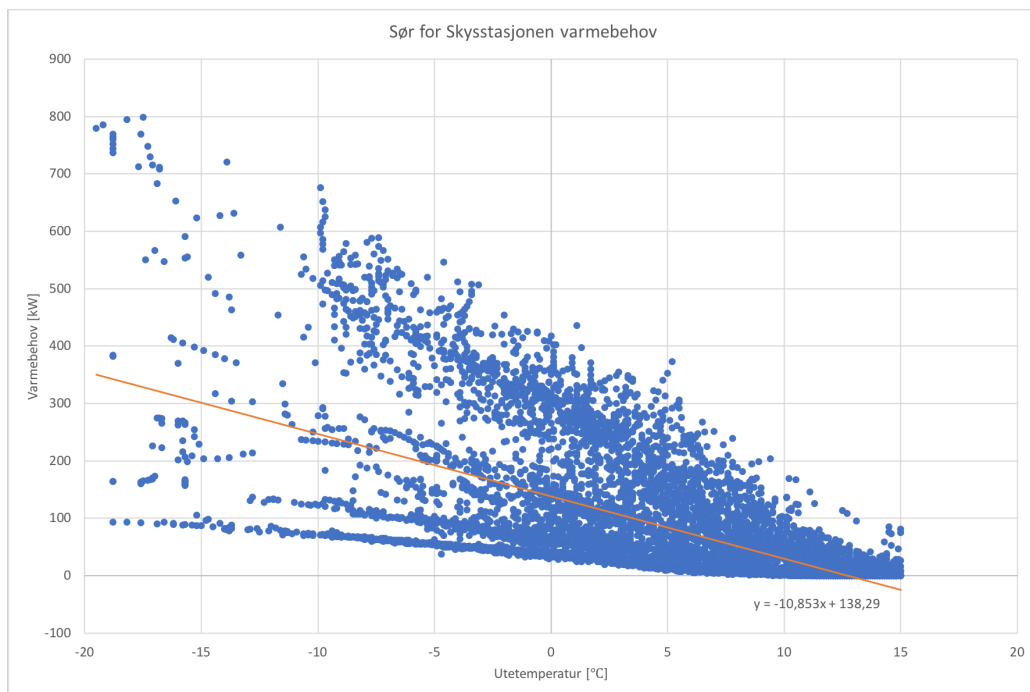
Figur 83: Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Skysstasjonen nord



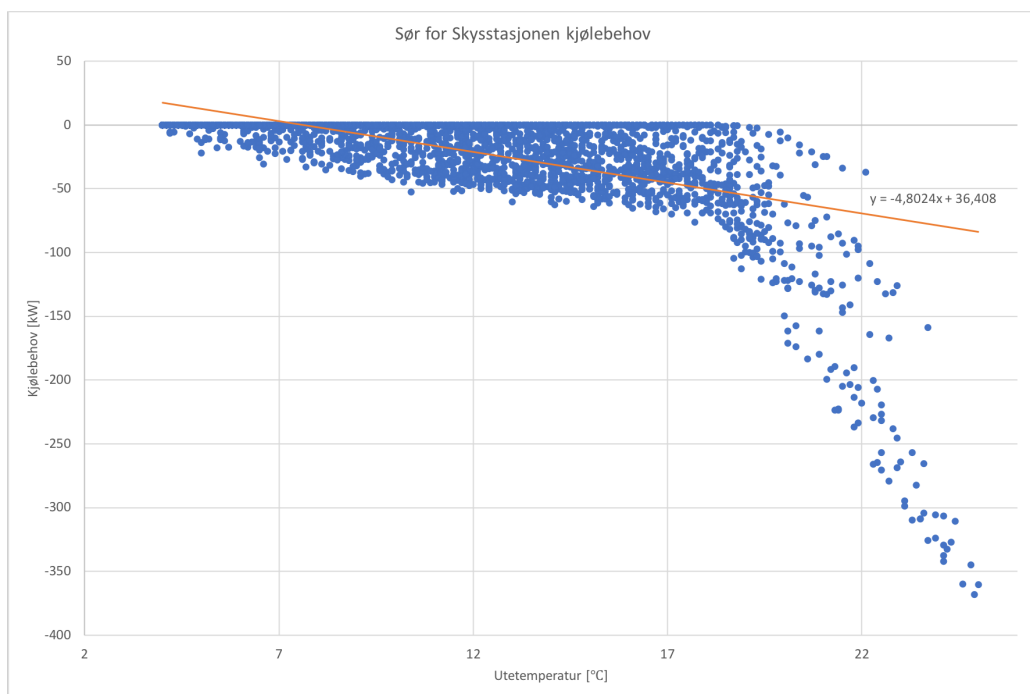
Figur 84: Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Skysstasjonen nord



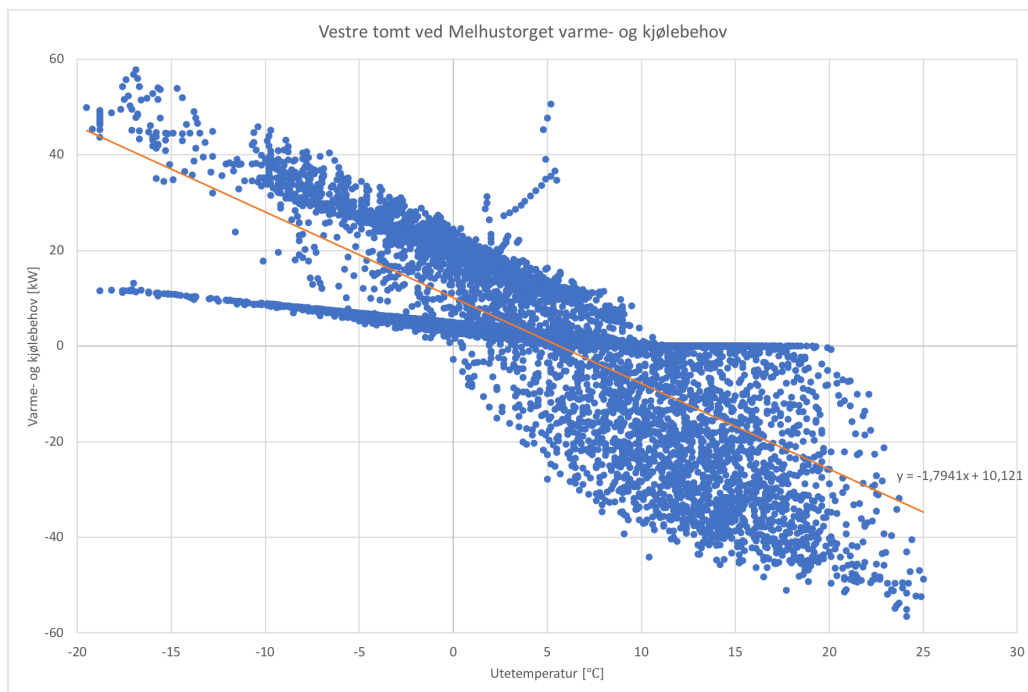
Figur 85: Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Skysstasjonen sør



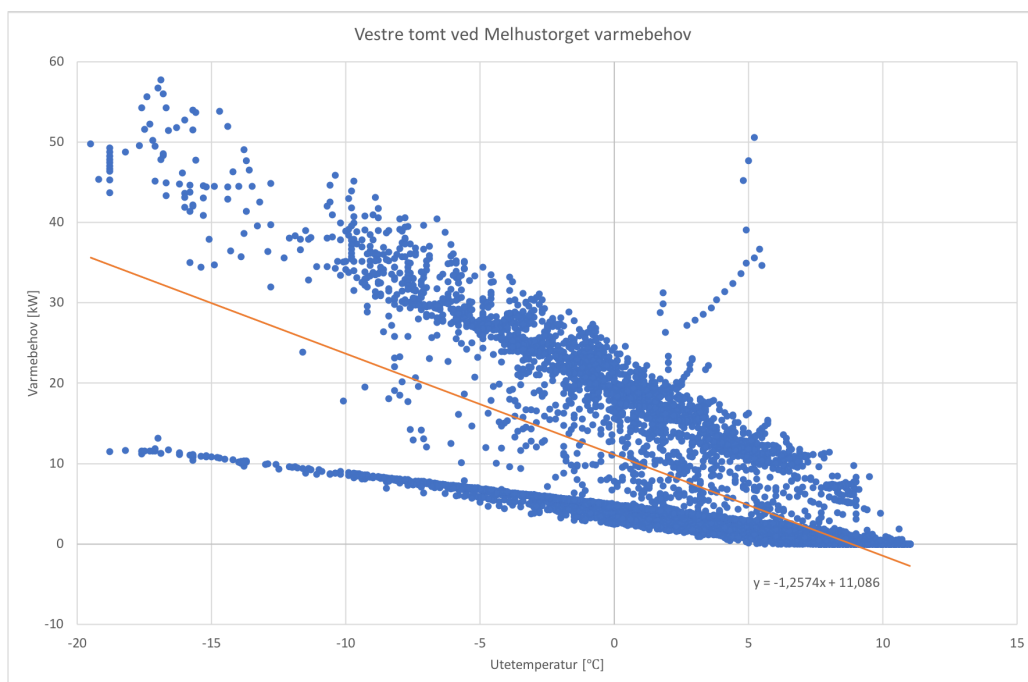
Figur 86: Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Skysstasjonen sør



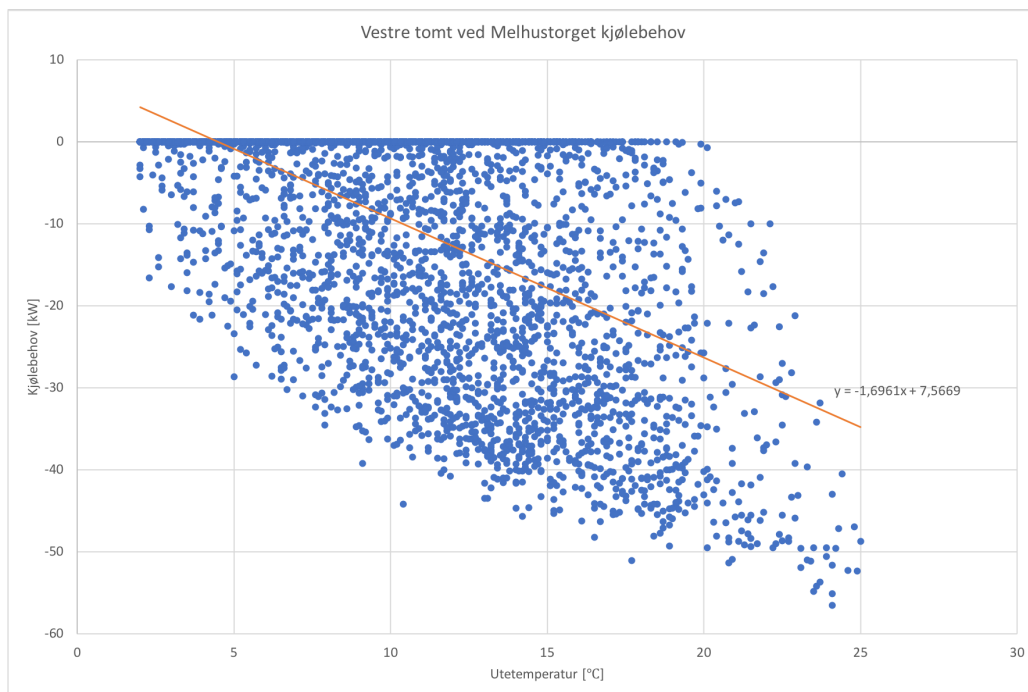
Figur 87: Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Skysstasjonen sør



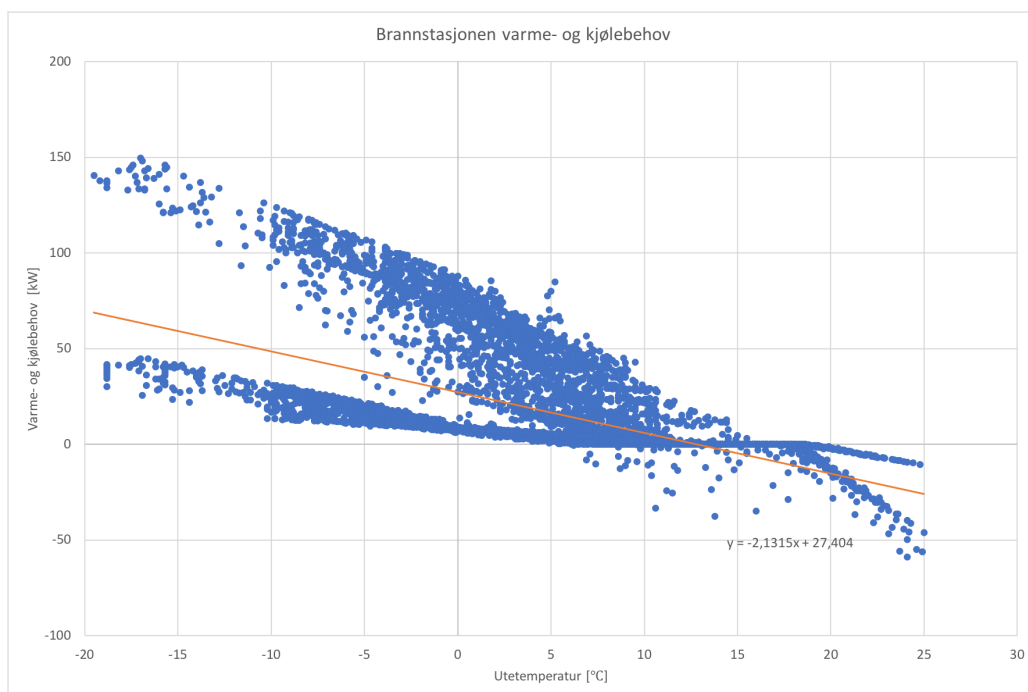
Figur 88: Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Vestre tomt ved Melhustorget



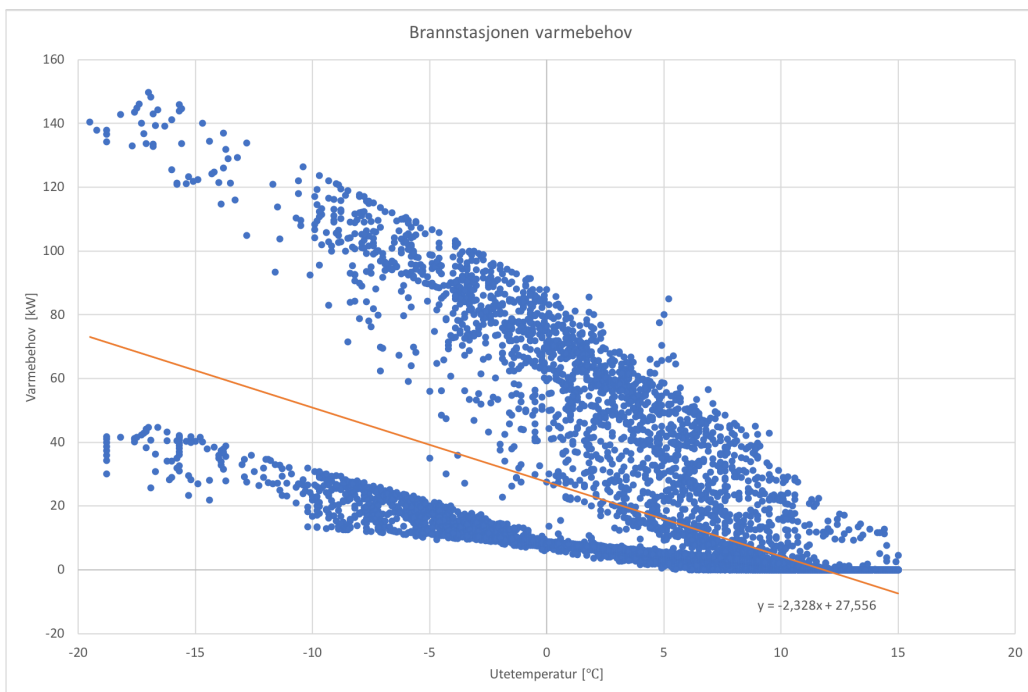
Figur 89: Varmebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Vestre tomt ved Melhustorget



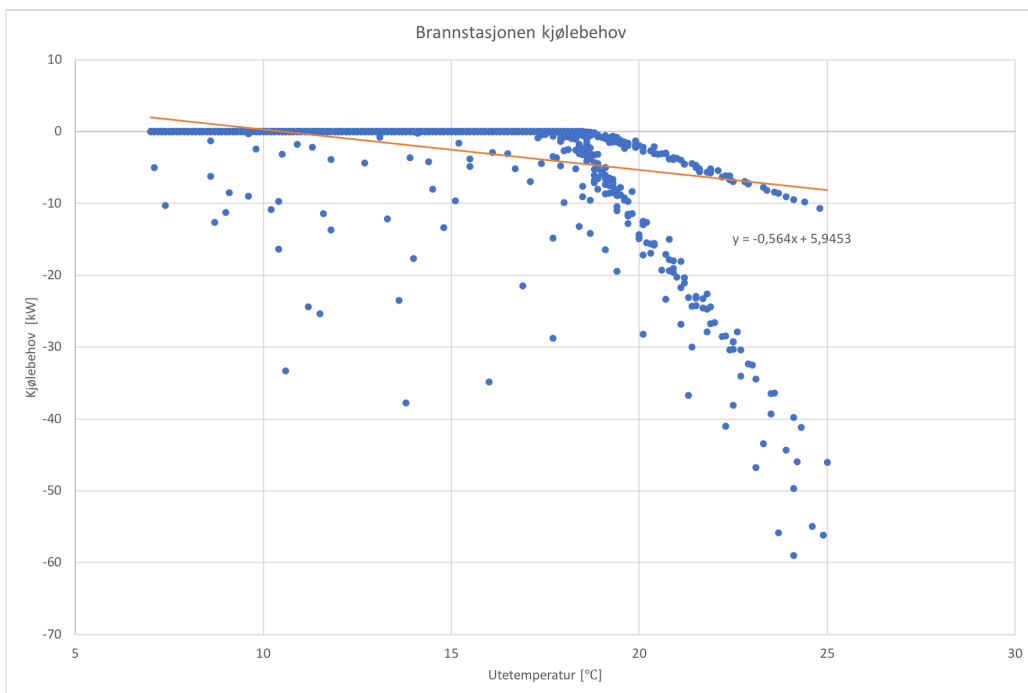
Figur 90: Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for nybygget Vestre tomt ved Melhustorget



Figur 91: Varme- og kjølebehovet ved varierende utetemperatur for Brannstasjonen



Figur 92: Varmebehovet ved varierende utetemperatur for Brannstasjonen



Figur 93: Kjølebehovet ved varierende utetemperatur for Brannstasjonen

Vedlegg B: EES kode

```
1 Function varme_lenat(Q_LenaT_funksjon)
2   If (Q_LenaT_funksjon < 0) Then
3     Q_LenaT = 0
4   Else
5     Q_LenaT = Q_LenaT_funksjon
6   Endif
7   varme_lenat = Q_LenaT
8 End
9
10 Function varme_nbuen(Q_NBuen_funksjon)
11   If (Q_NBuen_funksjon < 0) Then
12     Q_NBuen = 0
13   Else
14     Q_NBuen = Q_NBuen_funksjon
15   Endif
16   varme_nbuen = Q_NBuen
17 End
18
19 Function varme_gbuen(Q_GBuen_funksjon)
20   If (Q_GBuen_funksjon < 0) Then
21     Q_GBuen = 0
22   Else
23     Q_GBuen = Q_GBuen_funksjon
24   Endif
25   varme_gbuen = Q_GBuen
26 End
27
28 Function varme_lenav(Q_Lenav_funksjon)
29   If (Q_Lenav_funksjon < 0) Then
30     Q_Lenav = 0
31   Else
32     Q_Lenav = Q_Lenav_funksjon
33   Endif
34   varme_lenav = Q_Lenav
35 End
36
37 Function varme_ide(Q_Ide_funksjon)
38   If (Q_Ide_funksjon < 0) Then
39     Q_Ide = 0
40   Else
41     Q_Ide = Q_Ide_funksjon
42   Endif
43   varme_ide = Q_Ide
```

```

44 End
45
46 Function varme_h vdingen(Q_H vdingen_funksjon)
47   If (Q_H vdingen_funksjon < 0) Then
48     Q_H vdingen = 0
49   Else
50     Q_H vdingen = Q_H vdingen_funksjon
51   Endif
52   varme_h vdingen = Q_H vdingen
53 End
54
55 Function varme_melhuset(Q_Melhuset_funksjon)
56   If (Q_Melhuset_funksjon < 0) Then
57     Q_Melhuset = 0
58   Else
59     Q_Melhuset = Q_Melhuset_funksjon
60   Endif
61   varme_melhuset = Q_Melhuset
62 End
63
64 Function varme_oterholm(Q_Oterholm_funksjon)
65   If (Q_Oterholm_funksjon < 0) Then
66     Q_Oterholm = 0
67   Else
68     Q_Oterholm = Q_Oterholm_funksjon
69   Endif
70   varme_oterholm = Q_Oterholm
71 End
72
73 Function varme_thora(Q_Thora_funksjon)
74   If (Q_Thora_funksjon < 0) Then
75     Q_Thora = 0
76   Else
77     Q_Thora = Q_Thora_funksjon
78   Endif
79   varme_thora = Q_Thora
80 End
81
82 Function varme_losjev(Q_Losjev_funksjon)
83   If (Q_Losjev_funksjon < 0) Then
84     Q_Losjev = 0
85   Else
86     Q_Losjev = Q_Losjev_funksjon
87   Endif

```

```

88   varme_losjev = Q_Losjev
89 End
90
91 Function oppvarming_r dhusv(Q_R dhusv_h; Q_R dhusv_c; Q_R dhusv_vv)
92   If (Q_R dhusv_h < Q_R dhusv_c) Then
93     Q_R dhusv = Q_R dhusv_vv
94   Else
95     Q_R dhusv = Q_R dhusv_h + Q_R dhusv_vv
96   Endif
97   oppvarming_r dhusv=Q_R dhusv
98 End
99
100 Function flow_r dhusv(T_ute; m_dot_c_R dhusv;m_dot_h_R dhusv;
    Q_R dhusv_h; Q_R dhusv_c)
101   If (Q_r dhusv_h < Q_R dhusv_c) Then
102     m_dot_R dhusv = m_dot_c_R dhusv + m_dot_h_R dhusv
103   Else
104     m_dot_R dhusv = m_dot_h_R dhusv
105   Endif
106   flow_r dhusv=m_dot_R dhusv
107 End
108
109 Function flow_r dhusv_maks(m_dot_c_R dhusv_maks;m_dot_h_R dhusv_maks)
110   If (m_dot_h_R dhusv_maks >= m_dot_c_R dhusv_maks) Then
111     m_dot_R dhusv_maks = m_dot_h_R dhusv_maks
112   Else
113     m_dot_R dhusv_maks = m_dot_c_R dhusv_maks
114   Endif
115   flow_r dhusv_maks=m_dot_R dhusv_maks
116 End
117
118 Function varme_r dhusv(Q_R dhusv_varme; Q_R dhusv_maks_h)
119   If (Q_R dhusv_varme >= Q_R dhusv_maks_h) Then
120     Q_R dhusv_h = Q_R dhusv_maks_h
121   Else
122     Q_R dhusv_h = Q_R dhusv_varme
123   Endif
124   varme_r dhusv = Q_R dhusv_h
125 End
126
127 Function kj ling_r dhusv(Q_R dhusv_kj ling; T_ute)
128   If (Q_R dhusv_kj ling >= 0) and (T_ute > 0) Then
129     Q_R dhusv_c = Q_R dhusv_kj ling
130   Else

```

```

131   Q_R dhusv_c = Q_R dhusv_kj ling*(-1)
132   Endif
133   kj ling_r dhusv = Q_R dhusv_c
134 End
135
136 Function oppvarming_pplass(Q_Pplass_h; Q_Pplass_c; Q_Pplass_vv)
137   If (Q_Pplass_h < Q_Pplass_c) Then
138     Q_Pplass = Q_Pplass_vv
139   Else
140     Q_Pplass = Q_Pplass_h + Q_Pplass_vv
141   Endif
142   oppvarming_pplass=Q_Pplass
143 End
144
145 Function flow_pplass(T_ute; m_dot_c_Pplass;m_dot_h_Pplass; Q_Pplass_h;
    Q_Pplass_c)
146   If (Q_Pplass_h < Q_Pplass_c) Then
147     m_dot_Pplass = m_dot_c_Pplass + m_dot_h_Pplass
148   Else
149     m_dot_Pplass = m_dot_h_Pplass
150   Endif
151   flow_pplass=m_dot_Pplass
152 End
153
154 Function flow_pplass_maks(m_dot_c_Pplass_maks;m_dot_h_Pplass_maks)
155   If (m_dot_h_Pplass_maks >= m_dot_c_Pplass_maks) Then
156     m_dot_Pplass_maks = m_dot_h_Pplass_maks
157   Else
158     m_dot_Pplass_maks = m_dot_c_Pplass_maks
159   Endif
160   flow_pplass_maks=m_dot_Pplass_maks
161 End
162
163 Function varme_pplass(Q_Pplass_varme; Q_Pplass_maks_h)
164   If (Q_Pplass_varme >= Q_Pplass_maks_h) Then
165     Q_Pplass_h = Q_Pplass_maks_h
166   Else
167     Q_Pplass_h = Q_Pplass_varme
168   Endif
169   varme_pplass = Q_Pplass_h
170 End
171
172 Function kj ling_pplass(Q_Pplass_kj ling; T_ute)
173   If (Q_Pplass_kj ling >= 0) and (T_ute > 0) Then

```

```

174   Q_Pplass_c = Q_Pplass_kj ling
175   Else
176   Q_Pplass_c = Q_Pplass_kj ling*(-1)
177   Endif
178   kj ling_pplass = Q_Pplass_c
179 End
180
181 Function oppvarming_s r(Q_S r_h; Q_S r_c; Q_S r_vv)
182   If (Q_S r_h < Q_S r_c) Then
183     Q_S r = Q_S r_vv
184   Else
185     Q_S r = Q_S r_h + Q_S r_vv
186   Endif
187   oppvarming_s r=Q_S r
188 End
189
190 Function flow_s r(T_ute; m_dot_c_S r;m_dot_h_S r; Q_S r_h; Q_S r_c)
191   If (Q_S r_h < Q_S r_c) Then
192     m_dot_S r = m_dot_c_S r + m_dot_h_S r
193   Else
194     m_dot_S r = m_dot_h_S r
195   Endif
196   flow_s r=m_dot_S r
197 End
198
199 Function flow_s r_maks(m_dot_c_S r_maks;m_dot_h_S r_maks)
200   If (m_dot_h_S r_maks >= m_dot_c_S r_maks) Then
201     m_dot_S r_maks = m_dot_h_S r_maks
202   Else
203     m_dot_S r_maks = m_dot_c_S r_maks
204   Endif
205   flow_s r_maks=m_dot_S r_maks
206 End
207
208 Function varme_s r(Q_S r_varme; Q_S r_maks_h)
209   If (Q_S r_varme >= Q_S r_maks_h) Then
210     Q_S r_h = Q_S r_maks_h
211   Else
212     Q_S r_h = Q_S r_varme
213   Endif
214   varme_s r = Q_S r_h
215 End
216
217 Function kj ling_s r(Q_S r_kj ling; T_ute)

```

```

218 If (Q_S r_kj ling > 0) and (T_ute > 0) Then
219   Q_S r_c = Q_S r_kj ling
220 Else
221   Q_S r_c = Q_S r_kj ling*(-1)
222 Endif
223 kj ling_s r = Q_S r_c
224 End
225
226
227 Function oppvarming_melhustorget(Q_Melhustorget_h; Q_Melhustorget_c;
   Q_Melhustorget_vv)
228 If (Q_Melhustorget_h < Q_Melhustorget_c) Then
229   Q_Melhustorget = Q_Melhustorget_vv
230 Else
231   Q_Melhustorget = Q_Melhustorget_h + Q_Melhustorget_vv
232 Endif
233 oppvarming_melhustorget=Q_Melhustorget
234 End
235
236 Function flow_melhustorget(T_ute; m_dot_c_Melhustorget;m_dot_h_Melhustorget;
   Q_Melhustorget_h; Q_Melhustorget_c)
237 If (Q_Melhustorget_h < Q_Melhustorget_c) Then
238   m_dot_Melhustorget = m_dot_c_Melhustorget + m_dot_h_Melhustorget
239 Else
240   m_dot_Melhustorget = m_dot_h_Melhustorget
241 Endif
242 flow_melhustorget=m_dot_Melhustorget
243 End
244
245 Function flow_melhustorget_maks(m_dot_c_Melhustorget_maks;
   m_dot_h_Melhustorget_maks)
246 If (m_dot_h_Melhustorget_maks >= m_dot_c_Melhustorget_maks) Then
247   m_dot_Melhustorget_maks = m_dot_h_Melhustorget_maks
248 Else
249   m_dot_Melhustorget_maks = m_dot_c_Melhustorget_maks
250 Endif
251 flow_melhustorget_maks=m_dot_Melhustorget_maks
252 End
253
254 Function varme_melhustorget(Q_Melhustorget_varme; Q_Melhustorget_maks_h)
255 If (Q_Melhustorget_varme >= Q_Melhustorget_maks_h) Then
256   Q_Melhustorget_h = Q_Melhustorget_maks_h
257 Else
258   Q_Melhustorget_h = Q_Melhustorget_varme

```

```

259   Endif
260   varme_melhustorget = Q_Melhustorget_h
261 End
262
263 Function kj ling_melhustorget(Q_Melhustorget_kj ling; T_ute)
264   If (Q_Melhustorget_kj ling >= 0) and (T_ute > 0) Then
265     Q_Melhustorget_c = Q_Melhustorget_kj ling
266   Else
267     Q_Melhustorget_c = Q_Melhustorget_kj ling*(-1)
268   Endif
269   kj ling_melhustorget = Q_Melhustorget_c
270 End
271
272 Function oppvarming_vestre(Q_Vestre_h; Q_Vestre_c; Q_Vestre_vv)
273   If (Q_Vestre_h < Q_Vestre_c) Then
274     Q_Vestre = Q_Vestre_vv
275   Else
276     Q_Vestre = Q_Vestre_h + Q_Vestre_vv
277   Endif
278   oppvarming_vestre=Q_Vestre
279 End
280
281 Function flow_vestre(T_ute; m_dot_c_Vestre;m_dot_h_Vestre; Q_Vestre_h;
      Q_Vestre_c)
282   If (Q_Vestre_h < Q_Vestre_c) Then
283     m_dot_Vestre = m_dot_c_Vestre + m_dot_h_Vestre
284   Else
285     m_dot_Vestre = m_dot_h_Vestre
286   Endif
287   flow_vestre=m_dot_Vestre
288 End
289
290 Function flow_vestre_maks(m_dot_c_Vestre_maks;m_dot_h_Vestre_maks)
291   If (m_dot_h_Vestre_maks >= m_dot_c_Vestre_maks) Then
292     m_dot_Vestre_maks = m_dot_h_Vestre_maks
293   Else
294     m_dot_Vestre_maks = m_dot_c_Vestre_maks
295   Endif
296   flow_vestre_maks=m_dot_Vestre_maks
297 End
298
299 Function varme_vestre(Q_Vestre_varme; Q_Vestre_maks_h)
300   If (Q_Vestre_varme >= Q_Vestre_maks_h) Then
301     Q_Vestre_h = Q_Vestre_maks_h

```



```

302 Else
303   Q_Vestre_h = Q_Vestre_varme
304 Endif
305 varme_vestre = Q_Vestre_h
306 End
307
308 Function kj ling_vestre(Q_Vestre_kj ling; T_ute)
309   If (Q_Vestre_kj ling >= 0) and (T_ute > 0) Then
310     Q_Vestre_c = Q_Vestre_kj ling
311   Else
312     Q_Vestre_c = Q_Vestre_kj ling*(-1)
313   Endif
314   kj ling_vestre = Q_Vestre_c
315 End
316
317 Function oppvarming_r dhus(Q_R dhus_h; Q_R dhus_c; Q_R dhus_vv)
318   If (Q_R dhus_h < Q_R dhus_c) Then
319     Q_R dhus = Q_R dhus_vv
320   Else
321     Q_R dhus = Q_R dhus_h + Q_R dhus_vv
322   Endif
323   oppvarming_r dhus=Q_R dhus
324 End
325
326 Function flow_r dhus(T_ute; m_dot_c_R dhus;m_dot_h_R dhus; Q_R dhus_h;
   Q_R dhus_c)
327   If (Q_R dhus_h < Q_R dhus_c) Then
328     m_dot_R dhus = m_dot_c_R dhus + m_dot_h_R dhus
329   Else
330     m_dot_R dhus = m_dot_h_R dhus
331   Endif
332   flow_r dhus=m_dot_R dhus
333 End
334
335 Function flow_r dhus_maks(m_dot_c_R dhus_maks;m_dot_h_R dhus_maks)
336   If (m_dot_h_R dhus_maks >= m_dot_c_R dhus_maks) Then
337     m_dot_R dhus_maks = m_dot_h_R dhus_maks
338   Else
339     m_dot_R dhus_maks = m_dot_c_R dhus_maks
340   Endif
341   flow_r dhus_maks=m_dot_R dhus_maks
342 End
343
344 Function varme_r dhus(Q_R dhus_varme; Q_R dhus_maks_h)

```

```

345 If (Q_R dhus_varme >= Q_R dhus_maks_h) Then
346   Q_R dhus_h = Q_R dhus_maks_h
347 Else
348   Q_R dhus_h = Q_R dhus_varme
349 Endif
350 varme_r dhus = Q_R dhus_h
351 End
352
353 Function kj ling_r dhus(Q_R dhus_kj ling; T_ute)
354   If (Q_R dhus_kj ling >= 0) and (T_ute > 0) Then
355     Q_R dhus_c = Q_R dhus_kj ling
356   Else
357     Q_R dhus_c = Q_R dhus_kj ling*(-1)
358   Endif
359   kj ling_r dhus = Q_R dhus_c
360 End
361
362 Function oppvarming_bensins(Q_Bensinstasjon_h; Q_Bensinstasjon_c;
    Q_Bensinstasjon_vv)
363   If (Q_Bensinstasjon_h < Q_Bensinstasjon_c) Then
364     Q_Bensinstasjon = Q_Bensinstasjon_vv
365   Else
366     Q_Bensinstasjon = Q_Bensinstasjon_h + Q_Bensinstasjon_vv
367   Endif
368   oppvarming_bensins=Q_Bensinstasjon
369 End
370
371 Function flow_bensins(T_ute; m_dot_c_Bensins;m_dot_h_Bensins;
    Q_Bensinstasjon_h; Q_Bensinstasjon_c)
372   If (Q_Bensinstasjon_h < Q_Bensinstasjon_c) Then
373     m_dot_Bensinstasjon = m_dot_c_Bensins + m_dot_h_Bensins
374   Else
375     m_dot_Bensinstasjon = m_dot_h_Bensins
376   Endif
377   flow_bensins=m_dot_Bensinstasjon
378 End
379
380 Function flow_bensins_maks(m_dot_c_Bensins_maks;m_dot_h_Bensins_maks)
381   If (m_dot_h_Bensins_maks >= m_dot_c_Bensins_maks) Then
382     m_dot_Bensinstasjon_maks = m_dot_h_Bensins_maks
383   Else
384     m_dot_Bensinstasjon_maks = m_dot_c_Bensins_maks
385   Endif
386   flow_bensins_maks=m_dot_Bensinstasjon_maks

