

Til
FFH50 - Lavtemperaturgruppen

Dokumenttype
Rapport

Dato
September 2021

FFH50 – FREMTIDENS FJERNVARME I HOVEDSTADSOMRÅDET I 2050

VEJEN MOD LAVERE TEMPERATURER I HOVEDSTADS- OMRÅDETS FJERNVARMESYSTEM



FFH50 – FREMTIDENS FJERNVARME I HOVEDSTADSOMRÅDET I 2050 VEJEN MOD LAVERE TEMPERATURER I HOVEDSTADSOMRÅDETS FJERNVARMESYSTEM

Projektnavn **Lavtemperatur fjernvarme og intelligent styring**
Projektnr. **1100045383**
Modtager **FFH50 – Lavtemperaturgruppen**
Dokumenttype **Rapport**
Dato **2021-09-21**
Udarbejdet af **HJH, SORK, NHR, CLABO, JNF**
Kontrolleret af **HJH, SORK, NHR, CLABO, JNF**
Godkendt af **JNF**
Beskrivelse **Endelig version**

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S

T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
<https://dk.ramboll.com/energi>

INDHOLD

1.	Indledning og baggrund	5
2.	Hovedkonklusioner	7
2.1	Transmissionssystemet	7
2.1.1	CTR/VEKS	8
2.1.2	VF	9
2.2	Distributionssystemet	10
2.2.1	Simpelt screeningsværktøj	11
2.3	Bygningsmassen	11
3.	Overordnede forudsætninger	13
3.1	Temperaturforhold	13
4.	Delopgave 1 – Transmission	14
4.1	Forudsætninger	14
4.1.1	Nettene	14
4.1.2	Årsforbrug	14
4.1.3	Kapacitetsbehov	15
4.1.4	Produktionsforhold	15
4.2	Beregninger	15
4.2.1	Belastningssituationer	16
4.2.2	Fordeling af produktion	16
4.3	Beregningsresultater, CTR/VEKS	20
4.4	Beregningsresultater, VF	20
4.5	Vurdering af kapacitetsreduktion	21
4.5.1	CTR/VEKS	21
4.5.2	VF	22
4.6	Gennemgang af mulige tiltag	22
4.6.1	CTR/VEKS	23
4.6.2	VF	29
5.	Delopgave 2 – Distribution	31
5.1	Valg af distributionsnet	31
5.2	Forudsætninger	31
5.2.1	Central Øst	32
5.2.2	GØW-nettet	33
5.3	A - Vurdering af kapacitetsreduktion	35
5.3.1	Central Øst i Roskilde	36
5.3.2	GØW-nettet i København	37
5.4	B - Gennemgang af virkemidler og omkostninger	39
5.4.1	Øge ledningsdimensioner	39
5.4.2	Etablering af boosterpumpestationer	41
5.4.3	Ændre dimensioneringskriterie fra -12 °C til -10 °C	45
5.4.4	Etablering af varmeakkumulatorer	45
5.4.5	Etablering af temperaturboost i maksimalsituationer	47
5.4.6	Opgradering til 10 bars net	47
5.4.7	Investeringer	48
5.5	C - Simpelt værktøj	50
6.	Delopgave 3 – Bygninger	53
6.1	Udvalgte bygninger	53
6.2	Bygningers rolle i energisystemet	53

6.3	Forudsætninger	54
6.3.1	Bygningsreglementer	54
6.3.2	HOFOR – Tekniske bestemmelser for fjernvarme, varmt vand	55
6.4	Metode for beregning af varmebesparelser, forbedring af afkøling og priser	56
6.4.1	Priser	56
6.5	Tiltag / virkemidler og omkostninger	56
6.5.1	Reduceret varmebehov	56
6.5.2	Forbedret afkøling - centralvarme	57
6.5.3	Forbedret/optimeret styring af anlæg	60
6.5.4	Håndtering af Legionella	61
6.6	Resultater / konklusioner	62
6.6.1	Lavtemperatur (LT) drift med fjernvarmedistribution 70-40°C	63
6.6.2	Ultra lavtemperatur (ULT) drift med fjernvarmedistribution 50-35°C	63

TABELLER

Tabel 1: Energibesparelser og forbedring af afkøling i boligbyggeri	12
Tabel 2: Definition af temperatursæt i reference, lavtemperaturfjernvarme og ultra lavtemperaturfjernvarme.	13
Tabel 3: Produktionsfordeling i maksimal grundlastproduktion år 2030, produktionsscenarie C	17
Tabel 4: Produktionsfordeling i spidslastsituationen år 2030, produktionsscenarie C	17
Tabel 5: Beregningsoversigt	19
Tabel 6: VF transmissionsnettets kapacitet ved forskellige produktionsscenarier og afkølingsforhold	21
Tabel 7: Oversigt over virkemidler og indflydelse på driftsscenarier	23
Tabel 8: Investeringer i opgraderinger	26
Tabel 9: Overslagsmæssige omkostninger ved udvidelse af hydraulisk kapacitet for CTR/VE	29
Tabel 10: Dimensionerende effekt for Central Øst nettet	33
Tabel 11: Oversigt over tracélængder pr. dimension i Central Øst nettet. Tracélængde for stikledninger er skønnet	33
Tabel 12: Dimensionerende effekt for GØW-nettet	35
Tabel 13: Oversigt over tracélængder pr. dimension i GØW-nettet.	35
Tabel 14: Ledningsnettets kapacitet ved op-dimensionering	39
Tabel 15: Strækninger der skal opdimensioneres	40
Tabel 16: Ledningsnettets kapacitet ved redimensionering	40
Tabel 17: Strækninger hvor forekommer trykgradient over hhv. 12 og 20 mmVs/m, der øges 1 dimension	41
Tabel 18: Flow og pumpeløft for boosterpumpestationer i lavtemperaturscenarie	43
Tabel 19: Flow og pumpeløft for boosterpumpestationer i ultralavtemperaturscenarie	43

Tabel 20: Flow og pumpeløft for boosterpumpestationer i lavtemperaturscenarie	44
Tabel 21: Anslåede omkostninger til opgradering af ledningsnet til kapacitet til lavtemperatur ved de enkelte tiltag	50
Tabel 22: Resultatskema, eksempel 1.	51
Tabel 23: Resultatskema, eksempel 2	52
Tabel 24: Energibesparelser og forbedring af afkøling i boligbyggeri	62

FIGURER

Figur 1: Definition af temperatursæt i reference, lavtemperaturfjernvarme og ultra lavtemperaturfjernvarme.	13
Figur 2: Overslag over fjernvarmeforbindelser	24
Figur 3: Varighedskurve	27
Figur 4: Sænkning af tilbagebetalingstid for varmelagre i VEKS/CTR-systemet	28
Figur 5: Sænkning af tilbagebetalingstid for varmelagre i VF-systemet	30
Figur 6: Central Øst nettet i Roskilde	32
Figur 7: GØW-nettet i Københavns NV (HOFOR)	34
Figur 8: Kapacitetsreduktion i Central Øst nettet	36
Figur 9: Kapacitetsreduktion i Central Øst nettet sammenholdt med varighedskurve	37
Figur 10: Kapacitetsreduktion i GØW nettet	38
Figur 11: Kapacitetsreduktion i GØW-nettet	38
Figur 12: Placering af boosterpumpestationer i Central Øst net for at kunne levere 51 MW ved en afkøling på 30 °C	42
Figur 13: Placering af boosterpumpestationer i GØW-nettet for at kunne levere 90 MW ved en afkøling på 30 °C	44
Figur 14: Teoretisk behovsprofil an net for Central Øst samt nettets hydrauliske kapacitet ved lavtemperaturscenarie	46
Figur 15: Behovsprofil an net for GØW samt nettets hydrauliske kapacitet ved lavtemperaturscenarie	47
Figur 16: Sammenhæng mellem antal installationer og omkostning til opgradering til 10 bar	48
Figur 17: Anvendte planlægningspriser for etablering af fjernvarmeledninger oplyst af HOFOR	49
Figur 18: Ved renovering/udskiftning af bygningsdele skal disse værdier overholdes i h.t. BR10	54
Figur 19: Fra HOFORS Tekniske Bestemmelser Bilag jan. 2018 vedr. størrelse på varmtvandsbeholdere. Rene vekslerløsninger accepteres som udgangspunkt ikke	55
Figur 20: Radiatorstørrelser ved forskellige anlægstemperaturer – radiatorstørrelse mere end fordobles ved at gå fra 80-50 °C til 60-30 °C	58

APPENDIX

BILAG - DELOPGAVE 1

BILAG – DELOPGAVE 2

BILAG – DELOPGAVE 3

1. INDLEDNING OG BAGGRUND

Den stigende elektrificering af samfundet medfører at et øget antal varmepumper skal indpasses i det danske energisystem. Lavere temperaturer i fjernvarmesystemerne er dels en forudsætning for fuldt ud at kunne udnytte varmen fra varmepumperne, men medfører også andre fordele eksempelvis i form af lavere tab i fjernvarmesystemet, at der kan anvendes trykløse lagre og at systemet kosteffektivt bliver i stand til at integrere overskudsvarme fra flere forsyningskilder.

Fjernvarmen er omdrejningspunktet i det fremtidige energisystem, hvor der skal integreres en langt højere andel vedvarende energi end i dag. Den fluktuerende natur fra energien medfører, at der til tider er et underskud af vedvarende energi i forsyningen og til tider er der et potentielt "overskud" af vedvarende energi i forsyningen. For at balancere den "overskydende" el kan der vælges flere forskellige løsninger herunder at stoppe vindmøller, men dette er forbundet med betydelige samfundsøkonomiske tab. I stedet bør vinden udnyttes til at producere varme fra fleksible varmepumper / elkedler til lagre ved lave elpriser og begrænse/stoppe produktionen ved højere priser og i stedet levere varmen fra lagre.

Fjernvarmens fleksibilitet betyder, at omkostningerne for at forstærke elnettet bliver reduceret, idet elkedler kan tage toppen af produktionen. Kendetegn for elkedlerne er, at etableringsomkostningerne er meget lave. Derfor er det ikke nødvendigt, at de opnår mange timer i drift. Derudover er de velegnede til at leve reguleringsydelse for elnettet eller i at booste temperaturen fra varmepumper, såfremt der er behov for højere fremløbstemperatur end varmepumpen er i stand til at levere.

Bygningerne er en central del af energisystemet og bygningernes evne til at afkøle varmen i de interne bygningssystemer, og dermed levere lav returtemperatur tilbage i fjernvarmesystemet, øger kapaciteten for fjernvarmen. Bygningernes temperaturmæssige respons på varmeleveringen har konsekvenser for temperaturerne i distributionssystemerne og transmissionssystemerne og dermed den opnåelige varmekapacitet. En sænkning af fremløbstemperaturerne vil umiddelbart reducere de opnåelige temperaturdifferencer sammenlignet med i dag, og dermed bliver kapaciteten i fjernvarmesystemerne reduceret.

I nærværende rapport undersøges konsekvenserne ved at reducere temperaturerne i Hovedstadsområdets fjernvarmesystem til hhv. lavtemperatur og ultra lavtemperatur.

I analysearbejdet er der udført hydrauliske analyser af VEKS/CTRs transmissionssystem, og VF Hedtvalsnet (fra Lundebjerg til Bagsværd, der her betragtes som værende transmissionssystem). Analyserne tager udgangspunktet i foreløbige produktionsscenarioer for årene 2020 (reference), 2030 og 2050, der viser mulige veje frem mod fremtidens fjernvarmesystem. Tilsvarende er der udført hydrauliske analyser af to udvalgte distributionssystemer; henholdsvis Central Øst i Roskilde, og GØW-nettet i København NV. Hertil er effekt og omkostninger for udvalgte tiltag for at muliggøre lavere fjernvarmetemperaturer undersøgt for ledningsnettet.

Til sidst er omkostninger og effekt af udvalgte tiltag for at sænke opvarmningsbehovet, forbedre afkølingen, og reducere risiko for dannelse af legionella i det varme brugsvand, analyseret for tre udvalgte boligejendomme vha. energirammeberegninger.

Som led i opgaveløsningen er der, ifm. analyserne af hhv. distributionssystemet og bygningsmassen, etableret et simpelt beregningsprogram der gør det muligt at foretage overordnede vurderinger af distributionssystemerne med henblik på at vurdere, om nettet kan omstilles til lavtemperaturdrift.

Resultatet af analyserne i nærværende rapport vil være med til at give varmeselskaberne et bedre grundlag for planlægning af fjernvarmeforsyning i Hovedstadsområdet frem mod 2050.

Det var et ønske fra FFH50, at hovedvægten af analyserne blev lagt i lavtemperaturscenariet, hvilket betyder, at der er analyser gennemført i lavtemperaturscenariet som ikke er at finde i ultra lavtemperaturscenariet.

2. HOVEDKONKLUSIONER

Denne rapport undersøger bl.a. konsekvenserne for transmissions- og distributionssystemerne i København ved at drive nettene som hhv. lavtemperatur og ultra lavtemperatur.

Det er vores overordnede konklusion, at det ud fra et hydraulisk perspektiv er muligt at drive systemerne som lavtemperaturnet med relativt begrænsede investeringer i nettene for at overkomme de hydrauliske flaskehalse. Skal nettene derimod drives som ultra lavtemperaturnet, vil det kræve betydelige investeringer både til opgradering af rørstrækninger samt til boosterpumpestationer. Det bemærkes, at der i de overordnede investeringer fastlagt i hhv. transmissions- og distributionsafsnittene i rapporten, ikke er set på de samlede investeringer i bygningsmassen.

Det er i sidste ende bygningerne der definerer hvorvidt nettene kan drives som hhv. lavtemperatur- og ultra lavtemperaturnet, idet det er i bygningerne, hvor afkølingen og dermed returtemperaturen bliver fastlagt. Det er vores vurdering, at langt hovedparten af den nyere bygningsmasse (efter 1980'erne) kan drives som lavtemperatur med få eller ingen tiltag, hvorimod ældre bygninger med det oprindelige varmesystem vil få problemer ved lavere temperaturer og vil derfor kræve mere omfattende tiltag, såsom udskiftning til 2-strengt radiator system. De nærmere tiltag kan ses af afsnittet der omhandler bygningerne. Ultra lavtemperaturdrift i bygningerne vurderes derimod generelt vanskeligt at gennemføre uden at der gennemføres svært omkostningstunge tiltag selv for nyere bygninger, og i ældre bygninger kan det endvidere vise sig at være praktisk umuligt.

Ved temperaturforudsætningerne for hhv. lavtemperatur og ultra lavtemperatur, er det overordnet antaget, at returtemperaturen forbliver konstant når fremløbstemperaturen sænkes. Afhængigt af de interne bygningsinstallationers respons på en reduktion af temperaturen, kan det ske, at returtemperaturen øges, hvilket vil vanskeliggøre drift ved hhv. lavtemperatur og ultra lavtemperatur.

I det følgende gennemgår vi konklusionerne for de enkelte afsnit.

2.1 Transmissionssystemet

For at undersøge mulighederne for at sænke temperaturerne i Hovedstadsområdets transmissions-system til hhv. lavtemperatur og ultra lavtemperatur, er der lavet analyser af CTR/VEKS transmissionssystemet og VF hedtvandssystemet fra Lundebjerg til Bagsværd, der her betragtes som værende et transmissionssystem.

Ifm. analysearbejdet blev lavtemperaturfjernvarme i transmissionssystemet defineret som 90/45°C (dT 45°C), og ultra lavtemperaturfjernvarme som 65/40°C (dT 25°C).

I første omgang blev det undersøgt hvor meget kapaciteten i transmissionssystemet falder såfremt temperaturerne sænkes til hhv. lavtemperatur og ultra lavtemperatur i årene 2030 og 2050 uden tiltag. Hertil er der taget udgangspunkt i forbrugsprognoser for nævnte år (se bilag 1A1) og hhv. fire foreløbige produktionsscenarier (se bilag 1A3). Produktionsscenarierne viser en gradvis overgang fra dagens fjernvarmesystem hvor produktionen næsten udelukkende er brændselsbaseret og placeret centralt (referencescenarie), til et system hvor al eksisterende central produktion er indstillet og erstattet med ny CO₂-neutral central og decentral produktion. Produktionsscenarierne skal kun betragtes som eksempler på en mulig udfasning, der er givet som et grundlag for nærværende opgave.

Efterfølgende blev omkostninger og effekt af udvalgte kapacitetsforøgende tiltag vurderet for transmissionssystemet ved lavtemperatur (dT 45°C) for:

- Produktionsscenarie C (hvor al den centrale biomassebaserede produktion, samt ARG05 og VF5, er erstattet med anden CO₂-neutral produktion) i 2030
- Produktionsscenarie D (hvor al eksisterende produktion på Amagerværket (AMV), Avedøreværket (AVV) og affaldsværkerne er indstillet og erstattet med 650 MJ/s ny CO₂-neutral produktion på AVV og 456 MJ/s CO₂ neutral produktion på AMV) i 2050.
 - Som et tiltag for at forbedre de hydrauliske forhold i dette scenarie i 2050, blev der udarbejdet et nyt produktionsscenarie D1, hvor produktionskapaciteten på AVV og AMV blev ombyttet; AVV: 456 MJ/s, AMV: 650 MJ/s. Tiltag og tilhørende omkostninger er dog ikke vurderet for produktionsscenarie D1.

Det bemærkes, at undersøgelserne er koncentreret om driftssituationer med store kapacitetskrav. I sommerperioden kan man forestille sig, at afkølingen kan reduceres yderligere, men dette er ikke undersøgt i nærværende rapport.

2.1.1 CTR/VEKS

Reduktionen af kapaciteten i transmissionsnettet ved lavtemperatur og ultralavtemperatur er beregnet i forhold til referenceafkølingen på 60°C, og er udført ved forsøgsvis at reducere forbrug og produktion indtil der ikke observeres tryk – eller hastighedsoverskridelser. Der er således tale om tilnærmede beregninger.

I tabellen herunder er vist kapaciteten for CTR-nettet og for VEKS-nettet ved varierede afkølinger.

År	Prod. Scenarie	Afkøling (dT) Cel.	CTR		VEKS		CTR + VEKS Reduktion	Kapacitetsforøgende tiltag
			Kapacitet MJ/s	Reduktion	Kapacitet MJ/s	Reduktion		
2020	Reference	60	1037	0%	501	0%	0%	Ingen
2020	Reference	45	705	32%	337	33%	32%	Ingen
2020	Reference	25	454	56%	214	57%	57%	Ingen
2030	C	45	734	29%	218	56%	38%	Ingen
2030	C	45	844	19%	264	47%	28%	Opgradering af Albertslund, og SPW
2050	D	45	471	55%	159	68%	59%	Ingen
2050	D	45	678	35%	222	56%	41%	Opgradering af Albertslund, SPW, RØP og DAP, udvalgte rørstrækninger

En given reduktion af transmissionsnettets kapacitet kan afhjælpes ved at introducere kapacitetsforøgende tiltag. Eksempelvis ses det, at anvendelse af produktionsscenarie C med en afkøling på 45°C (lavtemperatur) umiddelbart vil resultere i en kapacitetsreduktion på 38 % i forhold til referencescenariet. Men hvis der foretages en opgradering af Albertslund pumpestation og vekslerstation SPW, så er kapacitetsreduktionen kun 28 %.

2.1.1.1 Lavtemperatur

For produktionsscenarie C med en afkøling på 45°C i 2030 indikerer beregningerne, at transmissionssystemet stort set har den nødvendige kapacitet – dog skal boosterpumpestation Albertslund opgraderes. Desuden indikerer beregningerne en overbelastning af vekslerstation SPW. Dette kan evt. håndteres ved etablering af decentral grundlast i Hellerup-området, der ligger tæt på Øresund, hvorfor der relativt let kan skaffes en passende varmekilde for en sådan varmepumpe. De samlede investeringer for kapacitetsforøgende tiltag hertil er vurderet til 29 mio. kr.

For produktionsscenarie D med en afkøling på 45°C i 2050 indikerer beregningerne behov for forøgelse af rørdimensioner på udvalgte strækninger samt opgradering af Rødovre boosterpumpestation og Damhussøens pumpestation – foruden den omtalte opgradering af Albertslund pumpestation. Transmissionsnettet er mest belastet i en driftssituation, hvor forbruget netop svarer til produktionskapaciteten fra grundlastproduktionen, dvs. hvor der ud fra et produktionsmæssigt synspunkt ikke er behov for at indsætte spidslast. I denne situation skal varmen fra grundlastproduktionen transporteres længst væk, hvilket belaster transmissionsnettet. De samlede investeringer for kapacitetsforøgende tiltag hertil er vurderet til at ligge i størrelsesorden 140-480 mio. kr., afhængigt af hvorvidt de nævnte rørstrækninger betragtes som værende udtjente og dermed alligevel skal skiftes.

Endelig bemærkes det, at den nævnte opgradering af visse rørstrækninger og pumpestationer i CTR/VEKS-systemet hænger sammen med den givne produktionsfordeling mellem AVV og AMV i produktionsscenarie D (se bilag 1A3, AVV: 650 MW, AMV: 456).

Med en produktionsfordeling som angivet for produktionsscenarie D1 (hvor fordelingen mellem AMV og AVV er byttet om på; AVV: 456 MJ/s, AMV: 650 MJ/s) og afkøling 45°C kan de fleste af ovennævnte opdimensioneringer af rørstrækninger, samt opgraderinger af boosterpumpestationer undgås og investeringsbehovet kan derfor reduceres betydeligt.

2.1.1.2 Ultra lavtemperatur

Der er ikke udført beregninger med en afkøling på 25°C i forbindelse med produktionsscenarie C da det ikke vurderes realistisk at gennemføre en omlægning til ultra lavtemperatur inden 2030.

Beregningerne for både produktionsscenarie D og D1 i 2050 med en afkøling på 25°C indikerer massive tryk- og hastighedsoverskridelser, som i givet fald skal håndteres med forøgelse af rørdimensionen i en række strækninger samt etablering af 5 nye boosterpumpestationer i VEKS-området. I CTR-nettet skal der bl.a. foretages en opdimensionering af rørene i tunnelforbindelsen mellem AMV og Østerport station. I VEKS-nettet skal kapaciteten forøges på 6 vekslerstationer og i CTR-nettet skal kapaciteten forøges på 10 vekslerstationer. Det er ikke beregnet investeringsomkostninger hertil.

I tillæg til de nævnte tiltag ovenfor, skal der foretages store investeringer i bygningsmassen for at bygningerne kan agere som ultra lavtemperaturbygninger. Man kan dog forestille sig, at der foretages løbende investeringer i bygningsmassen og net frem mod 2050, og at temperaturen efterhånden kan reduceres i nettet frem mod ultra lavtemperatur. Man bør dog løbende have fokus på besparelspotentialer ved at gå fra lavtemperatur til ultra lavtemperatur og vurdere hvorvidt fordelene kan opveje de betydelige investeringer. Scenariet for CTR/VEKS-nettet er ikke behandlet yderligere i dette notat.

2.1.2 VF

I tabellen herunder er vist kapaciteten for VF-transmissionsnettet ved varierede afkølinger og kapacitetsreduktionen er opgjort i forhold til kapaciteten ved en afkøling på 60°C.

År	Prod. Scenarie	Afkøling (dT) Cel.	VF				Kapacitetsforøgende tiltag
			VF prod. MJ/s	DTU Prod. MJ/s	Kapacitet MJ/s	Reduktion	
2020	Reference	60	192	40	232	0%	Ingen
2020	Reference	45	144	30	174	25%	Ingen
2020	Reference	25	80	17	97	58%	Ingen
2030	C	45	138	0	138	41%	Ingen
2050	D	45	74	0	74	68%	Ingen

I tabellen er også vist kapacitetsreduktionen i transmissionsnettet forhold til referencesituation i forbindelse med produktionsscenarie C og D.

Lavtemperatur

Med de specificerede forudsætninger indikerer beregningerne baseret på en afkøling på 45°C for VF ikke behov for opgradering af hverken pumpekapaletet eller rørdimensioner i forbindelse med produktionsscenarie C (hvor al den centrale biomassebaserede produktion, samt ARGO5 og VF5, er erstattet med anden CO₂-neutral produktion) i 2030, eller ved produktionsscenarie D (hvor al eksisterende produktion på AMV, AVV og affaldsværkerne er indstillet og erstattet med 650 MJ/s ny CO₂-neutral produktion på AVV og 456 MJ/s CO₂ neutral produktion på AMV) i 2050.

Ultra lavtemperatur

For VF-nettet indikerer beregningerne, at med de anførte forudsætninger vil en afkøling på 25°C være en mulighed i 2050.

Det ses, at med de givne forudsætninger er det ikke fundet nødvendigt at anvende virkemidler i forbindelse med VF-transmissionsnettet. Dette skyldes, at det er forudsat, at der i VF's forsyningsområder etableres en hel del decentral grundlastproduktion lokalt der alt i alt vil reducere den kapacitet, der skal overføres fra transmissionsnettet.

2.2 Distributionssystemet

For at vurdere mulighederne for at sænke temperaturerne i Hovedstadsområdets distributionssystem til hhv. lavtemperatur og ultra lavtemperatur, er der lavet analyser af to udvalgte distributionsnet - Central Øst i Roskilde og GØW i København NV.

Ifm. analysearbejdet blev lavtemperaturfjernvarme i distributionssystemet defineret som 70/40°C (dT 30°C), og ultra lavtemperaturfjernvarme som 50/35°C (dT 15°C).

Først blev kapacitetsreduktionen i de udvalgte net vurderet. Herefter blev effekt og omkostninger for kapacitetsforøgende tiltag ved lavtemperatur undersøgt.

Det var en forudsætning for analysen, at kapaciteten i distributionsnettene skulle opretholdes ved en lavere temperaturdifferens (dT), uden at der etableres yderligere decentral produktionskapacitet.

Lavtemperatur

Ved lavtemperatur reduceres overførselskapaciteten med hhv. 25% i Central Øst og 31% i GØW.

Hvis samtlige rørstrækninger opdimensioneres i begge net, bliver kapaciteten lige nøjagtig stor nok ved lavtemperatur. Hertil følger investeringsomkostninger på hhv. 101 mio. kr. for Central Øst og 79 mio. kr. for GØW. Hvis opdimensionering kan tilpasses over en årrække, og udføres i forbindelse med, at ledninger alligevel skal renoveres, så er det kun merudgiften ved at øge dimensionen der er den reelle omkostning til at opnå den tilstrækkelige kapacitet. For GØW-nettet er merudgiften til at gå en dimension op ved renovering på 9 mio. kr., mens den er 7 mio. kr. for CØ-nettet.

Et potentielt billigere alternativ for at opnå den fornødne kapacitet ved lavtemperatur vil være at etablere hhv. 4 boosterpumpestationer (kombineret med 14 ventilafspærringer for at undgå, at boosterpumperne pumper i ring) til en omkostning på ca. 11 mio. kr. i Central Øst, og 2 boosterpumpestationer i GØW til en omkostning på ca. 10 mio. kr. I analyserne er det antaget, at det fysisk er muligt at placere boosterpumpestationer de steder, hvor der er behov.

Ultra lavtemperatur

Reduceres temperaturerne svarende til en lavtemperaturnet ændres afkølingen til 15 °C, og overførselskapaciteten reduceres med hhv. 63% i Central Øst og 65% i GØW.

Hvis samtlige rørstrækninger opdimensioneres i begge net som for lavtemperaturscenariet, bliver kapaciteten kun på hhv. 55% af behovet i Central Øst og 56% af behovet i GØW. Hvis der foretages yderligere (og meget omfattende) opdimensioneringer af nettet, vil det være muligt også i ultra lavtemperaturscenariet at opnå den nødvendige kapacitet.

De hhv. 4 og 2 boosterpumpestationer angivet i lavtemperaturscenariet, vil ikke være nok da de kun vil øge overførselskapaciteten marginalt. Det er ikke regnet på hvor mange flere boosterpumpestationer der skal til i dette scenario jf. fordeling af tid mellem lavtemperatur og ultra lavtemperatur i udbuddet.

2.2.1 Simpelt screeningsværktøj

Ifm. analyserne af distributionssystemet er der udviklet et regneark, hvormed der kan foretages en simpel screening af et givet distributionsnet med henblik på at få et groft overslag over investeringerne i forbindelse med omlægning til lavere fremløbstemperatur og deraf følgende lavere afkølinger. Se nærmere beskrivelse i afsnit 5.5.

2.3 Bygningsmassen

For at undersøge mulighederne for at sænke fremløbstemperaturen til fjernvarmekunderne i Hovedstadsområdet er det lavet analyser af effekt og omkostninger for aktuelle tiltag i tre udvalgte bygninger ved lavtemperatur (dT 30°C) og ultralavtemperatur (dT 15°C). De aktuelle tiltag har til formål at hhv. sænke opvarmningsbehovet, modvirke legionelladannelse i det varme brugsvand og sikre en god afkøling.

Omkostningerne for tiltagene i de udvalgte bygninger anses for at være repræsentative for omkostninger generelt og resultaterne anvendes derfor som inputs til screeningsværktøjet udviklet ifm. delopgave 2C.

Omkostninger for tiltagene kan ses af følgende tabel hvor omkostningerne er anført i kr. per etagekvadratmeter (kr. / Em²):

Tiltag	Investering i kr./Em ²			Øget afkøling	Varme-besp	Bygninger før	Fjernvarme-princip	
	Enfamilie-hus	30-40 lejlig-heder	> 100 lejlig-heder	°C	kWh/Em ²	Årgang	LT	ULT
Udvendig facadeisolering	1086	1038	999	10-15	< 45	1950	(X)	(X)
Vinduesudskiftning	679	573	539	< 5	< 17	1990	(X)	(X)
Rørisolering BV+BC i uopv. Rum	65	48	40	< 1	< 7	1980	(X)	(X)
Radiatoranlæg udskiftes, 2-streng, større radiatorer	878	850	832	10-20		1990	(X)	X
Varmeveksler	82	27	11	< 5		1990	(X)	X
Varmtvandsbeholder	75	40	17	5-10		1990		X
Lokal spidslast, elpatron	69	20	4	-				X
Håndtering af legionella				100.000				X
Klorelektrolyse								

Tabel 1: Energibesparelser og forbedring af afkøling i boligbyggeri

Lavtemperatur

Det vurderes at være muligt, at gennemføre lavtemperaturdrift i bygningerne med få eller ingen tiltag såfremt de er opført/renoveret efter minimum BR95. I en del ældre bygninger vil det være nødvendigt at udskifte radiatoranlægget fra et 1-strengt til et 2-strengt system, og/eller at efterisolere klimaskærmen.

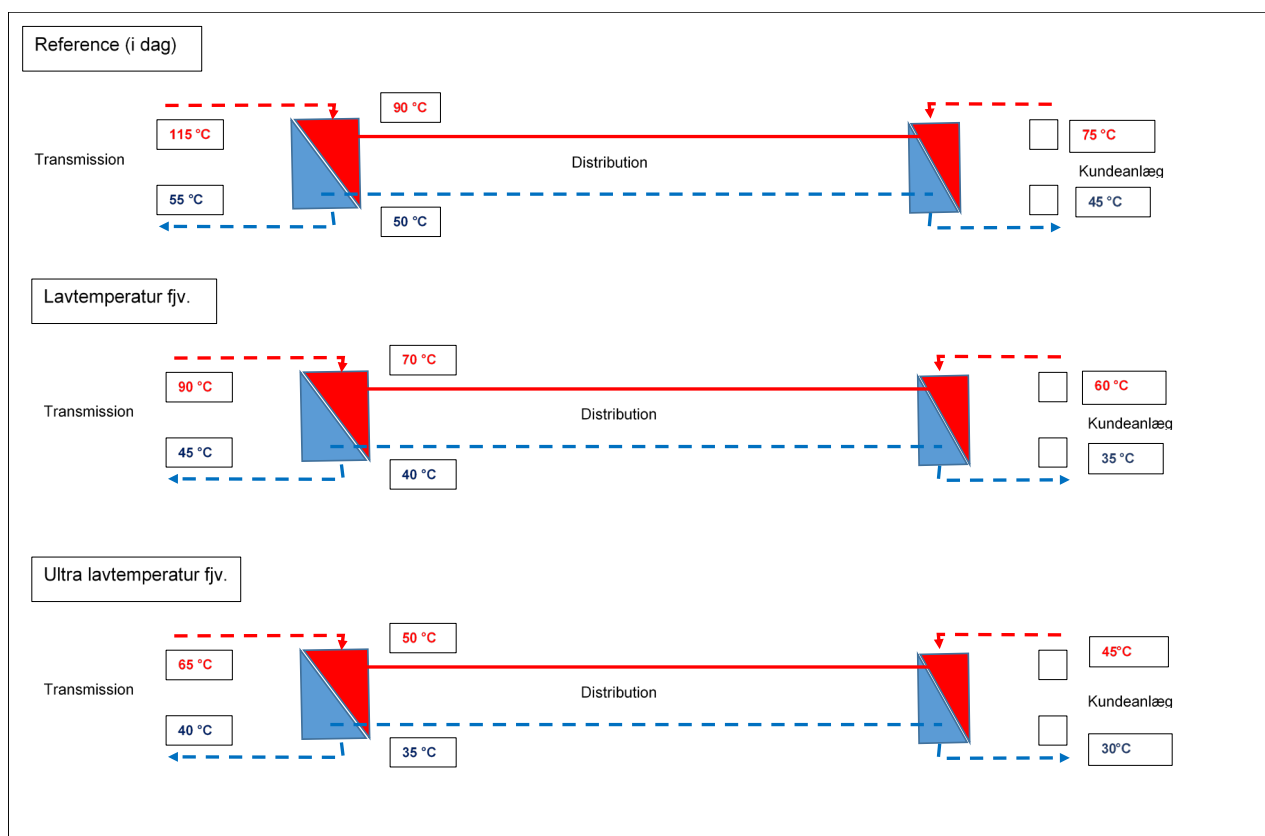
Ultra lavtemperatur

Det fremgår af analysen at det generelt vurderes vanskeligt at drifte bygningerne ved ultra lavtemperatur uden at der gennemføres betydelige tiltag selv for nyere bygninger. For ældre bygninger kan det endvidere vise sig at være praktisk umuligt.

3. OVERORDNEDE FORUDSÆTNINGER

3.1 Temperaturforhold

Figur 1 viser temperatursæt, der er forudsætning i hhv. transmissions- og distributionssystemerne samt i bygningerne, og temperatursættene med afkøling er også vist i Tabel 2. De undersøgte temperatursæt er varmeforsyningsselskabernes bud på temperatursæt i henholdsvis lavtemperaturscenarie og ultra lavtemperaturscenarie. Hvis det viser sig, at lavtemperaturscenariet er realiserbart, mens ultra lavtemperaturscenariet umiddelbart ikke, så kan det godt være, at et scenarie med temperatursæt mellem de to undersøgte kan være realiserbart. Det er blot ikke undersøgt i denne undersøgelse.



Figur 1: Definition af temperatursæt i reference, lavtemperaturfjernvarme og ultra lavtemperaturfjernvarme.

	Transmission			Distribution			Bygninger		
	Tf [°C]	Tr [°C]	DT [°C]	Tf [°C]	Tr [°C]	DT [°C]	Tf [°C]	Tr [°C]	DT [°C]
Reference (i dag)	115	55	60	90	50	40	75	45	30
Lavtemperaturfjernvarme	90	45	45	70	40	30	60	35	25
Ultra lavtemperaturfjernvarme	65	40	25	50	35	15	45	30	15

Tabel 2: Definition af temperatursæt i reference, lavtemperaturfjernvarme og ultra lavtemperaturfjernvarme.

4. DELOPGAVE 1 – TRANSMISSION

4.1 Forudsætninger

4.1.1 Nettene

4.1.1.1 CTR/VEKS

CTR/VEKS-nettene er hydraulisk sammenkoblede og beregnes med Rambøll's System Rørnet model. Modellen indeholder alle vekslerstationerne. På Amagerværket er der installeret en vekslerstation (TPW) som tænkes at levere varme til det samlede konverteringsnet.

4.1.1.2 VF

VF's net er et stort, hydraulisk sammenkoblet net. Dog er der en række områder (eksempelvis i Herlev og Værløse), hvor der overføres varme via vekslerstationer.

Der vil her blive skelnet mellem det tidligere hedtvandsnet, som strækker sig fra Lundebergveksleren (nu temperaturshunt) i vest til Bagsværd temperaturshunt i øst, og de øvrige net.

Hedtvandsnettet vil blive betragtet som et transmissionsnet og de øvrige net vil blot blive tilsluttet dette transmissionsnet i enkelte knuder. Der er udført hydrauliske beregninger for transmissionsnettet.

4.1.2 Årsforbrug

Der er i regnearket "FFH varmemeforbrugsprognose – til rådgivere.xlsx" givet årsforbrug (i TJ) i en årrække fra 2020 til 2050 for en række områder. Der vil i denne undersøgelse blive taget udgangspunkt i forbrugene hørende til år 2020 (reference), år 2030 og år 2050.

Det bemærkes, at de oplyste forbrug for Gentofte formentlig ikke er korrekte. Disse forbrug er derfor efter aftale med CTR blevet ændret i henhold til CTR's årlige varmemeforbrugsprognose fra august 2019. De anvendte forbrug er vist i bilag 1A1.

4.1.2.1 CTR/VEKS

Forbrugsfordelingerne er baseret på oplysningerne i "FFH varmemeforbrugsprognose – til rådgivere.xlsx". Denne forbrugsfordeling er imidlertid givet for områder – eksempel CVAL for Valby. Men Valby kan forsynes fra vekslerstationerne HCW og VIW. Derfor er det nødvendigt at foretage en fordeling af Valby-forbruget mellem disse vekslerstationer. Et andet eksempel er området CFRE (Frederiksberg), der forsynes fra vekslerstationerne NPWF, MBW, FVW, FSW STWF og JTW.

For CTR og VEKS bliver det samlede forbrug for et givet år fordelt mellem de aktuelle vekslerstationer i henhold til de fordelingsnøgler, som anvendes i System Rørnet modellen. Fordelingsnøglerne er baseret på oplysninger, der tidligere er modtaget fra VEKS og CTR. Fordelingen blandt vekslerstationerne inden for de nævnte grupper foretages på grundlag af registrerede årsleverancer fra de involverede vekslerstationer.

Endvidere er der i fordelingen taget højde for, at Frederiksberg stationen JTW også forsyner til et mindre område af Nørrebro og at Valby stationen NPWK også forsyner til et mindre område af Frederiksberg. Det kan også nævnes, at Gentoftestationerne VGW og RYW forsyner HOFOR-områder i Emdrup og Ryparken.

For VEKS er fordelingen baseret på VEKS' årsprognoser for leverancen fra de enkelte vekslerstationer.

4.1.2.2 VF

For VF er der i regnearket "FFH varmemeforbrugsprognose – til rådgivere.xlsx" opgivet forbrug for Nordhedtvand samt Værløse, Ballerup, Bagsværd og Lyngby.

Nordhedtvand opfattes som forbruget i det ovennævnte VF-transmissionsnet og vil blive fordelt mellem forbrugsknuderne i henhold til den eksisterende fordelingsnøgle i Rambølls System Rørnet model for VF.

Ballerup bliver tillagt som et forbrug ved Lundebjerg temperaturshunt, mens Værløse, Bagsværd og Lyngby bliver tillagt som et forbrug ved Bagsværd temperaturshunt.

4.1.3 Kapacitetsbehov

Kapacitetsbehovet for transmissionsnettene er baseret på en benyttelsestid¹ på 3000 timer, idet denne effekt skal kunne leveres til de forskellige varmeoplande ved udfald af den største produktionsenhed. En benyttelsestid i denne størrelsesorden har traditionelt fra etableringen af CTR været benyttet som dimensionsgivende.

4.1.4 Produktionsforhold

4.1.4.1 Eksisterende, decentrale produktionsanlæg

Der er i regnearket "Eksisterende decentrale produktionsanlæg 2020-12-21.xlsx" (bilag 1A2) specificeret en række eksisterende, decentrale produktionsanlæg. Der er specificeret produktionskapaciteter og overordnede områder, hvor disse produktionsanlæg er placeret.

I bilag 1A2 er der i den gule kolonne indikeret, hvilke områder/vekslerstationer der bliver aflastet i beregningerne. For en række af produktionsanlæggene er kapaciteten delt ud som aflastning af forskellige vekslerstationer. Eksempelvis ses det, at 2,5 MJ/s overskudsvarme fra supermarkeder i HOFOR-området er delt ud med 25% til hver af vekslerstationerne STWK (Vesterbro), JÆW (Nørrebro), Østerbro og Amager land.

4.1.4.2 Produktionsscenarier

I regnearket "Produktionsscenarier til lavtemp 20201210.xlsx" er med fire scenarier (A – D) givet en oversigt over gradvis udfasning af de eksisterende værker på Amager og Avedøre samt affaldsforbrændinger. Denne oversigt skal betragtes som et eksempel på en mulig udfasning, der er givet som et grundlag for nærværende opgave.

Endvidere er givet en oversigt over en etablering af ny produktionskapacitet i de fire scenarier.

Disse oplysninger er samlet i bilag 1A3. Også her er der i den gule kolonne angivet hvilke vekslerstationer, der bliver aflastet af den specificerede kapacitet.

4.2 Beregninger

En beregning baserer sig på et årsforbrug (år 2020 - 2050), et produktionsscenarie (A-D) og en afkøling (nuværende, lavtemperatur, ultra lavtemperatur).

Derudover skal der specificeres en driftssituation, der igen består af en belastningssituation og en produktionssituation.

¹ Benyttelsestid (h) = Årligt varmebehov (MWh)/Max. Effekt (MW)

Endelig skal der til den givne driftsspecifikation tages stilling til hvorledes de forskellige pumpeinstallationer skal driftes.

4.2.1 Belastningssituationer

En belastningssituation kan være en situation, hvor kapacitetsbehovet an distributionsnet netop svarer til produktionskapaciteten på Amagerværket, Avedøreværket, Køge Kraftvarme, affaldsforbrændinger samt den nyetablerede centrale og decentrale produktionskapacitet for et givet produktionsscenarie. En sådan belastningssituation vil her blive betegnet som "Maks. Grundlast".

En belastningssituation kan også være en situation, hvor kapacitetsbehovet an distributionsnet er baseret på distributionsnettets årsvarmebehov samt den før omtalte benyttelsestid på 3000 timer. En sådan belastningssituation vil her blive betegnet som "Spidslast".

I de nuværende transmissionsnet er der dels spidslastproduktion med forsyning direkte til transmissionsnettet (eksempelvis CTR spidslastanlæg FVC) og dels en række decentrale spidslastcentraler med forsyning til distributionsnettene i de forskellige varmeoplande. I visse varmeoplande er der ikke decentrale spidslastenheder – eksempelvis CTR-område Tingbjerg. Dette betyder i praksis, at de forskellige varmeoplande ikke aflastes lige meget i en spidslastsituation.

Der er ikke i produktionsforudsætningerne specificeret hvordan de nuværende, decentrale gas/olie spidslastcentraler tænkes erstattet. Derfor er der her taget udgangspunkt i, at der etableres decentrale spidslastanlæg i de varmeoplande, der ikke har overskud af decentral grundlastproduktion. Der tænkes således etableret en ensartet aflastning af vekslerstationerne.

Maks. grundlastberegningen kan bruges til at undersøge, om transmissionsnettet har den nødvendige kapacitet.

Spidslastberegningen kan bruges til at undersøge hvor meget decentral spidslast (eksempelvis i form af elkedler/elpatroner), der skal indsættes i varmeoplandene knyttet til de enkelte vekslerstationer.

4.2.2 Fordeling af produktion

VEKS og CTR kan udveksle varme via forbindelsen ved Damhussøen og VEKS kan levere varme til CTR via vekslerstation VPW.

VF kan levere varme til VEKS og CTR.

VEKS og CTR kan ikke levere varme til VF. Men Spidslastkedlen på GLC kan levere til enten CTR eller VF.

I Tabel 3 er vist produktionsfordeling i maksimal grundlastproduktion år 2030, produktionsscenarie C. Det ses, at der eksporteres 31 MW fra VF til (i dette tilfælde) CTR og der overføres 279 MW fra VEKS til CTR (via pumpstation DAP og vekslerstation VPW). Andelen af grundlastkapaciteten i forhold til det maksimale kapacitetsbehov i de forskellige systemer varierer en hel del. Samlet udgør grundlastkapaciteten 61.7 %.

CVC30MG45		CTR	VEKS	CTR+VEKS	VF	Samlet
Max kapacitetsbehov	MW	2251	890	3141	314	3455
Max Grundlast	MW	790	562	1352	110	1462
Decentral Grundlast	MW	288	266	553	115	668
Decentral Spidslast	MW					
Grundlast andel		47.9%	93.0%	60.7%	71.7%	61.7%
Timetal på varighedskurve		3541	35	878	26	809
Aktuelt Kapacitetsbehov	MW	1388	549	1937	194	2130
Produktion	MW	1078	828	1905	225	2130
Over/underskud	MW	-310	279	-31	31	
R:\RORNet\SR_DATA\FFH50_HJH\XXD50SP45 fordeling_02.xlsx]Prodfordeling C						

Tabel 3: Produktionsfordeling i maksimal grundlastproduktion år 2030, produktionsscenarie C

Tabellen viser endvidere timetallet på varighedskurven for den aktuelle grundlastandel – se afsnit 4.6.1.5.

I visse områder er der installeret mere decentral grundlastkapacitet end der kan afsættes i situationen med maksimal grundlastproduktion (se bilag 1A5, afsnit 3). Når belastning øges, kan denne overskydende grundlastproduktion indsættes, før der indsættes spidslastproduktion i disse områder. Derfor er der en glidende overgang fra maks. grundlastsituationen til spidslastsituationen, hvor der dels indsættes mere decentral grundlast og dels indsættes decentral spidslastproduktion.

Dette er illustreret i Tabel 4 hvor det eksempelvis ses, at den decentrale produktion i CTR-området er øget fra 288 MW (Tabel 3) til 325 MW.

CVC30SP45		CTR	VEKS	CTR+VEKS	VF	Samlet
Max kapacitetsbehov	MW	2251	890	3141	314	3455
Max Grundlast	MW	790	562	1352	110	1462
Decentral Grundlast	MW	325	578	902	148	1050
Decentral Spidslast	MW	887	0	887	56	943
Grundlast andel		49.5%	128.0%	71.8%	82.2%	72.7%
Timetal på varighedskurve		3420	1	634	60	577
Aktuelt Kapacitetsbehov	MW	2251	890	3141	314	3455
Produktion	MW	2001	1140	3141	314	3455
Over/underskud	MW	-249	249	0	0	
R:\RORNet\SR_DATA\FFH50_HJH\XXD50SP45 fordeling_02.xlsx]Prodfordeling C						

Tabel 4: Produktionsfordeling i spidslastsituationen år 2030, produktionsscenarie C

Det ses, at samlet udgør grundlastkapaciteten 72.7 %.

I de to tabeller herunder er tilsvarende vist produktionsfordelingen for produktionsscenarie D, år 2050.

CVD50MG45		CTR	VEKS	CTR+VEKS	VF	Samlet
Max kapacitetsbehov	MW	2095	837	2932	295	3227
Max Grundlast	MW	456	650	1106	74	1180
Decentral Grundlast	MW	337	257	594	141	735
Decentral Spidslast	MW					
Grundlast andel		37.8%	108.3%	58.0%	72.9%	59.3%
Timetal på varighedskurve		3999	1	1067	203	973
Aktuelt Kapacitetsbehov	MW	1243	497	1739	175	1915
Produktion	MW	793	907	1700	215	1915
Over/underskud	MW	-450	410	-40	40	

R:\RORNet\SR_DATA\FFH50_HJH\XXD50SP45 fordeling_02.xlsx]Prodfordeling D

Produktionsfordeling i maksimal grundlastproduktion år 2050, produktionsscenarie D

CVD50SP45		CTR	VEKS	CTR+VEKS	VF	Samlet
Max kapacitetsbehov	MW	2095	837	2932	295	3227
Max Grundlast	MW	456	650	1106	74	1180
Decentral Grundlast	MW	420	367	787	189	976
Decentral Spidslast	MW	811	228	1039	32	1072
Grundlast andel		41.8%	121.5%	64.6%	89.1%	66.8%
Timetal på varighedskurve		3420	1	634	60	524
Aktuelt Kapacitetsbehov	MW	2095	837	2932	295	3227
Produktion	MW	1688	1245	2932	295	3227
Over/underskud	MW	-408	408	0	0	

R:\RORNet\SR_DATA\FFH50_HJH\XXD50SP45 fordeling_02.xlsx]Prodfordeling D

Produktionsfordeling i spidslastsituationen år 2050, produktionsscenarie D

Tabel 5 viser en oversigt over de beregninger, der vil blive udført. Beregningerne er givet en betegnelse jf.:

NNPÅRLLAF_løbenummer, hvor:

- NN: Det undersøgte transmissionsnet, CV (CTR/VEKS) eller VF.
- P: Produktionsscenarie (A-D)
- ÅR: Forbrugsår.
- LL: Belastning, MG (maks grundlast), SP (spidslast)
- AF, afkøling i °C.

Eksempel: CVA20MG60_01 står for en CTR/VEKS-beregning, produktionsscenarie A, forbrugsår 2020, maks. grundlast, afkøling 60 °C. Hvis løbenummeret er 01 er dette evt. udeladt.

Beregningerne baseret på produktionsscenarie A er den nuværende situation og kan bruges som sammenligningsgrundlag, når der udføres beregninger baseret på de øvrige produktionsscenarier. For at begrænse antallet af beregninger er det valgt ikke at anvende produktionsscenarie B.

Betegnelse	Net	Scenarie	år	Belastning	afkøling
CVA20MG60	CTR/VEKS	A	2020	Maks Grundlast	60
CVA20MG45	CTR/VEKS	A	2020	Maks Grundlast	45
CVA20MG25	CTR/VEKS	A	2020	Maks Grundlast	25
CVC30MG45	CTR/VEKS	C	2030	Maks Grundlast	45
CVC30SP45	CTR/VEKS	C	2030	Spidslast	45
CVD50MG45	CTR/VEKS	D	2050	Maks Grundlast	45
CVD50SP45	CTR/VEKS	D	2050	Spidslast	45
CVD50MG45	CTR/VEKS	D1	2050	Maks Grundlast	45
CVD50SP45	CTR/VEKS	D1	2050	Spidslast	45
CVD50MG25	CTR/VEKS	D	2050	Maks Grundlast	25
CVD50SP25	CTR/VEKS	D	2050	Spidslast	25
CVD50SP25	CTR/VEKS	D1	2050	Spidslast	25
VFA20MG60	VF	A	2020	Maks Grundlast	60
VFC30MG45	VF	C	2030	Maks Grundlast	45
VFC30SP45	VF	C	2030	Spidslast	45
VFD50MG45	VF	D	2050	Maks Grundlast	45
VFD50SP45	VF	D	2050	Spidslast	45
VFD50MG25	VF	D	2050	Maks Grundlast	25
VFD50SP25	VF	D	2050	Spidslast	25

R:\R0RNet\SR_DATA\FFH50_HJH\XXD50SP45 fordeling_02.xlsx\Beregningsoversigt

Tabel 5: Beregningsoversigt

Der er i tabellen nævnt et produktionsscenarie D1, hvor der i produktionsscenarie D er byttet om på produktionen fra AVV og AMV, dvs. at i D1 er der en produktion på 456 MJ/s fra AVV og 650 MJ/s fra AMV.

For mange af beregningerne kan der i princippet vælges mellem forskellige pumpestrategier. De her præsenterede beregninger er hovedsageligt baserede på, at Rødovre Pumpestation (RØP), Damhussøens Pumpestation (DAP) og Ryvangens Pumpestation (RYP) er fuldt udreguleret, mens de øvrige pumper drives efter at give nogle hensigtsmæssige differenstræk i transmissionssystemet.

Beregningsresultaterne er hovedsageligt præsenteret som profilplot, der viser energiniveauet² i frem- (rød) og returrøret (blå) samt koten (grøn) langs givne strækninger. Et eksempel på et profilplot er vist i bilag 1CVA20MG60_01_A1 (VEKS) og bilag 1CVA20MG60_01_A2 (CTR).

Profilplottet vil umiddelbart vise eventuelle hydrauliske begrænsninger i form af for høje eller lave tryk langs strækningerne, idet plottet også viser kurver for det mindste og største energiniveau.