```

```

387 End
388
389 Function varme_bensinstasjon(Q_Bensinstasjon_varme; Q_Bensinstasjon_maks_h)
390   If (Q_Bensinstasjon_varme >= Q_Bensinstasjon_maks_h) Then
391     Q_Bensinstasjon_h = Q_Bensinstasjon_maks_h
392   Else
393     Q_Bensinstasjon_h = Q_Bensinstasjon_varme
394   Endif
395   varme_bensinstasjon = Q_Bensinstasjon_h
396 End
397
398 Function kj_ling_bensinstasjon(Q_Bensinstasjon_kj_ling; T_ute)
399   If (Q_Bensinstasjon_kj_ling >= 0) and (T_ute > 0) Then
400     Q_Bensinstasjon_c = Q_Bensinstasjon_kj_ling
401   Else
402     Q_Bensinstasjon_c = Q_Bensinstasjon_kj_ling*(-1)
403   Endif
404   kj_ling_bensinstasjon = Q_Bensinstasjon_c
405 End
406
407 Function oppvarming_skyss_r(Q_SkysS_r_h; Q_SkysS_r_c; Q_SkysS_r_vv)
408   If (Q_SkysS_r_h < Q_SkysS_r_c) Then
409     Q_SkysS_r = Q_SkysS_r_vv
410   Else
411     Q_SkysS_r = Q_SkysS_r_h + Q_SkysS_r_vv
412   Endif
413   oppvarming_skyss_r=Q_SkysS_r
414 End
415
416 Function flow_skyss_r(T_ute; m_dot_c_SkysS_r;m_dot_h_SkysS_r;
    Q_SkysS_r_h; Q_SkysS_r_c)
417   If (Q_SkysS_r_h < Q_SkysS_r_c) Then
418     m_dot_SkysS_r = m_dot_c_SkysS_r + m_dot_h_SkysS_r
419   Else
420     m_dot_SkysS_r = m_dot_h_SkysS_r
421   Endif
422   flow_skyss_r=m_dot_SkysS_r
423 End
424
425 Function flow_skyss_r_maks(m_dot_c_SkysS_r_maks;m_dot_h_SkysS_r_maks)
426   If (m_dot_h_SkysS_r_maks >= m_dot_c_SkysS_r_maks) Then
427     m_dot_SkysS_r_maks = m_dot_h_SkysS_r_maks
428   Else
429     m_dot_SkysS_r_maks = m_dot_c_SkysS_r_maks

```

```

430 Endif
431 flow_skyss r_maks=m_dot_SkysS r_maks
432 End
433
434 Function varme_skyss r(Q_SkysS r_varme; Q_SkysS r_maks_h)
435 If (Q_SkysS r_varme >= Q_SkysS r_maks_h) Then
436     Q_SkysS r_h = Q_SkysS r_maks_h
437 Else
438     Q_SkysS r_h = Q_SkysS r_varme
439 Endif
440 varme_skyss r = Q_SkysS r_h
441 End
442
443 Function kj ling_skyss r(Q_SkysS r_kj ling; T_ute)
444 If (Q_SkysS r_kj ling >= 0) and (T_ute > 0) Then
445     Q_SkysS r_c = Q_SkysS r_kj ling
446 Else
447     Q_SkysS r_c = Q_SkysS r_kj ling*(-1)
448 Endif
449 kj ling_skyss r = Q_SkysS r_c
450 End
451
452 Function oppvarming_skysnord(Q_SkysNord_h; Q_SkysNord_c; Q_SkysNord_vv)
453 If (Q_SkysNord_h < Q_SkysNord_c) Then
454     Q_SkysNord = Q_SkysNord_vv
455 Else
456     Q_SkysNord = Q_SkysNord_h + Q_SkysNord_vv
457 Endif
458 oppvarming_skysnord=Q_SkysNord
459 End
460
461 Function flow_skysnord(T_ute; m_dot_c_SkysNord; m_dot_h_SkysNord;
    Q_SkysNord_h; Q_SkysNord_c)
462 If (Q_SkysNord_h < Q_SkysNord_c) Then
463     m_dot_SkysNord = m_dot_c_SkysNord + m_dot_h_SkysNord
464 Else
465     m_dot_SkysNord = m_dot_h_SkysNord
466 Endif
467 flow_skysnord=m_dot_SkysNord
468 End
469
470 Function flow_skysnord_maks(m_dot_c_SkysNord_maks; m_dot_h_SkysNord_maks)
471 If (m_dot_h_SkysNord_maks >= m_dot_c_SkysNord_maks) Then
472     m_dot_SkysNord_maks = m_dot_h_SkysNord_maks

```

```

473 Else
474     m_dot_SkysNord_maks = m_dot_c_SkysNord_maks
475 Endif
476 flow_skysnord_maks=m_dot_SkysNord_maks
477 End
478
479 Function varme_skysnord(Q_SkysNord_varme; Q_SkysNord_maks_h)
480     If (Q_SkysNord_varme >= Q_SkysNord_maks_h) Then
481         Q_SkysNord_h = Q_SkysNord_maks_h
482     Else
483         Q_SkysNord_h = Q_SkysNord_varme
484     Endif
485     varme_skysnord = Q_SkysNord_h
486 End
487
488 Function kj_ling_skysnord(Q_SkysNord_kj_ling; T_ute)
489     If (Q_SkysNord_kj_ling >= 0) and (T_ute > 0) Then
490         Q_SkysNord_c = Q_SkysNord_kj_ling
491     Else
492         Q_SkysNord_c = Q_SkysNord_kj_ling*(-1)
493     Endif
494     kj_ling_skysnord = Q_SkysNord_c
495 End
496
497 Function oppvarming_melhurstunet(Q_Melhurstunet_h; Q_Melhurstunet_c;
    Q_Melhurstunet_vv)
498     If (Q_Melhurstunet_h < Q_Melhurstunet_c) Then
499         Q_Melhurstunet = Q_Melhurstunet_vv
500     Else
501         Q_Melhurstunet = Q_Melhurstunet_h + Q_Melhurstunet_vv
502     Endif
503     oppvarming_melhurstunet=Q_Melhurstunet
504 End
505
506 Function flow_melhurstunet(T_ute; m_dot_c_Melhurstunet;m_dot_h_Melhurstunet;
    Q_Melhurstunet_h; Q_Melhurstunet_c)
507     If (Q_Melhurstunet_h < Q_Melhurstunet_c) Then
508         m_dot_Melhurstunet = m_dot_c_Melhurstunet + m_dot_h_Melhurstunet
509     Else
510         m_dot_Melhurstunet = m_dot_h_Melhurstunet
511     Endif
512     flow_melhurstunet=m_dot_Melhurstunet
513 End
514

```

```

515 Function flow_melhurstunet_maks(m_dot_c_Melhurstunet_maks;
    m_dot_h_Melhurstunet_maks)
516 If (m_dot_h_Melhurstunet_maks >= m_dot_c_Melhurstunet_maks) Then
517     m_dot_Melhurstunet_maks = m_dot_h_Melhurstunet_maks
518 Else
519     m_dot_Melhurstunet_maks = m_dot_c_Melhurstunet_maks
520 Endif
521 flow_melhurstunet_maks=m_dot_Melhurstunet_maks
522 End
523
524 Function varme_melhurstunet(Q_Melhurstunet_varme; Q_Melhurstunet_maks_h)
525 If (Q_Melhurstunet_varme >= Q_Melhurstunet_maks_h) Then
526     Q_Melhurstunet_h = Q_Melhurstunet_maks_h
527 Else
528     Q_Melhurstunet_h = Q_Melhurstunet_varme
529 Endif
530 varme_melhurstunet = Q_Melhurstunet_h
531 End
532
533 Function kj ling_melhurstunet(Q_Melhurstunet_kj ling; T_ute)
534 If (Q_Melhurstunet_kj ling >= 0) and (T_ute > 0) Then
535     Q_Melhurstunet_c = Q_Melhurstunet_kj ling
536 Else
537     Q_Melhurstunet_c = Q_Melhurstunet_kj ling*(-1)
538 Endif
539 kj ling_melhurstunet = Q_Melhurstunet_c
540 End
541
542 Function oppvarming_bedehus(Q_Bedehus_h; Q_Bedehus_c; Q_Bedehus_vv)
543 If (Q_Bedehus_h < Q_Bedehus_c) Then
544     Q_Bedehus = Q_Bedehus_vv
545 Else
546     Q_Bedehus = Q_Bedehus_h + Q_Bedehus_vv
547 Endif
548 oppvarming_bedehus=Q_Bedehus
549 End
550
551 Function flow_bedehus(T_ute; m_dot_c_Bedehus;m_dot_h_Bedehus; Q_Bedehus_h;
    Q_Bedehus_c)
552 If (Q_Bedehus_h < Q_Bedehus_c) Then
553     m_dot_Bedehus = m_dot_c_Bedehus + m_dot_h_Bedehus
554 Else
555     m_dot_Bedehus = m_dot_h_Bedehus
556 Endif

```

```

557 flow_bedehus=m_dot_Bedehus
558 End
559
560 Function flow_bedehus_maks(m_dot_c_Bedehus_maks;m_dot_h_Bedehus_maks)
561   If (m_dot_h_Bedehus_maks >= m_dot_c_Bedehus_maks) Then
562     m_dot_Bedehus_maks = m_dot_h_Bedehus_maks
563   Else
564     m_dot_Bedehus_maks = m_dot_c_Bedehus_maks
565   Endif
566   flow_bedehus_maks=m_dot_Bedehus_maks
567 End
568
569 Function varme_bedehus(Q_Bedehus_varme; Q_Bedehus_maks_h)
570   If (Q_Bedehus_varme >= Q_Bedehus_maks_h) Then
571     Q_Bedehus_h = Q_Bedehus_maks_h
572   Else
573     Q_Bedehus_h = Q_Bedehus_varme
574   Endif
575   varme_bedehus = Q_Bedehus_h
576 End
577
578 Function kj ling_bedehus(Q_Bedehus_kj ling; T_ute)
579   If (Q_Bedehus_kj ling >= 0) and (T_ute > 0) Then
580     Q_Bedehus_c = Q_Bedehus_kj ling
581   Else
582     Q_Bedehus_c = Q_Bedehus_kj ling*(-1)
583   Endif
584   kj ling_bedehus = Q_Bedehus_c
585 End
586
587 Function oppvarming_ideg rden(Q_Ideg rden_h; Q_Ideg rden_c;
    Q_Ideg rden_vv)
588   If (Q_Ideg rden_h < Q_Ideg rden_c) Then
589     Q_Ideg rden = Q_Ideg rden_vv
590   Else
591     Q_Ideg rden = Q_Ideg rden_h + Q_Ideg rden_vv
592   Endif
593   oppvarming_ideg rden=Q_Ideg rden
594 End
595
596 Function flow_ideg rden(T_ute; m_dot_c_Ideg rden;m_dot_h_Ideg rden;
    Q_Ideg rden_h; Q_Ideg rden_c)
597   If (Q_Ideg rden_h < Q_Ideg rden_c) Then
598     m_dot_Ideg rden = m_dot_c_Ideg rden + m_dot_h_Ideg rden

```

```

599 Else
600     m_dot_Ideg rden = m_dot_h_Ideg rden
601 Endif
602 flow_ideg rden=m_dot_Ideg rden
603 End
604
605 Function flow_ideg rden_maks(m_dot_c_Ideg rden_maks;
        m_dot_h_Ideg rden_maks)
606 If (m_dot_h_Ideg rden_maks >= m_dot_c_Ideg rden_maks) Then
607     m_dot_Ideg rden_maks = m_dot_h_Ideg rden_maks
608 Else
609     m_dot_Ideg rden_maks = m_dot_c_Ideg rden_maks
610 Endif
611 flow_ideg rden_maks=m_dot_Ideg rden_maks
612 End
613
614 Function varme_ideg rden(Q_Ideg rden_varme; Q_Ideg rden_maks_h)
615 If (Q_Ideg rden_varme >= Q_Ideg rden_maks_h) Then
616     Q_Ideg rden_h = Q_Ideg rden_maks_h
617 Else
618     Q_Ideg rden_h = Q_Ideg rden_varme
619 Endif
620 varme_ideg rden = Q_Ideg rden_h
621 End
622
623 Function kj ling_ideg rden(Q_Ideg rden_kj ling; T_ute)
624 If (Q_Ideg rden_kj ling >= 0) and (T_ute > 0) Then
625     Q_Ideg rden_c = Q_Ideg rden_kj ling
626 Else
627     Q_Ideg rden_c = Q_Ideg rden_kj ling*(-1)
628 Endif
629 kj ling_ideg rden = Q_Ideg rden_c
630 End
631
632 Function oppvarming_potten(Q_Potten_h; Q_Potten_c; Q_Potten_vv)
633 If (Q_Potten_h < Q_Potten_c) Then
634     Q_Potten = Q_Potten_vv
635 Else
636     Q_Potten = Q_Potten_h + Q_Potten_vv
637 Endif
638 oppvarming_potten=Q_Potten
639 End
640
641 Function flow_potten(T_ute; m_dot_c_Potten;m_dot_h_Potten; Q_Potten_h;

```



```

        Q_Potten_c)
642 If (Q_Potten_h < Q_Potten_c) Then
643     m_dot_Potten = m_dot_c_Potten + m_dot_h_Potten
644 Else
645     m_dot_Potten = m_dot_h_Potten
646 Endif
647 flow_potten=m_dot_Potten
648 End
649
650 Function flow_potten_maks(m_dot_c_Potten_maks;m_dot_h_Potten_maks)
651     If (m_dot_h_Potten_maks >= m_dot_c_Potten_maks) Then
652         m_dot_Potten_maks = m_dot_h_Potten_maks
653     Else
654         m_dot_Potten_maks = m_dot_c_Potten_maks
655     Endif
656     flow_potten_maks=m_dot_Potten_maks
657 End
658
659 Function varme_potten(Q_Potten_varme; Q_Potten_maks_h)
660     If (Q_Potten_varme >= Q_Potten_maks_h) Then
661         Q_Potten_h = Q_Potten_maks_h
662     Else
663         Q_Potten_h = Q_Potten_varme
664     Endif
665     varme_potten = Q_Potten_h
666 End
667
668 Function kj ling_potten(Q_Potten_kj ling; T_ute)
669     If (Q_Potten_kj ling >= 0) and (T_ute > 0) Then
670         Q_Potten_c = Q_Potten_kj ling
671     Else
672         Q_Potten_c = Q_Potten_kj ling*(-1)
673     Endif
674     kj ling_potten = Q_Potten_c
675 End
676
677 Function oppvarming_brannstasjon(Q_Brannstasjon_h; Q_Brannstasjon_c;
        Q_Brannstasjon_vv)
678     If (Q_Brannstasjon_h < Q_Brannstasjon_c) Then
679         Q_Brannstasjon = Q_Brannstasjon_vv
680     Else
681         Q_Brannstasjon = Q_Brannstasjon_h + Q_Brannstasjon_vv
682     Endif
683     oppvarming_brannstasjon=Q_Brannstasjon

```

```

684 End
685
686 Function flow_brannstasjon(T_ute; m_dot_c_Brannstasjon;m_dot_h_Brannstasjon;
      Q_Brannstasjon_h; Q_Brannstasjon_c)
687   If (Q_Brannstasjon_h < Q_Brannstasjon_c) Then
688     m_dot_Brannstasjon = m_dot_c_Brannstasjon + m_dot_h_Brannstasjon
689   Else
690     m_dot_Brannstasjon = m_dot_h_Brannstasjon
691   Endif
692   flow_brannstasjon=m_dot_Brannstasjon
693 End
694
695 Function flow_brannstasjon_maks(m_dot_c_Brannstasjon_maks;
      m_dot_h_Brannstasjon_maks)
696   If (m_dot_h_Brannstasjon_maks >= m_dot_c_Brannstasjon_maks) Then
697     m_dot_Brannstasjon_maks = m_dot_h_Brannstasjon_maks
698   Else
699     m_dot_Brannstasjon_maks = m_dot_c_Brannstasjon_maks
700   Endif
701   flow_brannstasjon_maks=m_dot_Brannstasjon_maks
702 End
703
704 Function varme_brannstasjon(Q_Brannstasjon_varme; Q_Brannstasjon_maks_h)
705   If (Q_Brannstasjon_varme >= Q_Brannstasjon_maks_h) Then
706     Q_Brannstasjon_h = Q_Brannstasjon_maks_h
707   Else
708     Q_Brannstasjon_h = Q_Brannstasjon_varme
709   Endif
710   varme_brannstasjon = Q_Brannstasjon_h
711 End
712
713 Function kj ling_brannstasjon(Q_Brannstasjon_kj ling; T_ute)
714   If (Q_Brannstasjon_kj ling >= 0) and (T_ute > 0) Then
715     Q_Brannstasjon_c = Q_Brannstasjon_kj ling
716   Else
717     Q_Brannstasjon_c = Q_Brannstasjon_kj ling*(-1)
718   Endif
719   kj ling_brannstasjon = Q_Brannstasjon_c
720 End
721
722 T_ute=-19
723 T_min=-19
724 T_maks = 25
725

```

```

726 T_grunnvann=7 [C]
727 T_retur=3 [C]
728 T_fordamper = T_co
729 eta_is=0,8
730 cp=4,2
731 g=9,81 [m/s^2]
732 K=1,10
733 Kc=0,46
734 Ke=0,83
735
736 x_1=1
737 x_2=0
738
739
740
741 "Lena Terrasse"
742
743 P_3_LenaT=pressure(R134a;T=T_3_LenaT;x=x_2)
744 T_3_LenaT=55 [C]
745
746 P_1_LenaT=p_sat(R134a;T=T_fordamper)
747 h_1_LenaT=enthalpy(R134a;P=P_1_LenaT;x=x_1)
748 s_1_LenaT=entropy(R134a;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_LenaT)
749 s_2_LenaT=s_1_LenaT
750 h_2is_LenaT=enthalpy(R134a;s=s_2_LenaT;P=P_3_LenaT)
751 h_2_LenaT=h_1_LenaT + (h_2is_LenaT - h_1_LenaT)/eta_is
752 h_3_LenaT=enthalpy(R134a;T=T_3_LenaT;x=x_2)
753 h_4_LenaT=h_3_LenaT
754
755 Q_LenaT_maks=350 [kW]
756 Q_LenaT_funksjon = -12,069*T_ute+120,690
757 Q_LenaT = varme_lenat(Q_LenaT_funksjon)
758 COP_LenaT=(h_2_LenaT - h_3_LenaT)/(h_2_LenaT - h_1_LenaT)
759 W_LenaT=Q_LenaT/COP_LenaT
760 W_LenaT_maks=Q_LenaT_maks/COP_LenaT
761 Q_0_LenaT=Q_LenaT-W_LenaT
762 Q_0_LenaT_maks=Q_LenaT_maks-W_LenaT_maks
763 m_dot_refrig_LenaT=Q_0_LenaT/(h_1_LenaT-h_4_LenaT)
764 m_dot_H2O_LenaT=Q_0_LenaT/(cp*(T_co-T_ci))
765 m_dot_H2O_LenaT_maks=Q_0_LenaT_maks/(cp*(T_co-T_ci))
766
767 "Nye Buen"
768
769 P_3_NBuen=pressure(R410A;T=T_3_NBuen;x=x_2)

```

```

770 T_3_NBuen=55 [C]
771
772 P_1_NBuen=pressure(R410A;T=T_fordamper;x=x_1)
773 h_1_NBuen=enthalpy(R410A;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_NBuen)
774 s_1_NBuen=entropy(R410A;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_NBuen)
775 s_2_NBuen=s_1_NBuen
776 h_2is_NBuen=enthalpy(R410A;s=s_2_NBuen;P=P_3_NBuen)
777 h_2_NBuen=h_1_NBuen + (h_2is_NBuen - h_1_NBuen)/eta_is
778 h_3_NBuen=enthalpy(R410A;T=T_3_NBuen;P=P_3_NBuen)
779 h_4_NBuen=h_3_NBuen
780
781 Q_NBuen_maks=148 [kW]
782 Q_NBuen_funksjon = -5,103*T_ute+51,034
783 Q_NBuen = varme_nbuen(Q_NBuen_funksjon)
784 COP_NBuen=(h_2_NBuen - h_3_NBuen)/(h_2_NBuen - h_1_NBuen)
785 W_NBuen=Q_NBuen/COP_NBuen
786 W_NBuen_maks=Q_NBuen_maks/COP_NBuen
787 Q_0_NBuen=Q_NBuen - W_NBuen
788 Q_0_NBuen_maks=Q_NBuen_maks - W_NBuen_maks
789 m_dot_refrig_NBuen=Q_0_NBuen/(h_1_NBuen - h_4_NBuen)
790 m_dot_H2O_NBuen=Q_0_NBuen/(cp*(T_co - T_ci))
791 m_dot_H2O_NBuen_maks=Q_0_NBuen_maks/(cp*(T_co - T_ci))
792
793 "Gamle Buen"
794
795 P_3_GBuen=pressure(R410A;T=T_3_GBuen;x=x_2)
796 T_3_GBuen=55 [C]
797
798 P_1_GBuen=pressure(R410A;T=T_fordamper;x=x_1)
799 h_1_GBuen=enthalpy(R410A;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_GBuen)
800 s_1_GBuen=entropy(R410A;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_GBuen)
801 s_2_GBuen=s_1_GBuen
802 h_2is_GBuen=enthalpy(R410A;s=s_2_GBuen;P=P_3_GBuen)
803 h_2_GBuen=h_1_GBuen + (h_2is_GBuen - h_1_GBuen)/eta_is
804 h_3_GBuen=enthalpy(R410A;T=T_3_GBuen;P=P_3_GBuen)
805 h_4_GBuen=h_3_GBuen
806
807
808 Q_GBuen_maks=60 [kW]
809 Q_GBuen_funksjon = -2,069*T_ute+20,690
810 Q_GBuen = varme_gbuen(Q_GBuen_funksjon)
811 COP_GBuen=(h_2_GBuen - h_3_GBuen)/(h_2_GBuen - h_1_GBuen)
812 W_GBuen=Q_GBuen/COP_GBuen
813 W_GBuen_maks=Q_GBuen_maks/COP_GBuen

```

```

814 Q_0_GBuen=Q_GBuen - W_GBuen
815 Q_0_GBuen_maks=Q_GBuen_maks - W_GBuen_maks
816 m_dot_refrig_GBuen=Q_0_GBuen/(h_1_GBuen - h_4_GBuen)
817 m_dot_H2O_GBuen=Q_0_GBuen/(cp*(T_co - T_ci))
818 m_dot_H2O_GBuen_maks=Q_0_GBuen_maks/(cp*(T_co - T_ci))
819
820
821 "Lenavegen 3"
822
823 P_3_Lenav=p_sat(R290;T=T_3_Lenav)
824 T_3_Lenav=55 [C]
825
826 P_1_Lenav=p_sat(R290;T=T_fordamper)
827 h_1_Lenav=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Lenav)
828 s_1_Lenav=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Lenav)
829 s_2_Lenav=s_1_Lenav
830 h_2is_Lenav=enthalpy(R290;s=s_2_Lenav;P=P_3_Lenav)
831 h_2_Lenav=h_1_Lenav + (h_2is_Lenav - h_1_Lenav)/eta_is
832 h_3_Lenav=enthalpy(Propane;T=T_3_Lenav;x=x_2)
833 h_4_Lenav=h_3_GBuen
834
835 Q_Lenav_maks=296 [kW]
836 Q_Lenav_funksjon = -10,2017*T_ute + 102,069
837 Q_Lenav = varme_lenav(Q_Lenav_funksjon)
838 COP_Lenav=(h_2_Lenav - h_3_Lenav)/(h_2_Lenav - h_1_Lenav)
839 W_Lenav=Q_Lenav/COP_Lenav
840 W_Lenav_maks=Q_Lenav_maks/COP_Lenav
841 Q_0_Lenav=Q_Lenav - W_Lenav
842 Q_0_Lenav_maks=Q_Lenav_maks - W_Lenav_maks
843 m_dot_refrig_Lenav=Q_0_Lenav/(h_1_Lenav - h_4_Lenav)
844 m_dot_H2O_Lenav=Q_0_Lenav/(cp*(T_co - T_ci))
845 m_dot_H2O_Lenav_maks=Q_0_Lenav_maks/(cp*(T_co - T_ci))
846
847 "Ideg rden"
848
849 P_3_Ide=pressure(R407C;T=T_3_Ide;x=x_2)
850 T_3_Ide=55 [C]
851
852 P_1_Ide=pressure(R407C;T=T_fordamper;x=x_1)
853 h_1_Ide=enthalpy(R407C;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Ide)
854 s_1_Ide=entropy(R407C;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Ide)
855 s_2_Ide=s_1_Ide
856 h_2is_Ide=enthalpy(R407C;s=s_2_Ide;P=P_3_Ide)
857 h_2_Ide=h_1_Ide + (h_2is_Ide - h_1_Ide)/eta_is

```

```

858 h_3_Ide=enthalpy(R407C;T=T_3_Ide;P=P_3_Ide)
859 h_4_Ide=h_3_Ide
860
861 Q_Ide_maks=170 [kW]
862 Q_Ide_funksjon = -5,862*T_ute + 58,621
863 Q_Ide = varme_ide(Q_Ide_funksjon)
864 COP_Ide=(h_2_Ide-h_3_Ide)/(h_2_Ide-h_1_Ide)
865 W_Ide=Q_Ide/COP_Ide
866 W_Ide_maks=Q_Ide_maks/COP_Ide
867 Q_0_Ide=Q_Ide-W_Ide
868 Q_0_Ide_maks=Q_Ide_maks-W_Ide_maks
869 m_dot_refrig_Ide=Q_0_Ide/(h_1_Ide-h_4_Ide)
870 m_dot_H2O_Ide=Q_0_Ide/(cp*(T_co-T_ci))
871 m_dot_H2O_Ide_maks=Q_0_Ide_maks/(cp*(T_co-T_ci))
872
873 "Ideg rden nybygg"
874
875 Q_Ideg_rden_varme = -3,2344*T_ute + 41,08
876 Q_Ideg_rden_kj_ling = -1,2844*T_ute + 0,2416
877 Q_Ideg_rden_vv = 6,42
878 Q_Ideg_rden_maks_h = (-3,2344*T_min + 41,08)*0,6
879 Q_Ideg_rden_maks_c = (-1,2844*T_maks + 0,2416)*(-1)
880 Q_Ideg_rden_h = varme_ideg_rden(Q_Ideg_rden_varme; Q_Ideg_rden_maks_h)
881 Q_Ideg_rden_c = kj_ling_ideg_rden(Q_Ideg_rden_kj_ling; T_ute)
882 Q_Ideg_rden = oppvarming_ideg_rden(Q_Ideg_rden_h; Q_Ideg_rden_c;
      Q_Ideg_rden_vv)
883
884 m_dot_c_Ideg_rden = Q_Ideg_rden_c/(cp*(T_co-T_ci))
885 m_dot_c_Ideg_rden_maks = Q_Ideg_rden_maks_c/(cp*(T_co-T_ci)) +
      m_dot_Ideg_rden_vv
886
887 W_Ideg_rden=Q_Ideg_rden/COP_Ide
888 W_Ideg_rden_maks=Q_Ideg_rden_maks_h/COP_Ide
889 W_Ideg_rden_vv=Q_Ideg_rden_vv/COP_Ide
890 Q_0_Ideg_rden=Q_Ideg_rden-W_Ideg_rden
891 Q_0_Ideg_rden_maks=Q_Ideg_rden_maks_h-W_Ideg_rden_maks
892 Q_0_Ideg_rden_vv=Q_Ideg_rden_vv-W_Ideg_rden_vv
893 m_dot_refrig_Ideg_rden=Q_0_Ideg_rden/(h_1_Ide-h_4_Ide)
894
895 m_dot_h_Ideg_rden=Q_0_Ideg_rden/(cp*(T_co-T_ci))
896 m_dot_h_Ideg_rden_maks=Q_0_Ideg_rden_maks/(cp*(T_co-T_ci)) +
      m_dot_Ideg_rden_vv
897
898 m_dot_Ideg_rden_vv=Q_0_Ideg_rden_vv/(cp*(T_co-T_ci))

```

```

899
900 m_dot_Ideg rden_ny = flow_ideg rden(T_ute; m_dot_c_Ideg rden;
      m_dot_h_Ideg rden; Q_Ideg rden_h; Q_Ideg rden_c)
901 m_dot_Ideg rden_maks = flow_ideg rden_maks(m_dot_c_Ideg rden_maks;
      m_dot_h_Ideg rden_maks)
902
903 m_dot_Ideg rden = m_dot_Ideg rden_ny + m_dot_H2O_Ide
904
905
906 "H vdingen"
907 P_3_H vdingen=p_sat(R290;T=T_3_H vdingen)
908 T_3_H vdingen=55 [C]
909
910 P_1_H vdingen=p_sat(R290;T=T_fordamper)
911 h_1_H vdingen=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_H vdingen)
912 s_1_H vdingen=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_H vdingen)
913 s_2_H vdingen=s_1_H vdingen
914 h_2is_H vdingen=enthalpy(R290;s=s_2_H vdingen;P=P_3_H vdingen)
915 h_2_H vdingen=h_1_H vdingen + (h_2is_H vdingen - h_1_H vdingen)/eta_is
916 h_3_H vdingen=enthalpy(R290;T=T_3_H vdingen;x=x_2)
917 h_4_H vdingen=h_3_H vdingen
918
919 Q_H vdingen_maks=175 [kW]
920 Q_H vdingen_funksjon = -6,034*T_ute + 60,345
921 Q_H vdingen = varme_h vdingen(Q_H vdingen_funksjon)
922 COP_H vdingen=(h_2_H vdingen - h_3_H vdingen)/(h_2_H vdingen -
      h_1_H vdingen)
923 W_H vdingen=Q_H vdingen/COP_H vdingen
924 W_H vdingen_maks=Q_H vdingen_maks/COP_H vdingen
925 Q_0_H vdingen=Q_H vdingen - W_H vdingen
926 Q_0_H vdingen_maks=Q_H vdingen_maks - W_H vdingen_maks
927 m_dot_refrig_H vdingen=Q_0_H vdingen/(h_1_H vdingen - h_4_H vdingen)
928 m_dot_H2O_H vdingen=Q_0_H vdingen/(cp*(T_co-T_ci))
929 m_dot_H2O_H vdingen_maks=Q_0_H vdingen_maks/(cp*(T_co-T_ci))
930
931 "Melhuset"
932
933 P_3_Melhuset=pressure(R407C;T=T_3_Melhuset;x=x_2)
934 T_3_Melhuset=55 [C]
935
936 P_1_Melhuset=pressure(R407C;T=T_fordamper;x=x_1)
937 h_1_Melhuset=enthalpy(R407C;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Melhuset)
938 s_1_Melhuset=entropy(R407C;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Melhuset)
939 s_2_Melhuset=s_1_Melhuset

```

```

940 h_2is_Melhuset=enthalpy(R407C;s=s_2_Melhuset;P=P_3_Melhuset)
941 h_2_Melhuset=h_1_Melhuset + (h_2is_Melhuset - h_1_Melhuset)/eta_is
942 h_3_Melhuset=enthalpy(R407C;T=T_3_Melhuset;P=P_3_Melhuset)
943 h_4_Melhuset=h_3_Melhuset
944
945 Q_Melhuset_maks=126 [kW]
946 Q_Melhuset_funksjon = -4,345*T_ute + 43,448
947 Q_Melhuset = varme_melhuset(Q_Melhuset_funksjon)
948 COP_Melhuset=(h_2_Melhuset-h_3_Melhuset)/(h_2_Melhuset-h_1_Melhuset)
949 W_Melhuset=Q_Melhuset/COP_Melhuset
950 W_Melhuset_maks=Q_Melhuset_maks/COP_Melhuset
951 Q_0_Melhuset=Q_Melhuset-W_Melhuset
952 Q_0_Melhuset_maks=Q_Melhuset_maks-W_Melhuset_maks
953 m_dot_refrig_Melhuset=Q_0_Melhuset/(h_1_Melhuset-h_4_Melhuset)
954 m_dot_H2O_Melhuset=Q_0_Melhuset/(cp*(T_co-T_ci))
955 m_dot_H2O_Melhuset_maks=Q_0_Melhuset_maks/(cp*(T_co-T_ci))
956
957 "Oterholmg rden"
958
959 P_3_Oterholm=p_sat(R290;T=T_3_Oterholm)
960 T_3_Oterholm=55 [C]
961
962 P_1_Oterholm=p_sat(R290;T=T_fordamper)
963 h_1_Oterholm=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Oterholm)
964 s_1_Oterholm=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Oterholm)
965 s_2_Oterholm=s_1_Oterholm
966 h_2is_Oterholm=enthalpy(R290;s=s_2_Oterholm;P=P_3_Oterholm)
967 h_2_Oterholm=h_1_Oterholm + (h_2is_Oterholm - h_1_Oterholm)/eta_is
968 h_3_Oterholm=enthalpy(R290;T=T_3_Oterholm;x=x_2)
969 h_4_Oterholm=h_3_Oterholm
970
971 Q_Oterholm_maks=100 [kW]
972 Q_Oterholm_funksjon = -3,448*T_ute + 34,483
973 Q_Oterholm = varme_oterholm(Q_Oterholm_funksjon)
974 COP_Oterholm=(h_2_Oterholm-h_3_Oterholm)/(h_2_Oterholm-h_1_Oterholm)
975 W_Oterholm=Q_Oterholm/COP_Oterholm
976 W_Oterholm_maks=Q_Oterholm_maks/COP_Oterholm
977 Q_0_Oterholm=Q_Oterholm-W_Oterholm
978 Q_0_Oterholm_maks=Q_Oterholm_maks-W_Oterholm_maks
979 m_dot_refrig_Oterholm=Q_0_Oterholm/(h_1_Oterholm-h_4_Oterholm)
980 m_dot_H2O_Oterholm=Q_0_Oterholm/(cp*(T_co-T_ci))
981 m_dot_H2O_Oterholm_maks=Q_0_Oterholm_maks/(cp*(T_co-T_ci))
982
983 "Thorag rden"

```



```

984
985 P_3_Thora=p_sat(R290;T=T_3_Thora)
986 T_3_Thora=55 [C]
987
988 P_1_Thora=p_sat(R290;T=T_fordamper)
989 h_1_Thora=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Thora)
990 s_1_Thora=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Thora)
991 s_2_Thora=s_1_Thora
992 h_2is_Thora=enthalpy(R290;s=s_2_Thora;P=P_3_Thora)
993 h_2_Thora=h_1_Thora + (h_2is_Thora - h_1_Thora)/eta_is
994 h_3_Thora=enthalpy(R290;T=T_3_Thora;x=x_2)
995 h_4_Thora=h_3_Thora
996
997 Q_Thora_maks=210 [kW]
998 Q_Thora_funksjon = -7,241*T_ute + 72,414
999 Q_Thora = varme_thora(Q_Thora_funksjon)
1000 COP_Thora=(h_2_Thora-h_3_Thora)/(h_2_Thora-h_1_Thora)
1001 W_Thora=Q_Thora/COP_Thora
1002 W_Thora_maks=Q_Thora_maks/COP_Thora
1003 Q_0_Thora=Q_Thora - W_Thora
1004 Q_0_Thora_maks=Q_Thora_maks - W_Thora_maks
1005 m_dot_refrig_Thora=Q_0_Thora/(h_1_Thora-h_4_Thora)
1006 m_dot_H2O_Thora=Q_0_Thora/(cp*(T_co-T_ci))
1007 m_dot_H2O_Thora_maks=Q_0_Thora_maks/(cp*(T_co-T_ci))
1008
1009 "Losjeveien"
1010
1011 P_3_Losjev=p_sat(R290;T=T_3_Losjev)
1012 T_3_Losjev=55 [C]
1013
1014 P_1_Losjev=p_sat(R290;T=T_fordamper)
1015 h_1_Losjev=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Losjev)
1016 s_1_Losjev=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Losjev)
1017 s_2_Losjev=s_1_Losjev
1018 h_2is_Losjev=enthalpy(R290;s=s_2_Losjev;P=P_3_Losjev)
1019 h_2_Losjev=h_1_Losjev + (h_2is_Losjev - h_1_Losjev)/eta_is
1020 h_3_Losjev=enthalpy(R290;T=T_3_Losjev;x=x_2)
1021 h_4_Losjev=h_3_Losjev
1022
1023 Q_Losjev_maks=40 [kW]
1024 Q_Losjev_funksjon = -1,379*T_ute + 13,793
1025 Q_Losjev = varme_losjev(Q_Losjev_funksjon)
1026 COP_Losjev=(h_2_Losjev-h_3_Losjev)/(h_2_Losjev-h_1_Losjev)
1027 W_Losjev=Q_Losjev/COP_Losjev