Endvidere er der for hver beregning givet en oversigt over vekslerstationernes nødvendige, hydrauliske kapacitet (ton/h). Denne hydrauliske kapacitet er sammenlignet med vekslerstationernes nuværende, hydrauliske kapacitet, der her defineres som vekslerstationens nuværende termiske kapacitet (MJ/s) og en afkøling på 60 °C. I bilag 1A4 er der givet en oversigt over indholdet af disse skemaer.

² Energiniveau (meter vandsøjle, mVS) = overtryk (mVS overtryk) + kote (meter)

4.3 Beregningsresultater, CTR/VEKS

I tabellen herunder er vist CTR/VEKS transmissionsnettets kapacitet ved for forskellige produktions-scenarier og afkølingsforhold. Den nuværende produktionsfordeling (produktionsscenario A) og forbrugssituation (år 2020) ved en afkøling på 60°C betragtes her som værende referencesituationen, som definerer transmissionsnettets kapacitet. En given reduktion af transmissionsnettets kapacitet kan afhjælpes ved at introducere virkemidler. Eksempelvis ses det, at anvendelse af produktionsscenario C med en afkøling på 45°C umiddelbart vil resultere i en kapacitetsreduktion på 38 % i forhold til referencescenariet. Men hvis der foretages en opgradering af Albertslund pumpestation og vekslerstation SPW, så er kapacitetsreduktionen kun 28 %. Der henvises endvidere til beskrivelsen i afsnit 2.1.1

År	Prod. Scenarie	Afkøling (dT) Cel.	CTR		VEKS		CTR + VEKS Reduktion	Kapacitetsforøgende tiltag
			Kapacitet MJ/s	Reduktion	Kapacitet MJ/s	Reduktion		
2020	Reference	60	1037	0%	501	0%	0%	Ingen
2020	Reference	45	705	32%	337	33%	32%	Ingen
2020	Reference	25	454	56%	214	57%	57%	Ingen
2030	C	45	734	29%	218	56%	38%	Ingen
2030	C	45	844	19%	264	47%	28%	Opgradering af Albertslund, og SPW
2050	D	45	471	55%	159	68%	59%	Ingen
2050	D	45	678	35%	222	56%	41%	Opgradering af Albertslund, SPW, RØP og DAP, udvalgte rørstrækninger

De enkelte beregninger for CTR/VEKS er gennemgået i bilag 1A5.

4.4 Beregningsresultater, VF

Undersøgelsen er her koncentreret om VF's hedtvandsnet, der her er defineret som VF's transmissionsnet. Men i modsætning til CTR/VEKS transmissionsnettet, overføres der fra VF's transmissionsnet pumpeeffekt til distributionsnettene. Transmissionsnettets hydrauliske kapacitet bliver dermed også en del af distributionsnettens hydrauliske kapacitet. Imidlertid er der i distributionsnettene også andre pumper, der bidrager til cirkulationen, eksempelvis Egebjerg, Syvstjerneskolle og Skoleparken. Derfor kan det være vanskeligt at sige præcis, hvor meget pumpeeffekt, der er brug for an distributionsnettene uden at lave hydrauliske beregninger af det samlede VF's system, hvilket er uden for rammerne af denne opgave.

Der er således ikke her undersøgt hvor stor pumpeeffekt distributionsnettene kræver i de forskellige driftssituationer. I stedet for er beregningerne udført med pumperne i Lundebjerg og Bagsværd boosterpumpe på max. omdrejninger og det resulterende differenstryk an de respektive distributionsnet er undersøgt. Det er antaget, at hvis dette differenstryk er større end 50 mVS, så er driftssituationen mulig med den eksisterende pumpekapacitet i transmissions- og distributionsnetten

Differenstrykket på 50 mVS an distributionsnettene er derfor baseret på en vurdering.

Pumper på VF køres samlet og reguleres efter at holde et differenstryk på 10 mVS an Kagså Kollegiet.

I Tabel 6 herunder er vist VF transmissionsnettets kapacitet ved for forskellige produktionsscenarioer og afkølingsforhold. Den nuværende produktionsfordeling (produktionsscenario A) og for-

brugssituation (år 2020) ved en afkøling på 60 °C, betragtes her som værende referencesituationen, der definerer transmissionsnettets kapacitet. Der henvises endvidere til beskrivelsen i afsnit 2.1.1

År	Prod. Scenarie	Afkøling (dT) Cel.	VF				Kapacitetsforøgende tiltag
			VF prod. MJ/s	DTU Prod. MJ/s	Kapacitet MJ/s	Reduktion	
2020	Reference	60	192	40	232	0%	Ingen
2020	Reference	45	144	30	174	25%	Ingen
2020	Reference	25	80	17	97	58%	Ingen
2030	C	45	138	0	138	41%	Ingen
2050	D	45	74	0	74	68%	Ingen

Tabel 6: VF transmissionsnettets kapacitet ved forskellige produktionsscenarier og afkølingsforhold

De enkelte beregninger for VF er gennemgået i bilag 1A6

4.5 Vurdering af kapacitetsreduktion

4.5.1 CTR/VEKS

4.5.1.1 Lavtemperatur

De udførte beregninger for CTR/VEKS indikerer, at med de anvendte forudsætninger vedr. etablering af decentral produktion (såvel grundlast og spidslast), så har transmissionsnettet stort set tilstrækkelig hydraulisk kapacitet til at håndtere overgangssituationen med produktionsscenarie C og en afkøling på 45 °C. Dog skal der foretages en opgradering boosterpumpe Albertslund. Endvidere skal der foretages en opgradering af vekslerstation SPW, medmindre der etableres decentral produktion i Hellerup-området.

I den endelige situation med produktionsscenarie D og en afkøling på 45 °C skal der endvidere foretages en opgradering af Rødovre boosterpumpestation (RØP) og Damhussøens pumpestation (DAP). Endvidere skal strækningen fra Kildebrønde til Greve Strandby samt strækningen fra Avedøreværket til afgreningen ved Brostykkevej (ca. 4400 m DN800) og strækningen fra Rødovre Pumpestation (RØP) til afgreningen mod HCV (ca. 3700 m DN700) opgraderes.

Men hvis man i produktionsscenarie D bytter om på produktionskapaciteten mellem AVV og AMV (scenarie D1), så vil der kun være behov for en opdimensionering af strækningen fra Kildebrønde til Greve Strandby samt opgradering af CTR boosterpumpestation RYP – eller evt. en anden spidslastfordeling end forudsat i dette notat.

4.5.1.2 Ultra lavtemperatur

Med en afkøling på 25 °C indikerer beregningerne behov etablering af en række nye boosterpumpestationer samt opgradering af vekslerstationer. Hvis der tages udgangspunkt i scenarie D1, skal der etableres fem nye boosterpumpestationer i VEKS-nettet. I CTR-nettet skal der bl.a. foretages en opdimensionering af rørene i tunnelforbindelsen mellem AMV og Østerport station.

I VEKS-nettet skal der laves hydraulisk kapacitetsforøgelse på 6 vekslerstationer og i CTR-nettet skal der laves hydraulisk kapacitetsforøgelse på 10 vekslerstationer.

I tillæg til de nævnte tiltag ovenfor, skal der foretages store investeringer i bygningsmassen for at bygningerne kan agere som ultra lavtemperaturbygninger. Man kan dog forestille sig, at der fore-

tages løbende investeringer i bygningsmasse og net frem mod 2050, og at temperaturen efterhånden kan reduceres i nettet. Man bør dog løbende have fokus på besparelspotentiallet ved at gå fra lavtemperatur til ultra lavtemperatur og vurdere hvorvidt fordelene kan opveje de betydelige investeringer. Scenariet for CTR/VEKS-nettet er ikke behandlet yderligere i dette notat.

4.5.2 VF

De udførte beregninger for VF indikerer, at i referencesituationen med produktionsscenarie A og maks. grundlast er det ikke muligt at levere al kapaciteten fra VF til VF's egne kunder i en belastningssituation, hvor der i øvrigt ikke er behov for spidslastproduktion, idet der ikke er den fornødne overførselskapacitet fra VF til Lyngby. Ved lavere belastninger kan overskydende kapacitet leveres til CTR/VEKS, men hvis al kapaciteten skal leveres til VF's egne kunder skal der indsættes supplerende grundlast i Lyngby. I de her udførte beregninger blev der indsat 40 MJ/s fra Lyngby.

Men i produktionsscenarie C med en afkøling på 45 °C er der indsat så meget decentral grundlastproduktion at VF's transmissionsnet (hedtvandsnettet) har den fornødne hydrauliske kapacitet.

Med produktionsscenarie D og den dertilhørende decentrale grundlastproduktion forbedres situation yderligere. Transmissionsnettet vil kunne håndtere situationen med en afkøling på såvel 45 °C som 25 °C.

For VF's transmissionsnet er der således ikke behov for at kigge på etablering af boosterpumpestationen eller opgradering af rørdiametre. Men spidslasteffekten kan reduceres eller undgås ved etablering af decentrale varmelagre, se afsnit 0.

4.6 Gennemgang af mulige tiltag

Der er i de udførte beregninger blevet undersøgt forskellige tiltag med henblik på at tilpasse transmissionsnettene til fremtidens driftssituationer med reduceret afkøling og ændret produktionsfordeling.

Tiltag og mulige omkostninger er vurderet for lavtemperatur (dT 45°C) for produktionsscenarie C med en varmemeforbrugsprognose for året 2030 og produktionsscenarie D en varmemeforbrugsprognose for året 2050. Omkostninger for mulige tiltag er ikke vurderet for ultra lavtemperatur (dT 25°C).

I tabellen herunder er der givet en oversigt over tiltagene og deres indflydelse på de forskellige driftssituationer.

Produktionsscenarie	C				D				D1			
Afkøling	45		25		45		25		45		25	
	CTR/VEKS	VF	CTR/VEKS	VF	CTR/VEKS	VF	CTR/VEKS	VF	CTR/VEKS	VF	CTR/VEKS	VF
Forøgelse af rørdimensioner	Nej	Nej	IU_2	IU_2	JA	Nej	JA	NEJ	NEJ 3)	Nej	JA	IR
Etablering/opgradering af boosterpumpestationer	Nej 4)	Nej	IU_2	IU_2	JA	Nej	JA	NEJ	NEJ 2)	Nej	JA	IR
Forøgelse af vekslerkapacitet	Nej 1)	IU_1	IU_2	IU_2	NEJ 1)	IU_1	JA	NEJ	NEJ	IU_1	JA	IR
Dimensioneringskriterie -12 cel -> -10 cel	IV	IV	IU_2	IU_2	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IR
Damlagre	IV	IV	IU_2	IU_2	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IR
Yderligere sænkning af returtemperatur	ØN	ØN	IU_2	IU_2	ØN	ØN	ØN	ØN	ØN	ØN	ØN	IR
1) Der vil være behov for opgradering af vekslerstation SPW, hvis der ikke etableres mere decentral grundlastproduktion i Hellerup												
2) Der vil være behov for mere kapacitet på vekslerstation RYP, men det kan afhjælpes ved at placere mere spidslastkapacitet i Gentofte/Gladsaxe												
3) Strækningen fra Kildebrønde til Greve Strandby skal dog dimensionsforøges												
4) Der vil dog være behov for en flowforøgelse for boosterpumpestation Albertslund												
IV: Ingen virkning, transmissionsnettets effekt kapacitet vil være uændret												
ØN: Ønskeligt, hvis muligt												
IU_1: Det har ikke været muligt indenfor dette projekts rammer at undersøge kapacitetsforøgelse for vekslerstationerne i VF's hedtvandsnet												
IU_2: Ikke undersøgt, der referes til ultra lav scenarierne for produktionsscenarie D												
IR: Ikke relevant, produktionsscenariet D1 omhandler kun forhold for CTR/VEKS												
R:\RORNet\SR_DATA\FFH50_HJH\XXD50SP45 fordeling_02.xlsx\Virkemidler												

Tabel 7: Oversigt over virkemidler og indflydelse på driftsscenarier

Udover tiltagene præsenteret i Tabel 7, er en omfordeling af produktionskapaciteten på AVV og AMV, undersøgt som et tiltag for at bedre de hydrauliske forhold. Tiltaget er defineret som produktionsscenarie D1 og anvender varmemeforbrugsprognose for året 2050.

Tiltag og omkostninger er beskrevet yderligere i de påfølgende afsnit.

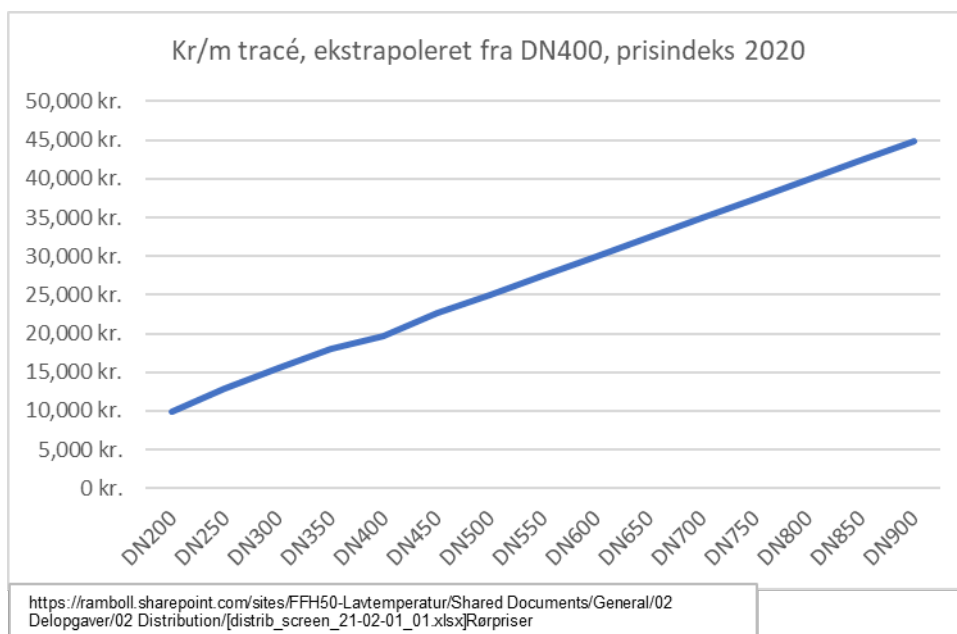
4.6.1 CTR/VEKS

4.6.1.1 Forøgelse af rørdimensioner

Som nævnt i Bilag 1A5 afsnit 5 kan CTR/VEKS-nettet ikke umiddelbart håndtere situationen med produktionsscenarie D og en afkøling på 45 °C. En forøgelse af rørdimensioner på visse strækninger kan være en løsning (se Bilag 1A5 afsnit 8).

Det forudses at der skal udskiftes fjernvarmeforbindelser i størrelsesorden op til DN900. De specifikke priser for rør i denne størrelse er estimeret ud fra registrerede priser for fjernvarmeforbindelser fra 1996 (prisindex 69). Priserne er fremskrevet til år 2020 (prisindex 104).

I Figur 2 ses den således vurderede pris pr. meter tracé.



Figur 2: Overslag over fjernvarmeforbindelser

Hvis der imidlertid byttes om på produktionskapaciteten på AMV og AVV (produktionsscenarie D1) så vil der ikke være behov for forøgelse af rørdimensioner (se Bilag 1A5 afsnit 10) – bortset fra strækningen fra Kildebrønde til Greve Strandby.

4.6.1.2 Ændret dimensioneringskriterie fra -12°C til -10°C

Transmissionsnettene er ikke direkte dimensioneret til en given udetemperatur. Som tidligere nævnt er nettene dimensioneret ud fra årsforbrug og en erfaringsmæssig benyttelsestid. Hvis man eksempelvis har et årsforbrug på 3000 MWh og en benyttelsestid på 3000 timer, så er kapacitetsbehovet 1 MJ/s. Heraf kan de 80 % være graddageafhængigt (0,8 MJ/s) og de 20 % være graddageuafhængigt (0,2 MJ/s).

Hvis man antager, at det graddageafhængige kapacitetsbehov varierer lineært mellem +17°C og -12°C, så vil en dimensionerende udetemperatur på -10°C betyde en reduktion af det graddageafhængige kapacitetsbehov med ca. 7 % svarende til en forøgelse af benyttelsestiden til ca. 3200 timer. Da transmissionsnettet kun leverer en vis andel af kapacitetsbehovet, vil en reduktion af det maksimale kapacitetsbehov ikke umiddelbart have indflydelse på transmissionsnettets effektkapacitet, blot vil man med en given kapacitet kunne levere en lidt større andel af det maksimale kapacitetsbehov fra transmissionsnettet. Men en forøgelse af benyttelsestiden vil resultere i et mindre behov for spidslastproduktion i spidslastsituationen.

I bilag 1CVD50SP45_004_B1 og 1CVD50SP45_004_B2 ses spidslastbehovet for henholdsvis VEKS og CTR (rød kolonne) med en benyttelsestid på 3200 timer. Det ses at spidslastbehovet for CTR (med den her definerede fordeling af spidslastproduktion) er 687 MW for CTR og 190 MW for VEKS.

Med en benyttelsestid på 3000 timer (bilag 1CVD50SP45_001_B1 og 1CVD50SP45_001_B2) er spidslastbehovet for 811 MW for CTR og 228 MW for VEKS.

Alt i alt vil et ændret dimensioneringskriterie fra -12°C til -10°C resultere i et mindre totalt kapacitetsbehov (MJ/s) an forbrugere. Transmissionsnettet leverer som nævnt kun en del af dette kapacitetsbehov, mens det resterende kapacitetsbehov leveres af decentral spidslastproduktion. Det ændrede dimensioneringskriterie vil dermed ikke ændre transmissionsnettets termiske kapacitet (MJ/s). Hvis det endvidere antages, at det ændrede dimensioneringskriterie ikke vil have nævneværdig indflydelse på det årlige varmebehov (MWh/år), så vil transmissionsnettets årlige varme-transport kapacitet (MWh/år) også være stort set uforandret.

4.6.1.3 Udvidelse af vekslerstationer

Som nævnt i Bilag 1A5 afsnit 5 vil der i produktionsscenarie C (forbrug 2030) og D (forbrug 2050) med en afkøling på 45°C være et behov for en opgradering af vekslerstation SPW, der forsyner Hellerup-området. Vekslerstation SPW er en vekslerstation med primærpumper i et underjordisk bygværk. Der vil være behov for en flowforøgelse på op mod 120 %. Det er ikke her undersøgt, om en sådan udvidelse kan ske inden for det eksisterende, underjordiske bygværk – men der er konservativt antaget, at en udvidelse af bygværket er nødvendig. På grundlag af dette vurderes udvidelsen at koste 25 mill. kr. Alternativt bør det overvejes at etablere mere decentral varmeproduktion i dette område.

Endvidere blev det nævnt, at der skal etableres en primærpumpe i Greve Strandby vekslerstation og primærpumpen til Mosede og Mosede Bypark skal opgraderes. Alternativt kan strækningen fra afgreningen ved Kildebrønde til Greve Strandby (2350 meter, DN300) opgraderes.

Med en afkøling på 25°C i produktionsscenarie D er det vurderet, at der skal laves hydraulisk kapacitetsforøgelse på 6 vekslerstationer i VEKS-nettet og i CTR-nettet skal der laves hydraulisk kapacitetsforøgelse på 10 vekslerstationer. Der er ikke her foretaget en vurdering af investeringen af disse kapacitetsforøgelser.

4.6.1.4 Etablering af boosterpumpestationer

I produktionsscenarie C (forbrug 2030) med en afkøling 45°C vil der være behov for en flowforøgelse for boosterpumpestation Albertslund.

I produktionsscenarie D med en afkøling 45°C skal der foretages en opgradering af boosterpumpe Albertslund, Rødovre boosterpumpestation (RØP) og Damhussøens pumpestation (DAP).

Der er foretaget en overordnet vurdering af investeringerne i de nævnte opgraderinger af de eksisterende boosterpumpestationer, se nedenstående Tabel 8. Der er ikke her foretaget en nærmere undersøgelse af hvad det skal koste at opgradere de forskellige pumpeinstallationer. De her angivne priser baserer sig på overordnede erfaringstal. På boosterpumpestation Albertslund antages det, at en ændring af rørarrangementet ikke er nødvendig. Investeringen vil her hovedsagelig dreje sig om nye pumper og strømforsyning. På boosterpumpestation DAP er der i princippet plads til et ekstra pumpesæt, men udover nye pumper skal der her også foretages ændringer af rørarrangementet. For boosterpumpestation RØP skal der formentlig foretages en udvidelse af bygværket – det er ikke her undersøgt, om dette er muligt.

Mill. kr.	Antal pumper	Pumper + strøm-forsyning	Rør-arrangement	Bygværk	I alt
Albertslund	4	1 Mill.			4 Mill.
DAP	6	1 Mill.	10 Mill.		16 Mill.
RØP	6	1 Mill.	20 Mill.	10 Mill.	36 Mill.
R:\RORNet\SR_DATA\FFH50_HJH\Investeringer.xlsxPumper					

Tabel 8: Investeringer i opgraderinger

Overnævnte opgraderinger kan dog undgås, hvis der byttes om på produktionskapaciteten på AMV og AVV som foreslået i produktionsscenarie D1 (forbrug 2050).

I produktionsscenarie D1 med en afkøling 25 °C skal der etableres fem nye boosterpumpestationer i VEKS-området. Der er ikke foretaget en vurdering af investeringen for etablering af de fem nye boosterpumpestationer, idet dette scenarie – med etablering af boosterpumpestationer og opdimensionering af mange rørstrækninger – vurderes at være mindre attraktivt.

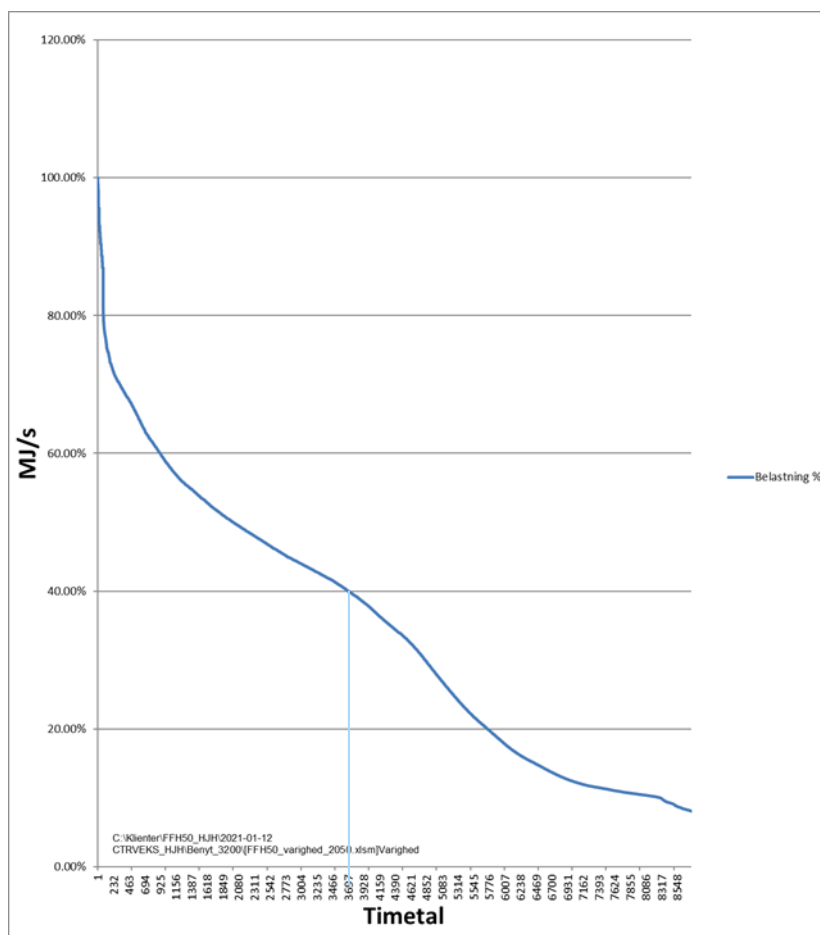
4.6.1.5 Etablering af trykløse varmelagre

Med trykløse varmelagre tænkes her på store damlagre, der kan bruges til kapacitetsudjævning over lange perioder, eksempelvis flere uger eller måneder – i modsætning til de tryksatte akkumuleringsstanke på Amagerværket og Avedøreværket, der hovedsageligt bruges til effektudjævning over et døgn. Varmelagerene kan anvendes i den daglige drift til udjævning af produktionsomkostninger.

Varmelagerne kan oplades når der er overskud af produktionskapacitet (eksempelvis elektrisk strøm til varmepumper) og aflades, når der er underskud. I dette afsnit fokuseres der på varmelagre som en hel eller delvis erstatning for spidslastproduktion.

Nytten af et stort varmelager afhænger naturligvis helt af placeringen og størrelsen. Hvis varmelagerene skal bruges til en generel sænkning spidslastproduktionen, skal disse placeres decentralt i forhold til den centrale produktion på Amagerværket og Avedøreværket. Varmelageret skal kunne oplades, når der er hydraulisk overskud i transmissionsnettet – eksempelvis om efteråret – og skal aflades, når transmissionsnettets hydrauliske belastning er ved at være nået.

Her undersøges effekten af decentrale varmelagre på den måde, at der findes den belastning, hvor den centrale og decentrale grundlastproduktion er udreguleret. Ved hjælp af en varigheds-kurve undersøges det hvor mange timer om året transmissionsnettet vil være udreguleret. Endvidere findes den samlede varmemængde som varmelageret skal levere, hvis varmen herfra skal erstatte spidslastproduktion.



Figur 3: Varighedskurve

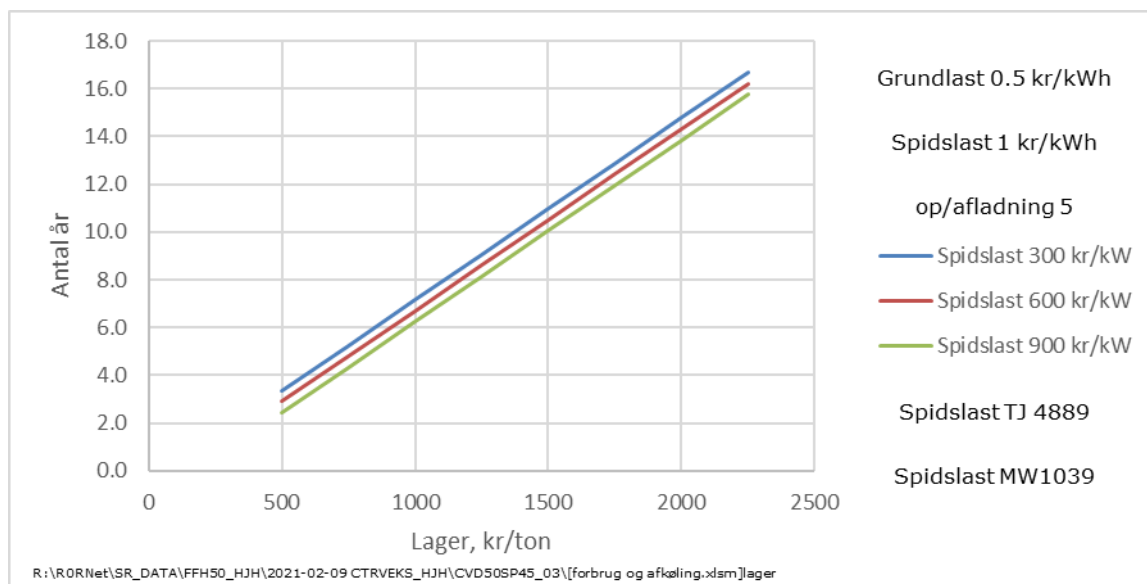
Der er her anvendt en varighedskurve som vist i Figur 3. Varigheden er konstrueret ud fra et registreret forbrug over et givet år overlejret med en gennemsnitlig døgnvariation. Endvidere er der defineret fem spidslastdøgn, hvor det maksimale kapacitetsbehov an transmissionsnettet i døgnets mest belastede time netop svarer til kapacitetsbehovet ved den anvendte benyttelsestid. Denne varighedskurve har igennem mange år været anvendt som grundlag for forskellige hydrauliske undersøgelser af CTR/VEKS-nettet.

I driftssituationen baseret på maksimal central og decentral grundlast i år 2050 med produktionsscenario D, andrager grundlastandelen for det samlede CTR/VEKS-system 64,6% (se tabel i afsnit 4.2.2) svarende til timal 634. Spidslastandelen af det totale varmebehov udgør her 15,4 % svarende til 4889 TJ. Med en temperaturforskel på 45 oC kan denne varmemængde opbevares i et lager med et volumen svarende til $2.6 \cdot 10^7$ ton – svarende til ca. 470 gange det samlede volumen af varmeakkumulatorerne på Avedøreværket og Amagerværket.

Varmelageres reelle størrelse vil afhænge af hvor mange gange de kan oplades og aflades i den periode, hvor transmissionsnettet er udreguleret. Dette afhænger helt af forbrugsmønstret; er der en lang, kold periode kan lagerne kun aflades en gang, og lageret skal været stort, er der flere, kortere, kolde perioder, kan lageret genoplades i løbet af vinteren, når transmissionsnettet har hydraulisk overskud til dette, og lagerne kan dermed være mindre. Antages det eksempelvis at lagerne kan op- og aflades 5 gange i løbet af en vinter skal der dermed installeres lagervolumen svarende til ca. 95 gange det samlede volumen af varmeakkumulatorerne på Avedøreværket og

Amagerværket. Det bemærkes, at etablering af varmelagre ikke umiddelbart vil have en indflydelse på transmissionsnettets effektkapacitet.

I Figur 4 er for VEKS/CTR vist simple tilbagebetalingstider i forbindelse med etablering af trykløse varmelagre som funktion etableringsomkostningerne (kr./ton) for lagerne med investeringsomkostninger for decentral spidslast (kr./kW) som parameter.



Figur 4 Simpel tilbagebetalingstid for varmelagre i VEKS/CTR-systemet

Med den simple tilbagebetalingstid forstås her det antal år, hvor summen af investering i varmelagre og værdien af produktion af spidslast fra varmelageret er lig med summen af investering af decentral spidslastkapacitet og værdien af decentral spidslastproduktion. Kurven er baseret på at grundlast (såvel central som decentral) kan produceres til 0,5 kr./kWh og at decentral spidslast kan produceres til 1,0 kr./kWh⁴. Der er her taget udgangspunkt i 5 op/afladninger om året i forbindelse med erstatning af spidslastproduktion.

Det ses, at selvom tilbagebetalingstiden er beregnet ud fra meget simple betragtninger, så forekommer etablering af decentrale, trykløse varmelagre at være en økonomisk interessant løsning – forudsat naturligvis, at der kan etableres den nødvendige plads.

4.6.1.6 Sænkning af returtemperatur fra kunderne

Hvis kundernes returtemperatur kan sænkes, vil afkølingen kunne forøges, hvilket vil forøge transmissionsnettets termiske kapacitet.

De hydrauliske beregninger er generelt baseret på afkølinger, i lav temperaturscenariet er der en afkøling på 45°C, i ultra lavtemperatur scenariet er der en afkøling på 25°C. Hvis man i ultra lavtemperatur scenariet sænker returtemperaturen fra kunderne øges afkølingen, og rent hydraulisk nærmer man sig lav temperaturscenariet.

Ved at sammenligne to i øvrigt identiske beregninger med forskellige afkølinger (f.eks. CVD150MG45 og CVD150MG25) kan man få en vurdering af, hvilken indflydelse kundernes returtemperatur – og dermed afkøling – har. I tilfældet med produktionsscenario D1 samt en afkøling på 25 oC er der behov massive opdimensioneringer af rørstrækninger (bl.a. tunnelforbindelsen fra AMV til Østerport station) samt etablering af fem nye boosterpumpestationer (se bilag 1A5, afsnit 11). I

tilfældet med produktionsscenarie D1 samt en afkøling på 45 oC er der kun behov for en opgradering af strækningen fra Kildebrønde til Greve Strandby (se bilag 1A5, afsnit 10). Dette illustrerer effekten af at reducere returtemperaturen – og dermed afkøling – fra kunderne.

Det bemærkes dog her, at de forudsatte afkølinger ved lavtemperatur og ultra lavtemperatur i forvejen forudsætter, at returtemperaturen fra kunderne sænkes. Så umiddelbart vurderes en yderligere temperatursænkning at være meget omkostningstung, hvis ikke umulig.

4.6.1.7 Samlede investeringer i CTR/VEKS

I Tabel 9 herunder ses den samlede overslagsmæssige investering vedr. forøgelse af hydraulisk kapacitet for CTR/VEKS-systemet ved lavtemperatur (dT 45°C) i produktionsscenarie C og D. Det er kun de nødvendige kapacitetsforøgende tiltag for de givne forsyningssituationer der er præsenteret.

Tekst	Længde m	Fra	til	Renovering mio. kr.	Nye rør mio. kr.
Opgradering rørstrækninger					
- Avedøreværket til afgrening ved Brostykkevej	4400	DN800	DN900	22	197
- Rødovre pumpestation (RØP) til afgrening mod HCV	3700	DN700	DN800	18	147
- Afgreningen ved Kildebrønde til Greve Strandby	2350	DN300	DN450	17	53
I alt, rørstrækninger				57	397
Pumpe- og vekslerstationer					
- Albertslund pumpestation				4	4
- Damhussøens pumpestation				16	16
- Rødovre pumpestation				32	32
- Vekslerstation SPW				25	25
I alt pumpe- og vekslerstationer				77	77
TOTAL				134	474

Tabel 9: Overslagsmæssige omkostninger ved udvidelse af hydraulisk kapacitet for CTR/VE

For forøgelse af rørdimension er der anført 2 kolonner. I kolonne "Renovering" er det antaget, at de pågældende strækninger under alle omstændigheder står til en udskiftning på det givne tidspunkt. Der er her tale om en merinvestering for etablering af den større rørdimension. I kolonne "nye rør" er det antaget, at der er restlevetid i den gamle rør, og at værdien af disse rør dermed går tabt.

4.6.2 VF

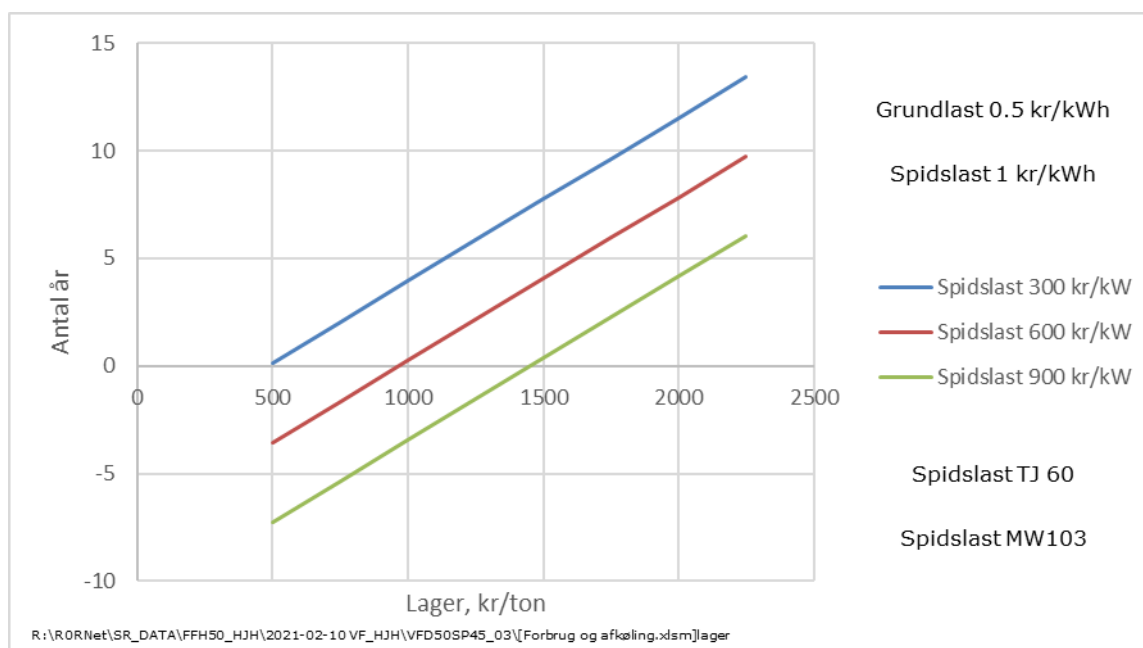
4.6.2.1 Etablering af trykløse varmelagre

I driftssituationen baseret på maksimal central og decentral grundlast i år 2050 med produktionsscenarie D, andrager grundlastandelen for VF-systemet 89,1% (se Tabel 4 i afsnit 4.2.2) svarende til timetal 60. Spidslastandelen af det totale varmebehov udgør her 1,9 % svarende til 60 TJ. Med en temperaturforskel på 45°C kan denne varmemængde opbevares i et lager med et volumen svarende til 3,2*105 ton – svarende til ca. 6 gange det samlede volumen af varmeakkumulatorerne på Avedøreværket og Amagerværket.

VF-nettet har dermed ikke umiddelbart brug for så megen lagerkapacitet som CTR/VEKS, og man kunne evt. forestille sig, at CTR/VEKS kunne drage fordel af lagerkapacitet i VF-område.

CTR/VEKS kan på nuværende tidspunkt ikke eksportere varme til VF og dermed ikke drage nytte af et varmelager placeret i VEKS' område. Selvom der evt. engang etableres en mulighed for eksport af varme fra CTR/VEKS til VF skal muligheden for at CTR/VEKS udnytter et VF-varmelager knyttes sammen med den hydrauliske kapacitet, som en sådan CTR/VEKS-eksport kan etableres med.

Ud fra de anvendte forudsætninger vedr. etablering af decentral grundlast i VF-området er der her behov for en væsentligt mindre andel af spidslastproduktion.



Figur 5: Simpel tilbagebetalingstid for varmelagre i VF-systemet

Tilbagebetalingstiden for VF varmelager er vist i Figur 5, og det ses her at med de givne forudsætninger kan tilbagebetalingstiden være negativ, hvis etablering af varmelager er tilstrækkeligt billigt og etablering af decentral spidslastproduktion er tilstrækkeligt dyrt. Det vil sige, at det initialt bedre kan betale sig at etablere decentrale varmelagre end at etablere decentral spidslast produktion – forudsat naturligvis, at der kan tilvejebringes den nødvendige plads.

4.6.2.2 Vekslerstationer

VF hedtvandsnet (transmissionsnettet) forsyner en række vekslerstationer, men det har ikke været muligt inden for rammerne af denne opgave at foretage en vurdering af behovet for en kapacitetsforøgelse for disse vekslerstationer.

5. DELOPGAVE 2 – DISTRIBUTION

Delopgave 2 er en gennemgang og vurdering af mulige virkemidler inkl. omkostninger, for at opretholde kapaciteten i distributionsnettene ved sænkning af temperaturerne til hhv. LT og ultra LT. Det forudsættes, at kapaciteten i distributionssystemet skal opretholdes ved en lavere temperatur-differens (dT), uden at der etableres yderligere decentral produktionskapacitet. Delopgave 2A indeholder en vurdering af kapacitetsreduktionen og delopgave 2B er mulige virkemidler og omkostninger.

Tilgangen til vurdering af en umiddelbar sænkning af temperaturerne til hh. Lavtemperatur (LT) og ultra LT har været at udvælge 2 repræsentative distributionsnet til gennemførelse af delopgaven. For hver distributionsnet er følgende gennemført:

- Der er genereret et klart referencegrundlag for hvordan de udvalgte distributionssystemer har været driftet. Dette er gjort ved at anvende måledata for et repræsentativt driftsår, hvorpå der er opstillet varighedskurver. Resultatet er et fuldt overblik over eksisterende driftsparametre og driftstimer for hver forsyningsperiode.
- Dernæst er der gennemført hydrauliske analyser med sænkning af temperaturerne til de forventede driftstemperaturer.

Resultatet er et investeringsestimat (mulige tiltag og virkemidler inkl. omkostninger) for opretholde kapaciteten i nettene når temperaturen sænkes til hhv. LT og ultra LT.

Det har inden for opgavens ramme været muligt at inkludere 2 distributionsnet.

De 2 udvalgte distributionsnet er Fors' Central Øst net (Roskilde) og HOFOR's GØW-net (København). Begge distributionsnet forsyner en blanding af større ejendomme og parcelhuse, og de er vurderet at være repræsentative for en lang række distributionsnet i Hovedstadsområdet.

5.1 Valg af distributionsnet

Til undersøgelsen af distributionsnet er det i samarbejde med FFH50 valgt at undersøge HOFOR's GØW-net og Fors' Central Øst net i Roskilde.

GØW-nettet forsynes fra CTRs vekslerstation GØW ved Grøndalvænge Allé, og det forsyner Københavns Nordvestkvarter.

Central Øst nettet i Roskilde forsynes fra VEKS' vekslerstation Central Øst samt fra affaldsforbrændingen ved ARGO. Central Øst er placeret ved ARGO. Nettets spidslastkapacitet er også placeret i området omkring Central Øst / ARGO.

GØW-nettet er et 10 bars net, mens Central Øst nettet er et 6,5 bars net.

Resultaterne af de hydrauliske beregninger af de to distributionsnet er vist mere detaljeret i henholdsvis bilag 2-GØW og bilag 2-CØ, mens hovedkonklusionerne for beregningerne er beskrevet i de følgende afsnit.

5.2 Forudsætninger

Der foretages hydrauliske beregninger for de 2 distributionsnet med de dimensionerende effektbehov an net, der bestemmes i de følgende afsnit.

For begge distributionsnet regnes der scenarier med de følgende temperatursæt og afkøling af central:

- Reference: $T_f/T_r = 90/50$ °C, afkøling 40 °C
- Lavtemperatur: $T_f/T_r = 70/40$ °C, afkøling 30 °C
- Ultra lavtemperatur: $T_f/T_r = 50/35$ °C, afkøling 15 °C

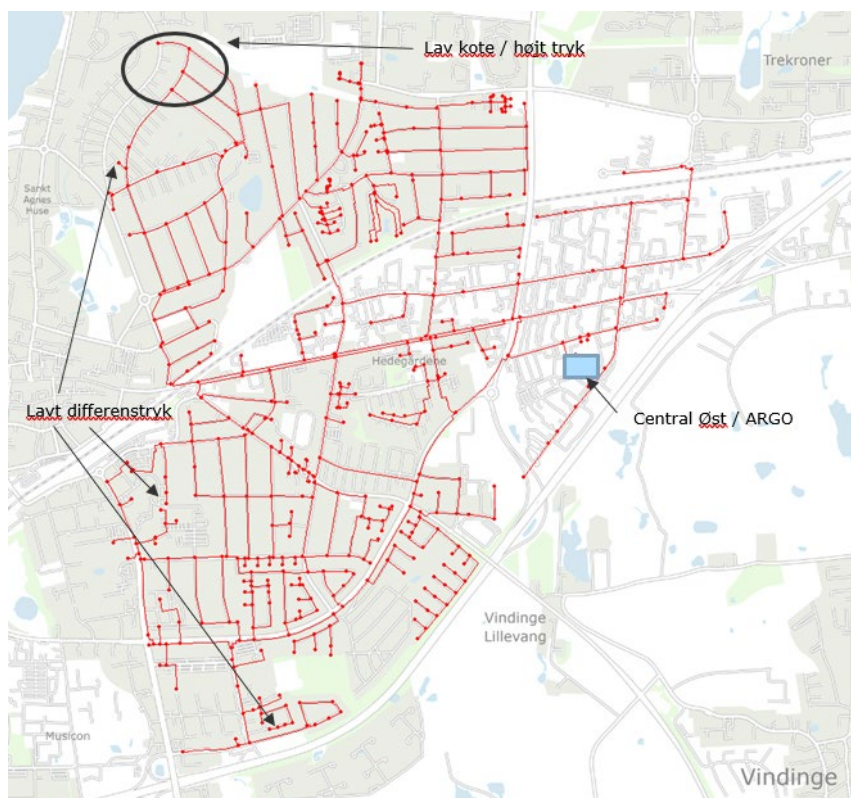
5.2.1 Central Øst

Figur 6 illustrerer ledningerne i Central Øst nettet i Roskilde, og endvidere er vist placeringen af Central Øst/ARGO. Samtidigt fremgår det, hvor der optræder lave differensstryk i nettet.

I Central Øst nettet er der relativt store koteforskelle. Hvor Central Øst/ARGO ligger i ca. kote 45, ligger området omkring den nordlige del af Dr. Sofies Vej samt Liden Kirstens Vej og Prins Buris Vej (området er vist i Figur 6) omkring i kote 12-15, og trykket her er ofte tæt på den øvre trykgrænse på 6,5 bar(g).

Central Øst nettet har mange ringforbindelser.

Den hydrauliske model af nettet i System Rørnet er opdateret i 2019 og baserer sig på registrerede varmekonsum fra 2017. Varmeforbrug af net i 2017 er 142.000 MWh, og i VEKS-systemet benyttes en benyttelsestid på 2780 timer til at bestemme den dimensionerende effekt. Den dimensionerende effekt for nettet er bestemt til 51 MW, og det er den effekt, der anvendes i undersøgelsen. Tabel 10 viser en oversigt over nettets dimensionerende effekt.



Figur 6: Central Øst nettet i Roskilde

Central Øst		
Varmebehov an net	142.000	MWh
Benyttelsestid	2780	h
Dimensionerende effekt	51	MW

Tabel 10: Dimensionerende effekt for Central Øst nettet

Stikledninger er ikke med i den hydrauliske model af Central Øst nettet. Tabel 11 viser en oversigt over tracélængde pr. dimension i Central Øst nettet. Tracélængde for stikledninger er skønnet baseret på antal forbrugere og en antaget gennemsnitlig stikledningslængde på 18 m.

Dimension	Længde m
Stik	46.800
DN25	1.427
DN32	1.576
DN40	3.708
DN50	5.761
DN65	9.281
DN80	5.881
DN100	5.980
DN125	5.312
DN150	7.591
DN175	1.778
DN200	2.210
DN250	723
DN300	2.755
DN350	909
DN400	648
DN450	456
<i>Sum Stikledninger</i>	<i>46.800</i>
<i>Sum Hovedledninger</i>	<i>55.993</i>
Sum Total	102.793

Tabel 11: Oversigt over tracélængder pr. dimension i Central Øst nettet.
Tracélængde for stikledninger er skønnet

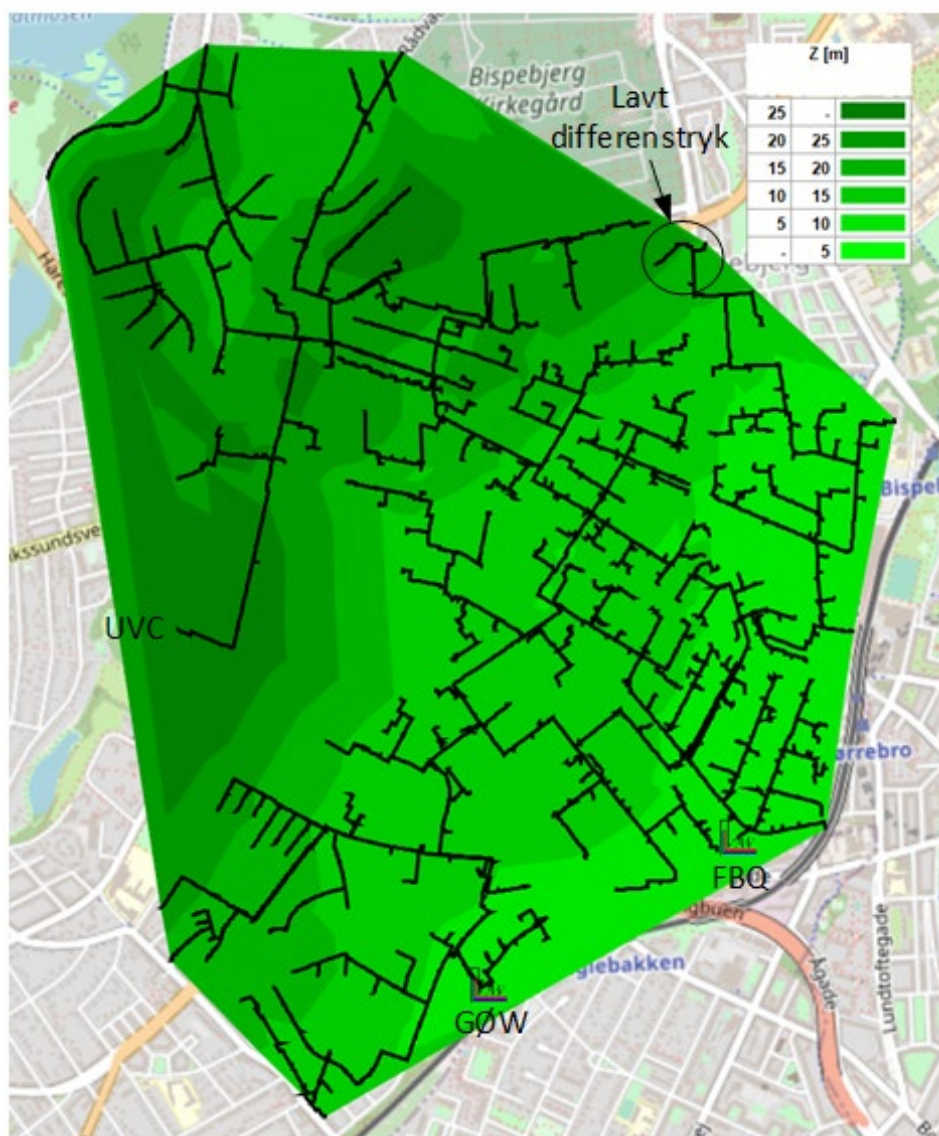
5.2.2 GØW-nettet

Figur 7 nedenfor illustrerer ledningerne i GØW-nettet i Københavns NV-kvarter og placeringen af vekslerstation GØW og varmepumpen ved Novozymes (FBQ) er desuden vist. Samtidig er det indikeret, hvor der optræder lave differenstryk i nettet.

I GØW-nettet er koteforskellene ca. 27 meter (laveste kote: ca. 5 m, højeste kote ca. 33 m), hvor vekslerstation GØW ligger i kote ca. 5 m. Den vestlige del af distributionsnettet ligger i kote 27-33 m, med UVC i kote ca. 33 m. Det er primært nettet i den østlige del, hvor der forekommer tryk tæt på den øvre trykgrænse på 10 bar(g), grundet de lavere koter. På Figur 7 er koterne illustreret i 5 meters intervaller.

Der er ingen ringforbindelser i GØW-nettet.

Den hydrauliske model af nettet i Tønder er opdateret i 2021 af HOFOR og baserer sig på registrerede varmeforbrug fra 2020. Varmebehov an net i 2020 er 241.200 MWh. Der ligger data tilgængeligt for GØW-nettet mht. effekt i forhold til udetemperatur for perioden 1. januar 2017 til 26. september 2020. Ved at plotte dataeffekt i relation til udetemperatur og forskyde dette til -12 grader vurderes det, at den dimensionerende effekt for nettet er ca. 90 MW, der anvendes i undersøgelsen (svarende til en benyttelsestid på ca. 2.680 timer). Tabel 12 viser en oversigt over nettets dimensionerende effekt.



Figur 7: GØW-nettet i Københavns NV (HOFOR)

GØW		
Varmebehov an net	241.200	MWh
Benyttelsestid	2.680	h
Dimensionerende effekt	90	MW

Tabel 12: Dimensionerende effekt for GØW-nettet

Stikledninger indgår ikke i den hydrauliske model af GØW-nettet. Tabel 13 viser en oversigt over tracélængde pr. dimension i GØW-nettet. Tracélængde for stikledninger er baseret på det tilgængelige GIS-data, der er i modellen. Ledningstyperne i modellen er "konverteret" til DN typer, baseret på EN253. Ledninger med en diameter under 32mm er blevet vurderet som stikledninger.

Dimension	Længde m
Stik	28.954
DN25	3.555
DN32	4.425
DN40	1.109
DN50	8.479
DN65	5.093
DN80	6.574
DN100	5.732
DN125	5.627
DN150	3.727
DN200	3.098
DN250	2.176
DN300	1.117
DN350	1.228
DN400	343
DN500	1.781
DN600	14
<i>Sum Stikledninger</i>	<i>28.954</i>
<i>Sum Hovedledninger</i>	<i>54.078</i>
Sum Total	83.032

Tabel 13: Oversigt over tracélængder pr. dimension i GØW-nettet.