```

```

1028 W_Losjev_maks=Q_Losjev_maks/COP_Losjev
1029 Q_0_Losjev=Q_Losjev-W_Losjev
1030 Q_0_Losjev_maks=Q_Losjev_maks-W_Losjev_maks
1031 m_dot_refrig_Losjev=Q_0_Losjev/(h_1_Losjev-h_4_Losjev)
1032 m_dot_H2O_Losjev=Q_0_Losjev/(cp*(T_co-T_ci))
1033 m_dot_H2O_Losjev_maks=Q_0_Losjev_maks/(cp*(T_co-T_ci))
1034
1035
1036 "Nybygg"
1037
1038 "R dhuset"
1039
1040 P_3_R dhus=p_sat(R290;T=T_3_R dhus)
1041 T_3_R dhus=55 [C]
1042
1043 P_1_R dhus=p_sat(R290;T=T_fordamper)
1044 h_1_R dhus=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_R dhus)
1045 s_1_R dhus=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_R dhus)
1046 s_2_R dhus=s_1_R dhus
1047 h_2is_R dhus=enthalpy(R290;s=s_2_R dhus;P=P_3_R dhus)
1048 h_2_R dhus=h_1_R dhus + (h_2is_R dhus - h_1_R dhus)/eta_is
1049 h_3_R dhus=enthalpy(R290;T=T_3_R dhus;x=x_2)
1050 h_4_R dhus=h_3_R dhus
1051
1052 Q_R dhus_varme = -5,275*T_ute + 44,859
1053 Q_R dhus_kj ling = -3,1993*T_ute + 13,557
1054 Q_R dhus_vv =21,83
1055 Q_R dhus_maks_h = (-5,275*T_min + 44,859)*0,6
1056 Q_R dhus_maks_c = (-3,1993*T_maks + 13,557)*(-1)
1057 Q_R dhus_h = varme_r dhus(Q_R dhus_varme; Q_R dhus_maks_h)
1058 Q_R dhus_c = kj ling_r dhus(Q_R dhus_kj ling; T_ute)
1059 Q_R dhus = oppvarming_r dhus(Q_R dhus_h; Q_R dhus_c; Q_R dhus_vv)
1060
1061 m_dot_c_R dhus = Q_R dhus_c/(cp*(T_co-T_ci))
1062 m_dot_c_R dhus_maks = Q_R dhus_maks_c/(cp*(T_co-T_ci)) + m_dot_R dhus_vv
1063
1064 COP_R dhus=(h_2_R dhus-h_3_R dhus)/(h_2_R dhus-h_1_R dhus)
1065 W_R dhus=Q_R dhus/COP_R dhus
1066 W_R dhus_maks=Q_R dhus_maks_h/COP_R dhus
1067 W_R dhus_vv=Q_R dhus_vv/COP_R dhus
1068 Q_0_R dhus=Q_R dhus-W_R dhus
1069 Q_0_R dhus_maks=Q_R dhus_maks_h-W_R dhus_maks
1070 Q_0_R dhus_vv=Q_R dhus_vv-W_R dhus_vv
1071 m_dot_refrig_R dhus=Q_0_R dhus/(h_1_R dhus-h_4_R dhus)

```

```

1072 m_dot_h_R dhus=Q_0_R dhus/(cp*(T_co-T_ci))
1073 m_dot_h_R dhus_maks=Q_0_R dhus_maks/(cp*(T_co-T_ci)) + m_dot_R dhus_vv
1074
1075 m_dot_R dhus_vv=Q_0_R dhus_vv/(cp*(T_co-T_ci))
1076
1077 m_dot_R dhus = flow_r dhus(T_ute; m_dot_c_R dhus; m_dot_h_R dhus;
      Q_R dhus_h; Q_R dhus_c)
1078 m_dot_R dhus_maks = flow_r dhus_maks(m_dot_c_R dhus_maks;
      m_dot_h_R dhus_maks)
1079
1080
1081
1082 "R dhusveien"
1083
1084 P_3_R dhusv=p_sat(R290;T=T_3_R dhusv)
1085 T_3_R dhusv=55 [C]
1086
1087 P_1_R dhusv=p_sat(R290;T=T_fordamper)
1088 h_1_R dhusv=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_R dhusv)
1089 s_1_R dhusv=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_R dhusv)
1090 s_2_R dhusv=s_1_R dhusv
1091 h_2is_R dhusv=enthalpy(R290;s=s_2_R dhusv;P=P_3_R dhusv)
1092 h_2_R dhusv=h_1_R dhusv + (h_2is_R dhusv - h_1_R dhusv)/eta_is
1093 h_3_R dhusv=enthalpy(R290;T=T_3_R dhusv;x=x_2)
1094 h_4_R dhusv=h_3_R dhusv
1095
1096 Q_R dhusv_varme = -1,23*T_ute + 14,005
1097 Q_R dhusv_kj ling = -0,8304*T_ute + 3,2841
1098 Q_R dhusv_vv = 4,87
1099 Q_R dhusv_maks_h = (-1,23*T_min + 14,005)*0,6
1100 Q_R dhusv_maks_c = (-0,8304*T_maks + 3,2841)*(-1)
1101 Q_R dhusv_h = varme_r dhusv(Q_R dhusv_varme; Q_R dhusv_maks_h)
1102 Q_R dhusv_c = kj ling_r dhusv(Q_R dhusv_kj ling; T_ute)
1103 Q_R dhusv = oppvarming_r dhusv(Q_R dhusv_h; Q_R dhusv_c; Q_R dhusv_vv)
1104
1105 m_dot_c_R dhusv = Q_R dhusv_c/(cp*(T_co-T_ci))
1106 m_dot_c_R dhusv_maks = Q_R dhusv_maks_c/(cp*(T_co-T_ci)) +
      m_dot_R dhusv_vv
1107
1108 COP_R dhusv=(h_2_R dhusv-h_3_R dhusv)/(h_2_R dhusv-h_1_R dhusv)
1109 W_R dhusv=Q_R dhusv/COP_R dhusv
1110 W_R dhusv_maks=Q_R dhusv_maks_h/COP_R dhusv
1111 W_R dhusv_vv=Q_R dhusv_vv/COP_R dhusv
1112 Q_0_R dhusv=Q_R dhusv-W_R dhusv

```

```

1113 Q_0_R dhusv_maks=Q_R dhusv_maks_h - W_R dhusv_maks
1114 Q_0_R dhusv_vv=Q_R dhusv_vv - W_R dhusv_vv
1115 m_dot_refrig_R dhusv=Q_0_R dhusv/(h_1_R dhusv - h_4_R dhusv)
1116 m_dot_h_R dhusv=Q_0_R dhusv/(cp*(T_co-T_ci))
1117 m_dot_h_R dhusv_maks=Q_0_R dhusv_maks/(cp*(T_co-T_ci)) + m_dot_R dhusv_vv
1118
1119 m_dot_R dhusv_vv=Q_0_R dhusv_vv/(cp*(T_co-T_ci))
1120
1121 m_dot_R dhusv = flow_r dhusv(T_ute; m_dot_c_R dhusv; m_dot_h_R dhusv;
      Q_R dhusv_h; Q_R dhusv_c)
1122 m_dot_R dhusv_maks = flow_r dhusv_maks(m_dot_c_R dhusv_maks;
      m_dot_h_R dhusv_maks)
1123
1124 "Vestre tomt ved Melhustorget"
1125
1126 P_3_Vestre=p_sat(R290;T=T_3_Vestre)
1127 T_3_Vestre=55 [C]
1128
1129 P_1_Vestre=p_sat(R290;T=T_fordamper)
1130 h_1_Vestre=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Vestre)
1131 s_1_Vestre=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Vestre)
1132 s_2_Vestre=s_1_Vestre
1133 h_2is_Vestre=enthalpy(R290;s=s_2_Vestre;P=P_3_Vestre)
1134 h_2_Vestre=h_1_Vestre + (h_2is_Vestre - h_1_Vestre)/eta_is
1135 h_3_Vestre=enthalpy(R290;T=T_3_Vestre;x=x_2)
1136 h_4_Vestre=h_3_Vestre
1137
1138 Q_Vestre_varme = -1,2574*T_ute + 11,086
1139 Q_Vestre_kj ling = -1,6961*T_ute + 7,5669
1140 Q_Vestre_vv = 8,01
1141 Q_Vestre_maks_h = (-1,2574*T_min + 11,086)*0,6
1142 Q_Vestre_maks_c = (-1,6961*T_maks + 7,5669)*(-1)
1143 Q_Vestre_h = varme_vestre(Q_Vestre_varme; Q_Vestre_maks_h)
1144 Q_Vestre_c = kj ling_vestre(Q_Vestre_kj ling; T_ute)
1145 Q_Vestre = oppvarming_vestre(Q_Vestre_h; Q_Vestre_c; Q_Vestre_vv)
1146
1147 m_dot_c_Vestre = Q_Vestre_c/(cp*(T_co-T_ci))
1148 m_dot_c_Vestre_maks = Q_Vestre_maks_c/(cp*(T_co-T_ci)) + m_dot_Vestre_vv
1149
1150 COP_Vestre=(h_2_Vestre-h_3_Vestre)/(h_2_Vestre-h_1_Vestre)
1151 W_Vestre=Q_Vestre/COP_Vestre
1152 W_Vestre_maks=Q_Vestre_maks_h/COP_Vestre
1153 W_Vestre_vv=Q_Vestre_vv/COP_Vestre
1154 Q_0_Vestre=Q_Vestre-W_Vestre

```

```

1155 Q_0_Vestre_maks=Q_Vestre_maks_h-W_Vestre_maks
1156 Q_0_Vestre_vv=Q_Vestre_vv-W_Vestre_vv
1157 m_dot_refrig_Vestre=Q_0_Vestre/(h_1_Vestre-h_4_Vestre)
1158
1159 m_dot_h_Vestre=Q_0_Vestre/(cp*(T_co-T_ci))
1160 m_dot_h_Vestre_maks=Q_0_Vestre_maks/(cp*(T_co-T_ci)) + m_dot_Vestre_vv
1161
1162 m_dot_Vestre_vv=Q_0_Vestre_vv/(cp*(T_co-T_ci))
1163
1164 m_dot_Vestre = flow_vestre(T_ute; m_dot_c_Vestre; m_dot_h_Vestre; Q_Vestre_h
      ; Q_Vestre_c)
1165 m_dot_Vestre_maks = flow_vestre_maks(m_dot_c_Vestre_maks;
      m_dot_h_Vestre_maks)
1166
1167 "Melhustorget"
1168
1169 P_3_Melhustorget=p_sat(R290;T=T_3_Melhustorget)
1170 T_3_Melhustorget=55 [C]
1171
1172 P_1_Melhustorget=p_sat(R290;T=T_fordamper)
1173 h_1_Melhustorget=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Melhustorget)
1174 s_1_Melhustorget=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Melhustorget)
1175 s_2_Melhustorget=s_1_Melhustorget
1176 h_2is_Melhustorget=enthalpy(R290;s=s_2_Melhustorget;P=P_3_Melhustorget)
1177 h_2_Melhustorget=h_1_Melhustorget + (h_2is_Melhustorget - h_1_Melhustorget)/
      eta_is
1178 h_3_Melhustorget=enthalpy(R290;T=T_3_Melhustorget;x=x_2)
1179 h_4_Melhustorget=h_3_Melhustorget
1180
1181 Q_Melhustorget_varme = -10,224*T_ute + 92,945
1182 Q_Melhustorget_kj ling = -6,4529*T_ute + 25,175
1183 Q_Melhustorget_vv = 63,61
1184 Q_Melhustorget_maks_h = (-10,224*T_min + 92,945)*0,6
1185 Q_Melhustorget_maks_c = (-6,4529*T_maks + 25,175)*(-1)
1186 Q_Melhustorget_h = varme_melhustorget(Q_Melhustorget_varme;
      Q_Melhustorget_maks_h)
1187 Q_Melhustorget_c = kj ling_melhustorget(Q_Melhustorget_kj ling; T_ute)
1188 Q_Melhustorget = oppvarming_melhustorget(Q_Melhustorget_h; Q_Melhustorget_c;
      Q_Melhustorget_vv)
1189
1190 m_dot_c_Melhustorget = Q_Melhustorget_c/(cp*(T_co-T_ci))
1191 m_dot_c_Melhustorget_maks = Q_Melhustorget_maks_c/(cp*(T_co-T_ci)) +
      m_dot_Melhustorget_vv
1192

```

```

1193 COP_Melhustorget=(h_2_Melhustorget-h_3_Melhustorget)/(h_2_Melhustorget -
      h_1_Melhustorget)
1194 W_Melhustorget=Q_Melhustorget/COP_Melhustorget
1195 W_Melhustorget_maks=Q_Melhustorget_maks_h/COP_Melhustorget
1196 W_Melhustorget_vv=Q_Melhustorget_vv/COP_Melhustorget
1197 Q_0_Melhustorget=Q_Melhustorget-W_Melhustorget
1198 Q_0_Melhustorget_maks=Q_Melhustorget_maks_h-W_Melhustorget_maks
1199 Q_0_Melhustorget_vv=Q_Melhustorget_vv-W_Melhustorget_vv
1200 m_dot_refrig_Melhustorget=Q_0_Melhustorget/(h_1_Melhustorget -
      h_4_Melhustorget)
1201 m_dot_h_Melhustorget=Q_0_Melhustorget/(cp*(T_co-T_ci))
1202 m_dot_h_Melhustorget_maks=Q_0_Melhustorget_maks/(cp*(T_co-T_ci)) +
      m_dot_Melhustorget_vv
1203 m_dot_Melhustorget_vv=Q_0_Melhustorget_vv/(cp*(T_co-T_ci))
1204
1205 m_dot_Melhustorget = flow_melhustorget(T_ute; m_dot_c_Melhustorget;
      m_dot_h_Melhustorget; Q_Melhustorget_h; Q_Melhustorget_c)
1206 m_dot_Melhustorget_maks = flow_melhustorget_maks(m_dot_c_Melhustorget_maks;
      m_dot_h_Melhustorget_maks)
1207
1208 "P-plass"
1209
1210 P_3_Pplass=p_sat(R290;T=T_3_Pplass)
1211 T_3_Pplass=55 [C]
1212
1213 P_1_Pplass=p_sat(R290;T=T_fordamper)
1214 h_1_Pplass=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Pplass)
1215 s_1_Pplass=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Pplass)
1216 s_2_Pplass=s_1_Pplass
1217 h_2is_Pplass=enthalpy(R290;s=s_2_Pplass;P=P_3_Pplass)
1218 h_2_Pplass=h_1_Pplass + (h_2is_Pplass - h_1_Pplass)/eta_is
1219 h_3_Pplass=enthalpy(R290;T=T_3_Pplass;x=x_2)
1220 h_4_Pplass=h_3_Pplass
1221
1222 Q_Pplass_varme = -4,2583*T_ute + 41,358
1223 Q_Pplass_kj ling = -2,5521*T_ute + 12,847
1224 Q_Pplass_vv = 23,54
1225 Q_Pplass_maks_h = (-4,2583*T_min + 41,358)*0,6
1226 Q_Pplass_maks_c = (-2,5521*T_maks + 12,847)*(-1)
1227 Q_Pplass_h = varme_pplass(Q_Pplass_varme; Q_Pplass_maks_h)
1228 Q_Pplass_c = kj ling_pplass(Q_Pplass_kj ling; T_ute)
1229 Q_Pplass = oppvarming_pplass(Q_Pplass_h; Q_Pplass_c; Q_Pplass_vv)
1230
1231 m_dot_c_Pplass = Q_Pplass_c/(cp*(T_co-T_ci))

```

```

1232 m_dot_c_Pplass_maks = Q_Pplass_maks_c/(cp*(T_co-T_ci)) + m_dot_Pplass_vv
1233
1234 COP_Pplass=(h_2_Pplass-h_3_Pplass)/(h_2_Pplass-h_1_Pplass)
1235 W_Pplass=Q_Pplass/COP_Pplass
1236 W_Pplass_maks=Q_Pplass_maks_h/COP_Pplass
1237 W_Pplass_vv=Q_Pplass_vv/COP_Pplass
1238 Q_0_Pplass=Q_Pplass-W_Pplass
1239 Q_0_Pplass_maks=Q_Pplass_maks_h-W_Pplass_maks
1240 Q_0_Pplass_vv=Q_Pplass_vv-W_Pplass_vv
1241 m_dot_refrig_Pplass=Q_0_Pplass/(h_1_Pplass-h_4_Pplass)
1242 m_dot_h_Pplass=Q_0_Pplass/(cp*(T_co-T_ci))
1243 m_dot_h_Pplass_maks=Q_0_Pplass_maks/(cp*(T_co-T_ci)) + m_dot_Pplass_vv
1244 m_dot_Pplass_vv=Q_0_Pplass_vv/(cp*(T_co-T_ci))
1245
1246 m_dot_Pplass = flow_pplass(T_ute; m_dot_c_Pplass; m_dot_h_Pplass; Q_Pplass_h
      ; Q_Pplass_c)
1247 m_dot_Pplass_maks = flow_pplass_maks(m_dot_c_Pplass_maks;
      m_dot_h_Pplass_maks)
1248
1249 "P-plass s r"
1250
1251 P_3_S r=p_sat(R290;T=T_3_S r)
1252 T_3_S r=55 [C]
1253
1254 P_1_S r=p_sat(R290;T=T_fordamper)
1255 h_1_S r=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_S r)
1256 s_1_S r=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_S r)
1257 s_2_S r=s_1_S r
1258 h_2is_S r=enthalpy(R290;s=s_2_S r;P=P_3_S r)
1259 h_2_S r=h_1_S r + (h_2is_S r - h_1_S r)/eta_is
1260 h_3_S r=enthalpy(R290;T=T_3_S r;x=x_2)
1261 h_4_S r=h_3_S r
1262
1263 Q_S r_varme = -4,9354*T_ute + 48,031
1264 Q_S r_kj ling = -3,2994*T_ute + 27,826
1265 Q_S r_vv = 30
1266 Q_S r_maks_h = (-4,9354*T_min + 48,031)*0,6
1267 Q_S r_maks_c = (-3,2994*T_maks + 27,826)*(-1)
1268 Q_S r_h = varme_s r(Q_S r_varme; Q_S r_maks_h)
1269 Q_S r_c = kj ling_s r(Q_S r_kj ling; T_ute)
1270 Q_S r = oppvarming_s r(Q_S r_h; Q_S r_c; Q_S r_vv)
1271
1272 m_dot_c_S r = Q_S r_c/(cp*(T_co-T_ci))
1273 m_dot_c_S r_maks = Q_S r_maks_c/(cp*(T_co-T_ci)) + m_dot_S r_vv

```

```

1274
1275 COP_S r=(h_2_S r-h_3_S r)/(h_2_S r-h_1_S r)
1276 W_S r=Q_S r/COP_S r
1277 W_S r_maks=Q_S r_maks_h/COP_S r
1278 W_S r_vv=Q_S r_vv/COP_S r
1279 Q_0_S r=Q_S r-W_S r
1280 Q_0_S r_maks=Q_S r_maks_h-W_S r_maks
1281 Q_0_S r_vv=Q_S r_vv-W_S r_vv
1282 m_dot_refrig_S r=Q_0_S r/(h_1_S r-h_4_S r)
1283 m_dot_h_S r=Q_0_S r/(cp*(T_co-T_ci))
1284 m_dot_h_S r_maks=Q_0_S r_maks/(cp*(T_co-T_ci)) + m_dot_S r_vv
1285 m_dot_S r_vv=Q_0_S r_vv/(cp*(T_co-T_ci))
1286
1287 m_dot_S r = flow_s r(T_ute; m_dot_c_S r; m_dot_h_S r; Q_S r_h; Q_S r_c
    )
1288 m_dot_S r_maks = flow_s r_maks(m_dot_c_S r_maks; m_dot_h_S r_maks)
1289
1290 "Bensinstasjon"
1291
1292 P_3_Bensinstasjon=p_sat(R290;T=T_3_Bensinstasjon)
1293 T_3_Bensinstasjon=55 [C]
1294
1295 P_1_Bensinstasjon=p_sat(R290;T=T_fordamper)
1296 h_1_Bensinstasjon=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Bensinstasjon)
1297 s_1_Bensinstasjon=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Bensinstasjon)
1298 s_2_Bensinstasjon=s_1_Bensinstasjon
1299 h_2is_Bensinstasjon=enthalpy(R290;s=s_2_Bensinstasjon;P=P_3_Bensinstasjon)
1300 h_2_Bensinstasjon=h_1_Bensinstasjon + (h_2is_Bensinstasjon -
    h_1_Bensinstasjon)/eta_is
1301 h_3_Bensinstasjon=enthalpy(R290;T=T_3_Bensinstasjon;x=x_2)
1302 h_4_Bensinstasjon=h_3_Bensinstasjon
1303
1304 Q_Bensinstasjon_varme = -12,427*T_ute + 125,34
1305 Q_Bensinstasjon_kj ling = -6,2251*T_ute + 51,516
1306 Q_Bensinstasjon_vv = 65,42
1307 Q_Bensinstasjon_maks_h = (-12,427*T_min + 125,34)*0,6
1308 Q_Bensinstasjon_maks_c = (-6,225*T_maks + 51,516)*(-1)
1309 Q_Bensinstasjon_h = varme_bensinstasjon(Q_Bensinstasjon_varme;
    Q_Bensinstasjon_maks_h)
1310 Q_Bensinstasjon_c = kj ling_bensinstasjon(Q_Bensinstasjon_kj ling; T_ute)
1311 Q_Bensinstasjon = oppvarming_bensins(Q_Bensinstasjon_h; Q_Bensinstasjon_c;
    Q_Bensinstasjon_vv)
1312
1313 m_dot_c_Bensins = Q_Bensinstasjon_c/(cp*(T_co-T_ci))

```



```

1314 m_dot_c_Bensins_maks = Q_Bensinstasjon_maks_c/(cp*(T_co-T_ci)) +
      m_dot_Bensins_vv
1315
1316 COP_Bensinstasjon=(h_2_Bensinstasjon-h_3_Bensinstasjon)/(h_2_Bensinstasjon-
      h_1_Bensinstasjon)
1317 W_Bensinstasjon=Q_Bensinstasjon/COP_Bensinstasjon
1318 W_Bensinstasjon_maks=Q_Bensinstasjon_maks_h/COP_Bensinstasjon
1319 W_Bensinstasjon_vv=Q_Bensinstasjon_vv/COP_Bensinstasjon
1320 Q_0_Bensinstasjon=Q_Bensinstasjon-W_Bensinstasjon
1321 Q_0_Bensinstasjon_maks=Q_Bensinstasjon_maks_h-W_Bensinstasjon_maks
1322 Q_0_Bensinstasjon_vv=Q_Bensinstasjon_vv-W_Bensinstasjon_vv
1323 m_dot_refrig_Bensinstasjon=Q_0_Bensinstasjon/(h_1_Bensinstasjon-
      h_4_Bensinstasjon)
1324
1325 m_dot_h_Bensins=Q_0_Bensinstasjon/(cp*(T_co-T_ci))
1326 m_dot_h_Bensins_maks=Q_0_Bensinstasjon_maks/(cp*(T_co-T_ci)) +
      m_dot_Bensins_vv
1327
1328 m_dot_Bensins_vv=Q_0_Bensinstasjon_vv/(cp*(T_co-T_ci))
1329
1330 m_dot_Bensinstasjon = flow_bensins(T_ute; m_dot_c_Bensins; m_dot_h_Bensins;
      Q_Bensinstasjon_h; Q_Bensinstasjon_c)
1331 m_dot_Bensinstasjon_maks = flow_bensins_maks(m_dot_c_Bensins_maks;
      m_dot_h_Bensins_maks)
1332
1333 "Melhustunet"
1334
1335 P_3_Melhustunet=p_sat(R290;T=T_3_Melhustunet)
1336 T_3_Melhustunet=55 [C]
1337
1338 P_1_Melhustunet=p_sat(R290;T=T_fordamper)
1339 h_1_Melhustunet=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Melhustunet)
1340 s_1_Melhustunet=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Melhustunet)
1341 s_2_Melhustunet=s_1_Melhustunet
1342 h_2is_Melhustunet=enthalpy(R290;s=s_2_Melhustunet;P=P_3_Melhustunet)
1343 h_2_Melhustunet=h_1_Melhustunet + (h_2is_Melhustunet - h_1_Melhustunet)/
      eta_is
1344 h_3_Melhustunet=enthalpy(R290;T=T_3_Melhustunet;x=x_2)
1345 h_4_Melhustunet=h_3_Melhustunet
1346
1347 Q_Melhustunet_varme = -45,521*T_ute + 537,16
1348 Q_Melhustunet_kj ling = -22,257*T_ute + 277,66
1349 Q_Melhustunet_vv = 199,75
1350 Q_Melhustunet_maks_h = (-45,521*T_min + 537,16)*0,6

```

```

1351 Q_Melhurstunet_maks_c = (-22,257*T_maks + 277,66)*(-1)
1352 Q_Melhurstunet_h = varme_melhurstunet(Q_Melhurstunet_varme;
      Q_Melhurstunet_maks_h)
1353 Q_Melhurstunet_c = kj_ling_melhurstunet(Q_Melhurstunet_kj_ling; T_ute)
1354 Q_Melhurstunet = oppvarming_melhurstunet(Q_Melhurstunet_h; Q_Melhurstunet_c;
      Q_Melhurstunet_vv)
1355
1356 m_dot_c_Melhurstunet = Q_Melhurstunet_c/(cp*(T_co-T_ci))
1357 m_dot_c_Melhurstunet_maks = Q_Melhurstunet_maks_c/(cp*(T_co-T_ci)) +
      m_dot_Melhurstunet_vv
1358
1359 COP_Melhurstunet=(h_2_Melhurstunet - h_3_Melhurstunet)/(h_2_Melhurstunet -
      h_1_Melhurstunet)
1360 W_Melhurstunet=Q_Melhurstunet/COP_Melhurstunet
1361 W_Melhurstunet_maks=Q_Melhurstunet_maks_h/COP_Melhurstunet
1362 W_Melhurstunet_vv=Q_Melhurstunet_vv/COP_Melhurstunet
1363 Q_0_Melhurstunet=Q_Melhurstunet - W_Melhurstunet
1364 Q_0_Melhurstunet_maks=Q_Melhurstunet_maks_h - W_Melhurstunet_maks
1365 Q_0_Melhurstunet_vv=Q_Melhurstunet_vv - W_Melhurstunet_vv
1366 m_dot_refrig_Melhurstunet=Q_0_Melhurstunet/(h_1_Melhurstunet - h_4_Melhurstunet)
1367
1368 m_dot_h_Melhurstunet=Q_0_Melhurstunet/(cp*(T_co-T_ci))
1369 m_dot_h_Melhurstunet_maks=Q_0_Melhurstunet_maks/(cp*(T_co-T_ci)) +
      m_dot_Melhurstunet_vv
1370
1371 m_dot_Melhurstunet_vv=Q_0_Melhurstunet_vv/(cp*(T_co-T_ci))
1372
1373 m_dot_Melhurstunet = flow_melhurstunet(T_ute; m_dot_c_Melhurstunet;
      m_dot_h_Melhurstunet; Q_Melhurstunet_h; Q_Melhurstunet_c)
1374 m_dot_Melhurstunet_maks = flow_melhurstunet_maks(m_dot_c_Melhurstunet_maks;
      m_dot_h_Melhurstunet_maks)
1375
1376 "Skysstasjonen nord"
1377
1378 P_3_SkysNord=p_sat(R290;T=T_3_SkysNord)
1379 T_3_SkysNord=55 [C]
1380
1381 P_1_SkysNord=p_sat(R290;T=T_fordamper)
1382 h_1_SkysNord=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_SkysNord)
1383 s_1_SkysNord=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_SkysNord)
1384 s_2_SkysNord=s_1_SkysNord
1385 h_2is_SkysNord=enthalpy(R290;s=s_2_SkysNord;P=P_3_SkysNord)
1386 h_2_SkysNord=h_1_SkysNord + (h_2is_SkysNord - h_1_SkysNord)/eta_is
1387 h_3_SkysNord=enthalpy(R290;T=T_3_SkysNord;x=x_2)

```

```

1388 h_4_SkysNord=h_3_SkysNord
1389
1390 Q_SkysNord_varme = -13,761*T_ute + 164,6
1391 Q_SkysNord_kj ling = -7,0219*T_ute + 58,448
1392 Q_SkysNord_vv = 66,16
1393 Q_SkysNord_maks_h = (-13,761*T_min + 164,6)*0,6
1394 Q_SkysNord_maks_c = (-7,0219*T_maks + 58,448)*(-1)
1395 Q_SkysNord_h = varme_skysnord(Q_SkysNord_varme; Q_SkysNord_maks_h)
1396 Q_SkysNord_c = kj ling_skysnord(Q_SkysNord_kj ling; T_ute)
1397 Q_SkysNord = oppvarming_skysnord(Q_SkysNord_h; Q_SkysNord_c; Q_SkysNord_vv)
1398
1399 m_dot_c_SkysNord = Q_SkysNord_c/(cp*(T_co-T_ci))
1400 m_dot_c_SkysNord_maks = Q_SkysNord_maks_c/(cp*(T_co-T_ci)) +
      m_dot_SkysNord_vv
1401
1402 COP_SkysNord=(h_2_SkysNord-h_3_SkysNord)/(h_2_SkysNord-h_1_SkysNord)
1403 W_SkysNord=Q_SkysNord/COP_SkysNord
1404 W_SkysNord_maks=Q_SkysNord_maks_h/COP_SkysNord
1405 W_SkysNord_vv=Q_SkysNord_vv/COP_SkysNord
1406 Q_0_SkysNord=Q_SkysNord-W_SkysNord
1407 Q_0_SkysNord_maks=Q_SkysNord_maks_h-W_SkysNord_maks
1408 Q_0_SkysNord_vv=Q_SkysNord_vv-W_SkysNord_vv
1409 m_dot_refrig_SkysNord=Q_0_SkysNord/(h_1_SkysNord-h_4_SkysNord)
1410
1411 m_dot_h_SkysNord=Q_0_SkysNord/(cp*(T_co-T_ci))
1412 m_dot_h_SkysNord_maks=Q_0_SkysNord_maks/(cp*(T_co-T_ci)) + m_dot_SkysNord_vv
1413
1414 m_dot_SkysNord_vv=Q_0_SkysNord_vv/(cp*(T_co-T_ci))
1415
1416 m_dot_SkysNord = flow_skysnord(T_ute; m_dot_c_SkysNord; m_dot_h_SkysNord;
      Q_SkysNord_h; Q_SkysNord_c)
1417 m_dot_SkysNord_maks = flow_skysnord_maks(m_dot_c_SkysNord_maks;
      m_dot_h_SkysNord_maks)
1418
1419 "Skysstasjonen S r "
1420
1421 P_3_SkysS r=p_sat(R290;T=T_3_SkysS r)
1422 T_3_SkysS r=55 [C]
1423
1424 P_1_SkysS r=p_sat(R290;T=T_fordamper)
1425 h_1_SkysS r=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_SkysS r)
1426 s_1_SkysS r=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_SkysS r)
1427 s_2_SkysS r=s_1_SkysS r
1428 h_2is_SkysS r=enthalpy(R290;s=s_2_SkysS r;P=P_3_SkysS r)

```

```

1429 h_2_SkysS r=h_1_SkysS r + (h_2is_SkysS r - h_1_SkysS r)/eta_is
1430 h_3_SkysS r=enthalpy(R290;T=T_3_SkysS r;x=x_2)
1431 h_4_SkysS r=h_3_SkysS r
1432
1433 Q_SkysS r_varme = -10,853*T_ute + 138,28
1434 Q_SkysS r_kj ling = -4,8024*T_ute + 36,408
1435 Q_SkysS r_vv = 43,77
1436 Q_SkysS r_maks_h = (-10,853*T_min + 138,28)*0,6
1437 Q_SkysS r_maks_c = (-4,8024*T_maks + 36,408)*(-1)
1438 Q_SkysS r_h = varme_skyss r(Q_SkysS r_varme; Q_SkysS r_maks_h)
1439 Q_SkysS r_c = kj ling_skyss r(Q_SkysS r_kj ling; T_ute)
1440 Q_SkysS r = oppvarming_skyss r(Q_SkysS r_h; Q_SkysS r_c; Q_SkysS r_vv)
1441
1442 m_dot_c_SkysS r = Q_SkysS r_c/(cp*(T_co-T_ci))
1443 m_dot_c_SkysS r_maks = Q_SkysS r_maks_c/(cp*(T_co-T_ci)) +
      m_dot_SkysS r_vv
1444
1445 COP_SkysS r=(h_2_SkysS r-h_3_SkysS r)/(h_2_SkysS r-h_1_SkysS r)
1446 W_SkysS r=Q_SkysS r/COP_SkysS r
1447 W_SkysS r_maks=Q_SkysS r_maks_h/COP_SkysS r
1448 W_SkysS r_vv=Q_SkysS r_vv/COP_SkysS r
1449 Q_0_SkysS r=Q_SkysS r-W_SkysS r
1450 Q_0_SkysS r_maks=Q_SkysS r_maks_h-W_SkysS r_maks
1451 Q_0_SkysS r_vv=Q_SkysS r_vv-W_SkysS r_vv
1452 m_dot_refrig_SkysS r=Q_0_SkysS r/(h_1_SkysS r-h_4_SkysS r)
1453
1454 m_dot_h_SkysS r=Q_0_SkysS r/(cp*(T_co-T_ci))
1455 m_dot_h_SkysS r_maks=Q_0_SkysS r_maks/(cp*(T_co-T_ci)) + m_dot_SkysS r_vv
1456
1457 m_dot_SkysS r_vv=Q_0_SkysS r_vv/(cp*(T_co-T_ci))
1458
1459 m_dot_SkysS r = flow_skyss r(T_ute; m_dot_c_SkysS r; m_dot_h_SkysS r;
      Q_SkysS r_h; Q_SkysS r_c)
1460 m_dot_SkysS r_maks = flow_skyss r_maks(m_dot_c_SkysS r_maks;
      m_dot_h_SkysS r_maks)
1461
1462 "Bedehuset "
1463
1464 P_3_Bedehus=p_sat(R290;T=T_3_Bedehus)
1465 T_3_Bedehus=55 [C]
1466
1467 P_1_Bedehus=p_sat(R290;T=T_fordamper)
1468 h_1_Bedehus=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Bedehus)
1469 s_1_Bedehus=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Bedehus)

```

```

1470 s_2_Bedehus=s_1_Bedehus
1471 h_2is_Bedehus=enthalpy(R290;s=s_2_Bedehus;P=P_3_Bedehus)
1472 h_2_Bedehus=h_1_Bedehus + (h_2is_Bedehus - h_1_Bedehus)/eta_is
1473 h_3_Bedehus=enthalpy(R290;T=T_3_Bedehus;x=x_2)
1474 h_4_Bedehus=h_3_Bedehus
1475
1476 Q_Bedehus_varme = -2,3009*T_ute + 31,849
1477 Q_Bedehus_kj ling = -0,8026*T_ute + 10,89
1478 Q_Bedehus_vv = 4
1479 Q_Bedehus_maks_h = (-2,3009*T_min + 31,849)*0,6
1480 Q_Bedehus_maks_c = (-0,8026*T_maks + 10,89)*(-1)
1481 Q_Bedehus_h = varme_bedehus(Q_Bedehus_varme; Q_Bedehus_maks_h)
1482 Q_Bedehus_c = kj ling_bedehus(Q_Bedehus_kj ling; T_ute)
1483 Q_Bedehus = oppvarming_bedehus(Q_Bedehus_h; Q_Bedehus_c; Q_Bedehus_vv)
1484
1485 m_dot_c_Bedehus = Q_Bedehus_c/(cp*(T_co-T_ci))
1486 m_dot_c_Bedehus_maks = Q_Bedehus_maks_c/(cp*(T_co-T_ci)) + m_dot_Bedehus_vv
1487
1488 COP_Bedehus=(h_2_Bedehus - h_3_Bedehus)/(h_2_Bedehus - h_1_Bedehus)
1489 W_Bedehus=Q_Bedehus/COP_Bedehus
1490 W_Bedehus_maks=Q_Bedehus_maks_h/COP_Bedehus
1491 W_Bedehus_vv=Q_Bedehus_vv/COP_Bedehus
1492 Q_0_Bedehus=Q_Bedehus - W_Bedehus
1493 Q_0_Bedehus_maks=Q_Bedehus_maks_h - W_Bedehus_maks
1494 Q_0_Bedehus_vv=Q_Bedehus_vv - W_Bedehus_vv
1495 m_dot_refrig_Bedehus=Q_0_Bedehus/(h_1_Bedehus - h_4_Bedehus)
1496
1497 m_dot_h_Bedehus=Q_0_Bedehus/(cp*(T_co-T_ci))
1498 m_dot_h_Bedehus_maks=Q_0_Bedehus_maks/(cp*(T_co-T_ci)) + m_dot_Bedehus_vv
1499
1500 m_dot_Bedehus_vv=Q_0_Bedehus_vv/(cp*(T_co-T_ci))
1501
1502 m_dot_Bedehus = flow_bedehus(T_ute; m_dot_c_Bedehus; m_dot_h_Bedehus;
      Q_Bedehus_h; Q_Bedehus_c)
1503 m_dot_Bedehus_maks = flow_bedehus_maks(m_dot_c_Bedehus_maks;
      m_dot_h_Bedehus_maks)
1504
1505
1506 "Potten"
1507
1508 P_3_Potten=p_sat(R290;T=T_3_Potten)
1509 T_3_Potten=55 [C]
1510
1511 P_1_Potten=p_sat(R290;T=T_fordamper)