5.3 A - Vurdering af kapacitetsreduktion

Der er foretaget en vurdering af kapacitetsreduktionen i ledningsnettene ved at gå fra en afkøling på 40 °C i referencen til henholdsvis 30 °C (Lavtemperatur) og 15 °C (Ultra lavtemperatur). I vurderingen af kapaciteten er der ikke foretaget andre ændringer i nettet, end at afkølingen er reduceret. Endvidere antages det, at pumperne på centralerne kan klare et eventuelt øget flow og pumpeløft.

5.3.1 Central Øst i Roskilde

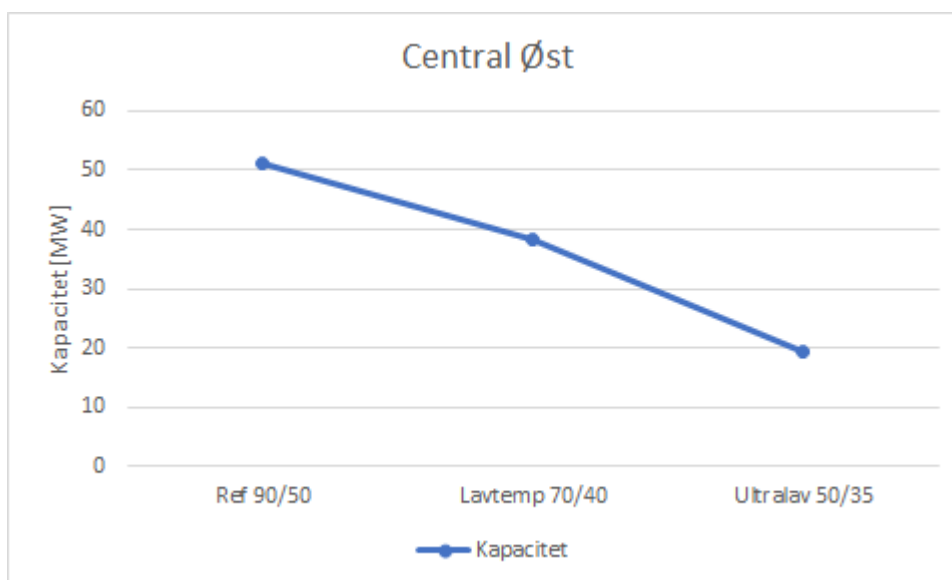
Beregningerne viser, at hvis effektbehovet på 51 MW fastholdes og afkølingen ændres fra 40 °C til 30 °C, så stiger det maksimale tryk i nettet til 7,5 bar. Dermed er der ikke kapacitet til at levere 51 MW ved en afkøling på 30 °C. Beregningerne viser, at nettet har kapacitet til at levere 38 MW, og nettets kapacitet reduceres med 25 % ved at gå fra referencen til lavtemperaturfjernvarme.

Tilsvarende viser beregningerne, at hvis effektbehovet på 51 MW fastholdes og afkølingen ændres fra 40 °C til 15 °C, så stiger det maksimale tryk i nettet til 21 bar. Dermed er der selvsagt ikke kapacitet til at levere 51 MW ved en afkøling på 15 °C. Beregningerne viser, at nettet har kapacitet til at levere 19 MW ved en afkøling på 15 °C, og nettets kapacitet reduceres dermed med 63 % ved at gå fra referencen til ultra lavtemperaturfjernvarme.

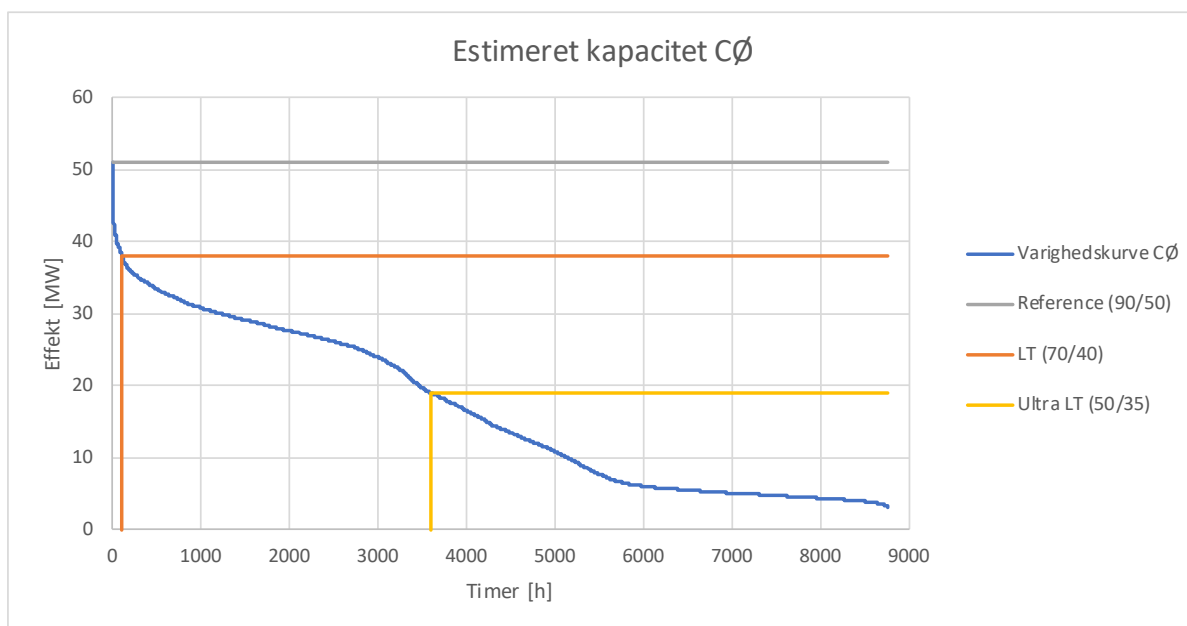
Figur 8 viser kapaciteten i Central Øst nettet ved henholdsvis referencen, lavtemperaturfjernvarme og ultra lavtemperaturfjernvarme.

Figur 9 viser kapaciteten ved henholdsvis reference, lavtemperaturfjernvarme og ultra lavtemperaturfjernvarme sammenholdt med varighedskurven, således at det kan vurderes hvor mange timer, at nettet ikke har kapacitet ved de lavere afkølinger.

Som tidligere nævnt henvises der til bilag 2-CØ for lidt mere detaljerede resultater, hvor der blandt andet kan ses energilinjeplot, og der er også plot, der viser hvordan tryktabsgradierne øges ved lavere delta T.



Figur 8: Kapacitetsreduktion i Central Øst nettet



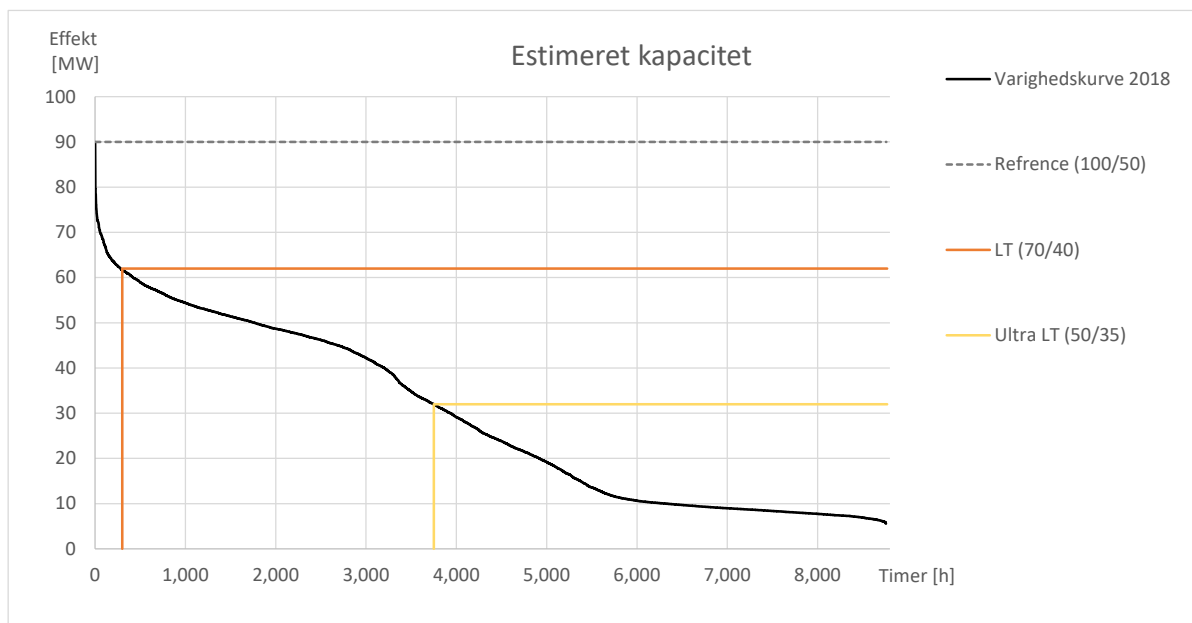
Figur 9: Kapacitetsreduktion i Central Øst nettet sammenholdt med varighedskurve

5.3.2 GØW-nettet i København

Beregningerne viser, at hvis effektbehovet på 90 MW fastholdes og afkølingen er 40 °C vil det maksimale tryk overstige trykgrænsen på 10 bar(g), det maksimale tryk er beregnet til ca. 11,4 bar(g). Det skal dog noteres, at ud fra de tilgængelige driftsdata fra 2017-2020 kan det ses, at fremløbstemperaturen ofte ligger mellem 95-105 grader, når udetemperaturen er under 0 grader. Ændres afkølingen fra 40 °C til 30 °C, så stiger det maksimale tryk i nettet til ca. 17 bar. Der er således ikke kapacitet til at levere 90 MW ved en afkøling på 30 °C. Beregningerne viser, at nettet har kapacitet til at levere 62 MW, og nettets kapacitet reduceres dermed med ca. 31 % ved at gå fra referencen til lavtemperaturfjernvarme.

Tilsvarende viser beregningerne, at hvis effektbehovet på 90 MW fastholdes og afkølingen ændres fra 40 °C til 15 °C, så stiger det maksimale tryk i nettet til 56 bar. Dermed er der selvsagt ikke kapacitet til at levere 90 MW ved en afkøling på 15 °C. Beregningerne viser, at nettet har kapacitet til at levere ca. 32 MW ved en afkøling på 15 °C, og nettets kapacitet dermed reduceres med ca. 65 % ved at gå fra referencen til ultra lavtemperaturfjernvarme.

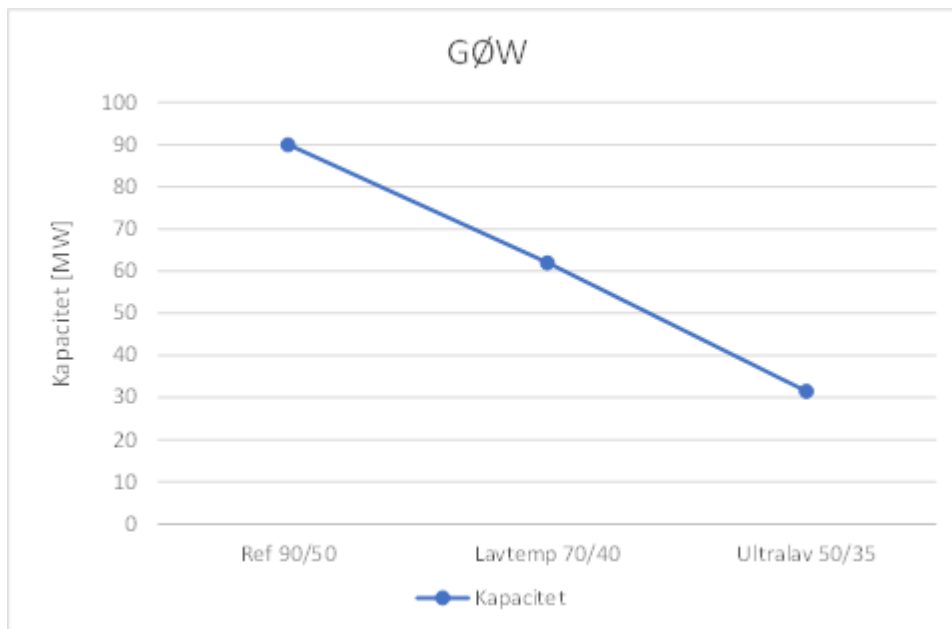
Figur 10 viser kapaciteten i GØW-nettet ved henholdsvis referencen, lavtemperaturfjernvarme og ultra lavtemperaturfjernvarme i forhold til varighedskurven for 2018.



Figur 10: Kapacitetsreduktion i GØW nettet

Figur 11 viser kapaciteten i GØW-nettet ved henholdsvis referencen, lavtemperaturfjernvarme og ultra lavtemperaturfjernvarme.

Som tidligere nævnt henvises der til bilag 2-GØW for lidt mere detaljerede resultater, hvor der blandt andet kan ses energilinjeplot, og der er også plot, der viser hvordan tryktabsgradienterne øges ved lavere delta T.



Figur 11: Kapacitetsreduktion i GØW-nettet

5.4 B - Gennemgang af virkemidler og omkostninger

I dette afsnit undersøges en række virkemidler til at øge kapaciteten i distributionsnettene, hvor der vurderes på virkemidlernes effekt samt deres omkostninger.

Virkemidlerne der undersøges er:

- Øge ledningsdimensioner
- Etablering af boosterpumpestationer
- Ændre dimensioneringskriterie fra -12 °C til -10 °C
- Etablering af varmeakkumulatorer
- Etablering af temperaturboost i maksimalsituationer

5.4.1 Øge ledningsdimensioner

Øgning af ledningsdimensionen er en af metoderne til at øge ledningsnettets kapacitet på. Normalt er dette en dyr metode at øge kapaciteten på, specielt hvis rørene der graves op, ikke er udtjente. Omvendt er det knap så dyrt, hvis man kan gøre det over en lang årrække og planlægge at øge dimensionerne i forbindelse med ledningsrenoveringer.

Da eksisterende distributionssystemer har forskellige forudsætninger grundet den måde de er designet og udvidet, er det i denne analyse valgt at øge samtlige dimensioner med 1 dimension. Normalt ville hydrauliske problemer med flaskehalse i et specifikt distributionssystem, bliver løst ved at øge dimensionen i flaskehalsen.

5.4.1.1 Central Øst i Roskilde

For Central Øst nettet er følgende scenarier undersøgt:

- For alle rørstrækninger øges dimensionen med 1 dimension
- På strækninger med trykgradient > 12 mmVS/m (120 Pa/m), øges dimension med 1
- På strækninger med trykgradient > 20 mmVS/m (200 Pa/m), øges dimension med 1

Tabel 14 viser ledningsnettets kapacitet ved de forskellige grader af opdimensionering. Hvis hele nettet opdimensioneres, bliver kapaciteten lige nøjagtig stor nok til lavtemperaturscenariet, mens kapaciteten ved ultra lavtemperaturscenariet kun er på 55% af behovet. Hvis der foretages yderligere opdimensionering af nettet, vil det være muligt også i ultra lavtemperaturscenariet at opnå den nødvendige kapacitet.

Kapacitet	Lavtemperatur MW	Ultralavtemperatur MW
Alle 1 dimension op	51	28
> 12 mmVS/s 1 dimension op	46	23
> 20 mmVS/s 1 dimension op	41	20

Tabel 14: Ledningsnettets kapacitet ved op-dimensionering

Tabel 15 viser hvor mange meter ledning, der skal opdimensioneres i de enkelte tilfælde. Det bemærkes, at både DN150 og DN175 opdimensioneres til DN200. Det vides ikke hvor mange stikledninger, der skal opdimensioneres ved de enkelte tilfælde, og derfor er de ikke medtaget i oversigten.

Dimension	Alle m	> 12mmVS/m m	> 20 mmVS/m m
DN25	1427	526	188
DN32	1576	0	0
DN40	3708	224	127
DN50	5761	508	325
DN65	9281	567	39
DN80	5881	306	180
DN100	5980	259	117
DN125	5312	733	139
DN150	7591	2742	703
DN175	1778	442	102
DN200	2210	0	0
DN250	723	0	0
DN300	2755	35	0
DN350	909	0	0
DN400	648	0	0
DN450	456	0	0
Sum Hovedledninger	55993	6341	1920

Tabel 15: Strækninger der skal opdimensioneres

5.4.1.2 GØW

For GØW-nettet er følgende undersøgt:

- For alle rørstrækninger øges dimensionen med 1
- På strækninger med trykgradient > 12 mmVS/m (120 Pa/m), øges dimension med 1
- På strækninger med trykgradient > 20 mmVS/m (200 Pa/m), øges dimension med 1

Tabel 16 viser ledningsnettets kapacitet ved de forskellige grader af re-dimensionering. Hvis hele nettet opdimensioneres med én dimension, kan de 90 MW leveres ved lavtemperaturscenariet, mens kapaciteten ved ultra lavtemperaturscenariet kun er på ca. 56% af behovet.

Kapacitet	Lavtemperatur MW	Ultralavtemperatur MW
Alle 1 dimension op	90	50
> 12 mmVS/s, 1 dimension op	90	49
> 20 mmVS/s, 1 dimension op	68	49

Tabel 16: Ledningsnettets kapacitet ved redimensionering

Tabel 17 viser hvor mange tracémeter ledning, hvor trykgradienten overstiger hhv. 12 mmVs/m og 20 mmVs/m, for henholdsvis lavtemperatur og ultra lavtemperatur. Som nævnt tidligere indeholder beregningsmodellen ikke stikledninger, og derfor er de ikke medtaget i oversigten.

	Lavtemperatur			Ultra Lavtemperatur		
	12 < mmVs/m < 20	mmVs/m > 200	Sum	12 < mmVs/m < 200	mmVs/m > 200	Sum
< DN50	10	-	10	36	42	78
DN50	231	105	336	2.447	2.874	5.321
DN65	348	98	446	1.431	1.963	3.394
DN80	179	72	251	1.342	1.745	3.087
DN100	77	153	230	1.166	1.331	2.497
DN125	533	169	702	1.194	2.095	3.289
DN150	656	-	656	597	1.419	2.016
DN200	495	219	714	700	1.198	1.898
DN250	743	-	743	455	1.267	1.722
DN300	641	-	641	-	641	641
DN350	-	-	-	-	215	215
DN400	-	-	-	-	339	339
DN500	907	402	1.309	314	1.457	1.771
DN600	-	-	-	-	14	14
	4.820	1.218	6.038	9681	16.601	26.282

Tabel 17: Strækninger hvor forekommer trykgradient over hhv. 12 og 20 mmVs/m, der øges 1 dimension

5.4.2 Etablering af boosterpumpestationer

Etablering af boosterpumpestationer i Roskilde og de fleste andre steder i Hovedstaden vil have den udfordring, at det i disse bytætte områder kan være svært at finde plads til at etablere dem. Samtidig skal boosterpumperne placeres, hvor de har hydraulisk størst effekt.

I analyserne er det antaget, at det fysisk er muligt at placere boosterpumpestationer de steder, hvor der er behov.

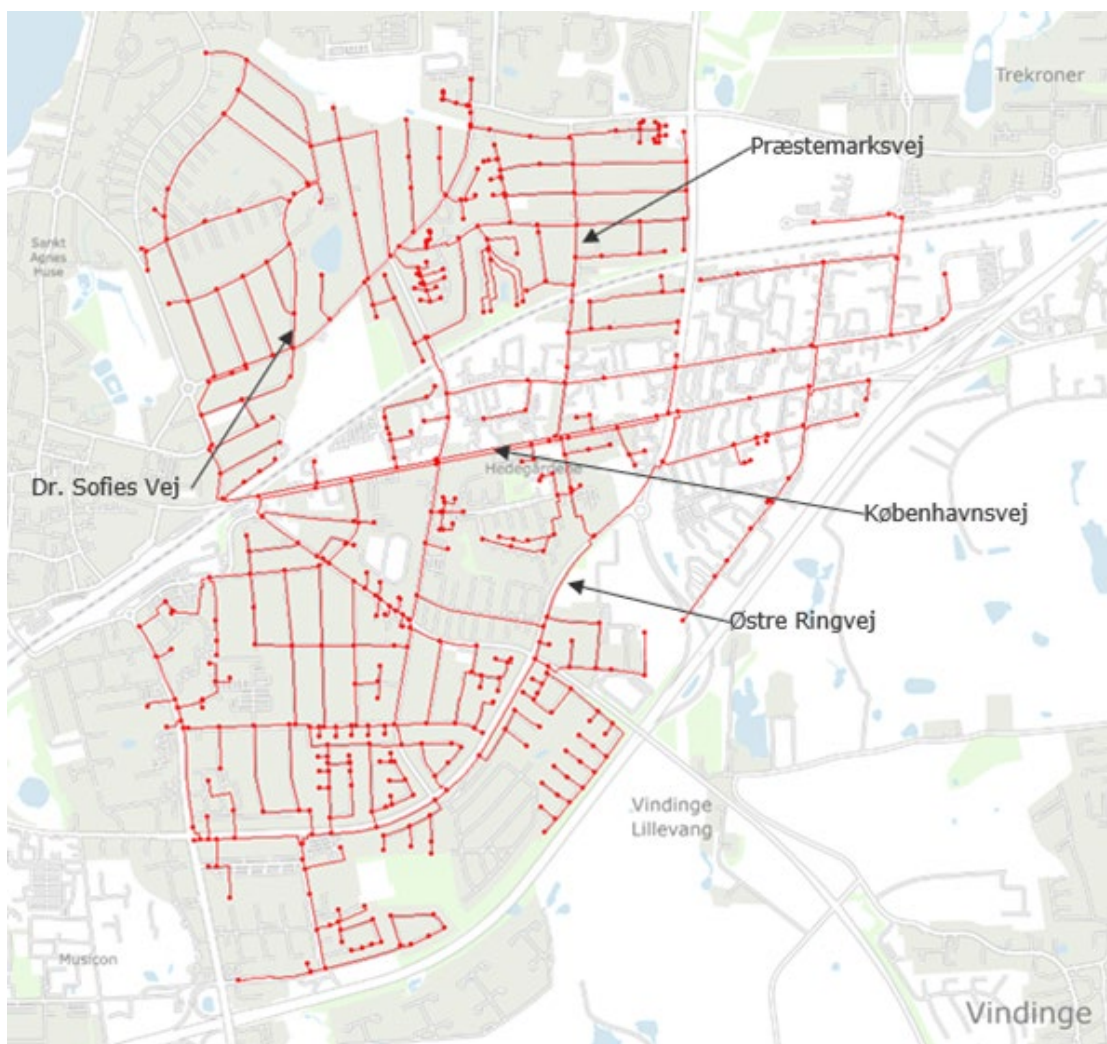
5.4.2.1 Central Øst i Roskilde

I Central Øst nettet er der mange ringforbindelser, hvilket betyder at boosterpumper skal kombineres med ventilafspærringer for at undgå, at boosterpumper pumper i ring.

I lavtemperaturscenariet viser undersøgelserne, at det er nødvendigt med 4 boosterpumpestationer for at kunne levere 51 MW ved en afkøling på 30 °C. De 4 boosterpumpestationer skal kombineres med 14 ventilafspærringer.

De 4 boosterpumpestationer skal placeres som vist i Figur 12, og nedenfor er det angivet, om pumpen skal sidde i fremløb eller returløb, samt hvilken ledningsdimension strækningen har.

- Københavnsvej, DN250 (retur)
- Dr. Sofies Vej, DN200 (retur)
- Præstemarksvej, DN150 (retur)
- Østre Ringvej, DN350 (frem)



Figur 12: Placering af boosterpumpestationer i Central Øst net for at kunne levere 51 MW ved en afkøling på 30 °C

Tabel 18 viser de nødvendige flow og pumpeløft for boosterpumperne for at kunne levere 51 MW i lavtemperaturscenariet.

I ultra lavtemperaturscenariet vil de tilsvarende 4 boosterpumpestationer gøre, så der kan leveres 24 MW. Der er ikke regnet på, hvor mange boosterpumpestationer der skal til for at kunne levere 51 MW i ultralavtemperaturscenariet. Tabel 19 viser de nødvendige flow og pumpeløft for at kunne levere 24 MW i ultralavtemperaturscenarie.

	String	Flow	Head	Hyd Power
		m3/h	mWC	kW
Booster KBh-vej	S414	345.0	12.3	11.3
Booster Dr. Sofies Vej	S512	137.4	8.2	3.0
Booster Præstemarksvej	S079	162.1	13.6	5.8
Booster Østre Ringvej	S409	629.0	18.0	30.1

Tabel 18: Flow og pumpeløft for boosterpumpestationer i lavtemperaturscenarie

	String	Flow	Head	Hyd Power
		m3/h	mWC	kW
Booster KBh-vej	S414	324.3	7.0	6.0
Booster Dr. Sofies Vej	S512	129.1	7.3	2.5
Booster Præstemarksvej	S079	152.3	8.0	3.3
Booster Østre Ringvej	S409	591.3	12.0	18.9

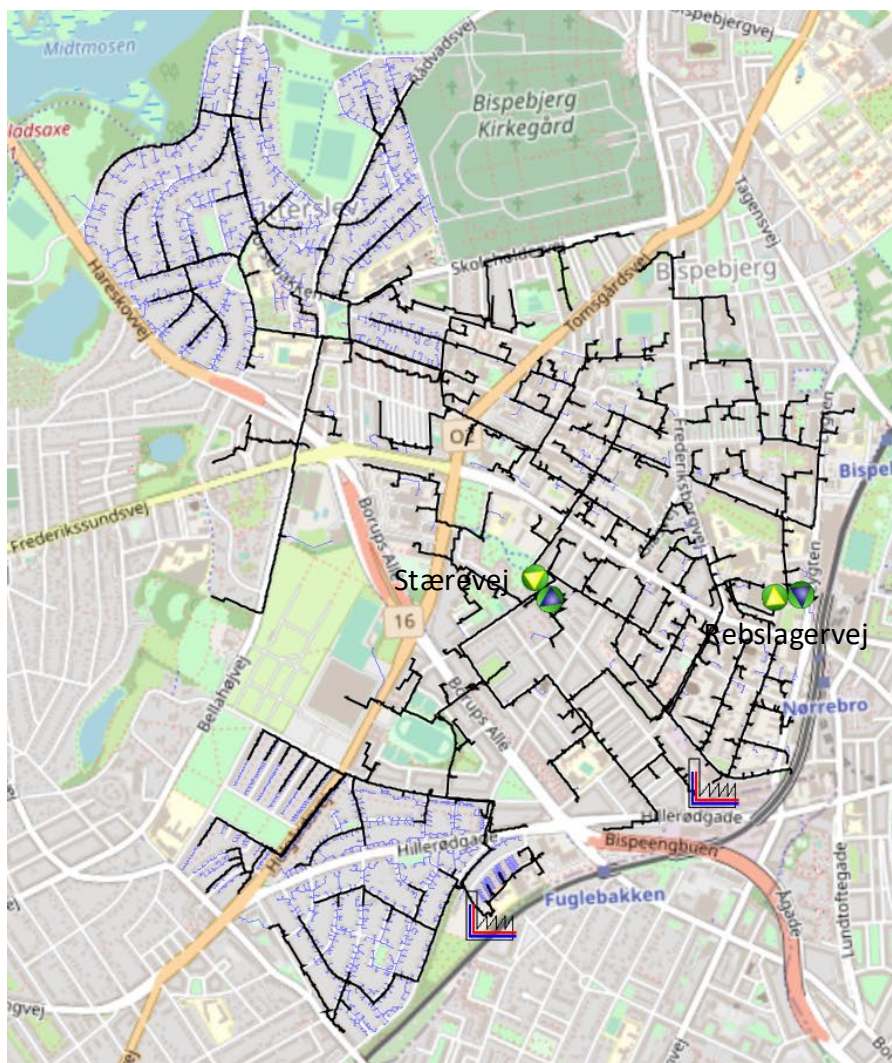
Tabel 19: Flow og pumpeløft for boosterpumpestationer i ultralavtemperaturscenarie

5.4.2.2 GØW

I lavtemperaturscenariet viser undersøgelserne, at det er nødvendigt med 2 boosterpumpestationer for at kunne levere 90 MW ved en afkøling på 30 °C.

De 2 boosterpumpestationer skal placeres som vist i Figur 13 og skal etableres med pumper i både fremløb og returløb.

- Stærevej, DN500 (frem/retur)
- Rebslagervej, DN200 (frem/retur)



Figur 13: Placering af boosterpumpestationer i GØW-nettet for at kunne levere 90 MW ved en afkøling på 30 °C

Tabel 20 viser de nødvendige flow og pumpeløft for boosterpumperne for at kunne levere 90 MW i lavtemperaturscenariet.

		Stærevej	Rebslagervej
Flow	m ³ /h	1.750	340
Løft, fremløb	mVs	20	18
Løft, retur	mVs	20	18

Tabel 20: Flow og pumpeløft for boosterpumpestationer i lavtemperaturscenarie

Der er ikke regnet på, hvor mange boosterpumpestationer der skal til for at kunne levere 90 MW i ultra lavtemperaturscenariet.

5.4.3 Ændre dimensioneringskriterie fra -12 °C til -10 °C

Man være opmærksom på, at nettet ikke har kapacitet i de timer der opstår fra tid til anden, hvor udetemperaturen bliver lavere end -10 °C. Hvilket er sket så sent som i februar 2021.

5.4.3.1 Central Øst i Roskilde

Den dimensionerende effekt for Central Øst nettet er som tidligere nævnt bestemt ud fra årsvarmebehov an net og en erfaringsmæssig benyttelsestid på 2780 timer.

Hvis det ligesom i afsnit 4.6.1.2 antages, at det graddageafhængige kapacitetsbehov varierer lineært mellem +17 °C og -12 °C, så vil en dimensionerende udetemperatur på -10 °C betyde en reduktion af det graddageafhængige kapacitetsbehov med ca. 8 %. Hvis det så samtidig antages, at benyttelsestiden på 2780 timer for Central Øst nettet svarer til -12 °C, så vil benyttelsestiden øges til ca. 3000 timer, hvis den skal svare til -10 °C.

Det betyder, at kapacitetsbehovet for Central Øst nettet vil være 47,3 MW ved en udetemperatur på -10 °C.

Et kapacitetsbehov på 47,3 MW er mere end ledningsnettet har kapacitet til ved både lavtemperaturscenarie og ultra lavtemperaturscenarie, men omkostningerne til opdimensionering af ledninger og/eller boosterpumper vil være lidt lavere end, det er belyst i denne undersøgelse ved 51 MW.

5.4.3.2 GØW

Der ligger data tilgængeligt for GØW-nettet mht. effekt i forhold til ude temperatur for perioden 1. januar 2017 til 26. september 2020. Ved at plotte data effekt i relation til udetemperatur vurderes det, at den dimensionerende effekt for nettet ved -10 grader er ca. 80 MW.

Et kapacitetsbehov på 80 MW er mere end ledningsnettet har kapacitet til ved både lavtemperaturscenarie og ultralavtemperaturscenarie, men omkostningerne til opdimensionering af ledninger og/eller boosterpumper vil være lidt lavere end, det er belyst i denne undersøgelse ved 90 MW.

5.4.4 Etablering af varmeakkumulatorer

Akkumulatortanke placeret tæt ved varmecentralerne vil ikke have nogen effekt på kapaciteten af ledningsnettet. Derfor vil eventuelle akkumulatortanke skulle placeres decentralt i nettet, hvis det skal kunne reducere ledningsnettets kapacitetsbehov.

Decentralt placerede akkumulatortanke til at reducere kapacitetsbehov i ledningsnettet kan dog være en lidt risikabel måde at reducere kapacitetsbehovet på, da man ikke kan være sikker på, at det altid er muligt at nå at lade akkumulatortanken op, inden der er behov for afladning igen.

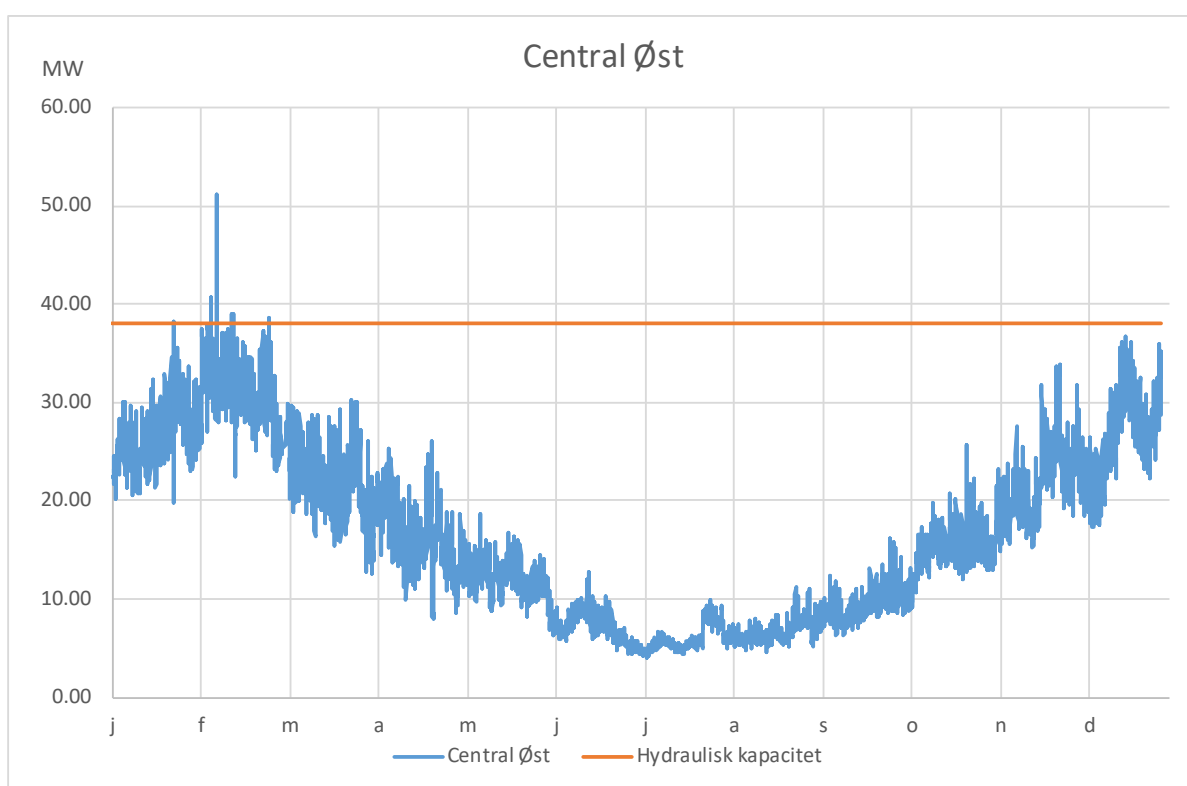
Derfor vil det være nødvendigt med en nærmere analyse af effektbehovet i de enkelte net time for time, og ved nogle net vil behovet for tilførsel af effektbehov fra decentral(e) akkumulatortank(e) måske ikke være så stort, og så kan det give god mening.

5.4.4.1 Central Øst

På baggrund af det årlige varmebehov an net for Central Øst nettet er der opstillet en teoretisk behovsprofil time for time. Figur 14 viser den teoretiske behovsprofil an net for Central Øst sammen med nettets hydrauliske kapacitet på 38 MW ved lavtemperaturscenariet med en afkøling på 30 °C.

Det ses, at det er få timer, at nettets behov overstiger nettets kapacitet. Med det opstillede behovsprofil drejer det sig i dette tilfælde om 13 timer fordelt over flere dage. Det er typisk i morgen-spidsen kl. 7 og kl. 8 nogle dage i januar og februar, at behovet overstiger kapaciteten.

Baseret på dette vurderes det, at det i Central Øst nettet, såfremt der kan findes passende fysisk placering til akkumulatortank, der hvor det er hydraulisk fordelagtigt, vil være muligt at etablere decentral akkumulatortank. I Central Øst nettet er der tre forskellige steder i nettet, hvor differensstrykket bliver lavt. Det gør, at det muligvis er nødvendigt med 3 akkumulatortanke, og de vil skulle placeres i nærheden af de tre steder med lavt differenstryk, som det er vist i Figur 6. Det er dog vigtigt at pointere, at denne undersøgelse er baseret på teoretiske data. Hvis undersøgelsen blev lavet med reelle måledata kunne det vise sig, at der skal aflades over længere perioder, hvilket vil øge størrelsen af akkumulatortankene.



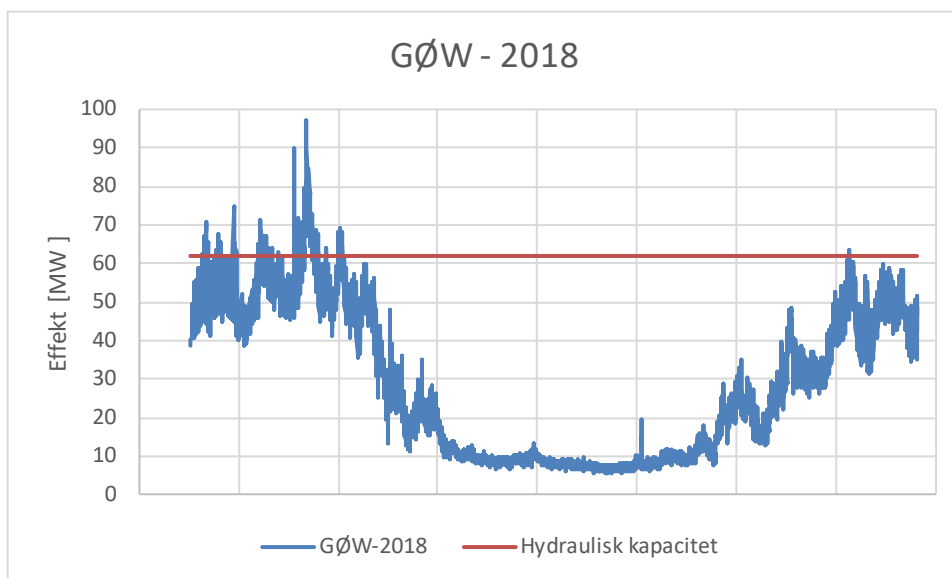
Figur 14: Teoretisk behovsprofil an net for Central Øst samt nettets hydrauliske kapacitet ved lavtemperaturscenarie

5.4.4.2 GØW

Figur 15 viser behovsprofil an net for GØW sammen med nettets hydrauliske kapacitet på 62 MW ved lavtemperaturscenariet med en afkøling på 30 °C. Det er ca. 300 timer, hvor der ikke er kapacitet i nettet. Det er fordelt over flere perioder, men der er dog en længere periode over nogle dage i februar, hvor der vil skulle aflades fra akkumulatortanken.

Det medfører, det sandsynligvis vil være en ret stor akkumulatortank, der skal til, for at sikre forsyningen. Den indledende vurdering tyder på et tankvolumen på 20-25.000 m³, som sandsynligvis vil skulle placeres et passende sted i nærheden af, hvor der er lavt differenstryk som vist i Figur 7.

Størrelsen på akkumuleringsstanken gør, at det umiddelbart ikke vil være sandsynligt med en decentral akkumuleringsstank i GØW-nettet. Det kan dog være en mulighed at etablere en mindre akkumuleringsstank og kombinere det et af de øvrige tiltag, f.eks. boosterpumpe eller opdimensionering af nogle ledninger.



Figur 15: Behovsprofil an net for GØW samt nettets hydrauliske kapacitet ved lavtemperaturscenarie

5.4.5 Etablering af temperaturboost i maksimalsituationer

Analysen i afsnit 5.4.4 vedrørende akkumulatortanke viste, at med det opstillede behovsprofil for effektbehov an net for Central Øst, så var det ganske få timer om året, hvor der ikke er tilstrækkelig hydraulisk kapacitet i nettet i lavtemperaturscenariet. Det samme gør sig sandsynligvis gældende for GØW-nettet.

Som alternativ til opdimensionering af ledninger, etablering af boosterpumper eller etablering af akkumulatortanke, så er det også en mulighed at booste fremløbstemperaturen i de få timer, hvor der mangler hydraulisk kapacitet i nettet.

Temperaturboostningen kan ske på centralerne i distributionsnettet, f.eks. ved elkedler eller naturgaskedler eller andre former for kedler.

5.4.6 Opgradering til 10 bars net

5.4.6.1 Central Øst i Roskilde

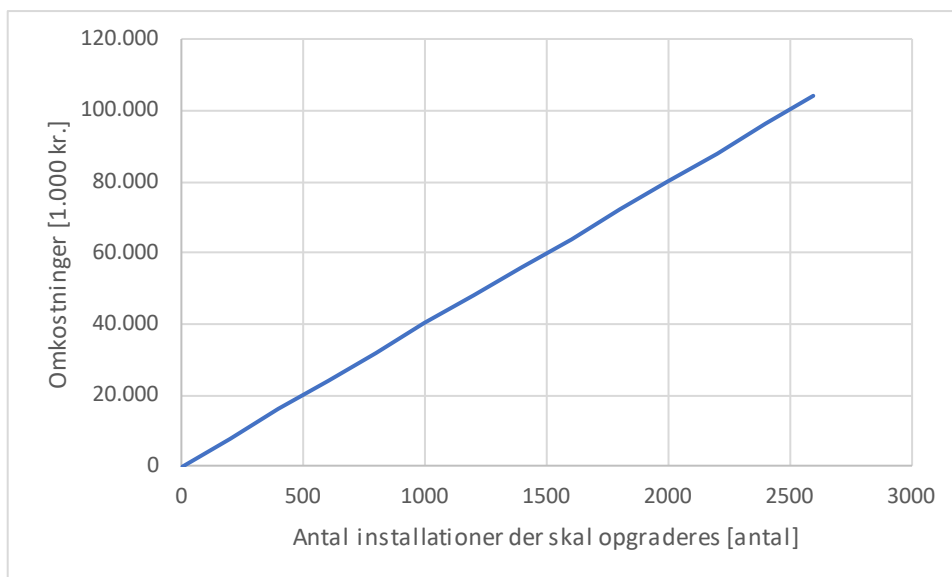
Central Øst nettet er som tidligere nævnt et 6,5 bars net, da der er forbrugere med direkte tilslutning. En måde af øge nettets kapacitet på er ved opgradere de direkte tilsluttede forbrugere til indirekte tilslutning, så nettets trykgrænse bliver 10 bar(g).

Hvis nettet blev opgraderet til et 10 bars net, så vil nettets kapacitet være stor nok til at kunne levere 51 MW i lavtemperaturscenariet.

Det vides ikke med sikkerhed, hvor mange forbrugere der har direkte tilslutning, og derfor er det svært at skønne omkostningen til at lave opgraderingen. Hvis det antages, at den gennemsnitlige omkostning til opgraderinger 40.000 kr. pr. installation, da det antages at kunne være en blanding

af parcelhuse og lidt større forbrugere, så viser Figur 16 sammenhængen mellem antal forbrugere der skal opgraderes og omkostningen til opgradering.

Ledningsnettet er generelt udlagt til et designtryk på minimum 10 bar, så umiddelbart er der ikke andre omkostninger end til opgradering af brugerinstallationer. Dog kan der være enkelte strækninger rundt omkring, hvor ledningerne har et designtryk på under 10 bar, og disse strækninger vil så også skulle opgraderes. Omfanget af disse evt. strækninger kendes dog ikke.

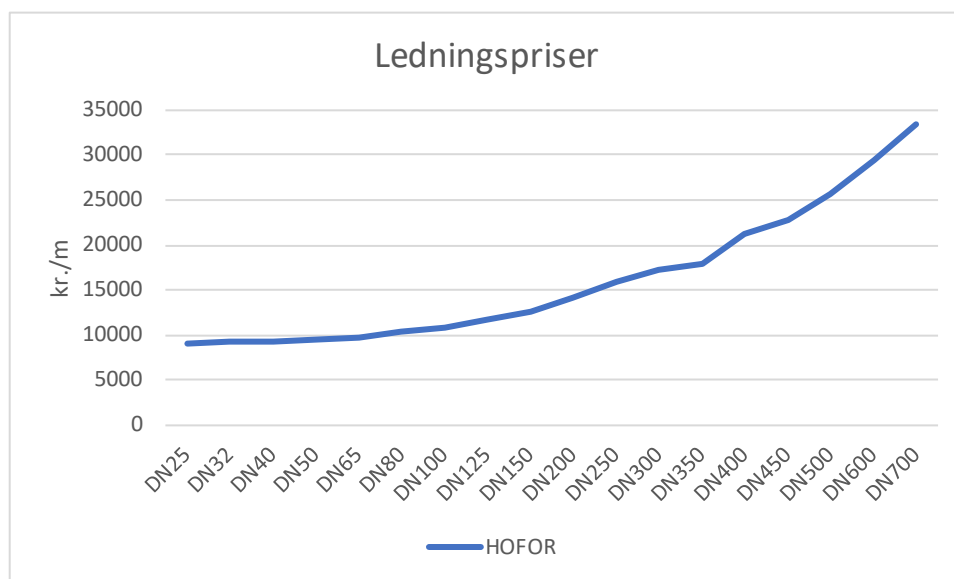


Figur 16: Sammenhæng mellem antal installationer og omkostning til opgradering til 10 bar

5.4.7 Investeringer

I det følgende gives der et anlægsoverslag for de nødvendige investeringer ved tiltagende vedrørende opdimensionering af ledninger, etablering af boosterpumper og etablering af akkumulator-tanke, som det er beskrevet i de foregående afsnit.

Der er anvendt ledningspriser for planlægning oplyst af HOFOR. De anvendte ledningspriser er ekskl. projektering. Figur 17 viser de anvendte planlægningspriser. Der gøres opmærksom på, at der kan være store prisforskelle fra distributionsnet til distributionsnet, og der kan også være relativt store prisforskelle fra projekt til projekt i det samme distributionsnet.



Figur 17: Anvendte planlægningspriser for etablering af fjernvarmeledninger oplyst af HOFOR

Ved etablering af boosterpumpestationer i områder med tæt bebyggelse kan grundkøb og etablering af pumpebygning (over- eller underjordisk) være store poster i budgettet. Hvis der f.eks. kan anvendes et eksisterende bygværk, kan der opnås en betydelig besparelse. Budgetterne på boosterpumpestationer anvendt i denne undersøgelse er nogle meget generelle overslag, der ikke direkte sammenhæng konkrete udførte projekter. Overslagene er forbundet med stor usikkerhed, og der vil ved undersøgelse af konkrete distributionsnet skulle laves særskilte anlægsoverslag for etablering af boosterpumper.

Anlægsoverslag for etablering af akkumulatortanke er baseret på etablering af akkumulatortanke etableret i Jylland. Priserne er forsøgt justeret, så de passer til Københavnsområdet.

Tabel 21 viser de anslåede omkostninger til opgradering af ledningsnettene til kapacitet til lavtemperatur ved de enkelte tiltag. Baseret på disse overslag vurderes det at være mest effektivt at anvende boosterpumper til at opgradere nettene. Det afhænger dog af, om det er fysisk muligt at placere boosterpumpestationerne hvor det er hydraulisk påkrævet.

Decentrale akkumuleringstanke kan også i nogle tilfælde vise sig at være effektive, men akkumuleringstanke er nok sværere at finde plads til end boosterpumpestationer.

Endelig virker opdimensionering af ledninger som den dyreste løsning. Men hvis opdimensionering kan tilpasses over en årrække og udføres i forbindelse med, at ledninger alligevel skal renoveres, så er det kun merudgiften ved at øge dimensionen der er den reelle omkostning til at opnå den tilstrækkelige kapacitet. For GØW-nettet er merudgiften til at gå en dimension op ved renovering på 9 mio. kr., mens den er 7 mio. kr. for CØ-nettet.

	GØW mio. Kr.	CØ mio. Kr.
Opdimensionering af ledninger	101	79
Boosterpumper	11	10
Akkumulatortanke	50	12

Tabel 21: Anslåede omkostninger til opgradering af ledningsnet til kapacitet til lavtemperatur ved de enkelte tiltag

5.5 C - Simpelt værktøj

Der er udviklet et regneark, hvormed der kan foretages en simpel screening af et givet distributionsnet med henblik på at få et groft overslag over investeringerne i forbindelse med omlægning til lavere fremløbstemperatur og deraf følgende lavere afkølinger.

Regnearket beregner omkostningerne ved at reducere den hydrauliske belastning af et distributionsnet i forbindelse med reduktion af forbrugernes afkøling som følge af en reduceret fremløbstemperatur. Den hydrauliske belastning af distributionsnettet kan reduceres ved at reducere varmeforbruget og/eller ved at forbedre forbrugerens afkøling og/eller installation af lokal spidslastproduktion hos forbrugerne, f.eks. i form af el-patroner.

Desuden beregner regnearket omkostningerne ved at øge den hydrauliske kapacitet af distributionsnettet ved at etablere boosterpumpestationer og/eller forøge rørledningerne med en dimension.

Ved at ændre på forudsætninger vedrørende forbrugssænkning/afkølingsforbedring/etablering af spidslast hos forbrugerne samt forudsætninger for forøgelse af netkapacitet, kan man få en overordnet vurdering af hvilke tiltag - eller kombination af tiltag - det vil være økonomisk hensigtsmæssigt at gennemføre.

Input deles op i grundlæggende input og designmæssige input.

Grundlæggende input er basisinvestering ved at reducere fremløbstemperaturen (kr/m^2), specifikke priser (kr/m^3) relateret til forbrugsreduktioner, installation af spidslast (kr/MW) og forbedring af afkøling ($\text{kr}/\text{m}^2/^\circ\text{Cel}$). Desuden er grundlæggende input vurderinger af hydraulisk kapacitetsforøgelse ved etablering af boosterpumpestationer og installation af større rør baseret på hydrauliske beregninger for distributionsnettene knyttet til CTR vekslerstation GØW og Central Øst i Roskilde.

Designmæssige input er oplysninger om boligarealer, % andel af spidslastproduktion, der installeres, valgt temperaturscenarie (lav eller ultra lav) og forbedring af afkøling (f.eks. en forbedring på 1°C) samt angivelse af arealer hvor der med en ekstra investering kan opnås en afkølingsforbedring.

Regnearket indeholder et sheet "Beskrivelse", der kort beskriver de forskellige sheets.

De grundlæggende input indtastes på de forskellige sheets.

Designmæssige input indtastes på sheet "Resultatskema" og her vises også resultaterne af de indtastede data i form af investeringsoverslag.

I Tabel 22 er vist et eksempel på resultatskemaet. Generelt er grønne felter relateret til input mens orange og røde felter er output.

Blå felter er designmæssige input, der er hentet fra andre sheets.

Øverst i skemaet kan indtastes navnet på det net, der undersøges, initialerne for den der har udfyldt skemaet samt en dato.

Der kan indtastes areal for de tre boligtyper (her betegnet 1-fam hus, BR10R og Ældre).

Der kan indtastes en evt. reduktion af forbruget (10 %, 20 % eller 30 %)

Undersøgt net	Navn på net				
		Udført af:	Initialer	Dato:	yyyy-mm-dd
Forbrugertyper		1-fam.hus	BR10R	Ældre	I alt
Boligareal	m2	100000	200000	300000	600000
Specifikt årsforbrug	kWh/m2/år	185	87.04640662	135	
Årsforbrug	MWh/år	18500	17409	40500	76409
Reduktion af forbruget, 10%, 20%, 30%	10%				
Investering, forbrugsreduktion	Ialt, Mill kr	60	120	120	300
Spidslast	5%				
Installation af lokal spidslastproduktion	MW	0.37	0.348185626	0.81	1.528185626
Investering, spidslast produktion	Mill kr.	0.851	0.557097002	1.296	2.704097002
Anvendt afkølingsscenarie (DT_ref, DT_lav, DT_ula)	DT_lav	Forbrug	25	Net	30
Basisinvestering	Mill kr.	100	170	255	525
Forbedring af afkøling (Cel), angivelse af areal der forbedres for hver boligtype	1	90000	170000	250000	510000
Investering, forbedret afkøling	Mill kr.	2	3	5	10
Samlet investering, forbrugere	Mill kr.	163	294	381	838
Krævet flowforøgelse, distributionsnet	5.46%				
Ændring af net					
Basisdata fra GØW eller COS (Central Øst)	COS				
Mulig Flowforøgelse uden ændringer	0.0%				
Mulig % ved netforøgelse og boosterpumper	87.5%	Tillæg Invest , Mill. Kr.		0.0	
Mulig % ved Boosterpumper	36.93%	Investering , Mill. Kr.		3.1	
Krævet forbedring af net		Investering , Mill. Kr.			3
Samlet investering, mill kr.					841

Tabel 22: Resultatskema, eksempel 1.