```

```

1512 h_1_Potten=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Potten)
1513 s_1_Potten=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Potten)
1514 s_2_Potten=s_1_Potten
1515 h_2is_Potten=enthalpy(R290;s=s_2_Potten;P=P_3_Potten)
1516 h_2_Potten=h_1_Potten + (h_2is_Potten - h_1_Potten)/eta_is
1517 h_3_Potten=enthalpy(R290;T=T_3_Potten;x=x_2)
1518 h_4_Potten=h_3_Potten
1519
1520 Q_Potten_varme = -2,4522*T_ute + 30,128
1521 Q_Potten_kj ling = -1,185*T_ute + 9,2339
1522 Q_Potten_vv = 14,63
1523 Q_Potten_maks_h = (-2,4522*T_min + 30,128)*0,6
1524 Q_Potten_maks_c = (-1,185*T_maks + 9,2339)*(-1)
1525 Q_Potten_h = varme_potten(Q_Potten_varme; Q_Potten_maks_h)
1526 Q_Potten_c = kj ling_potten(Q_Potten_kj ling; T_ute)
1527 Q_Potten = oppvarming_r dhus(Q_Potten_h; Q_Potten_c; Q_Potten_vv)
1528
1529 m_dot_c_Potten = Q_Potten_c/(cp*(T_co-T_ci))
1530 m_dot_c_Potten_maks = Q_Potten_maks_c/(cp*(T_co-T_ci)) + m_dot_Potten_vv
1531
1532 COP_Potten=(h_2_Potten-h_3_Potten)/(h_2_Potten-h_1_Potten)
1533 W_Potten=Q_Potten/COP_Potten
1534 W_Potten_maks=Q_Potten_maks_h/COP_Potten
1535 W_Potten_vv=Q_Potten_vv/COP_Potten
1536 Q_0_Potten=Q_Potten-W_Potten
1537 Q_0_Potten_maks=Q_Potten_maks_h-W_Potten_maks
1538 Q_0_Potten_vv=Q_Potten_vv-W_Potten_vv
1539 m_dot_refrig_Potten=Q_0_Potten/(h_1_Potten-h_4_Potten)
1540
1541 m_dot_h_Potten=Q_0_Potten/(cp*(T_co-T_ci))
1542 m_dot_h_Potten_maks=Q_0_Potten_maks/(cp*(T_co-T_ci)) + m_dot_Potten_vv
1543
1544 m_dot_Potten_vv=Q_0_Potten_vv/(cp*(T_co-T_ci))
1545
1546 m_dot_Potten = flow_potten(T_ute; m_dot_c_Potten; m_dot_h_Potten; Q_Potten_h
; Q_Potten_c)
1547 m_dot_Potten_maks = flow_potten_maks(m_dot_c_Potten_maks;
m_dot_h_Potten_maks)
1548
1549 "Brannstasjonen"
1550
1551 P_3_Brannstasjon=p_sat(R290;T=T_3_Brannstasjon)
1552 T_3_Brannstasjon=55 [C]
1553

```

```

1554 P_1_Brannstasjon=p_sat(R290;T=T_fordamper)
1555 h_1_Brannstasjon=enthalpy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Brannstasjon)
1556 s_1_Brannstasjon=entropy(R290;T=T_fordamper+0,0001;P=P_1_Brannstasjon)
1557 s_2_Brannstasjon=s_1_Brannstasjon
1558 h_2is_Brannstasjon=enthalpy(R290;s=s_2_Brannstasjon;P=P_3_Brannstasjon)
1559 h_2_Brannstasjon=h_1_Brannstasjon + (h_2is_Brannstasjon - h_1_Brannstasjon)/
    eta_is
1560 h_3_Brannstasjon=enthalpy(R290;T=T_3_Brannstasjon;x=x_2)
1561 h_4_Brannstasjon=h_3_Brannstasjon
1562
1563 Q_Brannstasjon_varme = -2,328*T_ute + 27,556
1564 Q_Brannstasjon_kj ling = -0,564*T_ute + 5,9453
1565 Q_Brannstasjon_vv = 10
1566 Q_Brannstasjon_maks_h = (-2,328*T_min + 27,556)*0,6
1567 Q_Brannstasjon_maks_c = (-0,564*T_maks + 5,9453)*(-1)
1568 Q_Brannstasjon_h = varme_brannstasjon(Q_Brannstasjon_varme;
    Q_Brannstasjon_maks_h)
1569 Q_Brannstasjon_c = kj ling_brannstasjon(Q_Brannstasjon_kj ling; T_ute)
1570 Q_Brannstasjon = oppvarming_brannstasjon(Q_Brannstasjon_h; Q_Brannstasjon_c;
    Q_Brannstasjon_vv)
1571
1572 m_dot_c_Brannstasjon = Q_Brannstasjon_c/(cp*(T_co-T_ci))
1573 m_dot_c_Brannstasjon_maks = Q_Brannstasjon_maks_c/(cp*(T_co-T_ci)) +
    m_dot_Brannstasjon_vv
1574
1575 COP_Brannstasjon=(h_2_Brannstasjon-h_3_Brannstasjon)/(h_2_Brannstasjon -
    h_1_Brannstasjon)
1576 W_Brannstasjon=Q_Brannstasjon/COP_Brannstasjon
1577 W_Brannstasjon_maks=Q_Brannstasjon_maks_h/COP_Brannstasjon
1578 W_Brannstasjon_vv=Q_Brannstasjon_vv/COP_Brannstasjon
1579 Q_0_Brannstasjon=Q_Brannstasjon-W_Brannstasjon
1580 Q_0_Brannstasjon_maks=Q_Brannstasjon_maks_h-W_Brannstasjon_maks
1581 Q_0_Brannstasjon_vv=Q_Brannstasjon_vv-W_Brannstasjon_vv
1582 m_dot_refrig_Brannstasjon=Q_0_Brannstasjon/(h_1_Brannstasjon -
    h_4_Brannstasjon)
1583
1584 m_dot_h_Brannstasjon=Q_0_Brannstasjon/(cp*(T_co-T_ci))
1585 m_dot_h_Brannstasjon_maks=Q_0_Brannstasjon_maks/(cp*(T_co-T_ci)) +
    m_dot_Brannstasjon_vv
1586
1587 m_dot_Brannstasjon_vv=Q_0_Brannstasjon_vv/(cp*(T_co-T_ci))
1588
1589 m_dot_Brannstasjon = flow_brannstasjon(T_ute; m_dot_c_Brannstasjon;
    m_dot_h_Brannstasjon; Q_Brannstasjon_h; Q_Brannstasjon_c)

```

```

1590 m_dot_Brannstasjon_maks = flow_brannstasjon_maks(m_dot_c_Brannstasjon_maks;
      m_dot_h_Brannstasjon_maks)
1591
1592
1593 "Total vannmengde"
1594 m_dot_tot_bygg=m_dot_H20_LenaT + m_dot_H20_NBuen + m_dot_H20_GBuen +
      m_dot_H20_Lenav + m_dot_Ideg_rden + m_dot_H20_H_vdingen +
      m_dot_H20_Melhuset + m_dot_H20_Oterholm + m_dot_H20_Thora +
      m_dot_H20_Losjev + m_dot_R_dhus + m_dot_R_dhusv + m_dot_Vestre +
      m_dot_Melhustorget + m_dot_Pplass + m_dot_S_r + m_dot_Bensinstasjon +
      m_dot_Melhustunet + m_dot_SkysNord + m_dot_SkysS_r + m_dot_Bedehus +
      m_dot_Potten + m_dot_Brannstasjon
1595
1596
1597 m_dot_tot_maks=m_dot_H20_LenaT_maks + m_dot_H20_NBuen_maks +
      m_dot_H20_GBuen_maks + m_dot_H20_Lenav_maks + m_dot_H20_Ide_maks +
      m_dot_H20_H_vdingen_maks + m_dot_H20_Melhuset_maks +
      m_dot_H20_Oterholm_maks + m_dot_H20_Thora_maks + m_dot_H20_Losjev_maks +
      m_dot_R_dhus_maks + m_dot_R_dhusv_maks + m_dot_Vestre_maks +
      m_dot_Melhustorget_maks + m_dot_Pplass_maks + m_dot_S_r_maks +
      m_dot_Bensinstasjon_maks + m_dot_Melhustunet_maks + m_dot_SkysNord_maks +
      m_dot_SkysS_r_maks + m_dot_Bedehus_maks + m_dot_Potten_maks +
      m_dot_Brannstasjon_maks + m_dot_Ideg_rden_maks
1598
1599
1600 "Massestr m"
1601 "Hovedkrets"
1602 m_dot_26gr_1 = m_dot_HER_dhuset1 + m_dot_HER_dhuset2
1603
1604 m_dot_1_2 = m_dot_26gr_1 - m_dot_1_A1 + m_dot_HELenaT
1605 m_dot_2_3 = m_dot_1_2 - m_dot_2_B1
1606 m_dot_3_4 = m_dot_2_3 - m_dot_Melhustorget
1607 m_dot_4_4gr = m_dot_3_4 - m_dot_H20_NBuen
1608 m_dot_4gr_5 = m_dot_4_4gr + m_dot_HEBuen
1609 m_dot_5_5gr = m_dot_4gr_5 - m_dot_H20_Melhuset
1610 m_dot_5gr_6 = m_dot_5_5gr + m_dot_HEMelhuset
1611 m_dot_6_7 = m_dot_5gr_6 - m_dot_Pplass
1612 m_dot_7_7gr = m_dot_6_7 - m_dot_H20_GBuen
1613 m_dot_7gr_8 = m_dot_7_7gr + m_dot_HEIdeg_rden1
1614 m_dot_8_8gr = m_dot_7gr_8 - m_dot_Ideg_rden
1615 m_dot_8gr_9 = m_dot_8_8gr + m_dot_HEIdeg_rden2
1616 m_dot_9_10 = m_dot_8gr_9 - m_dot_9_C1
1617 m_dot_10_11 = m_dot_9_10 - m_dot_Bedehus
1618 m_dot_11_11gr = m_dot_10_11 - m_dot_H20_Thora

```



```

1619 m_dot_11gr_12 = m_dot_11_11gr + m_dot_E2_11gr
1620 m_dot_12_13 = m_dot_11gr_12 - m_dot_12_D1 - m_dot_12_F1
1621 m_dot_13_14 = m_dot_12_13
1622 m_dot_14_14gr = m_dot_13_14 + m_dot_D4_14 + m_dot_F2_14
1623 m_dot_14gr_15 = m_dot_14_14gr - m_dot_14gr_E1
1624 m_dot_15_16 = m_dot_14gr_15 + m_dot_H20_Thora
1625 m_dot_16_17 = m_dot_15_16 + m_dot_Bedehus
1626 m_dot_17_17gr = m_dot_16_17 + m_dot_C10_17
1627 m_dot_17gr_18 = m_dot_17_17gr - m_dot_HEIdeg_rden2
1628 m_dot_18_18gr = m_dot_17gr_18 + m_dot_Ideg_rden
1629 m_dot_18gr_19 = m_dot_18_18gr - m_dot_HEIdeg_rden1
1630 m_dot_19_20 = m_dot_18gr_19 + m_dot_H20_GBuen
1631 m_dot_20_20gr = m_dot_19_20 + m_dot_Pplass
1632 m_dot_20gr_21 = m_dot_20_20gr - m_dot_HEMelhuset
1633 m_dot_21_21gr = m_dot_20gr_21 + m_dot_H20_Melhuset
1634 m_dot_21gr_22 = m_dot_21_21gr - m_dot_HEBuen
1635 m_dot_22_23 = m_dot_21gr_22 + m_dot_H20_NBuen
1636 m_dot_23_24 = m_dot_22_23 + m_dot_Melhustorget
1637 m_dot_24_24gr = m_dot_23_24 + m_dot_B2_24
1638 m_dot_24gr_25 = m_dot_24_24gr - m_dot_HELenaT
1639 m_dot_25_25gr = m_dot_24gr_25 + m_dot_A4_25
1640 m_dot_25gr_26 = m_dot_HER_dhuset1
1641 m_dot_26_26gr = m_dot_25gr_26
1642 m_dot_F2_14 = m_dot_14gr_E1 + m_dot_17gr_8gr + m_dot_18gr_7gr +
      m_dot_20gr_5gr + m_dot_21gr_4gr + m_dot_24gr_1 + m_dot_25gr_26gr +
      m_dot_25gr_26 - m_dot_D4_14 - m_dot_11_15 - m_dot_10_16 - m_dot_C10_17 -
      m_dot_8_18 - m_dot_7_19 - m_dot_6_20 - m_dot_5_21 - m_dot_4_22 -
      m_dot_3_23 - m_dot_2_B1 - m_dot_A4_25 - m_dot_12_13
1643
1644 m_dot_24gr_1 = m_dot_HELenaT
1645 m_dot_21gr_4gr = m_dot_HEBuen
1646 m_dot_20gr_5gr = m_dot_HEMelhuset
1647 m_dot_18gr_7gr = m_dot_HEIdeg_rden1
1648 m_dot_17gr_8gr = m_dot_HEIdeg_rden2
1649 m_dot_25gr_26gr = m_dot_HER_dhuset2
1650 m_dot_14gr_E1 = m_dot_HELenav1 + m_dot_HELenav2
1651
1652 m_dot_HEtot = m_dot_HELenaT + m_dot_HEBuen + m_dot_HEMelhuset +
      m_dot_HEIdeg_rden1 + m_dot_HEIdeg_rden2 + m_dot_HER_dhuset1 +
      m_dot_HER_dhuset2 + m_dot_HELenav1 + m_dot_HELenav2
1653
1654 "Mindre kretser"
1655 m_dot_1_A1=m_dot_R_dhus + m_dot_Vestre + m_dot_H20_0terholm
1656 m_dot_A1_A2 = m_dot_1_A1 - m_dot_R_dhus

```

```

1657 m_dot_A3_Oterholm = m_dot_H20_Oterholm
1658 m_dot_A3_Vestre = m_dot_Vestre
1659 m_dot_A3_A4 = m_dot_H20_Oterholm + m_dot_Vestre
1660 m_dot_A4_25 = m_dot_A3_A4 + m_dot_R dhus
1661
1662 m_dot_kretsA = m_dot_R dhus + m_dot_Vestre + m_dot_H20_Oterholm
1663
1664 m_dot_2_B1 = m_dot_H20_LenaT + m_dot_R dhusv
1665 m_dot_B1_R dhusv = m_dot_2_B1 - m_dot_H20_LenaT
1666 m_dot_B1_LenaT = m_dot_2_B1 - m_dot_R dhusv
1667 m_dot_B2_24 = m_dot_R dhusv + m_dot_H20_LenaT
1668
1669 m_dot_kretsB = m_dot_R dhusv + m_dot_H20_LenaT
1670
1671 m_dot_9_C1 = m_dot_S r + m_dot_H20_H vdingen + m_dot_Bensinstasjon +
      m_dot_SkysNord + m_dot_SkysS r + m_dot_Melhurstunet
1672 m_dot_C1_C2 = m_dot_9_C1 - m_dot_S r
1673 m_dot_C2_C3 = m_dot_C1_C2 - m_dot_H20_H vdingen
1674 m_dot_C3_C4 = m_dot_C2_C3 - m_dot_Bensinstasjon
1675 m_dot_C4_C5 = m_dot_C3_C4 - m_dot_SkysNord
1676 m_dot_C5_C6 = m_dot_C4_C5
1677 m_dot_C6_C7 = m_dot_C5_C6
1678 m_dot_C7_C8 = m_dot_C6_C7 + m_dot_SkysNord
1679 m_dot_C8_C9 = m_dot_C7_C8 + m_dot_Bensinstasjon
1680 m_dot_C9_C10 = m_dot_C8_C9 + m_dot_H20_H vdingen
1681 m_dot_C10_17 = m_dot_C9_C10 + m_dot_S r
1682
1683 m_dot_kretsC = m_dot_S r + m_dot_H20_H vdingen + m_dot_Bensinstasjon +
      m_dot_SkysNord + m_dot_SkysS r + m_dot_Melhurstunet
1684
1685 m_dot_12_D1 = m_dot_Potten + m_dot_H20_Lenav + m_dot_Brannstasjon
1686 m_dot_D1_D2 = m_dot_12_D1 - m_dot_Potten
1687 m_dot_D3_D4 = m_dot_H20_Lenav + m_dot_Brannstasjon
1688 m_dot_D4_14 = m_dot_D3_D4 + m_dot_Potten
1689
1690 m_dot_kretsD = m_dot_Potten + m_dot_H20_Lenav + m_dot_Brannstasjon
1691
1692
1693 m_dot_E2_HELenav1 = m_dot_HELenav1
1694 m_dot_E2_HELenav2 = m_dot_HELenav2
1695 m_dot_E2_11gr = m_dot_HELenav1 + m_dot_HELenav2
1696
1697
1698 m_dot_3_23 = m_dot_Melhurstorget

```

```

1699 m_dot_4_22 = m_dot_H20_NBuen
1700 m_dot_5_21 = m_dot_H20_Melhuset
1701 m_dot_6_20 = m_dot_Pplass
1702 m_dot_7_19 = m_dot_H20_GBuen
1703 m_dot_8_18 = m_dot_Ideg rden
1704 m_dot_10_16 = m_dot_Bedehus
1705 m_dot_11_15 = m_dot_H20_Thora
1706 m_dot_12_13 = m_dot_H20_Losjev
1707
1708
1709 T_co=5
1710
1711 "Grunnvannsvarmeveklser"
1712 epsilon_grunnvannHE=0,7
1713 epsilon_grunnvannHE=(T_grunnvann-T_retur)/(T_grunnvann-T_ci)
1714 Q_gr=m_dot_gr*cp*(T_grunnvann-T_retur)
1715 Q_gr=Q_krets
1716 Q_krets=Q_0_LenaT + Q_0_NBuen + Q_0_GBuen + Q_0_Lenav + Q_0_Ide +
      Q_0_H vdingen + Q_0_Melhuset + Q_0_Oterholm + Q_0_Thora + Q_0_Losjev +
      Q_0_R dhus + Q_0_Vestre + Q_0_R dhusv + Q_0_Melhustorget + Q_0_Pplass
      + Q_0_S r + Q_0_Bensinstasjon + Q_0_Melhustunet + Q_0_SkysS r +
      Q_0_SkysNord + Q_0_Bedehus + Q_0_Potten +Q_0_Brannstasjon +
      Q_0_Ideg rden
1717 Q_krets=m_dot_tot*cp*(T_co-T_ci)
1718
1719 "Grunnvannsvarmeveksler Buen"
1720 Q_grBuen=m_dot_grBuen*cp*(T_grunnvann-T_retur)
1721 m_dot_grBuen=30 "Bestemt"
1722 Q_grBuen=m_dot_HEBuen*cp*(T_co - T_ci)
1723
1724 "Grunnvannsvarmeveksler Melhuset"
1725 Q_grMelhuset=m_dot_grMelhuset*cp*(T_grunnvann-T_retur)
1726 m_dot_grMelhuset=4 "Bestemt"
1727 Q_grMelhuset=m_dot_HEMelhuset*cp*(T_co - T_ci)
1728
1729 "Grunnvannsvarmeveksler Lenavegen og brannstasjonen"
1730 Q_grLenav1=m_dot_grLenav1*cp*(T_grunnvann-T_retur)
1731 Q_grLenav1=m_dot_HELenav1*cp*(T_co - T_ci)
1732
1733 m_dot_HELenav1 + m_dot_HELenav2= m_dot_12_D1 + m_dot_12_13 -1
1734 m_dot_HELenav1 = m_dot_HELenav2
1735
1736 m_dot_HELenav1_maks + m_dot_HELenav2_maks = m_dot_Potten_maks +
      m_dot_H20_Lenav_maks + m_dot_Brannstasjon_maks + m_dot_H20_Losjev -1

```

```

1737 m_dot_HELenav1_maks = m_dot_HELenav2_maks
1738
1739 Q_grLenav2=m_dot_grLenav2*cp*(T_grunnvann-T_retur)
1740 Q_grLenav2=m_dot_HELenav2*cp*(T_co - T_ci)
1741
1742 "Grunnvannsvarmeveksler Lena Terrasse"
1743 Q_grLenaT=m_dot_grLenaT*cp*(T_grunnvann-T_retur)
1744 m_dot_grLenaT=18 "Bestemt"
1745 Q_grLenaT=m_dot_HELenaT*cp*(T_co - T_ci)
1746
1747 "Grunnvannsvarmeveksler Ideg rden"
1748 Q_grIdeg rden1=m_dot_grIdeg rden1*cp*(T_grunnvann-T_retur)
1749 m_dot_grIdeg rden1=6 "Bestemt"
1750 Q_grIdeg rden1=m_dot_HEIdeg rden1*cp*(T_co - T_ci)
1751
1752 Q_grIdeg rden2=m_dot_grIdeg rden2*cp*(T_grunnvann-T_retur)
1753 Q_grIdeg rden2=m_dot_HEIdeg rden2*cp*(T_co - T_ci)
1754
1755 "Grunnvannsvarmeveksler R dhuset"
1756 Q_grR dhuset1=m_dot_grR dhuset1*cp*(T_grunnvann-T_retur)
1757 Q_grR dhuset1=m_dot_HER dhuset1*cp*(T_co - T_ci)
1758
1759 Q_grR dhuset2=m_dot_grR dhuset2*cp*(T_grunnvann-T_retur)
1760 Q_grR dhuset2=m_dot_HER dhuset2*cp*(T_co - T_ci)
1761
1762 m_dot_HER dhuset1 = m_dot_HER dhuset2
1763 m_dot_HEIdeg rden2 = m_dot_HER dhuset1
1764
1765 m_dot_HER dhuset1_maks = m_dot_HER dhuset2_maks
1766 m_dot_HEIdeg rden2_maks = m_dot_HER dhuset1_maks
1767
1768 m_dot_tot_bygg=m_dot_HER dhuset1 + m_dot_HER dhuset2 + m_dot_HELenaT +
      m_dot_HEBuen + m_dot_HEMelhuset + m_dot_HEIdeg rden1 +
      m_dot_HEIdeg rden2 + m_dot_HELenav1 + m_dot_HELenav2
1769
1770 m_dot_tot_maks=m_dot_HER dhuset1_maks + m_dot_HER dhuset2_maks +
      m_dot_HELenaT + m_dot_HEBuen + m_dot_HEMelhuset + m_dot_HEIdeg rden1 +
      m_dot_HEIdeg rden2_maks + m_dot_HELenav1_maks + m_dot_HELenav2_maks
1771
1772
1773 P_pumpe_sirk = m_dot_26gr_1*g*h_p_sirk*10^(-3)
1774 P_pumpe_Oterholm = m_dot_H2O_Oterholm*g*h_p_Oterholm*10^(-3)
1775 P_pumpe_Oterholm_maks = m_dot_H2O_Oterholm_maks*g*h_p_Oterholm*10^(-3)
1776 P_pumpe_Vestre = m_dot_Vestre*g*h_p_Vestre*10^(-3)

```

```

1777 P_pumpe_R dhus = m_dot_R dhus*g*h_p_R dhus*10^(-3)
1778 P_pumpe_LenaT = m_dot_H20_LenaT*g*h_p_LenaT*10^(-3)
1779 P_pumpe_R dhusv = m_dot_R dhusv*g*h_p_R dhusv*10^(-3)
1780 P_pumpe_Melhustorget =m_dot_Melhustorget*g*h_p_Melhustorget*10^(-3)
1781 P_pumpe_NBuen = m_dot_H20_NBuen*g*h_p_NBuen*10^(-3)
1782 P_pumpe_Melhuset = m_dot_H20_Melhuset*g*h_p_Melhuset*10^(-3)
1783 P_pumpe_Pplass = m_dot_Pplass*g*h_p_Pplass*10^(-3)
1784 P_pumpe_GBuen = m_dot_H20_GBuen*g*h_p_GBuen*10^(-3)
1785 P_pumpe_Ide = m_dot_Ideg rden*g*h_p_Ide*10^(-3)
1786 P_pumpe_S r = m_dot_S r*g*h_p_S r*10^(-3)
1787 P_pumpe_H vdingen = m_dot_H20_H vdingen*g*h_p_H vdingen*10^(-3)
1788 P_pumpe_Bensinstasjon = m_dot_Bensinstasjon*g*h_p_Bensins*10^(-3)
1789 P_pumpe_SkysNord = m_dot_SkysNord*g*h_p_SkysNord*10^(-3)
1790 P_pumpe_SkysS r = m_dot_SkysS r*g*h_p_SkysS r*10^(-3)
1791 P_pumpe_Melhustunet = m_dot_Melhustunet*g*h_p_MelhusT*10^(-3)
1792 P_pumpe_Bedehus = m_dot_Bedehus*g*h_p_Bedehus*10^(-3)
1793 P_pumpe_Thora = m_dot_H20_Thora*g*h_p_Thora*10^(-3)
1794 P_pumpe_Lenav = m_dot_H20_Lenav*g*h_p_Lenav*10^(-3)
1795 P_pumpe_Potten = m_dot_Potten*g*h_p_Potten*10^(-3)
1796 P_pumpe_Brannstasjon = m_dot_Brannstasjon*g*h_p_Brann*10^(-3)
1797 P_pumpe_Losjev = m_dot_H20_Losjev*g*h_p_Losjev*10^(-3)
1798
1799 etha_p = 0,8
1800
1801 P_pumpe_sirk_input = P_pumpe_sirk/etha_p
1802 P_pumpe_Oterholm_input = P_pumpe_Oterholm/etha_p
1803 P_pumpe_Vestre_input = P_pumpe_Vestre/etha_p
1804 P_pumpe_R dhus_input = P_pumpe_R dhus/etha_p
1805 P_pumpe_LenaT_input = P_pumpe_LenaT/etha_p
1806 P_pumpe_R dhusv_input = P_pumpe_R dhusv/etha_p
1807 P_pumpe_Melhustorget_input =P_pumpe_Melhustorget/etha_p
1808 P_pumpe_NBuen_input = P_pumpe_NBuen/etha_p
1809 P_pumpe_Melhuset_input = P_pumpe_Melhuset/etha_p
1810 P_pumpe_Pplass_input = P_pumpe_Pplass/etha_p
1811 P_pumpe_GBuen_input = P_pumpe_GBuen/etha_p
1812 P_pumpe_Ide_input = P_pumpe_Ide/etha_p
1813 P_pumpe_S r_input = P_pumpe_S r/etha_p
1814 P_pumpe_H vdingen_input = P_pumpe_H vdingen/etha_p
1815 P_pumpe_Bensinstasjon_input = P_pumpe_Bensinstasjon/etha_p
1816 P_pumpe_SkysNord_input = P_pumpe_SkysNord/etha_p
1817 P_pumpe_SkysS r_input = P_pumpe_SkysS r/etha_p
1818 P_pumpe_Melhustunet_input = P_pumpe_Melhustunet/etha_p
1819 P_pumpe_Bedehus_input = P_pumpe_Bedehus/etha_p
1820 P_pumpe_Thora_input = P_pumpe_Thora/etha_p

```

```

1821 P_pumpe_Lenav_input = P_pumpe_Lenav/etha_p
1822 P_pumpe_Potten_input = P_pumpe_Potten/etha_p
1823 P_pumpe_Brannstasjon_input = P_pumpe_Brannstasjon/etha_p
1824 P_pumpe_Losjev_input = P_pumpe_Losjev/etha_p
1825
1826 P_pumpe_17gr = m_dot_17gr_8gr*g*h_p_17gr*10^(-3)
1827 P_pumpe_18gr = m_dot_18gr_7gr*g*h_p_18gr*10^(-3)
1828 P_pumpe_20gr = m_dot_20gr_5gr*g*h_p_20gr*10^(-3)
1829 P_pumpe_21gr = m_dot_21gr_4gr*g*h_p_21gr*10^(-3)
1830 P_pumpe_24gr = m_dot_24gr_1*g*h_p_24gr*10^(-3)
1831 P_pumpe_grLenav1 = m_dot_HELenav1*g*h_p_grLenav1*10^(-3)
1832 P_pumpe_grLenav2 = m_dot_HELenav2*g*h_p_grLenav2*10^(-3)
1833 P_pumpe_grR dhus2 = m_dot_HER dhuset2*g*h_p_grR dhus2*10^(-3)
1834
1835 P_pumpe_17gr_input = P_pumpe_17gr/etha_p
1836 P_pumpe_18gr_input = P_pumpe_18gr/etha_p
1837 P_pumpe_20gr_input = P_pumpe_20gr/etha_p
1838 P_pumpe_21gr_input = P_pumpe_21gr/etha_p
1839 P_pumpe_24gr_input = P_pumpe_24gr/etha_p
1840 P_pumpe_grLenav1_input = P_pumpe_grLenav1/etha_p
1841 P_pumpe_grLenav2_input = P_pumpe_grLenav2/etha_p
1842 P_pumpe_grR dhus2_input = P_pumpe_grR dhus2/etha_p
1843
1844 P_pumpe_tot=P_pumpe_grR dhus2_input + P_pumpe_grLenav2_input +
      P_pumpe_grLenav1_input + P_pumpe_24gr_input + P_pumpe_21gr_input +
      P_pumpe_20gr_input + P_pumpe_18gr_input + P_pumpe_17gr_input +
      P_pumpe_Losjev_input + P_pumpe_Brannstasjon_input + P_pumpe_Potten_input
+ P_pumpe_Lenav_input + P_pumpe_Thora_input + P_pumpe_Bedehus_input +
      P_pumpe_Melhurstunet_input + P_pumpe_SkysS r_input +
      P_pumpe_SkysNord_input + P_pumpe_Bensinstasjon_input +
      P_pumpe_H vdingen_input + P_pumpe_S r_input + P_pumpe_Ide_input +
      P_pumpe_GBuen_input + P_pumpe_Pplass_input + P_pumpe_Melhuset_input +
      P_pumpe_NBuen_input + P_pumpe_Melhurstorget_input + P_pumpe_R dhusv_input
      + P_pumpe_LenaT_input + P_pumpe_R dhus_input + P_pumpe_Vestre_input +
      P_pumpe_0terholm_input + P_pumpe_sirk_input
1845
1846
1847 "Hovedkrets"
1848
1849 P_1=3*10^5 [Pa]
1850
1851 P_1/(rho_1*g) {+ (u_1^2)/(2*g)} + z_1 = P_2/(rho_2*g) {+ (u_2^2)/(2*g)} +
      z_2 + h_l_1_2
1852 h_l_1_2=h_f_1_2 + h_Tees_1_2

```

```

1853 Call pipeflow('Water'; T_1; P_1; m_dot_1_2; D_1_2; L_1_2; RelRough_1_2:
      h_T_1_2; h_H_1_2; DELTAP_f_1_2; Nusselt_T_1_2; f_1_2; Re_1_2)
1854 h_f_1_2=DELTAP_f_1_2/(rho_1*g) "Friksjonstap"
1855 h_Tees_1_2=0,35*((u_2^2)/(2*g))
1856 DELTAP_1_2 = rho_1*g*h_l_1_2
1857
1858 P_24gr/(rho_24gr*g) {+ (u_24gr^2)/(2*g) }+ z_24gr + h_p_24gr = P_1/(rho_1*g)
      {+ (u_1^2)/(2*g)} + z_1 + h_l_24gr_1
1859 h_l_24gr_1 = h_f_24gr_1 + 4*h_minor_24gr_1 + 2*h_Tees_24gr_1 +
      h_contraction_24gr_1 + h_enlargement_24gr_1 + h_HE_grLenaT
1860 Call pipeflow('Water'; T_24gr; P_24gr; m_dot_24gr_1; D_24gr_1; L_24gr_1;
      RelRough_24gr_1: h_T_24gr_1; h_H_24gr_1; DELTAP_f_24gr_1;
      Nusselt_T_24gr_1; f_24gr_1; Re_24gr_1)
1861 h_f_24gr_1 = DELTAP_f_24gr_1/(rho_24gr*g) "Friksjonstap"
1862 h_minor_24gr_1=K*((u_24gr_1^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
1863 h_Tees_24gr_1=1*((u_24gr_1^2)/(2*g))
1864 h_contraction_24gr_1=0,18*((u_24gr_1^2)/(2*g))
1865 h_enlargement_24gr_1=0,13*((u_24gr_1^2)/(2*g))
1866 h_HE_grLenaT = (0,5*10^5)/(rho_24gr*g)
1867 DELTAP_24gr_1 = rho_24gr*g*h_l_24gr_1
1868
1869 P_2/(rho_2*g) {+ (u_2^2)/(2*g)} + z_2 = P_3/(rho_3*g) {+ (u_3^2)/(2*g)} +
      z_3 + h_l_2_3
1870 h_l_2_3 = h_f_2_3 + h_Tees_2_3
1871 Call pipeflow('Water'; T_2; P_2; m_dot_2_3; D_2_3; L_2_3; RelRough_2_3:
      h_T_2_3; h_H_2_3; DELTAP_f_2_3; Nusselt_T_2_3; f_2_3; Re_2_3)
1872 h_f_2_3=DELTAP_f_2_3/(rho_2*g) "Friksjonstap"
1873 h_Tees_2_3=0,35*((u_3^2)/(2*g))
1874 DELTAP_2_3 = rho_2*g*h_l_2_3
1875
1876 P_3/(rho_3*g) {+ (u_3^2)/(2*g)} + z_3 = P_4/(rho_4*g) {+ (u_4^2)/(2*g)} +
      z_4 + h_l_3_4
1877 h_l_3_4=h_f_3_4 + h_Tees_3_4
1878 Call pipeflow('Water'; T_3; P_3; m_dot_3_4; D_3_4; L_3_4; RelRough_3_4:
      h_T_3_4; h_H_3_4; DELTAP_f_3_4; Nusselt_T_3_4; f_3_4; Re_3_4)
1879 h_f_3_4=DELTAP_f_3_4/(rho_3*g) "Friksjonstap"
1880 h_Tees_3_4=0,35*((u_4^2)/(2*g))
1881 DELTAP_3_4 = rho_3*g*h_l_3_4
1882
1883 P_4/(rho_4*g){ + (u_4^2)/(2*g)} + z_4 = P_4gr/(rho_4gr*g) {+ (u_4gr^2)/(2*g)
      } + z_4gr + h_l_4_4gr
1884 h_l_4_4gr = h_f_4_4gr + h_Tees_4_4gr
1885 Call pipeflow('Water'; T_4; P_4; m_dot_4_4gr; D_4_4gr; L_4_4gr;
      RelRough_4_4gr: h_T_4_4gr; h_H_4_4gr; DELTAP_f_4_4gr; Nusselt_T_4_4gr;

```

```

f_4_4gr; Re_4_4gr)
1886 h_f_4_4gr=DELTA_f_4_4gr/(rho_4*g) "Friksjonstap"
1887 h_Tees_4_4gr=0,35*((u_4gr^2)/(2*g))
1888 DELTA_f_4_4gr = rho_4*g*h_l_4_4gr
1889
1890 P_21gr/(rho_21gr*g) {+ (u_21gr^2)/(2*g)} + z_21gr + h_p_21gr = P_4gr/(
rho_4gr*g) {+ (u_21gr_4gr^2)/(2*g)} + z_4gr + h_l_21gr_4gr
1891 h_l_21gr_4gr = h_f_21gr_4gr + 2*h_minor_21gr_4gr + 2*h_Tees_21gr_4gr +
h_contraction_21gr_4gr + h_enlargement_21gr_4gr + h_HE_grBuen
1892 Call pipeflow('Water'; T_21gr; P_21gr; m_dot_21gr_4gr; D_21gr_4gr;
L_21gr_4gr; RelRough_21gr_4gr: h_T_21gr_4gr; h_H_21gr_4gr;
DELTA_f_21gr_4gr; Nusselt_T_21gr_4gr; f_21gr_4gr; Re_21gr_4gr)
1893 h_f_21gr_4gr = DELTA_f_21gr_4gr/(rho_21gr*g) "Friksjonstap"
1894 h_minor_21gr_4gr=K*((u_21gr_4gr^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
1895 h_Tees_21gr_4gr=1*((u_21gr_4gr^2)/(2*g))
1896 h_contraction_21gr_4gr=0,42*((u_21gr_4gr^2)/(2*g))
1897 h_enlargement_21gr_4gr=0,13*((u_21gr_4gr^2)/(2*g))
1898 h_HE_grBuen = (0,5*10^5)/(rho_21gr*g)
1899 DELTA_f_21gr_4gr = rho_21gr*g*h_l_21gr_4gr
1900
1901 P_4gr/(rho_4gr*g) {+ (u_4gr^2)/(2*g)} + z_4gr = P_5/(rho_5*g) {+ (u_5^2)/(2*
g)} + z_5 + h_l_4gr_5
1902 h_l_4gr_5 = h_f_4gr_5 + h_Tees_4gr_5 + h_enlargement_4gr_5
1903 Call pipeflow('Water'; T_4gr; P_4gr; m_dot_4gr_5; D_4gr_5; L_4gr_5;
RelRough_4gr_5: h_T_4gr_5; h_H_4gr_5; DELTA_f_4gr_5; Nusselt_T_4gr_5;
f_4gr_5; Re_4gr_5)
1904 h_f_4gr_5=DELTA_f_4gr_5/(rho_4gr*g) "Friksjonstap"
1905 h_Tees_4gr_5=0,35*((u_5^2)/(2*g))
1906 h_enlargement_4gr_5=0,26*((u_5^2)/(2*g))
1907 DELTA_f_4gr_5 = rho_4gr*g*h_l_4gr_5
1908
1909 P_5/(rho_5*g) {+ (u_5^2)/(2*g)} + z_5 = P_5gr/(rho_5gr*g) {+ (u_5gr^2)/(2*g)
} + z_5gr + h_l_5_5gr
1910 h_l_5_5gr = h_f_5_5gr + h_Tees_5_5gr
1911 Call pipeflow('Water'; T_5; P_5; m_dot_5_5gr; D_5_5gr; L_5_5gr;
RelRough_5_5gr: h_T_5_5gr; h_H_5_5gr; DELTA_f_5_5gr; Nusselt_T_5_5gr;
f_5_5gr; Re_5_5gr)
1912 h_f_5_5gr=DELTA_f_5_5gr/(rho_5*g) "Friksjonstap"
1913 h_Tees_5_5gr=0,35*((u_5gr^2)/(2*g))
1914 DELTA_f_5_5gr = rho_5*g*h_l_5_5gr
1915
1916 P_20gr/(rho_20gr*g){ + (u_20gr^2)/(2*g)} + z_20gr + h_p_20gr = P_5gr/(
rho_5gr*g) {+ (u_5gr^2)/(2*g)} + z_5gr + h_l_20gr_5gr
1917 h_l_20gr_5gr = h_f_20gr_5gr + 2*h_minor_20gr_5gr + 2*h_Tees_20gr_5gr +

```



```

    h_contraction_20gr_5gr + h_enlargement_20gr_5gr + h_HE_grMelhuset
1918 Call pipeflow('Water'; T_20gr; P_20gr; m_dot_20gr_5gr; D_20gr_5gr;
    L_20gr_5gr; RelRough_20gr_5gr: h_T_20gr_5gr; h_H_20gr_5gr;
    DELTAP_f_20gr_5gr; Nusselt_T_20gr_5gr; f_20gr_5gr; Re_20gr_5gr)
1919 h_f_20gr_5gr = DELTAP_f_20gr_5gr/(rho_20gr*g) "Friksjonstap"
1920 h_minor_20gr_5gr=K*((u_20gr_5gr^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
1921 h_Tees_20gr_5gr=1*((u_20gr_5gr^2)/(2*g))
1922 h_contraction_20gr_5gr=0,42*((u_20gr_5gr^2)/(2*g))
1923 h_enlargement_20gr_5gr=0,83*((u_20gr_5gr^2)/(2*g))
1924 h_HE_grMelhuset = (0,5*10^5)/(rho_20gr*g)
1925 DELTAP_20gr_5gr = rho_20gr*g*h_l_20gr_5gr
1926
1927 P_5gr/(rho_5gr*g) {+ (u_5gr^2)/(2*g)} + z_5gr = P_6/(rho_6*g) {+ (u_6^2)/(2*
    g)} + z_6 + h_l_5gr_6
1928 h_l_5gr_6 = h_f_5gr_6 + h_Tees_5gr_6
1929 Call pipeflow('Water'; T_5gr; P_5gr; m_dot_5gr_6; D_5gr_6; L_5gr_6;
    RelRough_5gr_6: h_T_5gr_6; h_H_5gr_6; DELTAP_f_5gr_6; Nusselt_T_5gr_6;
    f_5gr_6; Re_5gr_6)
1930 h_f_5gr_6=DELTAP_f_5gr_6/(rho_5gr*g) "Friksjonstap"
1931 h_Tees_5gr_6=0,35*((u_6^2)/(2*g))
1932 DELTAP_5gr_6 = rho_5gr*g*h_l_5gr_6
1933
1934
1935 P_6/(rho_6*g) {+ (u_6^2)/(2*g)} + z_6 = P_7/(rho_7*g) {+ (u_7^2)/(2*g) }+
    z_7 + h_l_6_7
1936 h_l_6_7=h_f_6_7 + h_Tees_6_7
1937 Call pipeflow('Water'; T_6; P_6; m_dot_6_7; D_6_7; L_6_7; RelRough_6_7:
    h_T_6_7; h_H_6_7; DELTAP_f_6_7; Nusselt_T_6_7; f_6_7; Re_6_7)
1938 h_f_6_7=DELTAP_f_6_7/(rho_6*g) "Friksjonstap"
1939 h_Tees_6_7=0,35*((u_7^2)/(2*g))
1940 DELTAP_6_7 = rho_6*g*h_l_6_7
1941
1942 P_7/(rho_7*g) {+ (u_7^2)/(2*g)} + z_7 = P_7gr/(rho_7gr*g) {+ (u_7gr^2)/(2*g)
    } + z_7gr + h_l_7_7gr
1943 h_l_7_7gr = h_f_7_7gr + h_Tees_7_7gr
1944 Call pipeflow('Water'; T_7; P_7; m_dot_7_7gr; D_7_7gr; L_7_7gr;
    RelRough_7_7gr: h_T_7_7gr; h_H_7_7gr; DELTAP_f_7_7gr; Nusselt_T_7_7gr;
    f_7_7gr; Re_7_7gr)
1945 h_f_7_7gr=DELTAP_f_7_7gr/(rho_7*g) "Friksjonstap"
1946 h_Tees_7_7gr=0,35*((u_7gr^2)/(2*g))
1947 DELTAP_7_7gr = rho_7*g*h_l_7_7gr
1948
1949 P_18gr/(rho_18gr*g) {+ (u_18gr^2)/(2*g)} + z_18gr + h_p_18gr = P_7gr/(
    rho_7gr*g) {+ (u_7gr^2)/(2*g)} + z_7gr + h_l_18gr_7gr

```

```

1950 h_l_18gr_7gr = h_f_18gr_7gr + 2*h_minor_18gr_7gr + 2*h_Tees_18gr_7gr +
      h_contraction_18gr_7gr + h_enlargement_18gr_7gr + h_HE_grIdeg rden1
1951 Call pipeflow('Water'; T_18gr; P_18gr; m_dot_18gr_7gr; D_18gr_7gr;
      L_18gr_7gr; RelRough_18gr_7gr: h_T_18gr_7gr; h_H_18gr_7gr;
      DELTAP_f_18gr_7gr; Nusselt_T_18gr_7gr; f_18gr_7gr; Re_18gr_7gr)
1952 h_f_18gr_7gr=DELTA_f_18gr_7gr/(rho_18gr*g) "Friksjonstap"
1953 h_minor_18gr_7gr=K*((u_18gr_7gr^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
1954 h_Tees_18gr_7gr=1*((u_18gr_7gr^2)/(2*g))
1955 h_contraction_18gr_7gr=0,46*((u_18gr_7gr^2)/(2*g))
1956 h_enlargement_18gr_7gr=0,71*((u_18gr_7gr^2)/(2*g))
1957 h_HE_grIdeg rden1 = (0,5*10^5)/(rho_18gr*g)
1958 DELTAP_18gr_7gr = rho_18gr*g*h_l_18gr_7gr
1959
1960 P_7gr/(rho_7gr*g) {+ (u_7gr^2)/(2*g)} + z_7gr = P_8/(rho_8*g) {+ (u_8^2)/(2*
      g)} + z_8 + h_l_7gr_8
1961 h_l_7gr_8 = h_f_7gr_8 + h_Tees_7gr_8
1962 Call pipeflow('Water'; T_7gr; P_7gr; m_dot_7gr_8; D_7gr_8; L_7gr_8;
      RelRough_7gr_8: h_T_7gr_8; h_H_7gr_8; DELTAP_f_7gr_8; Nusselt_T_7gr_8;
      f_7gr_8; Re_7gr_8)
1963 h_f_7gr_8=DELTA_f_7gr_8/(rho_7gr*g) "Friksjonstap"
1964 h_Tees_7gr_8=0,35*((u_8^2)/(2*g))
1965 DELTAP_7gr_8 = rho_7gr*g*h_l_7gr_8
1966
1967 P_8/(rho_8*g) {+ (u_8^2)/(2*g)} + z_8 = P_8gr/(rho_8gr*g) {+ (u_8gr^2)/(2*g)
      } + z_8gr + h_l_8_8gr
1968 h_l_8_8gr=h_f_8_8gr + h_Tees_8_8gr
1969 Call pipeflow('Water'; T_8; P_8; m_dot_8_8gr; D_8_8gr; L_8_8gr;
      RelRough_8_8gr: h_T_8_8gr; h_H_8_8gr; DELTAP_f_8_8gr; Nusselt_T_8_8gr;
      f_8_8gr; Re_8_8gr)
1970 h_f_8_8gr=DELTA_f_8_8gr/(rho_8*g) "Friksjonstap"
1971 h_Tees_8_8gr=0,35*((u_8gr^2)/(2*g))
1972 DELTAP_8_8gr = rho_8*g*h_l_8_8gr
1973
1974 P_17gr/(rho_17gr*g) {+ (u_17gr^2)/(2*g)} + z_17gr + h_p_17gr = P_8gr/(
      rho_8gr*g) {+ (u_8gr^2)/(2*g)} + z_8gr + h_l_17gr_8gr
1975 h_l_17gr_8gr = h_f_17gr_8gr + 2*h_minor_17gr_8gr + h_Tees_17gr_8gr +
      h_contraction_17gr_8gr + h_enlargement_17gr_8gr + h_HE_grIdeg rden2
1976 Call pipeflow('Water'; T_17gr; P_17gr; m_dot_17gr_8gr; D_17gr_8gr;
      L_17gr_8gr; RelRough_17gr_8gr: h_T_17gr_8gr; h_H_17gr_8gr;
      DELTAP_f_17gr_8gr; Nusselt_T_17gr_8gr; f_17gr_8gr; Re_17gr_8gr)
1977 h_f_17gr_8gr=DELTA_f_17gr_8gr/(rho_17gr*g) "Friksjonstap"
1978 h_minor_17gr_8gr=K*((u_17gr_8gr^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
1979 h_Tees_17gr_8gr=1*((u_17gr_8gr^2)/(2*g))
1980 h_contraction_17gr_8gr=0,38*((u_17gr_8gr^2)/(2*g))

```

```

1981 h_enlargement_17gr_8gr=0,41*((u_17gr_8gr^2)/(2*g))
1982 DELTAP_HEIdeg rden2 = 0,50*10^5*((m_dot_HEIdeg rden2/
      m_dot_HEIdeg rden2_maks)^2)
1983 h_HE_grIdeg rden2 = (0,5*10^5)/(rho_17gr*g)
1984 DELTAP_17gr_8gr = rho_17gr*g*h_l_17gr_8gr
1985
1986 P_8gr/(rho_8gr*g) {+ (u_8gr^2)/(2*g)} + z_8gr = P_9/(rho_9*g) {+ (u_9^2)/(2*
      g)} + z_9 + h_l_8gr_9
1987 h_l_8gr_9=h_f_8gr_9 + h_Tees_8gr_9 + h_enlargement_8gr_9
1988 Call pipeflow('Water'; T_8gr; P_8gr; m_dot_8gr_9; D_8gr_9; L_8gr_9;
      RelRough_8gr_9: h_T_8gr_9; h_H_8gr_9; DELTAP_f_8gr_9; Nusselt_T_8gr_9;
      f_8gr_9; Re_8gr_9)
1989 h_f_8gr_9=DELTAP_f_8gr_9/(rho_8gr*g) "Friksjonstap"
1990 h_Tees_8gr_9=0,35*((u_9^2)/(2*g))
1991 h_enlargement_8gr_9=0,04*((u_9^2)/(2*g))
1992 DELTAP_8gr_9 = rho_8gr*g*h_l_8gr_9
1993
1994 P_9/(rho_9*g) {+ (u_9^2)/(2*g)} + z_9 = P_10/(rho_10*g) {+ (u_10^2)/(2*g)} +
      z_10 + h_l_9_10
1995 h_l_9_10 = h_f_9_10 + h_Tees_9_10 + h_contraction_9_10
1996 Call pipeflow('Water'; T_9; P_9; m_dot_9_10; D_9_10; L_9_10; RelRough_9_10:
      h_T_9_10; h_H_9_10; DELTAP_f_9_10; Nusselt_T_9_10; f_9_10; Re_9_10)
1997 h_f_9_10=DELTAP_f_9_10/(rho_9*g)
1998 h_Tees_9_10=0,35*((u_10^2)/(2*g))
1999 h_contraction_9_10=0,46*((u_10^2)/(2*g))
2000 DELTAP_9_10 = rho_9*g*h_l_9_10
2001
2002 P_10/(rho_10*g) {+ (u_10^2)/(2*g)} + z_10 = P_11/(rho_11*g) {+ (u_11^2)/(2*g
      )} + z_11 + h_l_10_11
2003 h_l_10_11=h_f_10_11 + h_Tees_10_11
2004 Call pipeflow('Water'; T_10; P_10; m_dot_10_11; D_10_11; L_10_11;
      RelRough_10_11: h_T_10_11; h_H_10_11; DELTAP_f_10_11; Nusselt_T_10_11;
      f_10_11; Re_10_11)
2005 h_f_10_11=DELTAP_f_10_11/(rho_10*g) "Friksjonstap"
2006 h_Tees_10_11=0,35*((u_10^2)/(2*g))
2007 DELTAP_10_11 = rho_10*g*h_l_10_11
2008
2009 P_11/(rho_11*g) {+ (u_11^2)/(2*g)} + z_11 = P_11gr/(rho_11gr*g) {+ (u_11gr
      ^2)/(2*g)} + z_11gr + h_l_11_11gr
2010 h_l_11_11gr = h_f_11_11gr + h_Tees_11_11gr + h_contraction_11_11gr
2011 Call pipeflow('Water'; T_11; P_11; m_dot_11_11gr; D_11_11gr; L_11_11gr;
      RelRough_11_11gr: h_T_11_11gr; h_H_11_11gr; DELTAP_f_11_11gr;
      Nusselt_T_11_11gr; f_11_11gr; Re_11_11gr)
2012 h_f_11_11gr = DELTAP_f_11_11gr/(rho_11*g)

```

```

2013 h_contraction_11_11gr=0,38*((u_11gr^2)/(2*g))
2014 h_Tees_11_11gr=0,35*((u_11gr^2)/(2*g))
2015 DELTAP_11_11gr = rho_11*g*h_l_11_11gr
2016
2017 P_11gr/(rho_11gr*g) {+ (u_11gr^2)/(2*g)} + z_11gr = P_12/(rho_12*g) {+ (u_12
    ^2)/(2*g)} + z_12 + h_l_11gr_12
2018 h_l_11gr_12 = h_f_11gr_12 + h_Tees_11gr_12 + h_enlargement_11gr_12
2019 Call pipeflow('Water'; T_11gr; P_11gr; m_dot_11gr_12; D_11gr_12; L_11gr_12;
    RelRough_11gr_12: h_T_11gr_12; h_H_11gr_12; DELTAP_f_11gr_12;
    Nusselt_T_11gr_12; f_11gr_12; Re_11gr_12)
2020 h_f_11gr_12 = DELTAP_f_11gr_12/(rho_11gr*g)
2021 h_Tees_11gr_12=0,35*((u_12^2)/(2*g))
2022 h_enlargement_11gr_12=046*((u_12^2)/(2*g))
2023 DELTAP_11gr_12 = rho_11gr*g*h_l_11gr_12
2024
2025 P_12/(rho_12*g) {+ (u_12^2)/(2*g)} + z_12 + h_p_Losjev = P_13/(rho_13*g) {+
    (u_13^2)/(2*g)} + z_13 + h_l_12_13
2026 h_l_12_13=h_f_12_13 + 2*h_minor_12_13 + h_Tees_12_13 + h_contraction_12_13 +
    h_HE_Losjev
2027 Call pipeflow('Water'; T_12; P_12; m_dot_12_13; D_12_13; L_12_13;
    RelRough_12_13: h_T_12_13; h_H_12_13; DELTAP_f_12_13; Nusselt_T_12_13;
    f_12_13; Re_12_13)
2028 h_f_12_13=DELTA_f_12_13/(rho_12*g) "Friksjonstap"
2029 h_minor_12_13 = 0,35*((u_13^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2030 h_Tees_12_13=0,35*((u_13^2)/(2*g))
2031 h_contraction_12_13=0,46*((u_13^2)/(2*g))
2032 DELTAP_HELosjev = 0,5*10^5*((m_dot_H20_Losjev/m_dot_H20_Losjev_maks)^2)
2033 h_HE_Losjev = (DELTA_HELosjev)/(rho_12*g)
2034 DELTAP_12_13 = rho_12*g*h_l_12_13
2035
2036
2037 P_13/(rho_13*g) {+ (u_13^2)/(2*g)} + z_13 = P_14/(rho_14*g) {+ (u_14^2)/(2*g
    )} + z_14 + h_l_13_14
2038 h_l_13_14 = h_f_13_14 + h_minor_13_14 + h_Tees_13_14
2039 Call pipeflow('Water'; T_13; P_13; m_dot_13_14; D_13_14; L_13_14;
    RelRough_13_14: h_T_13_14; h_H_13_14; DELTAP_f_13_14; Nusselt_T_13_14;
    f_13_14; Re_13_14)
2040 h_f_13_14=DELTA_f_13_14/(rho_13*g)
2041 h_minor_13_14=0,35*((u_14^2)/(2*g))
2042 h_Tees_13_14=0,35*((u_14^2)/(2*g))
2043 DELTAP_13_14 = rho_13*g*h_l_13_14
2044
2045 P_14/(rho_14*g) {+ (u_14^2)/(2*g)} + z_14 = P_14gr/(rho_14gr*g) {+ (u_14gr
    ^2)/(2*g)} + z_14gr + h_l_14_14gr

```

```

2046 h_l_14_14gr = h_f_14_14gr + h_enlargement_14_14gr
2047 Call pipeflow('Water'; T_14; P_14; m_dot_14_14gr; D_14_14gr; L_14_14gr;
      RelRough_14_14gr: h_T_14_14gr; h_H_14_14gr; DELTAP_f_14_14gr;
      Nusselt_T_14_14gr; f_14_14gr; Re_14_14gr)
2048 h_f_14_14gr=DELTA_f_14_14gr/(rho_14*g)
2049 h_enlargement_14_14gr=0,83*((u_14gr^2)/(2*g))
2050 DELTAP_14_14gr = rho_14*g*h_l_14_14gr
2051
2052 P_14gr/(rho_14gr*g) {+ (u_14gr^2)/(2*g)} + z_14gr = P_15/(rho_15*g) {+ (u_15
      ^2)/(2*g)} + z_15 + h_l_14gr_15
2053 h_l_14gr_15 = h_f_14gr_15 + h_Tees_14gr_15 + h_contraction_14gr_15
2054 Call pipeflow('Water'; T_14gr; P_14gr; m_dot_14gr_15; D_14gr_15; L_14gr_15;
      RelRough_14gr_15: h_T_14gr_15; h_H_14gr_15; DELTAP_f_14gr_15;
      Nusselt_T_14gr_15; f_14gr_15; Re_14gr_15)
2055 h_f_14gr_15=DELTA_f_14gr_15/(rho_14gr*g)
2056 h_Tees_14gr_15=0,35*((u_15^2)/(2*g))
2057 h_contraction_14gr_15=Kc*((u_15^2)/(2*g))
2058 DELTAP_14gr_15 = rho_14gr*g*h_l_14gr_15
2059
2060 P_11/(rho_11*g) {+ (u_11^2)/(2*g)} + z_11 + h_p_Thora = P_15/(rho_15*g) {+ (
      u_15^2)/(2*g)} + z_15 + h_l_11_15
2061 h_l_11_15=h_f_11_15 + 2*h_minor_11_15 + 2*h_Tees_11_15 + h_contraction_11_15
      + h_enlargement_11_15 + h_HE_Thora
2062 Call pipeflow('Water'; T_11; P_15; m_dot_11_15; D_11_15; L_11_15;
      RelRough_11_15: h_T_11_15; h_H_11_15; DELTAP_f_11_15; Nusselt_T_11_15;
      f_11_15; Re_11_15)
2063 h_f_11_15=DELTA_f_11_15/(rho_11*g) "Friksjonstap"
2064 h_minor_11_15=K*((u_11_15^2)/(2*g))
2065 h_Tees_11_15=1*((u_11_15^2)/(2*g))
2066 h_contraction_11_15=0,1*((u_11_15^2)/(2*g))
2067 h_enlargement_11_15=0*((u_11_15^2)/(2*g))
2068 DELTAP_Thora=0,5*10^5*((m_dot_H20_Thora/m_dot_H20_Thora_maks)^2)
2069 h_HE_Thora = DELTAP_Thora/(rho_11*g)
2070 DELTAP_11_15 = rho_11*g*h_l_11_15
2071
2072 P_15/(rho_15*g) {+ (u_15^2)/(2*g)} + z_15 = P_16/(rho_16*g) {+ (u_16^2)/(2*g
      )} + z_16 + h_l_15_16
2073 h_l_15_16=h_f_15_16 + h_Tees_15_16 + h_enlargement_15_16
2074 Call pipeflow('Water'; T_15; P_15; m_dot_15_16; D_15_16; L_15_16;
      RelRough_15_16: h_T_15_16; h_H_15_16; DELTAP_f_15_16; Nusselt_T_15_16;
      f_15_16; Re_15_16)
2075 h_f_15_16 = DELTA_f_15_16/(rho_15*g) "Friksjonstap"
2076 h_Tees_15_16=0,35*((u_15^2)/(2*g))
2077 h_enlargement_15_16=0,04*((u_15^2)/(2*g))

```

```

2078 DELTAP_15_16 = rho_15*g*h_l_15_16
2079
2080 P_10/(rho_10*g) {+ (u_10^2)/(2*g)} + z_10 + h_p_Bedehus= P_16/(rho_16*g) {+
      (u_10_16^2)/(2*g)} + z_16 + h_l_10_16
2081 h_l_10_16 = h_f_10_16 + 2*h_minor_10_16 + 2*h_Tees_10_16 +
      h_contraction_10_16 + h_enlargement_10_16 + h_HE_Bedehus
2082 Call pipeflow('Water'; T_10; P_10; m_dot_10_16; D_10_16; L_10_16;
      RelRough_10_16: h_T_10_16; h_H_10_16; DELTAP_f_10_16; Nusselt_T_10_16;
      f_10_16; Re_10_16)
2083 h_f_10_16=DELTAP_f_10_16/(rho_10*g) "Friksjonstap"
2084 h_minor_10_16=K*((u_10_16^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2085 h_Tees_10_16=1*((u_10_16^2)/(2*g))
2086 h_contraction_10_16=0,38*((u_10_16^2)/(2*g))
2087 h_enlargement_10_16=0,56*((u_10_16^2)/(2*g))
2088 DELTAP_HEBedehus = 0,5*10^5*((m_dot_Bedehus/m_dot_Bedehus_maks)^2)
2089 h_HE_Bedehus = (0,5*10^5)/(rho_10*g)
2090 DELTAP_10_16 = rho_10*g*h_l_10_16
2091
2092 P_16/(rho_16*g) {+ (u_16^2)/(2*g)} + z_16 = P_17/(rho_17*g) {+ (u_17^2)/(2*g
      )} + z_17 + h_l_16_17
2093 h_l_16_17 = h_f_16_17 + h_Tees_16_17 + h_enlargement_16_17
2094 Call pipeflow('Water'; T_16; P_16; m_dot_16_17; D_16_17; L_16_17;
      RelRough_16_17: h_T_16_17; h_H_16_17; DELTAP_f_16_17; Nusselt_T_16_17;
      f_16_17; Re_16_17)
2095 h_f_16_17=DELTAP_f_16_17/(rho_16*g) "Friksjonstap"
2096 h_Tees_16_17=0,35*((u_16^2)/(2*g))
2097 h_enlargement_16_17=0,8*((u_16^2)/(2*g))
2098 DELTAP_16_17 = rho_16*g*h_l_16_17
2099
2100 P_17/(rho_17*g) {+ (u_17^2)/(2*g)} + z_17 = P_17gr/(rho_17gr*g) {+ (u_17gr
      ^2)/(2*g)} + z_17gr + h_l_17_17gr
2101 h_l_17_17gr = h_f_17_17gr + h_Tees_17_17gr + h_enlargement_17_17gr
2102 Call pipeflow('Water'; T_17; P_17; m_dot_17_17gr; D_17_17gr; L_17_17gr;
      RelRough_17_17gr: h_T_17_17gr; h_H_17_17gr; DELTAP_f_17_17gr;
      Nusselt_T_17_17gr; f_17_17gr; Re_17_17gr)
2103 h_f_17_17gr=DELTAP_f_17_17gr/(rho_17*g)
2104 h_Tees_17_17gr=0,35*((u_17^2)/(2*g))
2105 h_enlargement_17_17gr=0,83*((u_17^2)/(2*g))
2106 DELTAP_17_17gr = rho_17*g*h_l_17_17gr
2107
2108 P_17gr/(rho_17gr*g) {+ (u_17gr^2)/(2*g)} + z_17gr = P_18/(rho_18*g) {+ (u_18
      ^2)/(2*g)} + z_18 + h_l_17gr_18
2109 h_l_17gr_18 = h_f_17gr_18 + h_Tees_17gr_18
2110 Call pipeflow('Water'; T_17gr; P_17gr; m_dot_17gr_18; D_17gr_18; L_17gr_18;

```

```

RelRough_17gr_18: h_T_17gr_18; h_H_17gr_18; DELTAP_f_17gr_18;
Nusselt_T_17gr_18; f_17gr_18; Re_17gr_18)
2111 h_f_17gr_18=DELTAP_f_17gr_18/(rho_17gr*g)
2112 h_Tees_17gr_18=0,35*((u_17gr^2)/(2*g))
2113 DELTAP_17gr_18 = rho_17gr*g*h_l_17gr_18
2114
2115 P_8/(rho_8*g) {+ (u_8^2)/(2*g)} + z_8 + h_p_Ide = P_18/(rho_18*g) {+ (u_8_18
^2)/(2*g)} + z_18 + h_l_8_18
2116 h_l_8_18 = h_f_8_18 + 2*h_minor_8_18 + 2*h_Tees_8_18 + h_contraction_8_18 +
h_enlargement_8_18 + h_HE_Ide
2117 Call pipeflow('Water'; T_8; P_8; m_dot_8_18; D_8_18; L_8_18; RelRough_8_18:
h_T_8_18; h_H_8_18; DELTAP_f_8_18; Nusselt_T_8_18; f_8_18; Re_8_18)
2118 h_f_8_18=DELTAP_f_8_18/(rho_8*g) "Friksjonstap"
2119 h_minor_8_18=K*((u_8_18^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2120 h_Tees_8_18=1*((u_8_18^2)/(2*g))
2121 h_contraction_8_18=0,48*((u_8_18^2)/(2*g))
2122 h_enlargement_8_18=0,92*((u_8_18^2)/(2*g))
2123 DELTAP_Ide = 0,5*10^5*((m_dot_H20_Ide/m_dot_H20_Ide_maks)^2)
2124 h_HE_Ide = DELTAP_Ide/(rho_8*g)
2125 DELTAP_8_18 = rho_8*g*h_l_8_18
2126
2127 P_18/(rho_18*g) {+ (u_18^2)/(2*g)} + z_18 = P_18gr/(rho_18gr*g) {+ (u_18gr
^2)/(2*g)} + z_18gr + h_l_18_18gr
2128 h_l_18_18gr=h_f_18_18gr + h_Tees_18_18gr
2129 Call pipeflow('Water'; T_18; P_18; m_dot_18_18gr; D_18_18gr; L_18_18gr;
RelRough_18_18gr: h_T_18_18gr; h_H_18_18gr; DELTAP_f_18_18gr;
Nusselt_T_18_18gr; f_18_18gr; Re_18_18gr)
2130 h_f_18_18gr=DELTAP_f_18_18gr/(rho_18*g) "Friksjonstap"
2131 h_Tees_18_18gr=0,35*((u_18^2)/(2*g))
2132 DELTAP_18_18gr = rho_18*g*h_l_18_18gr
2133
2134 P_18gr/(rho_18gr*g) {+ (u_18gr^2)/(2*g)} + z_18gr = P_19/(rho_19*g) {+ (u_19
^2)/(2*g)} + z_19 + h_l_18gr_19
2135 h_l_18gr_19=h_f_18gr_19 + h_Tees_18gr_19 + h_contraction_18gr_19
2136 Call pipeflow('Water'; T_18gr; P_18gr; m_dot_18gr_19; D_18gr_19; L_18gr_19;
RelRough_18gr_19: h_T_18gr_19; h_H_18gr_19; DELTAP_f_18gr_19;
Nusselt_T_18gr_19; f_18gr_19; Re_18gr_19)
2137 h_f_18gr_19=DELTAP_f_18gr_19/(rho_18gr*g) "Friksjonstap"
2138 h_Tees_18gr_19=0,35*((u_18gr^2)/(2*g))
2139 h_contraction_18gr_19=0,18*((u_18gr^2)/(2*g))
2140 DELTAP_18gr_19 = rho_18gr*g*h_l_18gr_19
2141
2142 P_7/(rho_7*g) {+ (u_7^2)/(2*g)} + z_7 + h_p_GBuen= P_19/(rho_19*g) {+ (u_19
^2)/(2*g)} + z_19 + h_l_7_19

```

```

2143 h_l_7_19 = h_f_7_19 + 2*h_minor_7_19 + 2*h_Tees_7_19 + h_contraction_7_19 +
      h_enlargement_7_19 + h_HE_GBuen
2144 Call pipeflow('Water'; T_7; P_7; m_dot_7_19; D_7_19; L_7_19; RelRough_7_19:
      h_T_7_19; h_H_7_19; DELTAP_f_7_19; Nusselt_T_7_19; f_7_19; Re_7_19)
2145 h_f_7_19=DELTA_f_7_19/(rho_7*g) "Friksjonstap"
2146 h_minor_7_19=K*((u_7_19^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2147 h_Tees_7_19=1*((u_7_19^2)/(2*g))
2148 h_contraction_7_19=0,5*((u_7_19^2)/(2*g))
2149 h_enlargement_7_19=1*((u_7_19^2)/(2*g))
2150 DELTAP_GBuen = 0,5*10^5*((m_dot_H20_GBuen/m_dot_H20_GBuen_maks)^2)
2151 h_HE_GBuen = DELTAP_GBuen/(rho_7*g)
2152 DELTAP_7_19 = rho_7*g*h_l_7_19
2153
2154 P_19/(rho_19*g) {+ (u_19^2)/(2*g)} + z_19 = P_20/(rho_20*g) {+ (u_20^2)/(2*g
      )} + z_20 + h_l_19_20
2155 h_l_19_20=h_f_19_20 + h_Tees_19_20 + h_contraction_19_20
2156 Call pipeflow('Water'; T_19; P_20; m_dot_19_20; D_19_20; L_19_20;
      RelRough_19_20: h_T_19_20; h_H_19_20; DELTAP_f_19_20; Nusselt_T_19_20;
      f_19_20; Re_19_20)
2157 h_f_19_20=DELTA_f_19_20/(rho_19*g) "Friksjonstap"
2158 h_Tees_19_20=0,35*((u_19^2)/(2*g))
2159 h_contraction_19_20=0,18*((u_19^2)/(2*g))
2160 DELTAP_19_20 = rho_19*g*h_l_19_20
2161
2162 P_6/(rho_6*g) {+ (u_6^2)/(2*g)} + z_6 + h_p_Pplass = P_20/(rho_20*g) {+ (
      u_20^2)/(2*g)} + z_20 + h_l_6_20
2163 h_l_6_20 = h_f_6_20 + 2*h_minor_6_20 + 2*h_Tees_6_20 + h_contraction_6_20 +
      h_enlargement_6_20 + h_HE_Pplass
2164 Call pipeflow('Water'; T_6; P_6; m_dot_6_20; D_6_20; L_6_20; RelRough_6_20:
      h_T_6_20; h_H_6_20; DELTAP_f_6_20; Nusselt_T_6_20; f_6_20; Re_6_20)
2165 h_f_6_20=DELTA_f_6_20/(rho_6*g) "Friksjonstap"
2166 h_minor_6_20=K*((u_6_20^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2167 h_Tees_6_20=1*((u_6_20^2)/(2*g))
2168 h_contraction_6_20=0,50*((u_6_20^2)/(2*g))
2169 h_enlargement_6_20=0,92*((u_6_20^2)/(2*g))
2170 DELTAP_Pplass = 0,5*10^5*(m_dot_Pplass/m_dot_Pplass_maks)^2
2171 h_HE_Pplass = DELTAP_Pplass/(rho_6*g)
2172 DELTAP_6_20 = rho_6*g*h_l_6_20
2173
2174 P_20/(rho_20*g) {+ (u_20^2)/(2*g)} + z_20 = P_20gr/(rho_20gr*g) {+ (u_20gr
      ^2)/(2*g)} + z_20gr + h_l_20_20gr
2175 h_l_20_20gr=h_f_20_20gr + h_Tees_20_20gr
2176 Call pipeflow('Water'; T_20; P_20; m_dot_20_20gr; D_20_20gr; L_20_20gr;
      RelRough_20_20gr: h_T_20_20gr; h_H_20_20gr; DELTAP_f_20_20gr;