Der kan indtastes hvor mange procent af kapacitetsbehovet, der tænkes aflastet med decentral spidslast produktion.

Der kan indtastes valg af afkølingsscenarie (DT_ref, DT_lav eller DT_ula (for ultra lav).

Ud fra de givne input beregnes der en basisinvestering i boligmassen i forbindelse med konverteringen til den lavere fremløbstemperatur.

Der kan indtastes en evt. forbedring af afkølingsforholdene hos forbrugerne samt det aktuelle areal for de forskellige forbrugstyper, hvor en sådan ekstra investering tænkes foretaget.

I det givne eksempel ses det, at med de givne forudsætninger er den samlede investering i forbrugsmassen 841 mill. kr. Desuden ses det, at med de givne forudsætninger kræves det, at distributionsnettets flowkapacitet forøges med 10 %, og at der tænkes etableret decentral spidslastproduktion hos forbrugerne svarende til 5 % af kapacitetsbehovet

I den nederst del af skemaet kan man vælge, om vurdering af mulighederne for at forøge det aktuelle distributionsnets hydrauliske kapacitet skal baseres på GØW eller COS (Central Øst).

I det givne eksempel – baseret på Central Øst - er der kun behov for mindre boosterpumpe installationer til 3.1 mill. kr. Vælges GØW som udgangspunkt fås 1,8 mill. kr.

I Tabel 23 er vist et eksempel 2, hvor der ikke foretages ændringer i boligmassen i form af forbrugsreduktion, installation af spidslastproduktion eller forbedring af afkøling. Der er dog stadigvæk en basisinvestering i forbindelse med konverteringen til den lavere fremløbstemperatur.

Undersøgt net	Navn på net				
		Udført af:	Initialer	Dato:	yyyy-mm-dd
Forbrugertyper		1-fam.hus	BR10R	Ældre	I alt
Boligareal	m2	100000	200000	300000	600000
Specifikt årsforbrug	kWh/m2/år	185	87.04640662	135	
Årsforbrug	MWh/år	18500	17409	40500	76409
Reduktion af forbruget, 10%, 20%, 30%	0%				
Investering, forbrugsreduktion	Ialt, Mill kr	0	0	0	0
Spidslast	0%				
Installation af lokal spidslastproduktion	MW	0	0	0	0
Investering, spidslast produktion	Mill kr.	0	0	0	0
Anvendt afkølingsscenario (DT_ref, DT_lav, DT_ula)	DT_lav	Forbrug	25	Net	30
Basisinvestering	Mill kr.	100	170	255	525
Forbedring af afkøling (Cel), angivelse af areal der forbedres for hver boligtype	0	90000	170000	250000	510000
Investering, forbedret afkøling	Mill kr.	0	0	0	0
Samlet investering, forbrugere	Mill kr.	100	170	255	525
Krævet flowforøgelse, distributionsnet	33.33%				
Ændring af net					
Basisdata fra GØW eller COS (Central Øst)	COS				
Mulig Flowforøgelse uden ændringer	0.0%				
Mulig % ved netforøgelse og boosterpumper	87.5%	Tillæg Invest , Mill. Kr.		0.0	
Mulig % ved Boosterpumper	36.93%	Investering , Mill. Kr.		8.9	
Krævet forbedring af net		Investering , Mill. Kr.			9
Samlet investering, mill kr.					534

Tabel 23: Resultatskema, eksempel 2

Det ses, at der nu er behov for at distributionsnettets flowkapacitet forøges med 33,33 %.

Baseret på resultaterne fra Central Øst-nettet ses det, at med boosterpumper kan der fås en flowforøgelse på knap 37, %, dvs. at der i det givne eksempel vurderes at være behov for en investering på 8,9 mill kr. i boosterpumper.

I dette eksempel bliver den samlede investering 534 mill. Kr.

Vælges det at anvende resultaterne GØW-nettet resulterer det i samlede investeringer på 530 mill kr.

Med de her anvendte forudsætninger ses det, at det sandsynligvis er mere økonomisk fordelagtigt at foretage en opgradering af distributionsnettets hydrauliske kapacitet end at foretage ændringer på forbrugersiden.

6. DELOPGAVE 3 – BYGNINGER

I delopgave 3 vurderes omkostninger og effekt af tiltag i bygningerne for at sænke opvarmningsbehovet, modvirke legionelladannelse i det varme brugsvand og sikre en god afkøling ved lavere fjernvarmetemperaturer.

Ovenstående vurderes på repræsentative bygninger der er udvalgt i samarbejde med FFH50.

6.1 Udvalgte bygninger

Følgende bygninger blev fundet repræsentative for boligmassen i Hovedstadsområdet og er gennemgået i nærværende delopgave:

- Enfamiliehus på 124 m² fra 1966 i Kgs. Lyngby – overgået til fjernvarme oktober 2020
- Domea boligafdeling på 18.381 m² fra 1979-81 i Valby - renoveret 2013-16
- FSB-boligafdeling på 27.580 m² fra 1938-40 på Østerbro - renoveres 2018-21

Omkostningerne for tiltagene i bygningerne anses for at være repræsentative for omkostninger generelt og resultaterne anvendes derfor som inputs til delopgave 2C.

Bygningerne er nærmere beskrevet i bilagene til rapporten.

I undersøgelsen har vi valgt at koncentrere os om boligbyggeri bl.a. pga. risici for legionella.

Kontorbygninger indgår ikke i undersøgelsen, men kan karakteriseres ved, at de typisk anvendes i dagtimerne på hverdage. Der vil ofte være nat- og weekendsænkning af rumtemperaturerne. Det graddageuafhængige forbrug (GUF) er begrænset, forudsat dog at automatikken på varmeanlægget er korrekt indstillet. I nyere kontorbygninger er opvarmningssæsonen reduceret til måske 6-8 måneder og der er suppleret med en decideret kølesæson. Der ses eksempler på at de 2 driftsformer overlapper hinanden.

6.2 Bygningers rolle i energisystemet

Bygningerne skal betragtes som en integreret og væsentlig del af det samlede energisystem, hvor varmemeforbrugets mængde og karakteristik påvirker fjernvarmesystemerne - både varmeproduktion, -distribution og -transmission.

I nogle tilfælde kan bygningernes varmebehov også påvirke elsystemet, hvor varme leveres el-baseret - herunder hvor varmepumper aftager el og tilfører varme.

Mange tiltag i bygningerne giver både en varmebesparelse og en bedre udnyttelse (afkøling) af fjernvarmen og påvirker derved det samlede fjernvarmesystem positivt både ved grundlast og ved spidslast.

En velisoleret bygning kan fungere mere fleksibelt i forbindelse med fjernvarmeforsyning, dvs. varmetilførslen kan reduceres i kortere tidsrum, uden at det påvirker rumtemperaturen mærkbart.

6.3 Forudsætninger

6.3.1 Bygningsreglementer

Bygningsreglementerne sætter nogle af rammerne for byggeriet. Før energikriserne i 1970'erne var der ret begrænsede krav til varmeisolering. De er siden hen blevet skærpede og der er også kommet krav til effektiviteten af de tekniske installationer – herunder varmeanlægs temperaturer.

Dette betyder bl.a. at efterisolering af bygninger har den bedste økonomi for bygninger før 1950'erne, hvor hulmur blev almindeligt anvendt. Bygninger efter ca. 1990 har typisk energiruder og her vil det ikke kunne svare sig at udskifte vinduer for at spare energi.

Til og med BR 10 (Bygningsreglement 2010) var der kun minimumskrav til bygningsdele ved udskiftninger i eksisterende byggeri. Fra og med BR 15 er der som et supplement hertil indført 2 Renoveringsklasser – i princippet opbygget som de energirammer, der gælder for nybyggeri.

Krav til isolering af klimaskærm og linjetab: Skema over U-værdier:

Bygningsdel	W/m ² K
Ydervægge og kældervægge mod jord	0,20
Skillevægge og etageadskillelser mod rum, der er uopvarmede eller opvarmet til en temperatur, der er 5 K eller mere lavere end temperaturen i det aktuelle rum.	0,40
Terrændæk, kældergulve mod jord og etageadskillelser over det fri eller ventileret kryberum.	0,12
Loft- og tagkonstruktioner, herunder skunkvægge, flade tage og skråvægge direkte mod tag.	0,15
Yderdøre, porte, lemme, forsatsvinduer og ovenlyskupler	1,65

Figur 18: Ved renovering/udskiftning af bygningsdele skal disse værdier overholdes i h.t. BR10

Max. U-værdierne som anført i ovenstående tabel gælder dog kun, hvis det er rentabelt at udskifte bygningsdelene.

Efter BR18 forventes ikke umiddelbart yderligere skærper af krav til isolering af bygninger.

Tæthed

Der har siden 2006 været krav om tæthed i nybyggeri, hvilket er med til at reducere energiforbruget. Det har ikke haft indflydelse på de 3 eksempler baseret på ældre byggeri, der er beskrevet i Delopgave 3.

6.3.1.1 Varmeanlæggets temperaturer

I BR 95 blev indført krav om, at varmeanlæg skal dimensioneres for en max. fjernvarmetemperatur på 70°C og en fjernvarmeretur på max. 40°C. Samtidig blev det indført, at varmt brugsvandsanlæg skal dimensioneres for max. fjernvarmetemperatur på 60 °C og en fjernvarmeretur på max. 40 °C.

I BR10 udgik disse krav og i stedet henvises til det lokale fjernvarmeselskabs bestemmelser.

6.3.2 HOFOR – Tekniske bestemmelser for fjernvarme, varmt vand

Fjernvarmeforsyningerne i Hovedstadsområdet sætter hver især deres egne – ofte lidt forskellige - krav til kundernes anlæg. For at begrænse opgavens omfang er der i rapporten kun gennemgået kravene fra HOFOR – den største organisation i området. Her har der også været nem adgang til kundespecifikke oplysninger.

I HOFOR's tekniske bestemmelser for fjernvarme indgår følgende (afsnitsnummer i parentes)

- Differenstryk ligger på 0,5 - 5,3 bar hhv. 0,7 – 8,5 bar (3.1.2)
- Udenfor opvarmningssæsonen skal der dimensioneres for FVF 60°C og FVR 30°C (3.1.4)
- Opvarmningsanlægget (sekundærside) skal dimensioneres for VF max. 60°C og VR max. 40°C (3.1.4)
- Fjernvarme fremløbstemperatur (FVF) er 65-95°C efter udetemperatur (3.1.5). *NB i 3.1.4 loves kun FVF 60°C om sommeren.*

Fjernvarmevandet skal i øvrigt, i henhold til punkt 6.1 "Afkøling og fjernvarme-returtemperaturer", nedkøles til en maksimal fjernvarmereturtemperatur på 45°C i opvarmningssæsonen og 35°C uden for opvarmningssæsonen for eksisterende anlæg (3.1.5).

En straf/bonus for afkølingen gør, at kunderne er opmærksomme på dette forhold og tager det med i deres overvejelser om at renovere varmeanlægget.

Ejendomme med	n =	1 - 10
	V =	50 + 50 n
Ejendomme med	n =	11 - 30
	V =	250 + 30 n
Ejendomme med	n =	31 - 100
	V =	550 + 20 n
Ejendomme med	n >	100
	V =	1.550 + 10 n

Figur 19: Fra HOFORS Tekniske Bestemmelser Bilag jan. 2018 vedr. størrelse på varmtvandsbeholdere. Rene vekslerløsninger accepteres som udgangspunkt ikke

6.4 Metode for beregning af varmebesparelser, forbedring af afkøling og priser

Der er taget udgangspunkt i bygningens energirammeberegning, der er baggrund for den lovpligtige Energimærkning (EMO). Beregningen er "nulstillet", dvs. den afspejler bygningen, som den så ud oprindeligt uden div. varmebesparende tiltag. Herefter lægges de efterfølgende beskrevne tiltag ind enkeltvis dvs. de adderes ikke op til BR10 krav til renovering. Hvis de lægges sammen i beregningen, vil det ofte reducere den samlede effekt en smule.

6.4.1 Priser

Udgifter til energibesparende foranstaltninger (EBF) er beregnet ud fra Molio (tidligere V&S priser) – en stor, officiel prisdatabase for byggeri - for et parcelhus, en mellemstor ejendom med 30-40 lejligheder samt for en stor ejendom med mere end 100 lejligheder.

Priserne er sammenholdt med Rambølls erfaringer fra renoveringsprojekter og justeret opad i enkelte tilfælde. Dette specielt for facadeisolering.

Priserne indgår i beregningerne i delopgave 2C. I de fleste tilfælde er der omregnet til kr. pr. etagekvadratmeter (kr./Em²)

Resultatet af beregningerne er vist i afsnit 6.6.

6.5 Tiltag / virkemidler og omkostninger

6.5.1 Reduceret varmebehov

6.5.1.1 Facadeisolering

Bygninger, der er opført efter 1970'erne, vil umiddelbart ikke være mulige at forbedre indenfor alm. økonomiske rammer (dog undtaget en nødvendig vinduesrenovering, hvor der skiftes til energiruder). I ældre bygninger vil være mere oplagte forbedringsmuligheder herunder efterisolering af facader. Det forbedrer samtidig indeklimaet. En undtagelse er hulmursisolering, der er en relativt billig foranstaltning og derfor allerede er udført langt de fleste steder, hvor det er muligt. Hulmursisolering er derfor ikke behandlet videre her.

I de 3 eksempler er der regnet med 125 mm isolering med facadepuds på facader udvendigt efter Rockwools REDArt system. Dog fravælges udvendig isolering i mange tilfælde, da det ændrer bygningens udseende for meget. Indvendig isolering er en mulighed, men er mindre effektiv og kan, hvis det ikke er udført korrekt, give risiko for skimmelsvamp. Der er ikke den store forskel i kr./kWh varme sparet.

Facadeisolering medfører også bedre afkøling, da belastningen af bl.a. varmeafgiverne mindskes.

6.5.1.2 Udskiftning af vinduer

Vinduer udskiftes flere gange i en bygningens levetid. En af grundene hertil, er at der er sket en kraftig forbedring af vinduers energieffektivitet gennem de sidste 20-30 år – med energiruder, varme kanter og bedre vindueskonstruktioner. Nye vinduer med 3 lag glas isolerer mere end dobbelt så godt som ældre termoruder. I en del tilfælde udskiftes vinduer pga. manglende vedligehold.

Der er regnet med 2 lags vinduer/døre med en U-værdi på 1,3 W/m²/K.

Vinduesudskiftning medfører også bedre afkøling, da belastningen af varmeafgiverne mindskes.

6.5.1.3 Ventilation

Frem til BR10 var det almindeligt med en eller flere udsugningsventilatorer tilsluttet køkken og bad. Der er regnet med balanceret ventilation med 70% varmegenvinding i eksemplerne hvor der er tilføjet balanceret ventilation.

Da der normalt indgår en ventilationsvarmefflade, reduceres belastningen på radiatorerne og det vil betyde en bedre afkøling af fjernvarmen i 2-strengsanlæg og evt. også i 1-strengsanlæg, hvis det lidt mindre varmebehov fra radiatorerne betyder, at anlægstemperaturen kan sænkes.

Selvom man skulle forvente en mærkbar reduktion i varmekonsumet pga. varmegenvindingen viser erfaringerne, at det er småt med varmebesparelserne, men der opleves til gengæld et bedre indeklima.

Der er ikke regnet økonomi på denne løsning.

Mekanisk ventilation med varmegenvinding medfører også bedre afkøling, da belastningen af bl.a. radiatorerne mindskes ved at der indblæses opvarmet luft.

6.5.1.4 Efterisolering af rørsystem

Dårligt isolerede rør kan kun i nogle tilfælde efterisoleres med privatøkonomisk fordel. Et sted, hvor det kan give mening, er varmt brugsvand (BV) og brugsvandscirkulation (BC) – især i uopvarmede områder. I opvarmede områder vil en forbedring af rørisoleringen forbedre indeklimaet i sommerhalvåret. I boligerne er rørene normalt gemt væk i installationsskakte m.m. og er derfor vanskelige at efterisolere.

Der er regnet med 30 mm ekstra isolering på BV og BC i uopvarmede områder.

Rørisolering medfører også bedre afkøling, da belastningen af bl.a. varmevekslere og varmtvandsbeholdere mindskes.

6.5.2 Forbedret afkøling - centralvarme

6.5.2.1 Opgradering / udskiftning af centralvarmesystemet

I mange tilfælde er det ikke muligt at sænke varme frem (VF) til under 70°C. Inden kravene fra BR95 om, at der skulle regnes med max. VF på 65°C, blev radiatoranlæggene udført med højere temperaturer. Bl.a. blev den første del af nybyggeriet på Indre Nørrebro i 1980'erne, Blågårdsgade Plads mv., udført som direkte anlæg med en blandesøjle og 1-strengs anlæg for 90-70°C.

HOFOR har analyseret eksempler på radiatoranlægs temperatursæt varme frem – varme retur (VF-VR), hvor det ved ekstrapolering fremgår, at dimensioneringstemperaturer er ca. 70-40°C (2-strengs anlæg) – og op til 80-70 °C (1-strengs anlæg fra 1929).

Forøgelse af radiatordimensioner

I nyere boligbyggeri er der ofte en konflikt mellem arkitektur og effektive varmekilder. F.eks. går vinduer ofte fra loftet til gulvet eller tæt på, for at få mere lys i rummet, medfører, at der kun bliver plads til lave radiatorer eller konvektorer. Mulighederne for at øge radiator-effekten er dermed begrænset. I ældre byggeri kan der f.eks. være en konflikt mellem radiator-nichen under vinduet og den ønskede radiatorstørrelse. Måske vil man endda reducere nichen dybde med isolering i forbindelse med en renovering. En løsning kan være at fylde nichen ud med isolering og gøre radiatoren

brede. I fredet byggeri kan gamle radiatorer ikke umiddelbart udskiftes til store, effektive radiatorer. Det gælder f.eks. Nationalmuseet, der er udfordret på opvarmningen med max. VF 70°C. Der suppleres med el-radiatorer på steder hvor komforten ikke kan opretholdes.

Forbedring af afkøling beregnes ud fra forøgelsen af radiatorkapaciteten. I denne opgave er der taget udgangspunkt i en 2-lags radiator med konvektor (Steelrad 22) 0,6 m høj – længde 1 m (se figur 20) svarende til en normal vinduesbrystning med temperatursæt 80-50°C.

Der er mange eksempler på både højere og lavere temperatursæt end 80-50°C, men disse temperaturer blev meget anvendt i en årrække frem mod BR95. I praksis kan der være tale om alle mulige højder, længder m.m. Nye radiatorer vil ofte være mere effektive end ældre typer af f.eks. søjleradiatorer. Erfaringsmæssigt bliver der ofte pladsproblemer ved lavere temperatursæt end VF 60-70°C.

Radiator ydelse for Steelrad 22 - h 600, l 1000

°C	W	%		°C	W	%		°C	W	%
80-50	1422	100		70-40	1020	72		60-30	654	46
80-45	1318	93		70-35	925	65		60-25	569	40
80-40	1217	86		70-30	832	59		60-20	487	34

Figur 20: Radiatorydelser ved forskellige anlægstemperaturer – radiatorstørrelse mere end fordobles ved at gå fra 80-50°C til 60-30°C

Ved renoveringer af bygningen kan forbedringer af varmeanlægget reducere varmemeforbruget en smule, hvis der indgår rørisolering. Opsættes der større radiatorer og sker der en korrekt indregulering kan det øge varmemeforbruget, da alle rum nu kan opvarmes tilstrækkeligt. Dårligt fungerende anlæg kan forbedres med indregulering og måske udskiftning af enkelte for små radiatorer. Dette kan være et godt tiltag, der medfører at anlægstemperaturerne kan sænkes samtidig med at indeklimaet forbedres i nogle af rummene.

Opgradering fra 1-strengs til 2-strengsvarmeanlæg

Overgang fra et 1-strengsanlæg til et bedre fungerende 2-strengsanlæg kan også medføre energibesparelser og en bedre afkøling af fjernvarmevandet. Dog vil den bedre varmefordeling i nogle tilfælde kunne øge energiforbruget – men medføre et bedre indeklima.

Dårligt fungerende anlæg kan forbedres med indregulering og måske udskiftning af enkelte for små radiatorer. Denne proces vil ofte kunne betale sig privatøkonomisk.

En fuldstændig udskiftning af radiatoranlægget sker ofte ved 1-strengsanlæg, hvor der er problemer med varmefordelingen. Samtidig er anlæggene gamle og der er en blanding af radiatorer, fra måske oprindelige støbejerns-radiatorer til nye pladeradiatorer. Radiatorerne udskiftes med mellemrum pga. utætheder og passer ikke altid godt til radiatornichen. Et nyt anlæg vil fungere bedre og fremtræde pænere, hvilket både lejere og ejere sætter pris på. En samlet udskiftning af radiatoranlægget ses ofte ved større renoveringsprojekter.

Udskiftning til gulvvarmeanlæg

Gulvvarme er et godt bud på et super-lavtemperaturanlæg dvs. fremløbstemperatur op til ca. 45°C og retur 40°C. Til gengæld er returen ikke lavere end for gode radiatoranlæg.

Gulvvarme er ikke altid i stand til at minimere kuldnefald ved store/høje vinduespartier og suppleres i nogle tilfælde med radiatorer på udsatte steder. Tidligere har problemet med gulvvarme været, at bygningerne havde for store varmetab til at blive opvarmet med gulvvarme.

Som eksempel på god effektivitet for et gulvvarmesystem, kan nævnes en etageejendom fra 1999. Den er en af de tidlige eksempler af ældre byggerier med fuld gulvvarme, med relativt små vinduesarealer og med et effektivt varmt brugsvandssystem, ligger årsafkølingen på fjernvarmen på ca. 46 grader.

Omkostningerne ved at etablere gulvvarme i eksisterende byggeri er så store, at det kun vurderes at blive brugt i specielle tilfælde. Løsningen er ikke prissat i denne opgave.

Siden ca. 2010 er det blevet mere normalt med gulvvarme i etageboliger, hvor det omkring år 2000 begyndte at tage over i nye enfamiliehuse.

Udskiftning til andre centralvarmesystemer

Radiatorer/konvektorer med indbyggede blæsere er i nogle tilfælde en mulighed, men vil nok ikke blive accepteret bredt i boligbyggeri.

Gulvkonvektorer kan give problemer pga. fejldimensionering eller forkert udførte konvektorgrave, der ikke altid udføres korrekt dvs. med ledeplader for luft op/ned. Det kan betyde at VF må hæves over dimensionerende VF.

6.5.2.2 Optimering og/eller udskiftning af tekniske installationer i varmecentralen

Mange, ældre varmecentraler har behov for en opgradering – varmtvandsbeholder, varmeveksler, indregulering, styring mv. Udover dårlig funktion i f.t. at levere varme og BV til bygningen indgår dårlig afkøling af fjernvarmen ofte i argumenterne for en renovering.

Varmeveksler

Der kan være for lidt kapacitet i varmeveksleren, hvilket vil gå udover både VF og fjernvarme retur (FVR). I nogle tilfælde kan veksleren renses eller udvides med flere plader. I andre tilfælde udskiftes veksleren.

Varmtvandsbeholder

Der er sket en gradvis effektivisering af varmtvandsbeholdere – både de mindre præfabrikerede og de større beholdere der ofte er opsvejst på stedet. Krav til mindre volumen ifm. bekæmpelse af legionella og bedre fjernvarmeafkøling har drevet udviklingen. En af producenterne har sammen med DTI optimeret udformningen så sent som i 2018.

For varmtvandsbeholdere anvender vi data fra en anerkendt producent (Reci), hvor det som eksempel kan nævnes, at en ny beholder på 1250 liter har et temperatursæt på 60-30/10-55°C og en effekt på 56 kW. Den vil kunne forsyne 30-40 lejligheder.

Ældre beholdere er typisk udlagt for højere temperaturer på fjernvarmesiden. I nogle tilfælde sidder beholderen på sekundærsiden. Her er det en klar forbedring at flytte beholderen til primærsiden.

I Lundevænget er det udstrakte brugsvandssystem til de ca. 350 lejligheder i 11 blokke udskiftet i 2019 incl. en del præisolerede rør i terræn. Der er 2 sæt nye, isolerede stigstrengene pr opgang. Brugsvandet opvarmes i 2 stk. 4000 l Reci 4*18R (ekstra høje spiraler) beholdere i serie fra 2018. På trods af det omfattende system var fjernvarmeretur fra beholderne kun 10°C ved besøg på stedet 19.feb. midt på eftermiddagen. Brugsvandet fra beholderne var 58-59°C.

På Gadekærvej er der 2 lige store anlæg til forsyning af i alt 207 lejligheder i en lang blok dvs. ca. 104 lejligheder pr anlæg. Der er 2/3 sæt nye, isolerede stigstrengene pr opgang.

Brugsvandet opvarmes i 1 ny 2500 l KN beholder med 6 høje spiraler i den ene del af byggeriet. Fjernvarmeretur fra beholderen var her 18°C ved besøg på stedet 16.feb. midt på eftermiddagen. Brugsvandet fra beholderen var 57°C.

I den anden del af byggeriet – med en ældre beholder-vekslerløsning – var fjernvarmeretur fra beholderen 40°C. Dette anlæg skulle dog udskiftes i løbet af foråret.

Eksemplerne viser, at der i mange tilfælde, er mulighed for at forbedre afkølingen væsentligt ved en renovering af brugsvandssystemet. På Gadekærvej kan man endda sammenligne effekten af beholderudskiftningen alene, da der overalt er nye brugsvandsrør.

Brugsvand cirkulation (BC)

Der er tit muligheder for at optimere brugsvandscirkulationen med bedre indregulering. Ved renovering af anlæggene kan det overvejes, om den traditionelle udformning med et sæt stigstreng (BV+BC) pr. lejlighedsstak skal anvendes – eller hvorvidt antallet af stigstreng kan reduceres. Anlægget kan gøres billigere, mere driftssikkert og give en bedre fjernvarmeafkøling.

Differenstryk

Ved projektering af styring inkl. reguleringsventiler er det en udfordring ikke at kende fjernvarme differenstryk nogenlunde. Installeret for store ventiler medfører det ofte pendling og dermed dårligere fjernvarme afkøling. For små ventiler og/eller differenstryks ventiler kan begrænse anlæggets effekt for meget. Det vil være en hjælp til projekterende og udførende - og en gevinst for fjernvarmeselskabet - hvis et sandsynligt max. – min. differenstryk kan oplyses ved det aktuelle anlæg.