```



```

Nusselt_T_20_20gr; f_20_20gr; Re_20_20gr)
2177 h_f_20_20gr=DELTA_f_20_20gr/(rho_20*g) "Friksjonstap"
2178 h_Tees_20_20gr=0,35*((u_20^2)/(2*g))
2179 DELTA_20_20gr = rho_20*g*h_l_20_20gr
2180
2181 P_20gr/(rho_20gr*g) {+ (u_20gr^2)/(2*g)} + z_20gr = P_21/(rho_21*g) {+ (u_21
^2)/(2*g)} + z_21 + h_l_20gr_21
2182 h_l_20gr_21=h_f_20gr_21 + h_Tees_20gr_21
2183 Call pipeflow('Water'; T_20gr; P_20gr; m_dot_20gr_21; D_20gr_21; L_20gr_21;
RelRough_20gr_21: h_T_20gr_21; h_H_20gr_21; DELTA_f_20gr_21;
Nusselt_T_20gr_21; f_20gr_21; Re_20gr_21)
2184 h_f_20gr_21=DELTA_f_20gr_21/(rho_20gr*g) "Friksjonstap"
2185 h_Tees_20gr_21=0,35*((u_20gr^2)/(2*g))
2186 DELTA_20gr_21 = rho_20gr*g*h_l_20gr_21
2187
2188 P_5/(rho_5*g) {+ (u_5^2)/(2*g)} + z_5 + h_p_Melhuset = P_21/(rho_21*g) {+ (
u_5_21^2)/(2*g)} + z_21 + h_l_5_21
2189 h_l_5_21 = h_f_5_21 + 2*h_minor_5_21 + 2*h_Tees_5_21 + h_contraction_5_21 +
h_enlargement_5_21 + h_HE_Melhuset
2190 Call pipeflow('Water'; T_5; P_5; m_dot_5_21; D_5_21; L_5_21; RelRough_5_21:
h_T_5_21; h_H_5_21; DELTA_f_5_21; Nusselt_T_5_21; f_5_21; Re_5_21)
2191 h_f_5_21=DELTA_f_5_21/(rho_5*g) "Friksjonstap"
2192 h_minor_5_21=K*((u_5_21^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2193 h_Tees_5_21=1*((u_5_21^2)/(2*g))
2194 h_contraction_5_21=0,48*((u_5_21^2)/(2*g))
2195 h_enlargement_5_21=0,83*((u_5_21^2)/(2*g))
2196 DELTA_HEMelhuset = 0,5*10^5*((m_dot_H2O_Melhuset/m_dot_H2O_Melhuset_maks)
^2)
2197 h_HE_Melhuset = DELTA_HEMelhuset/(rho_5*g)
2198 DELTA_5_21 = rho_5*g*h_l_5_21
2199
2200 P_21/(rho_21*g) {+ (u_21^2)/(2*g)} + z_21 = P_21gr/(rho_21gr*g) {+ (u_21gr
^2)/(2*g)} + z_21gr + h_l_21_21gr
2201 h_l_21_21gr=h_f_21_21gr + h_Tees_21_21gr + h_enlargement_21_21gr
2202 Call pipeflow('Water'; T_21; P_21; m_dot_21_21gr; D_21_21gr; L_21_21gr;
RelRough_21_21gr: h_T_21_21gr; h_H_21_21gr; DELTA_f_21_21gr;
Nusselt_T_21_21gr; f_21_21gr; Re_21_21gr)
2203 h_f_21_21gr=DELTA_f_21_21gr/(rho_21*g) "Friksjonstap"
2204 h_Tees_21_21gr=0,35*((u_21^2)/(2*g))
2205 h_enlargement_21_21gr=0,56*((u_21^2)/(2*g))
2206 DELTA_21_21gr = rho_21*g*h_l_21_21gr
2207
2208 P_21gr/(rho_21gr*g) {+ (u_21gr^2)/(2*g)} + z_21gr = P_22/(rho_22*g) {+ (u_22
^2)/(2*g)} + z_22 + h_l_21gr_22

```

```

2209 h_l_21gr_22=h_f_21gr_22 + h_Tees_21gr_22 + h_contraction_21gr_22
2210 Call pipeflow('Water'; T_21gr; P_21gr; m_dot_21gr_22; D_21gr_22; L_21gr_22;
      RelRough_21gr_22: h_T_21gr_22; h_H_21gr_22; DELTAP_f_21gr_22;
      Nusselt_T_21gr_22; f_21gr_22; Re_21gr_22)
2211 h_f_21gr_22=DELTA_f_21gr_22/(rho_21gr*g) "Friksjonstap"
2212 h_Tees_21gr_22=0,35*((u_21gr^2)/(2*g))
2213 h_contraction_21gr_22=0,38*((u_21gr^2)/(2*g))
2214 DELTAP_21gr_22 = rho_21gr*g*h_l_21gr_22
2215
2216
2217 P_4/(rho_4*g) {+ (u_4^2)/(2*g)} + z_4 + h_p_NBuen = P_22/(rho_22*g) {+ (
      u_4_22^2)/(2*g)} + z_22 + h_l_4_22
2218 h_l_4_22 = h_f_4_22 + 2*h_minor_4_22 + 2*h_Tees_4_22 + h_contraction_4_22 +
      h_enlargement_4_22 + h_HE_NBuen
2219 Call pipeflow('Water'; T_4; P_4; m_dot_4_22; D_4_22; L_4_22; RelRough_4_22:
      h_T_4_22; h_H_4_22; DELTAP_f_4_22; Nusselt_T_4_22; f_4_22; Re_4_22)
2220 h_f_4_22=DELTA_f_4_22/(rho_4*g) "Friksjonstap"
2221 h_minor_4_22=K*((u_4_22^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2222 h_Tees_4_22=1*((u_4_22^2)/(2*g))
2223 h_contraction_4_22=0,46*((u_4_22^2)/(2*g))
2224 h_enlargement_4_22=0,83*((u_4_22^2)/(2*g))
2225 DELTAP_HENBuen = 0,5*10^5*((m_dot_H20_NBuen/m_dot_H20_NBuen_maks)^2)
2226 h_HE_NBuen = DELTAP_HENBuen/(rho_4*g)
2227 DELTAP_4_22 = rho_4*g*h_l_4_22
2228
2229 P_22/(rho_22*g) {+ (u_22^2)/(2*g)} + z_22 = P_23/(rho_23*g) {+ (u_23^2)/(2*g
      )} + z_23 + h_l_22_23
2230 h_l_22_23=h_f_22_23 + h_Tees_22_23
2231 Call pipeflow('Water'; T_22; P_22; m_dot_22_23; D_22_23; L_22_23;
      RelRough_22_23: h_T_22_23; h_H_22_23; DELTAP_f_22_23; Nusselt_T_22_23;
      f_22_23; Re_22_23)
2232 h_f_22_23=DELTA_f_22_23/(rho_22*g) "Friksjonstap"
2233 h_Tees_22_23=0,35*((u_22^2)/(2*g))
2234 DELTAP_22_23 = rho_22*g*h_l_22_23
2235
2236 P_3/(rho_3*g) {+ (u_3^2)/(2*g)} + z_3 + h_p_Melhurstorget= P_23/(rho_23*g) {+
      (u_23^2)/(2*g)} + z_23 + h_l_3_23
2237 h_l_3_23 = h_f_3_23 + 2*h_minor_3_23 + 2*h_Tees_3_23 + h_contraction_3_23 +
      h_enlargement_3_23 + h_HE_Melhurstorget
2238 Call pipeflow('Water'; T_3; P_3; m_dot_3_23; D_3_23; L_3_23; RelRough_3_23:
      h_T_3_23; h_H_3_23; DELTAP_f_3_23; Nusselt_T_3_23; f_3_23; Re_3_23)
2239 h_f_3_23=DELTA_f_3_23/(rho_3*g) "Friksjonstap"
2240 h_minor_3_23=K*((u_3_23^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2241 h_Tees_3_23=1*((u_3_23^2)/(2*g))

```

```

2242 h_contraction_3_23=0,46*((u_3_23^2)/(2*g))
2243 h_enlargement_3_23=0,83*((u_3_23^2)/(2*g))
2244 DELTAP_HEMelhustorget = 0,5*10^5*((m_dot_Melhustorget/
      m_dot_Melhustorget_maks)^2)
2245 h_HE_Melhustorget = DELTAP_HEMelhustorget/(rho_3*g)
2246 DELTAP_3_23 = rho_3*g*h_l_3_23
2247
2248 P_23/(rho_23*g) {+ (u_23^2)/(2*g)} + z_23 = P_24/(rho_24*g) {+ (u_24^2)/(2*g
      )} + z_24 + h_l_23_24
2249 h_l_23_24=h_f_23_24 + h_Tees_23_24
2250 Call pipeflow('Water'; T_23; P_24; m_dot_23_24; D_23_24; L_23_24;
      RelRough_23_24: h_T_23_24; h_H_23_24; DELTAP_f_23_24; Nusselt_T_23_24;
      f_23_24; Re_23_24)
2251 h_f_23_24=DELTAf_23_24/(rho_23*g) "Friksjonstap"
2252 h_Tees_23_24=0,35*((u_23^2)/(2*g))
2253 DELTAP_23_24 = rho_23*g*h_l_23_24
2254
2255 P_24/(rho_24*g) {+ (u_24^2)/(2*g)} + z_24 = P_24gr/(rho_24gr*g){+ (u_24^2)
      /(2*g)} + z_24gr + h_l_24_24gr
2256 h_l_24_24gr=h_f_24_24gr + h_Tees_24_24gr
2257 Call pipeflow('Water'; T_24; P_24; m_dot_24_24gr; D_24_24gr; L_24_24gr;
      RelRough_24_24gr: h_T_24_24gr; h_H_24_24gr; DELTAP_f_24_24gr;
      Nusselt_T_24_24gr; f_24_24gr; Re_24_24gr)
2258 h_f_24_24gr=DELTAf_24_24gr/(rho_24*g) "Friksjonstap"
2259 h_Tees_24_24gr=0,35*((u_24^2)/(2*g))
2260 DELTAP_24_24gr = rho_24*g*h_l_24_24gr
2261
2262 P_24gr/(rho_24gr*g) {+ (u_24gr^2)/(2*g)} + z_24gr = P_25/(rho_25*g) {+ (u_25
      ^2)/(2*g)} + z_25 + h_l_24gr_25
2263 h_l_24gr_25=h_f_24gr_25 + h_Tees_24gr_25
2264 Call pipeflow('Water'; T_24gr; P_24gr; m_dot_24gr_25; D_24gr_25; L_24gr_25;
      RelRough_24gr_25: h_T_24gr_25; h_H_24gr_25; DELTAP_f_24gr_25;
      Nusselt_T_24gr_25; f_24gr_25; Re_24gr_25)
2265 h_f_24gr_25=DELTAf_24gr_25/(rho_24gr*g) "Friksjonstap"
2266 h_Tees_24gr_25=0,35*((u_24gr^2)/(2*g))
2267 DELTAP_24gr_25 = rho_24gr*g*h_l_24gr_25
2268
2269 P_25/(rho_25*g) {+ (u_25^2)/(2*g)} + z_25 = P_25gr/(rho_25gr*g) {+ (u_25gr
      ^2)/(2*g)} + z_25gr + h_l_25_25gr
2270 h_l_25_25gr=h_f_25_25gr + h_Tees_25_25gr
2271 Call pipeflow('Water'; T_25; P_25; m_dot_25_25gr; D_25_25gr; L_25_25gr;
      RelRough_25_25gr: h_T_25_25gr; h_H_25_25gr; DELTAP_f_25_25gr;
      Nusselt_T_25_25gr; f_25_25gr; Re_25_25gr)
2272 h_f_25_25gr=DELTAf_25_25gr/(rho_25*g) "Friksjonstap"

```

```

2273 h_Tees_25_25gr=0,35*((u_25^2)/(2*g))
2274 DELTAP_25_25gr = rho_25*g*h_l_25_25gr
2275
2276 P_25gr/(rho_25gr*g) {+ (u_25gr^2)/(2*g)} + z_25gr {+ h_p_grR dhus1} = P_26
    /(rho_26*g) {+ (u_26^2)/(2*g)} + z_26 + h_l_25gr_26
2277 h_l_25gr_26 = h_f_25gr_26 + 2*h_minor_25gr_26 + h_Tees_25gr_26 +
    h_contraction_25gr_26 + h_HER dhuset1
2278 Call pipeflow('Water'; T_25gr; P_25gr; m_dot_HER dhuset1; D_25gr_26;
    L_25gr_26; RelRough_25gr_26: h_T_25gr_26; h_H_25gr_26; DELTAP_f_25gr_26;
    Nusselt_T_25gr_26; f_25gr_26; Re_25gr_26)
2279 h_f_25gr_26=DELTAP_f_25gr_26/(rho_25gr*g) "Friksjonstap"
2280 h_minor_25gr_26=K*((u_26^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2281 h_Tees_25gr_26=0,35*((u_26^2)/(2*g))
2282 h_contraction_25gr_26=0,18*((u_26^2)/(2*g))
2283 DELTAP_HER dhuset1 = 0,5*10^5*((m_dot_HER dhuset1/m_dot_HER dhuset1_maks)
    ^2)
2284 h_HER dhuset1 = DELTAP_HER dhuset1/(rho_25gr*g)
2285 DELTAP_25gr_26 = rho_26*g*h_l_25gr_26
2286
2287 P_25gr/(rho_25gr*g) {+ (u_25gr^2)/(2*g)} + z_25gr + h_p_grR dhus2= P_26gr/(
    rho_26gr*g) {+ (u_26gr^2)/(2*g)} + z_26gr + h_l_25gr_26gr
2288 h_l_25gr_26gr=h_f_25gr_26gr + 2*h_minor_25gr_26gr + 2*h_Tees_25gr_26gr +
    h_contraction_25gr_26gr + h_HER dhuset2
2289 Call pipeflow('Water'; T_25gr; P_25gr; m_dot_HER dhuset2; D_25gr_26gr;
    L_25gr_26gr; RelRough_25gr_26gr: h_T_25gr_26gr; h_H_25gr_26gr;
    DELTAP_f_25gr_26gr; Nusselt_T_25gr_26gr; f_25gr_26gr; Re_25gr_26gr)
2290 h_f_25gr_26gr=DELTAP_f_25gr_26gr/(rho_25gr*g) "Friksjonstap"
2291 h_minor_25gr_26gr=K*((u_grR dhuset2^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders
    vinkel"
2292 h_Tees_25gr_26gr=1*((u_grR dhuset2^2)/(2*g))
2293 h_contraction_25gr_26gr=0,18*((u_grR dhuset2^2)/(2*g))
2294 DELTAP_HER dhuset2 = 0,5*10^5*((m_dot_HER dhuset2/m_dot_HER dhuset2_maks)
    ^2)
2295 h_HER dhuset2 = DELTAP_HER dhuset2/(rho_25gr*g)
2296 DELTAP_25gr_26gr = rho_25gr*g*h_l_25gr_26gr
2297
2298 P_26/(rho_26*g) {+ (u_26^2)/(2*g)} + z_26 = P_26gr/(rho_26gr*g) {+ (u_26gr
    ^2)/(2*g)} + z_26gr + h_l_26_26gr
2299 h_l_26_26gr=h_f_26_26gr
2300 Call pipeflow('Water'; T_26; P_26; m_dot_26_26gr; D_26_26gr; L_26_26gr;
    RelRough_26_26gr: h_T_26_26gr; h_H_26_26gr; DELTAP_f_26_26gr;
    Nusselt_T_26_26gr; f_26_26gr; Re_26_26gr)
2301 h_f_26_26gr=DELTAP_f_26_26gr/(rho_26*g) "Friksjonstap"
2302 DELTAP_26_26gr = rho_26*g*h_l_26_26gr

```

```

2303
2304 P_26gr/(rho_26gr*g) {+ (u_26gr^2)/(2*g)} + z_26gr + h_p_sirk = P_1/(rho_1*g)
      {+ (u_1^2)/(2*g)} + z_1 + h_l_26gr_1
2305 h_l_26gr_1=h_f_26gr_1 + h_Tees_26gr_1 + h_enlargement_26gr_1
2306 Call pipeflow('Water'; T_26gr; P_26gr; m_dot_26gr_1; D_26gr_1; L_26gr_1;
      RelRough_26gr_1: h_T_26gr_1; h_H_26gr_1; DELTAP_f_26gr_1;
      Nusselt_T_26gr_1; f_26gr_1; Re_26gr_1)
2307 h_f_26gr_1=DELTAP_f_26gr_1/(rho_26gr*g) "Friksjonstap"
2308 h_Tees_26gr_1=0,35*((u_1^2)/(2*g))
2309 h_enlargement_26gr_1=0,13*((u_1^2)/(2*g))
2310 DELTAP_26gr_1 = rho_26gr*g*h_l_26gr_1
2311
2312 "Mindre krets 1"
2313 "R dhuset , Vestre tomt ved Melhustorget og Oterholmg rden"
2314
2315 P_1/(rho_1*g) {+ (u_1^2)/(2*g)} + z_1 {+ h_p_kretsA} = P_A1/(rho_A1*g) {+ (
      u_A1^2)/(2*g)} + z_A1 + h_l_1_A1
2316 h_l_1_A1=h_f_1_A1 + h_Tees_1_A1 + h_contraction_1_A1
2317 Call pipeflow('Water'; T_1; P_1; m_dot_1_A1; D_1_A1; L_1_A1; RelRough_1_A1:
      h_T_1_A1; h_H_1_A1; DELTAP_f_1_A1; Nusselt_T_1_A1; f_1_A1; Re_1_A1)
2318 h_f_1_A1=DELTAP_f_1_A1/(rho_1*g) "Friksjonstap"
2319 h_Tees_1_A1=1*((u_A1^2)/(2*g))
2320 h_contraction_1_A1=0,42*((u_A1^2)/(2*g))
2321 DELTAP_1_A1 = rho_1*g*h_l_1_A1
2322
2323 P_A1/(rho_A1*g) {+ (u_A1^2)/(2*g)} + z_A1 = P_A2/(rho_A2*g) {+ (u_A2^2)/(2*g
      )} + z_A2 + h_l_A1_A2
2324 h_l_A1_A2=h_f_A1_A2 + h_Tees_A1_A2
2325 Call pipeflow('Water'; T_A1; P_A1; m_dot_A1_A2; D_A1_A2; L_A1_A2;
      RelRough_A1_A2: h_T_A1_A2; h_H_A1_A2; DELTAP_f_A1_A2; Nusselt_T_A1_A2;
      f_A1_A2; Re_A1_A2)
2326 h_f_A1_A2=DELTAP_f_A1_A2/(rho_A1*g) "Friksjonstap"
2327 h_Tees_A1_A2=0,35*((u_A2^2)/(2*g))
2328 DELTAP_A1_A2 = rho_A1*g*h_l_A1_A2
2329
2330
2331 P_A1/(rho_A1*g) {+ (u_A1^2)/(2*g)} + z_A1 + h_p_R dhus = P_A4/(rho_A4*g) {+
      (u_A4^2)/(2*g)} + z_A4 + h_l_R dhus
2332 h_l_R dhus = h_f_R dhus + 2*h_minor_R dhus + 2*h_Tees_A1_R dhus +
      h_contraction_R dhus + h_HE_R dhus
2333 Call pipeflow('Water'; T_A1; P_A1; m_dot_R dhus; D_R dhus; L_R dhus;
      RelRough_R dhus: h_T_R dhus; h_H_R dhus; DELTAP_f_R dhus;
      Nusselt_T_R dhus; f_R dhus; Re_R dhus)
2334 h_f_R dhus=DELTAP_f_R dhus/(rho_A1*g) "Friksjonstap"

```

```

2335 h_minor_R dhus=K*((u_R dhus^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2336 h_Tees_A1_R dhus = 1*((u_R dhus^2)/(2*g))
2337 h_contraction_R dhus=0,42*((u_R dhus^2)/(2*g))
2338 DELTAP_HER dhus = 0,5*10^5*((m_dot_R dhus/m_dot_R dhus_maks)^2)
2339 h_HE_R dhus = DELTAP_HER dhus/(rho_A1*g)
2340 DELTAP_R dhus = rho_A2*g*h_l_R dhus
2341
2342 h_p_R dhus - h_l_R dhus = h_p_Oterholm - h_l_Oterholm + h_p_Vestre -
      h_l_Vestre - h_l_A1_A2 - h_l_A3_A4
2343
2344 P_A2/(rho_A2*g) {+ (u_A2^2)/(2*g)} + z_A2 + h_p_Oterholm = P_A3_Oterholm/(
      rho_A3_Oterholm*g) {+ (u_Oterholm^2)/(2*g)} + z_A3 + h_l_Oterholm
2345 h_l_Oterholm = h_f_Oterholm + 2*h_minor_Oterholm + 2*h_Tees_A2_Oterholm +
      h_contraction_A2_Oterholm + h_HE_Oterholm
2346 Call pipeflow('Water'; T_A2; P_A2; m_dot_H2O_Oterholm; D_Oterholm;
      L_Oterholm; RelRough_Oterholm: h_T_Oterholm; h_H_Oterholm;
      DELTAP_f_Oterholm; Nusselt_T_Oterholm; f_Oterholm; Re_Oterholm)
2347 h_f_Oterholm=DELTA_f_Oterholm/(rho_A2*g) "Friksjonstap"
2348 h_minor_Oterholm=K*((u_Oterholm^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2349 h_Tees_A2_Oterholm = 0,35*((u_Oterholm^2)/(2*g))
2350 h_contraction_A2_Oterholm=0,13*((u_Oterholm^2)/(2*g))
2351 DELTAP_HEOterholm = 0,5*10^5*((m_dot_H2O_Oterholm/m_dot_H2O_Oterholm_maks)
      ^2)
2352 h_HE_Oterholm = DELTAP_HEOterholm/(rho_A2*g)
2353 DELTAP_Oterholm = rho_A2*g*h_l_Oterholm
2354
2355 P_A3_Oterholm = P_A3_Vestre
2356
2357 P_A2/(rho_A2*g) {+ (u_A2^2)/(2*g)} + z_A2 + h_p_Vestre = P_A3_Vestre/(
      rho_A3_Vestre*g) {+ (u_Vestre^2)/(2*g)} + z_A3 + h_l_Vestre
2358 h_l_Vestre = h_f_Vestre + 2*h_minor_Vestre + 2*h_Tees_A2_Vestre +
      h_contraction_A2_Vestre + h_enlargement_A2_Vestre + h_HE_Vestre
2359 Call pipeflow('Water'; T_A2; P_A2; m_dot_Vestre; D_Vestre; L_Vestre;
      RelRough_Vestre: h_T_Vestre; h_H_Vestre; DELTAP_f_Vestre;
      Nusselt_T_Vestre; f_Vestre; Re_Vestre)
2360 h_f_Vestre=DELTA_f_Vestre/(rho_A2*g) "Friksjonstap"
2361 h_minor_Vestre=K*((u_Vestre^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2362 h_Tees_A2_Vestre = 1*((u_Vestre^2)/(2*g))
2363 h_contraction_A2_Vestre=0,42*((u_Vestre^2)/(2*g))
2364 h_enlargement_A2_Vestre=0,56*((u_Vestre^2)/(2*g))
2365 DELTAP_HEVestre = 0,5*10^5*((m_dot_Vestre/m_dot_Vestre_maks)^2)
2366 h_HE_Vestre = DELTAP_HEVestre/(rho_A2*g)
2367 DELTAP_Vestre = rho_A2*g*h_l_Vestre
2368

```

```

2369
2370 P_A3_Vestre/(rho_A3_Vestre*g) {+ (u_A3^2)/(2*g)} + z_A3 = P_A4/(rho_A4*g) {+
      (u_A4^2)/(2*g)} + z_A4 + h_l_A3_A4
2371 h_l_A3_A4=h_f_A3_A4
2372 Call pipeflow('Water'; T_A3; P_A3_Vestre; m_dot_A3_A4; D_A3_A4; L_A3_A4;
      RelRough_A3_A4: h_T_A3_A4; h_H_A3_A4; DELTAP_f_A3_A4; Nusselt_T_A3_A4;
      f_A3_A4; Re_A3_A4)
2373 h_f_A3_A4=DELTAP_f_A3_A4/(rho_A3_Vestre*g) "Friksjonstap"
2374 DELTAP_A3_A4 = rho_A3_Vestre*g*h_l_A3_A4
2375
2376
2377 P_A4/(rho_A4*g) {+ (u_A4^2)/(2*g)} + z_A4 = P_25/(rho_25*g) {+ (u_25_A4^2)
      /(2*g)} + z_25 + h_l_A4_25
2378 h_l_A4_25=h_f_A4_25 + h_Tees_A4_25 + h_enlargement_A4_25 "Headloss"
2379 Call pipeflow('Water'; T_A4; P_A4; m_dot_A4_25; D_A4_25; L_A4_25;
      RelRough_A4_25: h_T_A4_25; h_H_A4_25; DELTAP_f_A4_25; Nusselt_T_A4_25;
      f_A4_25; Re_A4_25)
2380 h_f_A4_25=DELTAP_f_A4_25/(rho_A4*g) "Friksjonstap"
2381 h_Tees_A4_25 = 1*((u_25_A4^2)/(2*g))
2382 h_enlargement_A4_25=0,13*((u_25_A4^2)/(2*g))
2383 DELTAP_A4_25 = rho_A4*g*h_l_A4_25
2384
2385 "Mindre krets 2"
2386 "R dhusveien og Lena Terrasse"
2387
2388 P_2/(rho_2*g) {+ (u_2^2)/(2*g)} + z_2 {+ h_p_kretsB} = P_B1/(rho_B1*g) {+ (
      u_B1^2)/(2*g)} + z_B1 + h_l_2_B1
2389 h_l_2_B1=h_f_2_B1 + h_Tees_2_B1 + h_contraction_2_B1
2390 Call pipeflow('Water'; T_2; P_2; m_dot_2_B1; D_2_B1; L_2_B1; RelRough_2_B1:
      h_T_2_B1; h_H_2_B1; DELTAP_f_2_B1; Nusselt_T_2_B1; f_2_B1; Re_2_B1)
2391 h_f_2_B1=DELTAP_f_2_B1/(rho_2*g) "Friksjonstap"
2392 h_Tees_2_B1 = 1*((u_B1^2)/(2*g))
2393 h_contraction_2_B1=0,32*((u_B1^2)/(2*g))
2394 DELTAP_2_B1 = rho_2*g*h_l_2_B1
2395
2396
2397 P_B1/(rho_B1*g) {+ (u_B1^2)/(2*g) }+ z_B1 + h_p_R dhusv = P_B2_R dhusv/(
      rho_B2_R dhusv*g) {+ (u_B2^2)/(2*g)} + z_B2 + h_l_R dhusv
2398 h_l_R dhusv = h_f_R dhusv + 2*h_minor_R dhusv + 2*h_Tees_R dhusv +
      h_contraction_R dhusv + h_enlargement_R dhusv + h_HE_R dhusv
2399 Call pipeflow('Water'; T_B1; P_B1; m_dot_R dhusv; D_R dhusv; L_R dhusv;
      RelRough_R dhusv: h_T_R dhusv; h_H_R dhusv; DELTAP_f_R dhusv;
      Nusselt_T_R dhusv; f_R dhusv; Re_R dhusv)
2400 h_f_R dhusv=DELTAP_f_R dhusv/(rho_B1*g) "Friksjonstap"

```

```

2401 h_minor_R dhusv=K*((u_R dhusv^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2402 h_Tees_R dhusv = 1*((u_R dhusv^2)/(2*g))
2403 h_contraction_R dhusv=0,46*((u_R dhusv^2)/(2*g))
2404 h_enlargement_R dhusv=0,83*((u_R dhusv^2)/(2*g))
2405 DELTAP_HER dhusv = 0,5*10^5*((m_dot_R dhusv/m_dot_R dhusv_maks)^2)
2406 h_HE_R dhusv = DELTAP_HER dhusv/(rho_B1*g)
2407 DELTAP_R dhusv = rho_B1*g*h_l_R dhusv
2408
2409 P_B2_R dhusv = P_B2_LenaT
2410
2411 P_B1/(rho_B1*g) {+ (u_B1^2)/(2*g)} + z_B1 + h_p_LenaT = P_B2_LenaT/(
      rho_B2_LenaT*g) {+ (u_B2^2)/(2*g)} + z_B2 + h_l_LenaT
2412 h_l_LenaT = h_f_LenaT + 4*h_minor_LenaT + 2*h_Tees_LenaT +
      h_contraction_LenaT + h_enlargement_LenaT + h_HE_LenaT
2413 Call pipeflow('Water'; T_B1; P_B1; m_dot_H20_LenaT; D_LenaT; L_LenaT;
      RelRough_LenaT: h_T_LenaT; h_H_LenaT; DELTAP_f_LenaT; Nusselt_T_LenaT;
      f_LenaT; Re_LenaT)
2414 h_f_LenaT=DELTAf_LenaT/(rho_B1*g) "Friksjonstap"
2415 h_minor_LenaT=K*((u_LenaT^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2416 h_Tees_LenaT = 1*((u_LenaT^2)/(2*g))
2417 h_contraction_LenaT=0,18*((u_LenaT^2)/(2*g))
2418 h_enlargement_LenaT=0,13*((u_LenaT^2)/(2*g))
2419 DELTAP_HELenaT = 0,5*10^5*((m_dot_H20_LenaT/m_dot_H20_LenaT_maks)^2)
2420 h_HE_LenaT = DELTAP_HELenaT/(rho_B1*g)
2421 DELTAP_LenaT = rho_B1*g*h_l_LenaT
2422
2423 P_B2_R dhusv/(rho_B2_R dhusv*g) {+ (u_B2^2)/(2*g)} + z_B2 = P_24/(rho_24*g
      ) {+ (u_24^2)/(2*g)} + z_24 + h_l_B2_24
2424 h_l_B2_24=h_f_B2_24 + h_Tees_B2_24 + h_enlargement_B2_24
2425 Call pipeflow('Water'; T_B2; P_B2_R dhusv; m_dot_B2_24; D_B2_24; L_B2_24;
      RelRough_B2_24: h_T_B2_24; h_H_B2_24; DELTAP_f_B2_24; Nusselt_T_B2_24;
      f_B2_24; Re_B2_24)
2426 h_f_B2_24=DELTAf_B2_24/(rho_B2_R dhusv*g) "Friksjonstap"
2427 h_Tees_B2_24=1*((u_24_B2^2)/(2*g))
2428 h_enlargement_B2_24=0,56*((u_24_B2^2)/(2*g))
2429 DELTAP_B2_24 = rho_B2_R dhusv*g*h_l_B2_24
2430
2431 "Mindre krets 3"
2432 "P-plass S r , H vdingen , Bensinstasjon og Melhustunet"
2433
2434 P_9/(rho_9*g) {+ (u_9^2)/(2*g)} + z_9 = P_C1/(rho_C1*g) {+ (u_C1^2)/(2*g)} +
      z_C1 + h_l_9_C1
2435 h_l_9_C1=h_f_9_C1 + h_Tees_9_C1 + h_contraction_9_C1
2436 Call pipeflow('Water'; T_9; P_9; m_dot_9_C1; D_9_C1; L_9_C1; RelRough_9_C1:

```



```

    h_T_9_C1; h_H_9_C1; DELTAP_f_9_C1; Nusselt_T_9_C1; f_9_C1; Re_9_C1)
2437 h_f_9_C1=DELTAP_f_9_C1/(rho_9*g) "Friksjonstap"
2438 h_Tees_9_C1=1*((u_C1^2)/(2*g))
2439 h_contraction_9_C1=0*((u_C1^2)/(2*g))
2440 DELTAP_9_C1 = rho_9*g*h_l_9_C1
2441
2442 P_C1/(rho_C1*g) {+ (u_C1^2)/(2*g)} + z_C1 = P_C2/(rho_C2*g) {+ (u_C2^2)/(2*g
    )} + z_C2 + h_l_C1_C2
2443 h_l_C1_C2=h_f_C1_C2 + h_Tees_C1_C2
2444 Call pipeflow('Water'; T_C1; P_C1; m_dot_C1_C2; D_C1_C2; L_C1_C2;
    RelRough_C1_C2: h_T_C1_C2; h_H_C1_C2; DELTAP_f_C1_C2; Nusselt_T_C1_C2;
    f_C1_C2; Re_C1_C2)
2445 h_f_C1_C2=DELTAP_f_C1_C2/(rho_C1*g) "Friksjonstap"
2446 h_Tees_C1_C2=0,35*((u_C2^2)/(2*g))
2447 DELTAP_C1_C2 = rho_C1*g*h_l_C1_C2
2448
2449 P_C1/(rho_C1*g) {+ (u_C1^2)/(2*g)} + z_C1 + h_p_S r = P_C10/(rho_C10*g) {+
    (u_C10^2)/(2*g)} + z_C10 + h_l_S r
2450 h_l_S r = h_f_S r + 2*h_minor_S r + 2*h_Tees_S r + h_contraction_S r +
    h_enlargement_S r + h_HE_S r
2451 Call pipeflow('Water'; T_C1; P_C1; m_dot_S r; D_S r; L_S r; RelRough_S r
    : h_T_S r; h_H_S r; DELTAP_f_S r; Nusselt_T_S r; f_S r; Re_S r)
2452 h_f_S r=DELTAP_f_S r/(rho_C1*g) "Friksjonstap"
2453 h_minor_S r=K*((u_S r^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2454 h_Tees_S r=1*((u_S r^2)/(2*g))
2455 h_contraction_S r=0,5*((u_S r^2)/(2*g))
2456 h_enlargement_S r=0,92*((u_S r^2)/(2*g))
2457 DELTAP_HES r = 0,5*10^5*((m_dot_S r/m_dot_S r_maks)^2)
2458 h_HE_S r = DELTAP_HES r/(rho_C1*g)
2459 DELTAP_S r = rho_C1*g*h_l_S r
2460
2461 P_C2/(rho_C2*g) {+ (u_C2^2)/(2*g)} + z_C2 = P_C3/(rho_C3*g) {+ (u_C3^2)/(2*g
    )} + z_C3 + h_l_C2_C3
2462 h_l_C2_C3=h_f_C2_C3 + h_Tees_C2_C3
2463 Call pipeflow('Water'; T_C2; P_C2; m_dot_C2_C3; D_C2_C3; L_C2_C3;
    RelRough_C2_C3: h_T_C2_C3; h_H_C2_C3; DELTAP_f_C2_C3; Nusselt_T_C2_C3;
    f_C2_C3; Re_C2_C3)
2464 h_f_C2_C3=DELTAP_f_C2_C3/(rho_C2*g) "Friksjonstap"
2465 h_Tees_C2_C3=0,35*((u_C3^2)/(2*g))
2466 DELTAP_C2_C3 = rho_C2*g*h_l_C2_C3
2467
2468 P_C2/(rho_C2*g) {+ (u_C2^2)/(2*g)} + z_C2 + h_p_H vdingen = P_C9/(rho_C9*g)
    {+ (u_C9^2)/(2*g)} + z_C9 + h_l_H vdingen
2469 h_l_H vdingen = h_f_H vdingen + 2*h_minor_H vdingen + 2*h_Tees_H vdingen

```

```

+ h_contraction_H vdingen + h_enlargement_H vdingen + h_HE_H vdingen
2470 Call pipeflow('Water'; T_C2; P_C2; m_dot_H2O_H vdingen; D_H vdingen;
      L_H vdingen; RelRough_H vdingen: h_T_H vdingen; h_H_H vdingen;
      DELTAP_f_H vdingen; Nusselt_T_H vdingen; f_H vdingen; Re_H vdingen)
2471 h_f_H vdingen=DELTA_f_H vdingen/(rho_C2*g) "Friksjonstap"
2472 h_minor_H vdingen=K*((u_H vdingen^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2473 h_Tees_H vdingen=1*((u_H vdingen^2)/(2*g))
2474 h_contraction_H vdingen=0,48*((u_H vdingen^2)/(2*g))
2475 h_enlargement_H vdingen=0,83*((u_H vdingen^2)/(2*g))
2476 DELTAP_HEH vdingen = 0,5*10^5*((m_dot_H2O_H vdingen/
      m_dot_H2O_H vdingen_maks)^2)
2477 h_HE_H vdingen = DELTAP_HEH vdingen/(rho_C2*g)
2478 DELTAP_H vdingen = rho_C2*g*h_l_H vdingen
2479
2480 P_C3/(rho_C3*g) {+ (u_C3^2)/(2*g)} + z_C3 = P_C4/(rho_C4*g) {+ (u_C4^2)/(2*g
      )} + z_C4 + h_l_C3_C4
2481 h_l_C3_C4=h_f_C3_C4 + h_Tees_C3_C4 + h_contraction_C3_C4
2482 Call pipeflow('Water'; T_C3; P_C3; m_dot_C3_C4; D_C3_C4; L_C3_C4;
      RelRough_C3_C4: h_T_C3_C4; h_H_C3_C4; DELTAP_f_C3_C4; Nusselt_T_C3_C4;
      f_C3_C4; Re_C3_C4)
2483 h_f_C3_C4=DELTA_f_C3_C4/(rho_C3*g) "Friksjonstap"
2484 h_Tees_C3_C4=0,1*((u_C4^2)/(2*g))
2485 h_contraction_C3_C4=0,5*((u_C4^2)/(2*g))
2486 DELTAP_C3_C4 = rho_C3*g*h_l_C3_C4
2487
2488 P_C3/(rho_C3*g) {+ (u_C3^2)/(2*g)} + z_C3 + h_p_Bensins = P_C8/(rho_C8*g) {+
      (u_C8^2)/(2*g)} + z_C8 + h_l_Bensins
2489 h_l_Bensins = h_f_Bensins + 2*h_minor_Bensins + 2*h_Tees_Bensins +
      h_contraction_Bensins + h_enlargement_Bensins + h_HE_Bensins
2490 Call pipeflow('Water'; T_C3; P_C3; m_dot_Bensinstasjon; D_Bensins; L_Bensins
      ; RelRough_Bensins: h_T_Bensins; h_H_Bensins; DELTAP_f_Bensins;
      Nusselt_T_Bensins; f_Bensins; Re_Bensins)
2491 h_f_Bensins=DELTA_f_Bensins/(rho_C3*g) "Friksjonstap"
2492 h_minor_Bensins=K*((u_Bensins^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2493 h_Tees_Bensins=1*((u_Bensins^2)/(2*g))
2494 h_contraction_Bensins=0,46*((u_Bensins^2)/(2*g))
2495 h_enlargement_Bensins=0,83*((u_Bensins^2)/(2*g))
2496 DELTAP_HEBensins = 0,5*10^5*((m_dot_Bensinstasjon/m_dot_Bensinstasjon_maks)
      ^2)
2497 h_HE_Bensins = DELTAP_HEBensins/(rho_C3*g)
2498 DELTAP_Bensins = rho_C3*g*h_l_Bensins
2499
2500 P_C4/(rho_C4*g) {+ (u_C4^2)/(2*g)} + z_C4 + h_p_SkysNord = P_C7/(rho_C7*g)
      {+ (u_C7^2)/(2*g)} + z_C7 + h_l_SkysNord

```

```

2501 h_l_SkysNord = h_f_SkysNord + 2*h_minor_SkysNord + 2*h_Tees_SkysNord +
      h_contraction_SkysNord + h_enlargement_SkysNord + h_HE_SkysNord
2502 Call pipeflow('Water'; T_C4; P_C4; m_dot_SkysNord; D_SkysNord; L_SkysNord;
      RelRough_SkysNord: h_T_SkysNord; h_H_SkysNord; DELTAP_f_SkysNord;
      Nusselt_T_SkysNord; f_SkysNord; Re_SkysNord)
2503 h_f_SkysNord=DELTA P_f_SkysNord/(rho_C4*g) "Friksjonstap"
2504 h_minor_SkysNord=K*((u_SkysNord^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2505 h_Tees_SkysNord=1*((u_SkysNord^2)/(2*g))
2506 h_contraction_SkysNord=0,546*((u_SkysNord^2)/(2*g))
2507 h_enlargement_SkysNord=0,83*((u_SkysNord^2)/(2*g))
2508 DELTAP_HESkysNord=0,5*10^5*((m_dot_SkysNord/m_dot_SkysNord_maks)^2)
2509 h_HE_SkysNord = DELTAP_HESkysNord/(rho_C4*g)
2510 DELTAP_SkysNord = rho_C4*g*h_l_SkysNord
2511
2512 P_C4/(rho_C4*g) {+ (u_C4^2)/(2*g)} + z_C4 = P_C5/(rho_C5*g) {+ (u_C5^2)/(2*g
      )} + z_C5 + h_l_C4_C5
2513 h_l_C4_C5=h_f_C4_C5 + h_Tees_C4_C5 + h_contraction_C4_C5
2514 Call pipeflow('Water'; T_C4; P_C4; m_dot_C4_C5; D_C4_C5; L_C4_C5;
      RelRough_C4_C5: h_T_C4_C5; h_H_C4_C5; DELTAP_f_C4_C5; Nusselt_T_C4_C5;
      f_C4_C5; Re_C4_C5)
2515 h_f_C4_C5=DELTA P_f_C4_C5/(rho_C4*g) "Friksjonstap"
2516 h_Tees_C4_C5=0,35*((u_C5^2)/(2*g))
2517 h_contraction_C4_C5=0,1*((u_C5^2)/(2*g))
2518 DELTAP_C4_C5 = rho_C4*g*h_l_C4_C5
2519
2520 P_C5/(rho_C5*g) {+ (u_C5^2)/(2*g)} + z_C5 + h_p_MelhusT = P_C6_MelhusT/(
      rho_C6_MelhusT*g) {+ (u_MelhusT^2)/(2*g)} + z_C6 + h_l_MelhusT
2521 h_l_MelhusT = h_f_MelhusT + 2*h_minor_MelhusT + 2*h_Tees_MelhusT +
      h_contraction_MelhusT + h_enlargement_MelhusT+ h_HE_MelhusT
2522 Call pipeflow('Water'; T_C5; P_C5; m_dot_MelhusTunet; D_MelhusT; L_MelhusT;
      RelRough_MelhusT: h_T_MelhusT; h_H_MelhusT; DELTAP_f_MelhusT;
      Nusselt_T_MelhusT; f_MelhusT; Re_MelhusT)
2523 h_f_MelhusT=DELTA P_f_MelhusT/(rho_C5*g) "Friksjonstap"
2524 h_minor_MelhusT=K*((u_MelhusT^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2525 h_Tees_MelhusT=0,35*((u_MelhusT^2)/(2*g))
2526 h_contraction_MelhusT=0,26*((u_MelhusT^2)/(2*g))
2527 h_enlargement_MelhusT=0,26*((u_MelhusT^2)/(2*g))
2528 DELTAP_HEMelhusT = 0,5*10^5*((m_dot_MelhusTunet/m_dot_MelhusTunet_maks)^2)
2529 h_HE_MelhusT = DELTAP_HEMelhusT/(rho_C5*g)
2530 DELTAP_MelhusT = rho_C5*g*h_l_MelhusT
2531
2532 P_C5/(rho_C5*g) {+ (u_C5^2)/(2*g)} + z_C5 + h_p_SkysS r = P_C6_SkysS r/(
      rho_C6_SkysS r*g) {+ (u_SkysS r^2)/(2*g)} + z_C6 + h_l_SkysS r
2533 h_l_SkysS r = h_f_SkysS r + 2*h_minor_SkysS r + 2*h_Tees_SkysS r +

```

```

h_contraction_SkysS r + h_enlargement_SkysS r + h_HE_SkysS r
2534 Call pipeflow('Water'; T_C5; P_C5; m_dot_SkysS r; D_SkysS r; L_SkysS r;
      RelRough_SkysS r: h_T_SkysS r; h_H_SkysS r; DELTAP_f_SkysS r;
      Nusselt_T_SkysS r; f_SkysS r; Re_SkysS r)
2535 h_f_SkysS r=DELTA P_f_SkysS r/(rho_C5*g) "Friksjonstap"
2536 h_minor_SkysS r=K*((u_SkysS r^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2537 h_Tees_SkysS r=1*((u_SkysS r^2)/(2*g))
2538 h_contraction_SkysS r=0,46*((u_SkysS r^2)/(2*g))
2539 h_enlargement_SkysS r=0,83*((u_SkysS r^2)/(2*g))
2540 DELTAP_HESkysS r=0,5*10^5*((m_dot_SkysS r/m_dot_SkysS r_maks)^2)
2541 h_HE_SkysS r = DELTAP_HESkysS r/(rho_C5*g)
2542 DELTAP_SkysS r = rho_C5*g*h_l_SkysS r
2543
2544 P_C6_SkysS r = P_C6_MelhusT
2545
2546 P_C6_MelhusT/(rho_C6_MelhusT*g) {+ (u_MelhusT^2)/(2*g)} + z_C6 = P_C7/(
      rho_C7*g) {+ (u_C6^2)/(2*g)} + z_C7 + h_l_C6_C7
2547 h_l_C6_C7=h_f_C6_C7
2548 Call pipeflow('Water'; T_C6; P_C6_MelhusT; m_dot_C6_C7; D_C6_C7; L_C6_C7;
      RelRough_C6_C7: h_T_C6_C7; h_H_C6_C7; DELTAP_f_C6_C7; Nusselt_T_C6_C7;
      f_C6_C7; Re_C6_C7)
2549 h_f_C6_C7=DELTA P_f_C6_C7/(rho_C6_MelhusT*g) "Friksjonstap"
2550 DELTAP_C6_C7 = rho_C6_MelhusT*g*h_l_C6_C7
2551
2552 P_C7/(rho_C7*g) {+ (u_C7^2)/(2*g)} + z_C7 = P_C8/(rho_C8*g) {+ (u_C8^2)/(2*g
      )} + z_C8 + h_l_C7_C8
2553 h_l_C7_C8=h_f_C7_C8 + h_Tees_C7_C8
2554 Call pipeflow('Water'; T_C7; P_C7; m_dot_C7_C8; D_C7_C8; L_C7_C8;
      RelRough_C7_C8: h_T_C7_C8; h_H_C7_C8; DELTAP_f_C7_C8; Nusselt_T_C7_C8;
      f_C7_C8; Re_C7_C8)
2555 h_f_C7_C8=DELTA P_f_C7_C8/(rho_C7*g) "Friksjonstap"
2556 h_Tees_C7_C8=0,35*((u_C7^2)/(2*g))
2557 DELTAP_C7_C8 = rho_C7*g*h_l_C7_C8
2558
2559 P_C8/(rho_C8*g) {+ (u_C8^2)/(2*g)} + z_C8 = P_C9/(rho_C9*g){+ (u_C9^2)/(2*g)
      } + z_C9 + h_l_C8_C9
2560 h_l_C8_C9=h_f_C8_C9 + h_Tees_C8_C9
2561 Call pipeflow('Water'; T_C8; P_C8; m_dot_C8_C9; D_C8_C9; L_C8_C9;
      RelRough_C8_C9: h_T_C8_C9; h_H_C8_C9; DELTAP_f_C8_C9; Nusselt_T_C8_C9;
      f_C8_C9; Re_C8_C9)
2562 h_f_C8_C9=DELTA P_f_C8_C9/(rho_C8*g) "Friksjonstap"
2563 h_Tees_C8_C9=0,35*((u_C8^2)/(2*g))
2564 DELTAP_C8_C9 = rho_C8*g*h_l_C8_C9
2565

```

```

2566 P_C9/(rho_C9*g) {+ (u_C9^2)/(2*g)} + z_C9 = P_C10/(rho_C10*g) {+ (u_C10^2)
      /(2*g)} + z_C10 + h_l_C9_C10
2567 h_l_C9_C10=h_f_C9_C10 + h_Tees_C9_C10
2568 Call pipeflow('Water'; T_C9; P_C9; m_dot_C9_C10; D_C9_C10; L_C9_C10;
      RelRough_C9_C10: h_T_C9_C10; h_H_C9_C10; DELTAP_f_C9_C10;
      Nusselt_T_C9_C10; f_C9_C10; Re_C9_C10)
2569 h_f_C9_C10=DELTA_f_C9_C10/(rho_C9*g) "Friksjonstap"
2570 h_Tees_C9_C10=0,35*((u_C9^2)/(2*g))
2571 DELTAP_C9_C10 = rho_C9*g*h_l_C9_C10
2572
2573 P_C10/(rho_C10*g) {+ (u_C10^2)/(2*g)} + z_C10 = P_17/(rho_17*g) {+ (u_17_C10
      ^2)/(2*g)} + z_17 + h_l_C10_17
2574 h_l_C10_17=h_f_C10_17 + h_Tees_C10_17 + h_enlargement_C10_17
2575 Call pipeflow('Water'; T_C10; P_C10; m_dot_C10_17; D_C10_17; L_C10_17;
      RelRough_C10_17: h_T_C10_17; h_H_C10_17; DELTAP_f_C10_17;
      Nusselt_T_C10_17; f_C10_17; Re_C10_17)
2576 h_f_C10_17=DELTA_f_C10_17/(rho_C10*g) "Friksjonstap"
2577 h_Tees_C10_17=1*((u_17_C10^2)/(2*g))
2578 h_enlargement_C10_17=0,13*((u_17_C10^2)/(2*g))
2579 DELTAP_C10_17 = rho_C10*g*h_l_C10_17
2580
2581
2582
2583 "Mindre krets 4"
2584 "Potten, Lenavegen 3 og Brannstasjonen"
2585
2586 P_12/(rho_12*g) {+ (u_12^2)/(2*g)} + z_12 = P_D1/(rho_D1*g) {+ (u_D1^2)/(2*g
      )} + z_D1 + h_l_12_D1
2587 h_l_12_D1=h_f_12_D1 + h_Tees_12_D1 + h_contraction_12_D1
2588 Call pipeflow('Water'; T_12; P_12; m_dot_12_D1; D_12_D1; L_12_D1;
      RelRough_12_D1: h_T_12_D1; h_H_12_D1; DELTAP_f_12_D1; Nusselt_T_12_D1;
      f_12_D1; Re_12_D1)
2589 h_f_12_D1=DELTA_f_12_D1/(rho_12*g) "Friksjonstap"
2590 h_Tees_12_D1=1*((u_D1^2)/(2*g))
2591 h_contraction_12_D1=0*((u_D1^2)/(2*g))
2592 DELTAP_12_D1 = rho_12*g*h_l_12_D1
2593
2594 P_D1/(rho_D1*g) {+ (u_D1^2)/(2*g)} + z_D1 = P_D2/(rho_D2*g) {+ (u_D2^2)/(2*g
      )} + z_D2 + h_l_D1_D2
2595 h_l_D1_D2=h_f_D1_D2 + h_Tees_D1_D2 + h_contraction_D1_D2
2596 Call pipeflow('Water'; T_D1; P_D1; m_dot_D1_D2; D_D1_D2; L_D1_D2;
      RelRough_D1_D2: h_T_D1_D2; h_H_D1_D2; DELTAP_f_D1_D2; Nusselt_T_D1_D2;
      f_D1_D2; Re_D1_D2)
2597 h_f_D1_D2=DELTA_f_D1_D2/(rho_D1*g) "Friksjonstap"

```

```

2598 h_Tees_D1_D2=0,35*((u_D2^2)/(2*g))
2599 h_contraction_D1_D2=0,18*((u_D2^2)/(2*g))
2600 DELTAP_D1_D2 = rho_D1*g*h_l_D1_D2
2601
2602 P_D1/(rho_D1*g) {+ (u_D1^2)/(2*g)} + z_D1 + h_p_Potten= P_D4/(rho_D4*g) {+ (
      u_D4^2)/(2*g)} + z_D4 + h_l_Potten
2603 h_l_Potten = h_f_Potten + 2*h_minor_Potten + 2*h_Tees_Potten +
      h_contraction_Potten + h_enlargement_Potten + h_HE_Potten
2604 Call pipeflow('Water'; T_D1; P_D1; m_dot_Potten; D_Potten; L_Potten;
      RelRough_Potten: h_T_Potten; h_H_Potten; DELTAP_f_Potten;
      Nusselt_T_Potten; f_Potten; Re_Potten)
2605 h_f_Potten=DELTA_f_Potten/(rho_D1*g) "Friksjonstap"
2606 h_minor_Potten=K*((u_D1^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2607 h_Tees_Potten=1*((u_Potten^2)/(2*g))
2608 h_contraction_Potten=0,26*((u_Potten^2)/(2*g))
2609 h_enlargement_Potten=0,13*((u_Potten^2)/(2*g))
2610 DELTAP_HEPotten = 0,5*10^5*((m_dot_Potten/m_dot_Potten_maks)^2)
2611 h_HE_Potten = DELTAP_HEPotten/(rho_D1*g)
2612 DELTAP_Potten = rho_D1*g*h_l_Potten
2613
2614 P_D2/(rho_D2*g) {+ (u_D2^2)/(2*g)} + z_D2 + h_p_Lenav= P_D3_Lenav/(
      rho_D3_Lenav*g) {+ (u_Lenav^2)/(2*g)} + z_D3 + h_l_Lenav
2615 h_l_Lenav = h_f_Lenav + 2*h_minor_Lenav + 2*h_Tees_Lenav +
      h_contraction_Lenav + h_enlargement_Lenav + h_HE_Lenav
2616 Call pipeflow('Water'; T_D2; P_D2; m_dot_H2O_Lenav; D_Lenav; L_Lenav;
      RelRough_Lenav: h_T_Lenav; h_H_Lenav; DELTAP_f_Lenav; Nusselt_T_Lenav;
      f_Lenav; Re_Lenav)
2617 h_f_Lenav=DELTA_f_Lenav/(rho_D2*g) "Friksjonstap"
2618 h_minor_Lenav=K*((u_Lenav^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2619 h_Tees_Lenav=1*((u_Lenav^2)/(2*g))
2620 h_contraction_Lenav=0,18*((u_Lenav^2)/(2*g))
2621 h_enlargement_Lenav=0,13*((u_Lenav^2)/(2*g))
2622 DELTAP_HELenav = 0,5*10^5*((m_dot_H2O_Lenav/m_dot_H2O_Lenav_maks)^2)
2623 h_HE_Lenav = DELTAP_HELenav/(rho_D2*g)
2624 DELTAP_Lenav = rho_D2*g*h_l_Lenav
2625
2626 P_D2/(rho_D2*g) {+ (u_D2^2)/(2*g)} + z_D2 + h_p_Brann= P_D3_Brann/(
      rho_D3_Brann*g) {+ (u_Brann^2)/(2*g)} + z_D3 + h_l_Brann
2627 h_l_Brann = h_f_Brann + 4*h_minor_Brann + 2*h_Tees_Brann +
      h_contraction_Brann + h_enlargement_Brann + h_HE_Brann
2628 Call pipeflow('Water'; T_D2; P_D2; m_dot_Brannstasjon; D_Brann; L_Brann;
      RelRough_Brann: h_T_Brann; h_H_Brann; DELTAP_f_Brann; Nusselt_T_Brann;
      f_Brann; Re_Brann)
2629 h_f_Brann=DELTA_f_Brann/(rho_D2*g) "Friksjonstap"

```

```

2630 h_minor_Brann=K*((u_Brann^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2631 h_Tees_Brann=1*((u_Brann^2)/(2*g))
2632 h_contraction_Brann=0,42*((u_Brann^2)/(2*g))
2633 h_enlargement_Brann=0,71*((u_Brann^2)/(2*g))
2634 DELTAP_HEBrann = 0,5*10^5*((m_dot_Brannstasjon/m_dot_Brannstasjon_maks)^2)
2635 h_HE_Brann = DELTAP_HEBrann/(rho_D2*g)
2636 DELTAP_Brann = rho_D2*g*h_l_Brann
2637
2638 P_D3_Lenav = P_D3_Brann
2639
2640 P_D3_Lenav/(rho_D3_Lenav*g) {+ (u_D3^2)/(2*g)} + z_D3 = P_D4/(rho_D4*g) {+ (
      u_D4^2)/(2*g)} + z_D4 + h_l_D3_D4
2641 h_l_D3_D4=h_f_D3_D4
2642 Call pipeflow('Water'; T_D3; P_D3_Lenav; m_dot_D3_D4; D_D3_D4; L_D3_D4;
      RelRough_D3_D4: h_T_D3_D4; h_H_D3_D4; DELTAP_f_D3_D4; Nusselt_T_D3_D4;
      f_D3_D4; Re_D3_D4)
2643 h_f_D3_D4=DELTA_f_D3_D4/(rho_D3_Lenav*g) "Friksjonstap"
2644 DELTAP_D3_D4 = rho_D3_Lenav*g*h_l_D3_D4
2645
2646 P_D4/(rho_D4*g) {+ (u_D4^2)/(2*g)} + z_D4 = P_14/(rho_14*g) {+ (u_14_D4^2)
      /(2*g)} + z_14 + h_l_D4_14
2647 h_l_D4_14=h_f_D4_14 + h_Tees_D4_14 + h_enlargement_D4_14
2648 Call pipeflow('Water'; T_D4; P_D4; m_dot_D4_14; D_D4_14; L_D4_14;
      RelRough_D4_14: h_T_D4_14; h_H_D4_14; DELTAP_f_D4_14; Nusselt_T_D4_14;
      f_D4_14; Re_D4_14)
2649 h_f_D4_14=DELTA_f_D4_14/(rho_D4*g) "Friksjonstap"
2650 h_Tees_D4_14=1*((u_14_D4^2)/(2*g))
2651 h_enlargement_D4_14=0,13*((u_14_D4^2)/(2*g))
2652 DELTAP_D4_14 = rho_D4*g*h_l_D4_14
2653
2654
2655
2656 "Mindre krets 5"
2657
2658 P_14gr/(rho_14gr*g) {+ (u_14gr^2)/(2*g)} + z_14gr {+ h_p_14gr} = P_E1/(
      rho_E1*g) {+ (u_E1^2)/(2*g)} + z_E1 + h_l_14gr_E1
2659 h_l_14gr_E1=h_f_14gr_E1 + h_Tees_14gr_E1 + h_contraction_14gr_E1
2660 Call pipeflow('Water'; T_14gr; P_14gr; m_dot_14gr_E1; D_14gr_E1; L_14gr_E1;
      RelRough_14gr_E1: h_T_14gr_E1; h_H_14gr_E1; DELTAP_f_14gr_E1;
      Nusselt_T_14gr_E1; f_14gr_E1; Re_14gr_E1)
2661 h_f_14gr_E1=DELTA_f_14gr_E1/(rho_14gr*g) "Friksjonstap"
2662 h_Tees_14gr_E1=1*((u_E1^2)/(2*g))
2663 h_contraction_14gr_E1=0,18*((u_E1^2)/(2*g))
2664 DELTAP_14gr_E1 = rho_14gr*g*h_l_14gr_E1

```

```

2665
2666 P_E1/(rho_E1*g) {+ (u_E1^2)/(2*g)} + z_E1 + h_p_grLenav1= P_E2_grLenav1/(
      rho_E2_grLenav1*g) {+ (u_E2_grLenav1^2)/(2*g)} + z_E2 + h_l_grLenav1
2667 h_l_grLenav1 = h_f_grLenav1 + 2*h_minor_grLenav1 + 2*h_Tees_grLenav1 +
      h_contraction_grLenav1 + h_enlargement_grLenav1 + h_HE_grLenav1
2668 Call pipeflow('Water'; T_E1; P_E1; m_dot_HELenav1; D_grLenav1; L_grLenav1;
      RelRough_grLenav1: h_T_grLenav1; h_H_grLenav1; DELTAP_f_grLenav1;
      Nusselt_T_grLenav1; f_grLenav1; Re_grLenav1)
2669 h_f_grLenav1=DELTA_f_grLenav1/(rho_E1*g) "Friksjonstap"
2670 h_minor_grLenav1=K*((u_grLenav1^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2671 h_Tees_grLenav1=0,35*((u_grLenav1^2)/(2*g))
2672 h_contraction_grLenav1=0,18*((u_grLenav1^2)/(2*g))
2673 h_enlargement_grLenav1=0,13*((u_grLenav1^2)/(2*g))
2674 DELTAP_HELenav1 = 0,5*10^5*((m_dot_HELenav1/m_dot_HELenav1_maks)^2)
2675 h_HE_grLenav1 = DELTAP_HELenav1/(rho_E1*g)
2676 DELTAP_grLenav1 = rho_E1*g*h_l_grLenav1
2677
2678 P_E2_grLenav1 = P_E2_grLenav2
2679
2680 P_E1/(rho_E1*g) {+ (u_E1^2)/(2*g)} + z_E1 + h_p_grLenav2 = P_E2_grLenav2/(
      rho_E2_grLenav2*g) {+ (u_E2_grLenav2^2)/(2*g)} + z_E2 + h_l_grLenav2
2681 h_l_grLenav2 = h_f_grLenav2 + 4*h_minor_grLenav2 + 2*h_Tees_grLenav2 +
      h_contraction_grLenav2 + h_enlargement_grLenav2+ h_HE_grLenav2
2682 Call pipeflow('Water'; T_E1; P_E1; m_dot_HELenav2; D_grLenav2; L_grLenav2;
      RelRough_grLenav2: h_T_grLenav2; h_H_grLenav2; DELTAP_f_grLenav2;
      Nusselt_T_grLenav2; f_grLenav2; Re_grLenav2)
2683 h_f_grLenav2=DELTA_f_grLenav2/(rho_E1*g) "Friksjonstap"
2684 h_minor_grLenav2=K*((u_E1^2)/(2*g)) "Trykktap i 90 graders vinkel"
2685 h_Tees_grLenav2=1*((u_grLenav2^2)/(2*g))
2686 h_contraction_grLenav2=0,18*((u_grLenav2^2)/(2*g))
2687 h_enlargement_grLenav2=0,13*((u_grLenav2^2)/(2*g))
2688 DELTAP_HELenav2 = 0,5*10^5*((m_dot_HELenav2/m_dot_HELenav2_maks)^2)
2689 h_HE_grLenav2 = DELTAP_HELenav2/(rho_E1*g)
2690 DELTAP_grLenav2 = rho_E1*g*h_l_grLenav2
2691
2692 P_E2_grLenav1/(rho_E2_grLenav1*g) {+ (u_E2_grLenav1^2)/(2*g)} + z_E2 =
      P_11gr/(rho_11gr*g) {+ (u_11gr_E2^2)/(2*g)} + z_11gr + h_l_E2_11gr
2693 h_l_E2_11gr=h_f_E2_11gr + h_Tees_E2_11gr + h_contraction_E2_11gr
2694 Call pipeflow('Water'; T_E2; P_E2_grLenav1; m_dot_E2_11gr; D_E2_11gr;
      L_E2_11gr; RelRough_E2_11gr: h_T_E2_11gr; h_H_E2_11gr; DELTAP_f_E2_11gr;
      Nusselt_T_E2_11gr; f_E2_11gr; Re_E2_11gr)
2695 h_f_E2_11gr=DELTA_f_E2_11gr/(rho_E2_grLenav1*g) "Friksjonstap"
2696 h_Tees_E2_11gr=1*((u_E2_grLenav1^2)/(2*g))
2697 h_contraction_E2_11gr=0,38*((u_E2_grLenav1^2)/(2*g))

```



```

2698 DELTAP_E2_11gr = rho_E2_grLenav1*g*h_l_E2_11gr
2699
2700
2701 "Density"
2702 "Hovedkrets"
2703 rho_1=density(Water;T=T_1;P=P_1)
2704 rho_2=density(Water;T=T_2;P=P_2)
2705 rho_3=density(Water;T=T_3;P=P_3)
2706 rho_4=density(Water;T=T_4;P=P_4)
2707 rho_5=density(Water;T=T_5;P=P_5)
2708 rho_6=density(Water;T=T_6;P=P_6)
2709 rho_7=density(Water;T=T_7;P=P_7)
2710 rho_8=density(Water;T=T_8;P=P_8)
2711 rho_9=density(Water;T=T_9;P=P_9)
2712 rho_10=density(Water;T=T_10;P=P_10)
2713 rho_11=density(Water;T=T_11;P=P_11)
2714 rho_11gr=density(Water;T=T_11gr;P=P_11gr)
2715 rho_12=density(Water;T=T_12;P=P_12)
2716 rho_13=density(Water;T=T_13;P=P_13)
2717 rho_14=density(Water;T=T_14;P=P_14)
2718 rho_14gr=density(Water;T=T_14gr;P=P_14gr)
2719 rho_15 = density(Water;T=T_15; P=P_15)
2720 rho_16 = density(Water;T=T_16; P=P_16)
2721 rho_17= density(Water;T=T_17;P=P_17)
2722 rho_18 = density(Water;T=T_18; P=P_18)
2723 rho_19 = density(Water;T=T_19; P=P_19)
2724 rho_20 = density(Water;T=T_20; P=P_20)
2725 rho_21 = density(Water;T=T_21; P=P_21)
2726 rho_22 = density(Water;T=T_22; P=P_22)
2727 rho_23 = density(Water;T=T_23; P=P_23)
2728 rho_24 = density(Water;T=T_24; P=P_24)
2729 rho_25 = density(Water;T=T_25; P=P_25)
2730 rho_26 = density(Water;T=T_26; P=P_26)
2731
2732 "Grunnvannsvarmevekslere"
2733 rho_24gr = density(Water;T=T_24gr;P=P_24gr)
2734 rho_4gr= density(Water;T=T_4gr;P=P_4gr)
2735 rho_21gr = density(Water;T=T_21gr;P=P_21gr)
2736 rho_7gr= density(Water;T=T_7gr;P=P_7gr)
2737 rho_18gr = density(Water;T=T_20gr;P=P_20gr)
2738 rho_8gr= density(Water;T=T_8gr;P=P_8gr)
2739 rho_17gr = density(Water;T=T_17gr;P=P_17gr)
2740 rho_5gr= density(Water;T=T_5gr;P=P_5gr)
2741 rho_20gr = density(Water;T=T_20gr;P=P_20gr)

```

```

2742 rho_25gr = density(Water;T=T_25gr;P=P_25gr)
2743 rho_26gr = density(Water;T=T_26gr;P=P_26gr)
2744
2745 "Mindre kretser"
2746 rho_A1 = density(Water;T=T_A1; P=P_A1)
2747 rho_A2 = density(Water;T=T_A2; P=P_A2)
2748 rho_A3_Oterholm = density(Water;T=T_A3; P=P_A3_Oterholm)
2749 rho_A3_Vestre = density(Water;T=T_A3;P=P_A3_Vestre)
2750 rho_A4 = density(Water;T=T_A4; P=P_A4)
2751
2752 rho_B1 = density(Water;T=T_B1; P=P_B1)
2753 rho_B2_R dhusv = density(Water;T=T_B2; P=P_B2_R dhusv)
2754 rho_B2_LenaT = density(Water;T=T_B2; P=P_B2_LenaT)
2755
2756 rho_C1 = density(Water;T=T_C1; P=P_C1)
2757 rho_C2 = density(Water;T=T_C2; P=P_C2)
2758 rho_C3 = density(Water;T=T_C3; P=P_C3)
2759 rho_C4 = density(Water;T=T_C4; P=P_C4)
2760 rho_C5 = density(Water;T=T_C5; P=P_C5)
2761 rho_C6_MelhusT = density(Water;T=T_C6; P=P_C6_MelhusT)
2762 rho_C6_SkysS r = density(Water;T=T_C6; P=P_C6_SkysS r)
2763 rho_C7 = density(Water;T=T_C7; P=P_C7)
2764 rho_C8 = density(Water;T=T_C8; P=P_C8)
2765 rho_C9 = density(Water;T=T_C9; P=P_C9)
2766 rho_C10 = density(Water;T=T_C10; P=P_C10)
2767
2768
2769 rho_D1 = density(Water;T=T_D1;P=P_D1)
2770 rho_D2 = density(Water;T=T_D2;P=P_D2)
2771 rho_D3_Lenav = density(Water;T=T_D3;P=P_D3_Lenav)
2772 rho_D3_Brann = density(Water;T=T_D3;P=P_D3_Brann)
2773 rho_D4 = density(Water;T=T_D4; P=P_D4)
2774
2775
2776 rho_E1 = density(Water;T=T_E1;P=P_E1)
2777 rho_E2_grLenav1 = density(Water;T=T_E2; P=P_E2_grLenav1)
2778 rho_E2_grLenav2 = density(Water;T=T_E2; P=P_E2_grLenav2)
2779
2780
2781 "Hastighet"
2782 "Hovedkrets"
2783 u_1=m_dot_26gr_1/(A_26gr_1*rho_1)
2784 u_2=m_dot_1_2/(A_1_2*rho_2)
2785 u_3=m_dot_2_3/(A_2_3*rho_3)

```

```

2786 u_4=m_dot_3_4/(A_3_4*rho_4)
2787 u_4gr=m_dot_4_4gr/(A_4_4gr*rho_4gr)
2788 u_5=m_dot_4gr_5/(A_4gr_5*rho_5)
2789 u_5gr=m_dot_5_5gr/(A_5_5gr*rho_5gr)
2790 u_6=m_dot_5gr_6/(A_5gr_6*rho_6)
2791 u_7=m_dot_6_7/(A_6_7*rho_7)
2792 u_7gr=m_dot_7_7gr/(A_7_7gr*rho_7gr)
2793 u_8=m_dot_7gr_8/(A_7gr_8*rho_8)
2794 u_8gr=m_dot_8_8gr/(A_8_8gr*rho_8)
2795 u_9=m_dot_8gr_9/(A_8gr_9*rho_9)
2796 u_10=m_dot_9_10/(A_9_10*rho_10)
2797 u_11=m_dot_10_11/(A_10_11*rho_11)
2798 u_11gr=m_dot_11_11gr/(A_11_11gr*rho_11gr)
2799 u_12=m_dot_11gr_12/(A_11gr_12*rho_12)
2800 u_13=m_dot_12_13/(A_12_13*rho_13)
2801 u_14=m_dot_13_14/(A_13_14*rho_14)
2802 u_14gr=(m_dot_14_14gr)/(A_14_14gr*rho_14gr)
2803 u_15=(m_dot_14gr_15)/(A_14gr_15*rho_15)
2804 u_16=(m_dot_15_16)/(A_15_16*rho_16)
2805 u_17=(m_dot_16_17)/(A_16_17*rho_17)
2806 u_17gr=(m_dot_17_17gr)/(A_17_17gr*rho_17gr)
2807 u_18=(m_dot_17gr_18)/(A_17gr_18*rho_18)
2808 u_18gr=(m_dot_18_18gr)/(A_18_18gr*rho_18gr)
2809 u_19=(m_dot_18gr_19)/(A_18gr_19*rho_19)
2810 u_20=(m_dot_19_20)/(A_19_20*rho_20)
2811 u_20gr=(m_dot_20_20gr)/(A_20_20gr*rho_20gr)
2812 u_21=(m_dot_20gr_21)/(A_20gr_21*rho_21)
2813 u_21gr=(m_dot_21_21gr)/(A_21_21gr*rho_21gr)
2814 u_22=(m_dot_21gr_22)/(A_21gr_22*rho_22)
2815 u_23=(m_dot_22_23)/(A_22_23*rho_23)
2816 u_24=(m_dot_23_24)/(A_23_24*rho_24)
2817 u_24gr=(m_dot_24_24gr)/(A_24_24gr*rho_24gr)
2818 u_25=(m_dot_24gr_25)/(A_24gr_25*rho_25)
2819 u_25gr=(m_dot_25_25gr)/(A_25_25gr*rho_25gr)
2820 u_26=(m_dot_25gr_26)/(A_25gr_26*rho_26)
2821 u_26gr=(m_dot_26_26gr)/(A_26_26gr*rho_26gr)
2822
2823 u_grLenav1 = m_dot_grLenav1/(A_grLenav1*rho_E1)
2824 u_grLenav2 = m_dot_grLenav2/(A_grLenav2*rho_E1)
2825 u_grR dhuset2 = m_dot_HER dhuset2/(A_25gr_26gr*rho_26gr)
2826
2827 u_3_23=m_dot_3_23/(A_3_23*rho_23)
2828 u_4_22=m_dot_4_22/(A_4_22*rho_22)
2829 u_5_21 = m_dot_5_21/(A_5_21*rho_21)

```

2830 $u_{6_20}=m_{\text{dot}}_{6_20}/(A_{6_20}\rho_{20})$
2831 $u_{7_19}=m_{\text{dot}}_{7_19}/(A_{7_19}\rho_{19})$
2832 $u_{8_18}=m_{\text{dot}}_{8_18}/(A_{8_18}\rho_{18})$
2833 $u_{10_16}=m_{\text{dot}}_{10_16}/(A_{10_16}\rho_{16})$
2834 $u_{11_15}=m_{\text{dot}}_{11_15}/(A_{11_15}\rho_{15})$
2835
2836 $u_{24\text{gr}_1}=m_{\text{dot}}_{24\text{gr}_1}/(A_{24\text{gr}_1}\rho_{24\text{gr}})$
2837 $u_{21\text{gr}_4\text{gr}}=m_{\text{dot}}_{21\text{gr}_4\text{gr}}/(A_{21\text{gr}_4\text{gr}}\rho_{4\text{gr}})$
2838 $u_{20\text{gr}_5\text{gr}}=m_{\text{dot}}_{20\text{gr}_5\text{gr}}/(A_{20\text{gr}_5\text{gr}}\rho_{5\text{gr}})$
2839 $u_{18\text{gr}_7\text{gr}}=m_{\text{dot}}_{18\text{gr}_7\text{gr}}/(A_{18\text{gr}_7\text{gr}}\rho_{7\text{gr}})$
2840 $u_{17\text{gr}_8\text{gr}}=m_{\text{dot}}_{17\text{gr}_8\text{gr}}/(A_{17\text{gr}_8\text{gr}}\rho_{8\text{gr}})$
2841
2842 "Mindre kretser"
2843 $u_{R\text{ dhus}}=m_{\text{dot}}_{R\text{ dhus}}/(A_{R\text{ dhus}}\rho_{A1})$
2844 $u_{A1}=m_{\text{dot}}_{1_A1}/(A_{1_A1}\rho_{A1})$
2845 $u_{A2}=m_{\text{dot}}_{A1_A2}/(A_{A1_A2}\rho_{A2})$
2846 $u_{\text{Oterholm}} = m_{\text{dot}}_{H20_Oterholm}/(A_{\text{Oterholm}}\rho_{A3_Oterholm})$
2847 $u_{\text{Vestre}}=m_{\text{dot}}_{\text{Vestre}}/(A_{\text{Vestre}}\rho_{A3_Vestre})$
2848 $u_{A3}=m_{\text{dot}}_{A3_A4}/(A_{A3_A4}\rho_{A4})$
2849 $u_{A4}=m_{\text{dot}}_{A3_A4}/(A_{A3_A4}\rho_{A4})$
2850 $u_{25_A4}=m_{\text{dot}}_{A4_25}/(A_{A4_25}\rho_{25})$
2851
2852 $u_{B1}=m_{\text{dot}}_{2_B1}/(A_{2_B1}\rho_{B1})$
2853 $u_{R\text{ dhusv}}=m_{\text{dot}}_{R\text{ dhusv}}/(A_{R\text{ dhusv}}\rho_{B2_R\text{ dhusv}})$
2854 $u_{\text{LenaT}}=m_{\text{dot}}_{H20_LenaT}/(A_{\text{LenaT}}\rho_{B2_LenaT})$
2855 $u_{B2}=m_{\text{dot}}_{B2_24}/(A_{B2_24}\rho_{24})$
2856 $u_{24_B2}=m_{\text{dot}}_{B2_24}/(A_{B2_24}\rho_{24})$
2857
2858 $u_{C1}=m_{\text{dot}}_{9_C1}/(A_{9_C1}\rho_{C1})$
2859 $u_{S\text{ r}}=m_{\text{dot}}_{S\text{ r}}/(A_{S\text{ r}}\rho_{C1})$
2860 $u_{C2}=m_{\text{dot}}_{C1_C2}/(A_{C1_C2}\rho_{C2})$
2861 $u_{H\text{ vdingen}}=m_{\text{dot}}_{H20_H\text{ vdingen}}/(A_{H\text{ vdingen}}\rho_{C2})$
2862 $u_{C3}=m_{\text{dot}}_{C2_C3}/(A_{C2_C3}\rho_{C3})$
2863 $u_{\text{Bensins}}=m_{\text{dot}}_{\text{Bensinstasjon}}/(A_{\text{Bensins}}\rho_{C3})$
2864 $u_{C4}=m_{\text{dot}}_{C3_C4}/(A_{C3_C4}\rho_{C4})$
2865 $u_{\text{SkysNord}}=m_{\text{dot}}_{\text{SkysNord}}/(A_{\text{SkysNord}}\rho_{C4})$
2866 $u_{C5}=m_{\text{dot}}_{C4_C5}/(A_{C4_C5}\rho_{C5})$
2867 $u_{\text{SkysS r}}=m_{\text{dot}}_{\text{SkysS r}}/(A_{\text{SkysS r}}\rho_{C6_SkysS r})$
2868 $u_{\text{MelhusT}}=m_{\text{dot}}_{\text{Melhustunet}}/(A_{\text{MelhusT}}\rho_{C6_MelhusT})$
2869 $u_{C6}=m_{\text{dot}}_{C6_C7}/(A_{C6_C7}\rho_{C7})$
2870 $u_{C7}=m_{\text{dot}}_{C6_C7}/(A_{C6_C7}\rho_{C7})$
2871 $u_{C8}=m_{\text{dot}}_{C7_C8}/(A_{C7_C8}\rho_{C8})$
2872 $u_{C9}=m_{\text{dot}}_{C8_C9}/(A_{C8_C9}\rho_{C9})$
2873 $u_{C10}=m_{\text{dot}}_{C9_C10}/(A_{C9_C10}\rho_{C10})$

```

2874 u_17_C10=m_dot_C10_17/(A_C10_17*rho_17)
2875
2876 u_D1=m_dot_12_D1/(A_12_D1*rho_D1)
2877 u_D2=m_dot_D1_D2/(A_D1_D2*rho_D1)
2878 u_Potten=m_dot_Potten/(A_Potten*rho_D4)
2879 u_Lenav=m_dot_H20_Lenav/(A_Lenav*rho_D3_Lenav)
2880 u_Brann=m_dot_Brannstasjon/(A_Brann*rho_D3_Brann)
2881 u_D3 = m_dot_D3_D4/(A_D3_D4*rho_D4)
2882 u_D4 = m_dot_D3_D4/(A_D3_D4*rho_D4)
2883 u_14_D4 = m_dot_D4_14/(A_D4_14*rho_14)
2884
2885 u_E1=m_dot_14gr_E1/(A_14gr_E1*rho_E1)
2886 u_E2_grLenav1=m_dot_HELenav1/(A_grLenav1*rho_E2_grLenav1)
2887 u_11gr_E2=m_dot_E2_11gr/(A_E2_11gr*rho_11gr)
2888
2889 "Temperaturer "
2890 T_1=T_26
2891 T_2 = T_1
2892 T_3 = T_2
2893 T_4 = T_3
2894 T_4gr = T_co
2895 T_5 = T_4gr
2896 T_5gr = T_co
2897 T_6 =T_5
2898 T_7 = T_6
2899 T_7gr = T_co
2900 T_8 = T_7
2901 T_8gr = T_co
2902 T_9 = T_8
2903 T_10 = T_9
2904 T_11 = T_10
2905 T_11gr = T_co
2906 T_12 = T_11
2907 T_13 = T_12
2908 T_14 = T_ci
2909 T_14gr = T_ci
2910 T_15 = T_14gr
2911 T_16 = T_15
2912 T_17 = T_16
2913 T_17gr = T_ci
2914 T_18 = T_17gr
2915 T_18gr = T_ci
2916 T_19 = T_18gr
2917 T_20 = T_19

```

2918 T_20gr=T_ci
2919 T_21 = T_20gr
2920 T_21gr = T_ci
2921 T_22 = T_21gr
2922 T_23 = T_22
2923 T_24 = T_23
2924 T_24gr = T_ci
2925 T_25 = T_24
2926 T_25gr = T_ci
2927 T_26 = T_25
2928 T_26gr = T_ci
2929
2930 "Mindre kretser"
2931 T_A1 = T_1
2932 T_A2 = T_A1
2933 T_A3 = T_ci
2934 T_A4 = T_ci
2935
2936 T_B1 = T_2
2937 T_B2 = T_co
2938
2939 T_C1 = T_9
2940 T_C2 = T_C1
2941 T_C3 = T_C2
2942 T_C4 = T_C3
2943 T_C5 = T_C4
2944 T_C6 = T_ci
2945 T_C7 = T_ci
2946 T_C8 = T_ci
2947 T_C9 = T_ci
2948 T_C10 = T_ci
2949
2950 T_D1 = T_13
2951 T_D2 = T_D1
2952 T_D3 = T_co
2953 T_D4 = T_co
2954
2955 T_E1 = T_ci
2956 T_E2 = T_co
2957
2958
2959 "Diameter p r r "
2960 "Hovedkrets"
2961 D_1_2 = 0,25

2962 D_2_3 = 0,25
2963 D_3_4 = 0,25
2964 D_4_4gr = 0,25
2965 D_4gr_5 = 0,35
2966 D_5_5gr = 0,35
2967 D_5gr_6 = 0,35
2968 D_6_7 = 0,35
2969 D_7_7gr = 0,35
2970 D_7gr_8 = 0,35
2971 D_8_8gr = 0,35
2972 D_8gr_9 = 0,4
2973 D_9_10 = 0,1
2974 D_10_11 = 0,1
2975 D_11_11gr = 0,05
2976 D_11gr_12 = 0,15
2977 D_12_13 = 0,04
2978 D_13_14 = 0,04
2979 D_14_14gr = 0,15
2980 D_14gr_15 = 0,09
2981 D_15_16 = 0,1
2982 D_16_17 = 0,125
2983 D_17_17gr = 0,4
2984 D_17gr_18 = 0,4
2985 D_18_18gr = 0,4
2986 D_18gr_19 = 0,30
2987 D_19_20 = 0,25
2988 D_20_20gr = 0,25
2989 D_20gr_21 = 0,25
2990 D_21_21gr = 0,25
2991 D_21gr_22 = 0,25
2992 D_22_23 = 0,25
2993 D_23_24 = 0,25
2994 D_24_24gr = 0,25
2995 D_24gr_25 = 0,25
2996 D_25_25gr = 0,25
2997 D_25gr_26 = 0,2
2998 D_26_26gr = 0,2
2999 D_26gr_1 = 0,25
3000
3001 "Bygg"
3002 D_1_25 = 0,2 "Mindre krets 1"
3003 D_2_24 = 0,2 "Mindre krets 2"
3004 D_3_23 = 0,08 "Melhustorget"
3005 D_4_22 = 0,065 "Nye Buen"

3006 D_5_21 = 0,065 "Melhuset"
3007 D_6_20 = 0,05 "P-plass"
3008 D_7_19 = 0,05 "Gamle buen"
3009 D_8_18 = 0,05 "Ideg rden"
3010 D_9_17 = 0,2 "Mindre krets 3"
3011 D_10_16 = 0,05 "Bedehuset"
3012 D_11_15= 0,09 "Thorag rden"
3013
3014 "Grunnvannsvarmevekslere"
3015 D_24gr_1=0,2 "Lena Terrasse"
3016 D_21gr_4gr=0,2 "Buen"
3017 D_20gr_5gr=0,1
3018 D_18gr_7gr=0,125 "Ideg rden 1"
3019 D_17gr_8gr=0,2 "Ideg rden 2"
3020 D_25gr_26gr=0,2
3021
3022 "Mindre kretser"
3023 D_1_A1 = 0,1
3024 D_A1_A2 = 0,1
3025 D_R dhus = 0,065
3026 D_Oterholm = 0,1
3027 D_Vestre = 0,04
3028 D_A3_A4 = 0,08
3029 D_A4_25 = 0,1
3030
3031 D_2_B1 = 0,125
3032 D_LenaT = 0,1
3033 D_R dhusv = 0,04
3034 D_B2_24 = 0,125
3035
3036 D_9_C1 = 0,4
3037 D_S r = 0,065
3038 D_C1_C2 = 0,4
3039 D_C2_C3 = 0,4
3040 D_C3_C4 = 0,35
3041 D_C4_C5 = 0,3
3042 D_H vdingen = 0,08
3043 D_Bensins = 0,1
3044 D_MelhusT = 0,2
3045 D_SkysNord = 0,1
3046 D_SkysS r = 0,1
3047 D_C6_C7 = 0,3
3048 D_C7_C8 = 0,3
3049 D_C8_C9 = 0,3

3050 D_C9_C10 = 0,3
3051 D_C10_17 = 0,4
3052
3053 D_12_D1 = 0,15
3054 D_D1_D2 = 0,125
3055 D_Potten = 0,1
3056 D_Lenav = 0,1
3057 D_Brann = 0,05
3058 D_D3_D4 = 0,125
3059 D_D4_14 = 0,15
3060
3061 D_14gr_E1 = 0,125
3062 D_grLenav1 = 0,1
3063 D_grLenav2 = 0,1
3064 D_E2_11gr = 0,1
3065
3066 "Lengde p r r "
3067 "Hovedkrets "
3068 L_1_2=0,5 [m]
3069 L_2_3=50 [m]
3070 L_3_4=30 [m]
3071 L_4_4gr=1 [m]
3072 L_4gr_5=40 [m]
3073 L_5_5gr=1 [m]
3074 L_5gr_6=25 [m]
3075 L_6_7=60 [m]
3076 L_7_7gr=5 [m]
3077 L_7gr_8=5 [m]
3078 L_8_8gr=1 [m]
3079 L_8gr_9=50 [m]
3080 L_9_10=25 [m]
3081 L_10_11=105 [m]
3082 L_11_11gr=0,5 [m]
3083 L_11gr_12=0,5 [m]
3084 L_12_13=60 [m]
3085 L_13_14 = 60
3086 L_14_14gr=0,5[m]
3087 L_14gr_15=0,5[m]
3088 L_15_16=105 [m]
3089 L_16_17=25 [m]
3090 L_17_17gr=50 [m]
3091 L_17gr_18=1 [m]
3092 L_18_18gr=5 [m]
3093 L_18gr_19=5 [m]

3094 L_19_20=60 [m]
3095 L_20_20gr=25 [m]
3096 L_20gr_21=1 [m]
3097 L_21_21gr = 40 [m]
3098 L_21gr_22 = 1 [m]
3099 L_22_23 = 30 [m]
3100 L_23_24 = 50 [m]
3101 L_24_24gr = 0,5 [m]
3102 L_24gr_25 = 0,5 [m]
3103 L_25_25gr = 25
3104 L_25gr_26 = 1
3105 L_26_26gr = 0,5
3106 L_26gr_1 = 25
3107
3108 "Bygg"
3109 L_3_23 = 50 [m] "Melhustorget"
3110 L_4_22 = 50 [m] "Nye Buen"
3111 L_5_21 = 230 [m] "Melhuset"
3112 L_6_20 = 50 [m] "P-plass"
3113 L_7_19 = 50 [m] "Gamle Buen"
3114 L_8_18 = 50 [m] "Ideg rden"
3115 L_10_16 = 100 [m] "Bedehuset"
3116 L_11_15 = 300 [m] "Thorag rden"
3117
3118 "Grunnvannsvarmevexslere"
3119 L_24gr_1 = 450 [m]
3120 L_21gr_4gr = 50 [m] "Buen"
3121 L_20gr_5gr = 230 [m]
3122 L_18gr_7gr = 50 [m] "Ideg rden 1"
3123 L_17gr_8gr = 50 [m] "Ideg rden 2"
3124 L_25gr_26gr = 1 [m]
3125
3126 "Mindre kretser"
3127 L_1_A1 = 25
3128 L_A1_A2 = 80
3129 L_R dhus = 50
3130 L_Oterholm = 100
3131 L_Vestre = 10
3132 L_A3_A4 = 80
3133 L_A4_25 = 25
3134
3135 L_2_B1 = 150
3136 L_LenaT = 150
3137 L_R dhusv = 100

3138 L_B2_24 = 150
3139
3140 L_9_C1 = 110
3141 L_S r = 50
3142 L_C1_C2 = 65
3143 L_C2_C3 = 25
3144 L_C3_C4 = 10
3145 L_C4_C5 = 40
3146 L_H vdingen = 10
3147 L_Bensins = 50
3148 L_MelhusT = 60
3149 L_SkysNord = 50
3150 L_SkysS r = 50
3151 L_C6_C7 = 40
3152 L_C7_C8 = 10
3153 L_C8_C9 = 25
3154 L_C9_C10 = 65
3155 L_C10_17 = 110
3156
3157 L_12_D1 = 75
3158 L_D1_D2 = 25
3159 L_Potten = 50
3160 L_D3_D4 = 25
3161 L_Lenav = 50
3162 L_Brann = 150
3163 L_D4_14 = 75
3164
3165 L_14gr_E1 = 150
3166 L_grLenav1 = 10
3167 L_grLenav2 = 10
3168 L_E2_11gr = 150
3169
3170 "H yde over havet"
3171 "Hovedkrets"
3172 z_1 = 18 [m]
3173 z_2 = 18 [m]
3174 z_3 = 17 [m]
3175 z_4 = 18,12 [m]
3176 z_4gr = 18,12
3177 z_5 = 18 [m]
3178 z_5gr = 18 [m]
3179 z_6 = 18 [m]
3180 z_7 = 18,46 [m]
3181 z_7gr = 18,46 [m]

3182 z_8 = 18,46 [m]
3183 z_8gr = 18,46 [m]
3184 z_9 = 18 [m]
3185 z_10 = 18 [m]
3186 z_11 = 17 [m]
3187 z_11gr = 17 [m]
3188 z_12 = 17 [m]
3189 z_13 = 17 [m]
3190 z_14 = 17
3191 z_14gr = 17
3192 z_15 = 17 [m]
3193 z_16 = 18 [m]
3194 z_17 = 18 [m]
3195 z_17gr = 18,46 [m]
3196 z_18 = 18,46 [m]
3197 z_18gr = 18,46 [m]
3198 z_19 = 18,46 [m]
3199 z_20 = 18 [m]
3200 z_20gr = 18 [m]
3201 z_21 = 18
3202 z_21gr = 18,12
3203 z_22 = 18,12
3204 z_23 = 17
3205 z_24 = 18
3206 z_24gr = 18
3207 z_25 = 18
3208 z_25gr = 18
3209 z_26 = 18
3210 z_26gr = 18
3211
3212 "Mindre kretser"
3213 z_A1 = 18
3214 z_A2 = 18,45
3215 z_A3 = 18,45
3216 z_A4 = 18
3217
3218 z_B1 = 22,89
3219 z_B2 = 22,89
3220
3221 z_C1 = 19
3222 z_C2 = 19
3223 z_C3 = 18
3224 z_C4 = 18
3225 z_C5 = 19

```

3226 z_C6 = 19
3227 z_C7 = 18
3228 z_C8 = 18
3229 z_C9 = 19
3230 z_C10 = 19
3231
3232 z_D1 = 16
3233 z_D2 = 17,82
3234 z_D3 = 17,82
3235 z_D4 = 16
3236
3237 z_E1=17,82
3238 z_E2=17,82
3239
3240
3241 "Relativt ruhet"
3242 "Hovedkrets"
3243 k_ruhetsfaktor=0,05
3244 RelRough_1_2=k_ruhetsfaktor/(D_1_2*10^3)
3245 RelRough_2_3=k_ruhetsfaktor/(D_2_3*10^3)
3246 RelRough_3_4=k_ruhetsfaktor/(D_2_3*10^3)
3247 RelRough_4_4gr=k_ruhetsfaktor/(D_4_4gr*10^3)
3248 RelRough_4gr_5=k_ruhetsfaktor/(D_4gr_5*10^3)
3249 RelRough_5_5gr=k_ruhetsfaktor/(D_5_5gr*10^3)
3250 RelRough_5gr_6=k_ruhetsfaktor/(D_5gr_6*10^3)
3251 RelRough_6_7=k_ruhetsfaktor/(D_5gr_6*10^3)
3252 RelRough_7_7gr=k_ruhetsfaktor/(D_7_7gr*10^3)
3253 RelRough_7gr_8=k_ruhetsfaktor/(D_7gr_8*10^3)
3254 RelRough_8_8gr=k_ruhetsfaktor/(D_8_8gr*10^3)
3255 RelRough_8gr_9=k_ruhetsfaktor/(D_8gr_9*10^3)
3256 RelRough_9_10=k_ruhetsfaktor/(D_8gr_9*10^3)
3257 RelRough_10_11=k_ruhetsfaktor/(D_9_10*10^3)
3258 RelRough_11_11gr=k_ruhetsfaktor/(D_10_11*10^3)
3259 RelRough_11gr_12=k_ruhetsfaktor/(D_11_11gr*10^3)
3260 RelRough_12_13=k_ruhetsfaktor/(D_11gr_12*10^3)
3261 RelRough_13_14=k_ruhetsfaktor/(D_12_13*10^3)
3262 RelRough_14_14gr=k_ruhetsfaktor/(D_13_14*10^3)
3263 RelRough_14gr_15=k_ruhetsfaktor/(D_14_14gr*10^3)
3264 RelRough_15_16=k_ruhetsfaktor/(D_14gr_15*10^3)
3265 RelRough_16_17=k_ruhetsfaktor/(D_15_16*10^3)
3266 RelRough_17_17gr=k_ruhetsfaktor/(D_16_17*10^3)
3267 RelRough_17gr_18=k_ruhetsfaktor/(D_17_17gr*10^3)
3268 RelRough_18_18gr=k_ruhetsfaktor/(D_17_17gr*10^3)
3269 RelRough_18gr_19=k_ruhetsfaktor/(D_18_18gr*10^3)

```

3270 RelRough_19_20=k_ruhetsfaktor/(D_18gr_19*10³)
3271 RelRough_20_20gr=k_ruhetsfaktor/(D_20_20gr*10³)
3272 RelRough_20gr_21=k_ruhetsfaktor/(D_20gr_21*10³)
3273 RelRough_21_21gr=k_ruhetsfaktor/(D_21_21gr*10³)
3274 RelRough_21gr_22=k_ruhetsfaktor/(D_21gr_22*10³)
3275 RelRough_22_23=k_ruhetsfaktor/(D_21gr_22*10³)
3276 RelRough_23_24=k_ruhetsfaktor/(D_23_24*10³)
3277 RelRough_24_24gr=k_ruhetsfaktor/(D_24_24gr*10³)
3278 RelRough_24gr_25=k_ruhetsfaktor/(D_24gr_25*10³)
3279 RelRough_25_25gr=k_ruhetsfaktor/(D_25_25gr*10³)
3280 RelRough_25gr_26=k_ruhetsfaktor/(D_25gr_26*10³)
3281 RelRough_26_26gr=k_ruhetsfaktor/(D_26_26gr*10³)
3282 RelRough_26gr_1=k_ruhetsfaktor/(D_26gr_1*10³)
3283
3284 "Bygg"
3285 RelRough_1_25=k_ruhetsfaktor/(D_1_25*10³)
3286 RelRough_2_24=k_ruhetsfaktor/(D_2_24*10³)
3287 RelRough_3_23=k_ruhetsfaktor/(D_3_23*10³)
3288 RelRough_4_22=k_ruhetsfaktor/(D_4_22*10³)
3289 RelRough_5_21=k_ruhetsfaktor/(D_5_21*10³)
3290 RelRough_6_20=k_ruhetsfaktor/(D_6_20*10³)
3291 RelRough_7_19=k_ruhetsfaktor/(D_7_19*10³)
3292 RelRough_8_18=k_ruhetsfaktor/(D_8_18*10³)
3293 RelRough_9_17=k_ruhetsfaktor/(D_9_17*10³)
3294 RelRough_10_16=k_ruhetsfaktor/(D_10_16*10³)
3295 RelRough_11_15=k_ruhetsfaktor/(D_11_15*10³)
3296
3297
3298 "Grunnvannsvarmevexlere"
3299 RelRough_24gr_1=k_ruhetsfaktor/(D_24gr_1*10³)
3300 RelRough_21gr_4gr=k_ruhetsfaktor/(D_21gr_4gr*10³)
3301 RelRough_20gr_5gr=k_ruhetsfaktor/(D_20gr_5gr*10³)
3302 RelRough_18gr_7gr=k_ruhetsfaktor/(D_18gr_7gr*10³)
3303 RelRough_17gr_8gr=k_ruhetsfaktor/(D_17gr_8gr*10³)
3304 RelRough_25gr_26gr=k_ruhetsfaktor/(D_25gr_26gr*10³)
3305
3306 "Mindre kretser"
3307 RelRough_1_A1=k_ruhetsfaktor/(D_1_A1*10³)
3308 RelRough_A1_A2=k_ruhetsfaktor/(D_A1_A2*10³)
3309 RelRough_R dhus=k_ruhetsfaktor/(D_R dhus*10³)
3310 RelRough_0terholm=k_ruhetsfaktor/(D_0terholm*10³)
3311 RelRough_Vestre=k_ruhetsfaktor/(D_Vestre*10³)
3312 RelRough_A3_A4=k_ruhetsfaktor/(D_A3_A4*10³)
3313 RelRough_A4_25=k_ruhetsfaktor/(D_A4_25*10³)

3314

3315 $\text{RelRough_2_B1} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{2_B1} * 10^3)$

3316 $\text{RelRough_R dhusv} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{R dhusv}} * 10^3)$

3317 $\text{RelRough_LenaT} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{LenaT}} * 10^3)$

3318 $\text{RelRough_B2_24} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{B2_24}} * 10^3)$

3319

3320 $\text{RelRough_9_C1} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{9_C1} * 10^3)$

3321 $\text{RelRough_C1_C2} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{C1_C2}} * 10^3)$

3322 $\text{RelRough_S r} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{S r}} * 10^3)$

3323 $\text{RelRough_H vdingen} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{H vdingen}} * 10^3)$

3324 $\text{RelRough_C2_C3} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{C2_C3}} * 10^3)$

3325 $\text{RelRough_C3_C4} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{C3_C4}} * 10^3)$

3326 $\text{RelRough_Bensins} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{Bensins}} * 10^3)$

3327 $\text{RelRough_MelhusT} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{MelhusT}} * 10^3)$

3328 $\text{RelRough_C4_C5} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{C4_C5}} * 10^3)$

3329 $\text{RelRough_SkysNord} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{SkysNord}} * 10^3)$

3330 $\text{RelRough_SkysS r} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{SkysS r}} * 10^3)$

3331 $\text{RelRough_C6_C7} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{C6_C7}} * 10^3)$

3332 $\text{RelRough_C7_C8} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{C7_C8}} * 10^3)$

3333 $\text{RelRough_C8_C9} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{C8_C9}} * 10^3)$

3334 $\text{RelRough_C9_C10} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{C9_C10}} * 10^3)$

3335 $\text{RelRough_C10_17} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{C10_17}} * 10^3)$

3336

3337 $\text{RelRough_12_D1} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{12_D1} * 10^3)$

3338 $\text{RelRough_D1_D2} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{D1_D2}} * 10^3)$

3339 $\text{RelRough_Potten} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{Potten}} * 10^3)$

3340 $\text{RelRough_Lenav} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{Lenav}} * 10^3)$

3341 $\text{RelRough_Brann} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{Brann}} * 10^3)$

3342 $\text{RelRough_D3_D4} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{D3_D4}} * 10^3)$

3343 $\text{RelRough_D4_14} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{D4_14}} * 10^3)$

3344

3345 $\text{RelRough_14gr_E1} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{14\text{gr_E1}} * 10^3)$

3346 $\text{RelRough_grLenav1} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{grLenav1}} * 10^3)$

3347 $\text{RelRough_grLenav2} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{grLenav2}} * 10^3)$

3348 $\text{RelRough_E2_11gr} = k_{\text{ruhetsfaktor}} / (D_{\text{E2_11gr}} * 10^3)$

3349

3350 "Tverrsnitt r r "

3351 "Hovedkrets "

3352 $A_{1_2} = \pi * (D_{1_2} / 2)^2 \text{ [m}^2\text{]}$

3353 $A_{2_3} = \pi * (D_{2_3} / 2)^2 \text{ [m}^2\text{]}$

3354 $A_{3_4} = \pi * (D_{3_4} / 2)^2 \text{ [m}^2\text{]}$

3355 $A_{4_4\text{gr}} = \pi * (D_{4_4\text{gr}} / 2)^2 \text{ [m}^2\text{]}$

3356 $A_{4\text{gr_5}} = \pi * (D_{4\text{gr_5}} / 2)^2 \text{ [m}^2\text{]}$

3357 $A_{5_5\text{gr}} = \pi * (D_{5_5\text{gr}} / 2)^2 \text{ [m}^2\text{]}$

3358 $A_{5gr_6} = \pi * (D_{5gr_6}/2)^2 [m^2]$
3359 $A_{6_7} = \pi * (D_{6_7}/2)^2 [m^2]$
3360 $A_{7_7gr} = \pi * (D_{7_7gr}/2)^2 [m^2]$
3361 $A_{7gr_8} = \pi * (D_{7gr_8}/2)^2 [m^2]$
3362 $A_{8_8gr} = \pi * (D_{8_8gr}/2)^2 [m^2]$
3363 $A_{8gr_9} = \pi * (D_{8gr_9}/2)^2 [m^2]$
3364 $A_{9_10} = \pi * (D_{9_10}/2)^2 [m^2]$
3365 $A_{10_11} = \pi * (D_{10_11}/2)^2 [m^2]$
3366 $A_{11_11gr} = \pi * (D_{11_11gr}/2)^2 [m^2]$
3367 $A_{11gr_12} = \pi * (D_{11gr_12}/2)^2 [m^2]$
3368 $A_{12_13} = \pi * (D_{12_13}/2)^2 [m^2]$
3369 $A_{13_14} = \pi * (D_{13_14}/2)^2 [m^2]$
3370 $A_{14_14gr} = \pi * (D_{14_14gr}/2)^2 [m^2]$
3371 $A_{14gr_15} = \pi * (D_{14gr_15}/2)^2 [m^2]$
3372 $A_{15_16} = \pi * (D_{15_16}/2)^2 [m^2]$
3373 $A_{16_17} = \pi * (D_{16_17}/2)^2 [m^2]$
3374 $A_{17_17gr} = \pi * (D_{17_17gr}/2)^2 [m^2]$
3375 $A_{17gr_18} = \pi * (D_{17gr_18}/2)^2 [m^2]$
3376 $A_{18_18gr} = \pi * (D_{18_18gr}/2)^2 [m^2]$
3377 $A_{18gr_19} = \pi * (D_{18gr_19}/2)^2 [m^2]$
3378 $A_{19_20} = \pi * (D_{19_20}/2)^2 [m^2]$
3379 $A_{20_20gr} = \pi * (D_{20_20gr}/2)^2 [m^2]$
3380 $A_{20gr_21} = \pi * (D_{20gr_21}/2)^2 [m^2]$
3381 $A_{21_21gr} = \pi * (D_{21_21gr}/2)^2 [m^2]$
3382 $A_{21gr_22} = \pi * (D_{21gr_22}/2)^2 [m^2]$
3383 $A_{22_23} = \pi * (D_{22_23}/2)^2 [m^2]$
3384 $A_{23_24} = \pi * (D_{23_24}/2)^2 [m^2]$
3385 $A_{24_24gr} = \pi * (D_{24_24gr}/2)^2 [m^2]$
3386 $A_{24gr_25} = \pi * (D_{24gr_25}/2)^2 [m^2]$
3387 $A_{25_25gr} = \pi * (D_{25_25gr}/2)^2 [m^2]$
3388 $A_{25gr_26} = \pi * (D_{25gr_26}/2)^2 [m^2]$
3389 $A_{26_26gr} = \pi * (D_{26_26gr}/2)^2 [m^2]$
3390 $A_{26gr_1} = \pi * (D_{26gr_1}/2)^2 [m^2]$
3391
3392 $A_{3_23} = \pi * (D_{3_23}/2)^2 [m^2]$
3393 $A_{4_22} = \pi * (D_{4_22}/2)^2 [m^2]$
3394 $A_{5_21} = \pi * (D_{5_21}/2)^2 [m^2]$
3395 $A_{6_20} = \pi * (D_{6_20}/2)^2 [m^2]$
3396 $A_{7_19} = \pi * (D_{7_19}/2)^2 [m^2]$
3397 $A_{8_18} = \pi * (D_{8_18}/2)^2 [m^2]$
3398 $A_{10_16} = \pi * (D_{10_16}/2)^2 [m^2]$
3399 $A_{11_15} = \pi * (D_{11_15}/2)^2$
3400
3401 $A_{24gr_1} = \pi * (D_{24gr_1}/2)^2$

3402 $A_{21gr_4gr} = \pi * (D_{21gr_4gr} / 2)^2$
3403 $A_{20gr_5gr} = \pi * (D_{20gr_5gr} / 2)^2$
3404 $A_{18gr_7gr} = \pi * (D_{18gr_7gr} / 2)^2$
3405 $A_{17gr_8gr} = \pi * (D_{17gr_8gr} / 2)^2$
3406 $A_{25gr_26gr} = \pi * (D_{25gr_26gr} / 2)^2$
3407
3408 "Mindre kretser"
3409 $A_{1_A1} = \pi * (D_{1_A1} / 2)^2$ [m²]
3410 $A_{A1_A2} = \pi * (D_{A1_A2} / 2)^2$ [m²]
3411 $A_{R_dhus} = \pi * (D_{R_dhus} / 2)^2$ [m²]
3412 $A_{Vestre} = \pi * (D_{Vestre} / 2)^2$ [m²]
3413 $A_{Oterholm} = \pi * (D_{Oterholm} / 2)^2$ [m²]
3414 $A_{A3_A4} = \pi * (D_{A3_A4} / 2)^2$ [m²]
3415 $A_{A4_25} = \pi * (D_{A4_25} / 2)^2$ [m²]
3416
3417 $A_{2_B1} = \pi * (D_{2_B1} / 2)^2$ [m²]
3418 $A_{LenaT} = \pi * (D_{LenaT} / 2)^2$ [m²]
3419 $A_{R_dhusv} = \pi * (D_{R_dhusv} / 2)^2$
3420 $A_{B2_24} = \pi * (D_{B2_24} / 2)^2$ [m²]
3421
3422 $A_{9_C1} = \pi * (D_{9_C1} / 2)^2$
3423 $A_{S_r} = \pi * (D_{S_r} / 2)^2$
3424 $A_{C1_C2} = \pi * (D_{C1_C2} / 2)^2$ [m²]
3425 $A_{H_vdingen} = \pi * (D_{H_vdingen} / 2)^2$ [m²]
3426 $A_{C2_C3} = \pi * (D_{C2_C3} / 2)^2$ [m²]
3427 $A_{C3_C4} = \pi * (D_{C3_C4} / 2)^2$ [m²]
3428 $A_{Bensins} = \pi * (D_{Bensins} / 2)^2$ [m²]
3429 $A_{MelhusT} = \pi * (D_{MelhusT} / 2)^2$ [m²]
3430 $A_{C4_C5} = \pi * (D_{C4_C5} / 2)^2$ [m²]
3431 $A_{SkysNord} = \pi * (D_{SkysNord} / 2)^2$ [m²]
3432 $A_{SkysS_r} = \pi * (D_{SkysS_r} / 2)^2$ [m²]
3433 $A_{C6_C7} = \pi * (D_{C6_C7} / 2)^2$ [m²]
3434 $A_{C7_C8} = \pi * (D_{C7_C8} / 2)^2$ [m²]
3435 $A_{C8_C9} = \pi * (D_{C8_C9} / 2)^2$ [m²]
3436 $A_{C9_C10} = \pi * (D_{C9_C10} / 2)^2$ [m²]
3437 $A_{C10_17} = \pi * (D_{C10_17} / 2)^2$ [m²]
3438
3439 $A_{12_D1} = \pi * (D_{12_D1} / 2)^2$ [m²]
3440 $A_{Potten} = \pi * (D_{Potten} / 2)^2$ [m²]
3441 $A_{D1_D2} = \pi * (D_{D1_D2} / 2)^2$ [m²]
3442 $A_{Lenav} = \pi * (D_{Lenav} / 2)^2$
3443 $A_{Brann} = \pi * (D_{Brann} / 2)^2$
3444 $A_{D3_D4} = \pi * (D_{D3_D4} / 2)^2$ [m²]
3445 $A_{D4_14} = \pi * (D_{D4_14} / 2)^2$ [m²]

3446

$$3447 \quad A_{14gr_E1} = \pi * (D_{14gr_E1} / 2)^2 \quad [m^2]$$

$$3448 \quad A_{grLenav1} = \pi * (D_{grLenav1} / 2)^2 \quad [m^2]$$

$$3449 \quad A_{grLenav2} = \pi * (D_{grLenav2} / 2)^2 \quad [m^2]$$

$$3450 \quad A_{E2_11gr} = \pi * (D_{E2_11gr} / 2)^2 \quad [m^2]$$