Lokal spidslast

Med fjernvarmetemperaturer under 60-65°C er det ikke muligt at opvarme brugsvandet tilstrækkeligt ifm. bekæmpelse af legionella. Dette kan afhjælpes med el-patroner eller varmepumper.

Smart-Energy styring kan være et supplement til lokal spidslast, så temperaturhævning foregår med lave elpriser. Med Smart-Energy forstås samspillet mellem el- og fjernvarmesystemer. Det sker typisk ved at varierende priser – f.eks. pr time – bestemmer hvilken energiform, der skal prioriteres på det aktuelle tidspunkt.

Det virker umiddelbart mindre interessant af anvende spidslast til rumopvarmning. Overordnet set vil det (over)belaste elnettet, hvis der etableres spidslast med direkte el til rumopvarmning. Der bliver sandsynligvis også en væsentlig udgift til at lægge ekstra eleffekt ind i bygningen i en del tilfælde.

Se også næste afsnit

6.5.3 Forbedret/optimeret styring af anlæg

6.5.3.1 Prædiktiv varmestyring

Styring af varme- og køleanlæg kan optimeres med prædiktiv styring baseret på vejr- og forbrugsprognoser.

Der indgår typisk vejrprognoser og eventuelt suppleret med viden om hvorvidt der skal være ekstra mange mennesker i et bestemt rum/bygning. Dette er i modsætning til den traditionelle, og langt mest anvendte styring, der er baseret på aktuelle forhold (udetemperatur, rumtemperatur mv.).

Ved prædiktiv styring sikres indeklimaet med den mindst nødvendige energitilførsel uden at det går udover komforten.

For at underbygge styringen suppleres den ofte med reference rumfølere i en eller flere lejligheder.

6.5.3.2 Fleksibelt energiforbrug

Hvis der tilføjes energiprisprognoser til den prædiktive styring, har man hvad der kaldes "Fleksibel Energistyring", som dog i nogle tilfælde kan modvirke energiminimeringen. Overordnet set kan det

dog optimeres – både mht. miljø og privatøkonomi.

En reduktion af varmekonsumet kan strække sig over 1-2 timer - afhængig af udetemperaturen og bygningens isoleringstilstand. Funktionen kaldes ofte en facilitator eller aggregator (især på el-siden).

Som eksempel kan nævnes Neogrid Technologies baseret i Ålborg. De har deres Preheat system installeret i 300 boligblokke til optimal styring af varme og brugsvand samt overvågning inkl. logning. Der er også eksempler på styring af parcelhuse via en i forvejen installeret automatik (Danfoss ECL 310). Dette sker i samarbejde med fjernvarmeverket, der kan se nogle perspektiver i det. I nogle tilfælde arbejder Neogrid sammen med fjernvarmeverker om peak-shaving /flyt af forbrug/udgå samtidig.

Fleksibelt varmekonsum giver normalt et lille merforbrug af energi. Dette skal modsvares af lavere varmepris eller andre økonomiske fordele, hvis det skal være en fordel for varmekunderne. Det kan evt. være en del af aftalen om levering af fjernvarme, at det er fjernvarmeverket, der står for styringen og at kunden opnår nogle driftsmæssige fordele.

Hvis vejrprognose melder koldere/mere blæsende vejr, kan manglende kapacitet i et varmeanlæg i nogle tilfælde kompenseres med prædiktiv styring ved at natsænkning annulleres evt. samtidig med at VF hæves.

I et fremtidigt fjernvarmenet med lavest mulige temperaturer hele året, kan det i nogle tilfælde bedre betale sig at anvende el til slutopvarmning af BV i dele af året. Dette kan eventuelt være en del af en prædiktiv styring, der tager udgangspunkt i energiprisprognoser og dermed kan vælge om det er el eller fjernvarme, der skal levere den sidste del af opvarmningen.

6.5.4 Håndtering af Legionella

6.5.4.1 Lokal heatbooster (fx el-stav, varmepumpe)

En supplerende el-baseret varmekilde kan udføre en eventuelt ønsket anti-legionella temperaturhævning af det varme brugsvand, hvis ikke fjernvarmetemperaturen er til det. Temperaturhævnningen sker typisk om natten, så brugsvandstemperaturen er normal igen om morgenen. Der er i priserne ikke medtaget en evt. udvidelse af el-effekten i varmecentralen.

6.5.4.2 Kemisk håndtering af legionella

I stedet for termisk bekæmpelse af legionella kan der anvendes dosering af kemi. Der er gennem de sidste 5-10 år dukket forskellige fabrikater op på markedet bl.a. Guldager, Krüger og BWT. Generelt er de baseret på lokal produktion af klorforbindelser ud fra en saltopløsning. Metoden har været anvendt i svømmehaller igennem de sidste 10-20 år.

Metoden er egnet til lidt større anlæg og muliggør anvendelse af lavere BV-temperaturer ned til ca. 45°C. Ved lavere temperaturer kan der blive problemer med termostat blandingsbatterier.

Der er en årlig driftsudgift på 20-40.000 kr. til service, eftersyn og salt.

6.5.4.3 Optimering af BV-anlægget i f.t. legionella

Andre områder hvor der kan sættes forebyggende ind, er inden for beholderudformning, rørføring, cirkulationsledning, indregulering. Ofte vil optimeringer på disse punkter også være en del af arbejdet med at forbedre fjernvarmeafkølingen.

- Beholder og evt. veksler; ved udskiftning af beholder kan man med udgangspunkt i det målte forbrug vælge den mindst mulige beholder. Er der i enkelte tilfælde store forbrug kan der påbygges en veksler på afgangssiden til supplerende BV-opvarmning ved spidsbelastning – evt. nøjes man med at forberede installationen til en veksler. Rambøll har – efter

aftale med kunden – praktiseret denne løsning flere gange uden at det har været nødvendigt at efterinstallere veksleren.

- Rørføringen; kan nogle gange forenkles og cirkulation på sjældent benyttede tapsteder droppes. Lange sjældent benyttede BV rørstræk kan afløses af decentrale el-beholdere.
- Cirkulationsledninger; kan i nogle tilfælde forenkles/minimeres.
- Indregulering; strengreguleringsventiler kan sætte sig fast og skal udskiftes for at sikre en jævn fordeling af BV.

6.6 Resultater / konklusioner

Resultatet af beregningerne af investeringerne for de energibesparende foranstaltninger, er vist i følgende Tabel 24.

Tiltag	Investering i kr./Em ²			Øget afkøling	Varme-besp	Bygninger før	Fjernvarme-princip	
	Enfamilie-hus	30-40 lejligheder	> 100 lejligheder	°C	kWh/Em ²	Årgang	LT	ULT
Udvendig facadeisolering	1086	1038	999	10-15	< 45	1950	(X)	(X)
Vinduesudskiftning	679	573	539	< 5	< 17	1990	(X)	(X)
Rørisolering BV+BC i uopv. Rum	65	48	40	< 1	< 7	1980	(X)	(X)
Radiatoranlæg udskiftes, 2-streng, større radiatorer	878	850	832	10-20		1990	(X)	X
Varmeveksler	82	27	11	< 5		1990	(X)	X
Varmtvandsbeholder	75	40	17	5-10		1990		X
Lokal spidslast, elpatron	69	20	4	-				X
Håndtering af legionella				100.000				X
Klorelektrolyse								

Tabel 24: Energibesparelser og forbedring af afkøling i boligbyggeri

Tiltagene "Udvendig facadeisolering", "Vinduesudskiftning" og "Rørisolering" medvirker alle til en reduktion af behovet for varme. Desuden forbedrer tiltagene afkølingen.

Tiltagene "Radiatoranlæg udskiftes", "Varmeveksler" og "Varmtvandsbeholder" bidrager alene til en øget afkøling.

Det ses bl.a. af resultaterne, at tiltagene "Udvendig facadeisolering" og "Radiatoranlæg udskiftes" har stor indflydelse på afkølingen. Det betyder også, at disse tiltag har stor indflydelse på, om LT og ULT er muligt. Tiltagene ses også at have nogle af de højeste omkostninger.

Generelt indikerer investeringsomkostningerne ikke, at der er store skalafordele ved at gå fra tiltag i et enfamiliehus til en bolig med mange lejligheder. De specifikke investeringer i kr. / Em² falder kun med i størrelsesordenen 10 %.

Generelt vil foranstaltninger sjældent stå alene. Skal bygninger forberedes for drift med ULT, vil det være nødvendigt at bringe flere foranstaltninger i spil for at øge afkølingen og reducere varmebehovet. En grundig analyse af bygningens klimaskærm samt de eksisterende interne varmeanlæg, vil ligge til grund for valg af egnede tiltag for den enkelte bygning.

I tabellen er markeret med runde tal, hvilke bygningsårgange tiltagene kan være relevante for samt et muligt behov for tiltag ifm. LT/ULT drift.

Det fremgår at LT-drift kræver få – i nogle tilfælde ingen – tiltag for at kunne gennemføres. Det afhænger af den aktuelle bygning. Nyere bygninger burde kunne leve op til kravene.

ULT-drift kræver som udgangspunkt altid et minimum af tiltag.

Priserne der beregnes i denne delopgave, indgår som input i screeningsværktøjet, der er udarbejdet i delopgave 2C.

Investeringerne i tabellen er omregnet til kr. pr. etagekvadratmeter (kr./Em²). Dog ikke legionel-lahåndtering.

6.6.1 Lavtemperatur (LT) drift med fjernvarmedistribution 70-40 °C

Med effektive beholdere i alle ejendomme bør det være muligt at gennemføre LT drift i forhold til BV produktion. Med effektive vekslere, dvs. at varmetabet over veksleren (FVF-VF) < 5K, bør det være muligt at indføre LT drift i bygninger opført efter BR95 og i mange bygninger renoveret de sidste 10-20 år.

I en del ældre bygninger – især med 1-strengs anlæg - vil det være nødvendigt at udskifte radiatoranlægget eller efterisolere klimaskærmen.

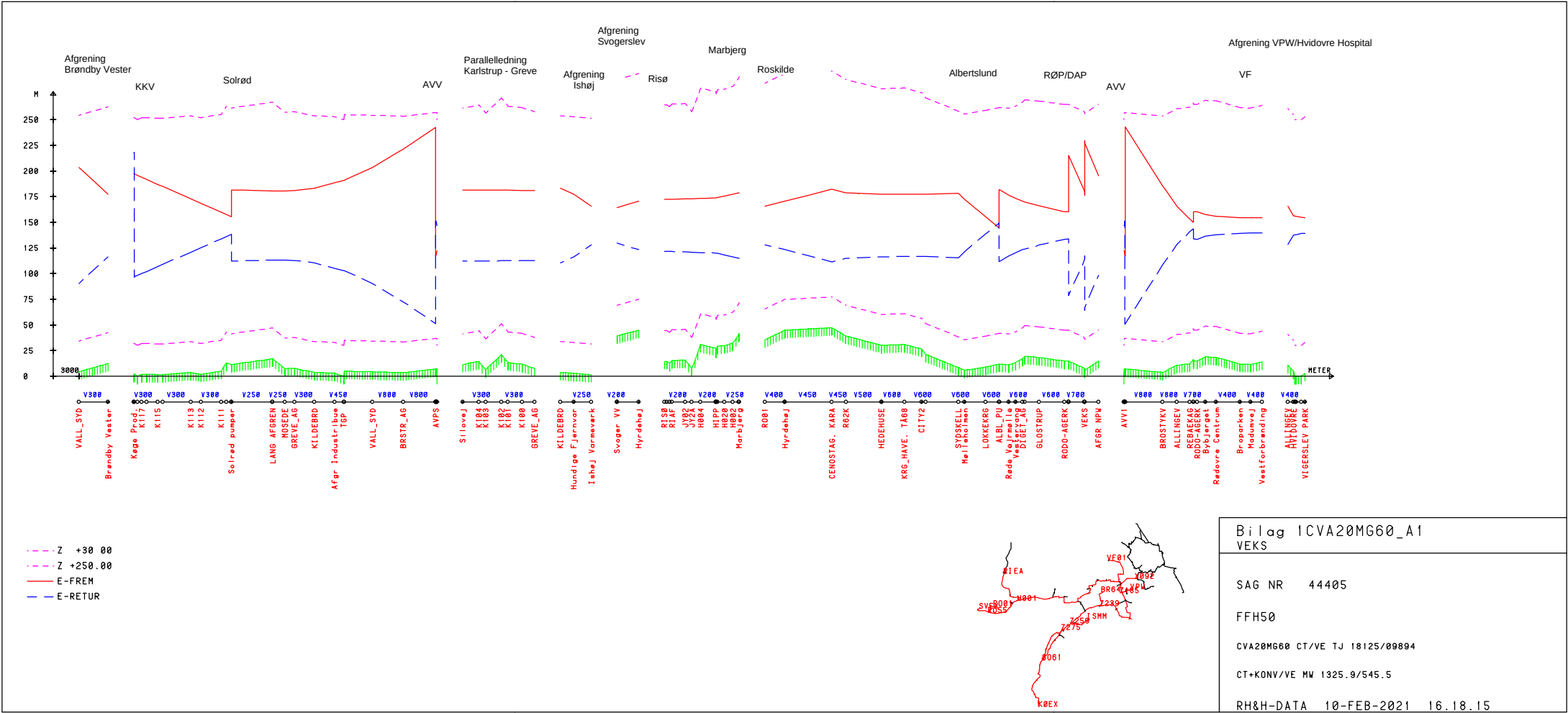
6.6.2 Ultra lavtemperatur (ULT) drift med fjernvarmedistribution 50-35 °C

Der vil max. kunne leveres 45 °C BV uden supplerende varme (el-baseret). Nogle steder vil 45 °C BV kunne accepteres, men det vil så kræve tiltag mod Legionella. En delvis løsning kunne være at supplere med el/varmepumpe til BV-produktion i de enkelte bygninger, så denne kan fungere uafhængigt af ULT driften.

Det er sandsynligvis kun gulvvarmeanlæg, der vil kunne nøjes med max. 50 °C FVF. Nogle bygninger kan optimeres i klimaskærm og installationer. Alle andre steder skal der suppleres med ekstra varme ved udetemperaturer under 0 - +5 °C. Det er et spørgsmål om den nødvendige VF-hævning skal ske i ejendommen med el-patron eller varmepumpe (med varmeoptag fra fjernvarmeledningen) eller kan ske i fjernvarmenettet – lokalt eller mere centralt.

I almindelige fjernvarmeområder vil optimering af bygninger/installationer enten være meget be-
kostelig eller teknisk set nærmest ikke mulig.

BILAG - DELOPGAVE 1



Bilag 1CVA20MG60_A1
VEKS

SAG NR 44405

FFH50

CVA20MG60 CT/VE TJ 18125/09894

CT+KONV/VE MW 1325.9/545.5

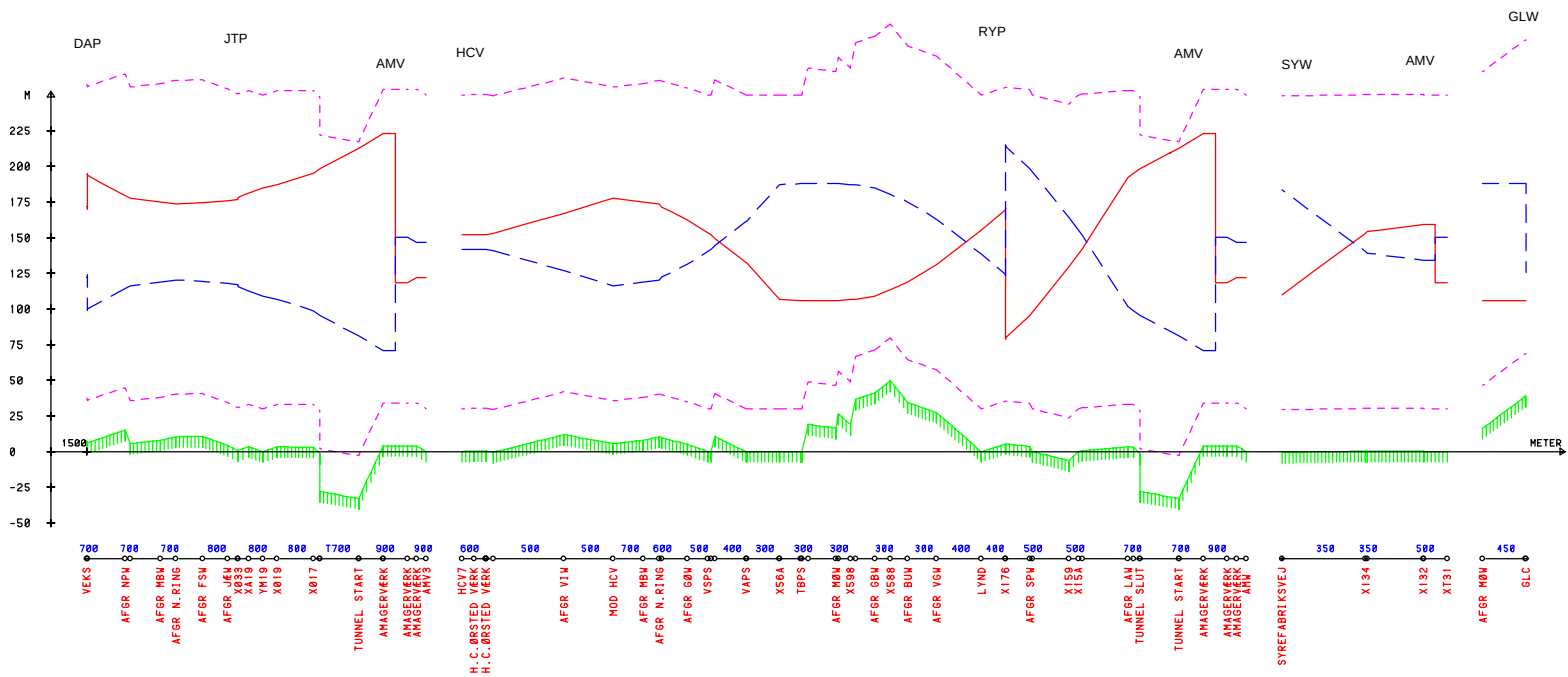
RH&H-DATA 10-FEB-2021 16.18.15

VEKS	Kapacitet		Belast	Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende		Afkøling
CVA20MG60	MW	Ton/h	MW	Eksis	Scen A	Belastning	last	Belastning	% Flow	gr.C.
Avedøre Stationsby	16.00	229	7.9	0.0	0.0	7.9	0.0	7.9	49%	60.0
Agerkær	13.00	186	5.8	0.0	0.0	5.8	0.0	5.8	44%	60.0
Albertslund Varmerværk	49.00	700	23.5	0.0	0.0	23.5	0.0	23.5	48%	60.0
Avedøre Skole	12.00	171	2.7	0.0	0.0	2.7	0.0	2.7	23%	60.0
Bybjerget	23.60	337	11.3	0.0	0.0	11.3	0.0	11.3	48%	60.0
Broparken	14.80	211	5.6	0.0	0.0	5.6	0.0	5.6	38%	60.0
Brøndby Strand	37.40	534	16.1	0.0	0.0	16.1	0.0	16.1	43%	60.0
Brøndby Vester	60.00	857	32.1	0.0	0.0	32.1	0.0	32.1	53%	60.0
Brøndby Øster	34.40	491	20.5	0.0	0.0	20.5	0.0	20.5	59%	60.0
Brøndby Øster	49.60	709	27.2	8.3	0.0	18.9	0.0	18.9	38%	60.0
RVf	44.00	629	28.1	0.0	0.0	28.1	0.0	28.1	64%	60.0
Hvidovre Syd	26.00	371	11.4	0.0	0.0	11.4	0.0	11.4	44%	60.0
Diget	6.50	93	1.9	0.0	0.0	1.9	0.0	1.9	30%	60.0
COOP	13.00	186	2.4	0.0	0.0	2.4	0.0	2.4	18%	60.0
Lindebo	31.80	454	19.9	0.0	0.0	19.9	0.0	19.9	62%	60.0
Glostrup Varmerværk	26.00	371	8.5	1.0	0.0	7.5	0.0	7.5	29%	60.0
Greve Strandby	16.80	240	10.0	0.0	0.0	10.0	0.0	10.0	60%	60.0
Hedehusene	22.40	320	11.1	0.0	0.0	11.1	0.0	11.1	49%	60.0
Hvidovre Hospital	22.50	321	6.4	0.0	0.0	6.4	0.0	6.4	28%	60.0
Hovedcentralen	66.00	943	37.7	8.0	0.0	29.7	0.0	29.7	45%	60.0
Hvidovre Nord	19.00	271	6.4	0.0	0.0	6.4	0.0	6.4	33%	60.0
Hundige Fjernvarmerværk	24.00	343	11.5	0.0	0.0	11.5	0.0	11.5	48%	60.0
Hyrdehøj	14.20	203	6.2	0.0	0.0	6.2	0.0	6.2	44%	60.0
Herstedøster	44.80	640	15.8	0.0	0.0	15.8	0.0	15.8	35%	60.0
Ishøj Varmerværk	23.10	330	17.4	0.0	0.0	17.4	0.0	17.4	75%	60.0
Hvidovre Midt	39.00	557	15.5	0.0	0.0	15.5	0.0	15.5	40%	60.0
Langager	8.00	114	1.8	0.0	0.0	1.8	0.0	1.8	22%	60.0
Tranegilde Syd	24.00	343	3.8	0.0	0.0	3.8	0.0	3.8	16%	60.0
Madumvej	19.00	271	3.3	0.0	0.0	3.3	0.0	3.3	17%	60.0
Mosedede Fjernvarmerværk	6.50	93	1.4	0.0	0.0	1.4	0.0	1.4	21%	60.0
Marbjerg	15.80	226	9.3	0.0	0.0	9.3	0.0	9.3	59%	60.0
Mølleholmen	18.10	259	9.5	1.5	0.0	8.0	0.0	8.0	44%	60.0
Mosedede Bypark	3.20	46	0.4	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4	11%	60.0
KAS Nordvang	3.00	43	0.9	0.0	0.0	0.9	0.0	0.9	29%	60.0
Rebæk Søpark nr. 1 - 4	0.30	4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	39%	60.0
Rebæk Søpark nr. 5	1.03	15	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	23%	60.0
Rebæk Søpark nr. 6	0.55	8	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	32%	60.0
Rebæk Søpark nr. 7	0.55	8	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	32%	60.0
Rebæk Søpark nr. 8	0.55	8	0.4	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4	81%	60.0
Rebæk Søpark Center	0.55	8	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	21%	60.0
Røde Vejrmølle	36.40	520	13.8	0.0	0.0	13.8	0.0	13.8	38%	60.0
Rødovre Centrum	29.00	414	10.7	0.0	0.0	10.7	0.0	10.7	37%	60.0
Silovej	18.00	257	16.0	0.0	0.0	16.0	0.0	16.0	89%	60.0
Svogerslev Fjernvarme	13.30	190	6.4	0.0	0.0	6.4	0.0	6.4	48%	60.0
Tjørnelyparken	6.50	93	2.9	0.0	0.0	2.9	0.0	2.9	45%	60.0
Vallensbæk Fjernvarme Nord	19.50	279	5.1	0.0	0.0	5.1	0.0	5.1	26%	60.0
Vallensbæk Fjernvarme Syd	19.50	279	8.6	0.0	0.0	8.6	0.0	8.6	44%	60.0
Vestervang	14.00	200	6.4	0.0	0.0	6.4	0.0	6.4	46%	60.0
Himmelev	24.00	343	6.5	0.0	0.0	6.5	0.0	6.5	27%	60.0
Tranegilde Nord	18.00	257	6.3	0.0	0.0	6.3	0.0	6.3	35%	60.0
Risø	12.00	171	2.1	0.0	0.0	2.1	0.0	2.1	17%	60.0
Risø Huse	0.40	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12%	60.0
VFAH			19.8	0.0	0.0	19.8	0.0	19.8		60.0
JUNCKERS			9.2	0.0	0.0	9.2	0.0	9.2		60.0
Ejby	16.00	229	4.7	0.0	0	4.7	0.0	4.7	29%	60.0
Glostrup Hospital Veksler	9.60	137	2.3	0.0	0	2.3	0.0	2.3	24%	60.0
Kragehave	7.20	103	4.2	0.0	0	4.2	0.0	4.2	58%	60.0
Driftsbyen	3.00	43	0.4	0.0	0	0.4	0.0	0.4	13%	60.0
Køge Fjernvarme	66.00	943	25.7	6.0	0	19.7	0.0	19.7	30%	60.0
I alt			545.5	24.8	0.0	520.7	0.0	520.7		

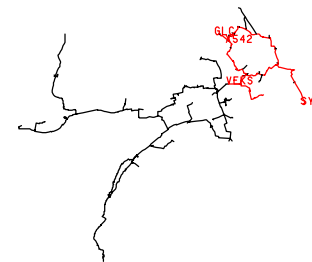
CTR				Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende		
CVA20MG60	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen A	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
MBW	51.5	736	21.2	1.5	0.0	19.7	0.0	19.7	38%	60.0
NPWF	50.6	723	19.0	0.7	0.0	18.4	0.0	18.4	36%	60.0
FSW	66	943	34.0	0.0	0.0	34.0	0.0	34.0	52%	60.0
FVW	71	1014	34.7	1.5	0.0	33.2	0.0	33.2	47%	60.0
JTW	56	800	22.3	1.5	0.0	20.8	0.0	20.8	37%	60.0
JTW.K	57	814	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	2%	60.0
STWF	48.9	699	22.8	0.0	0.0	22.8	0.0	22.8	47%	60.0
STWF.K	48.9	699	2.8	0.0	0.0	2.8	0.0	2.8	6%	60.0
VGW	49.9	713	27.3	4.0	0.0	23.3	0.0	23.3	47%	60.0
VGW-Nordvest	49.9	713	8.3	0.0	0.0	8.3	0.0	8.3	17%	60.0
RYW	36	514	25.6	0.0	0.0	25.6	0.0	25.6	71%	60.0
RYW_Øbro	36	514	1.7	0.0	0.0	1.7	0.0	1.7	5%	60.0
SPW	58	829	49.3	0.0	0.0	49.3	0.0	49.3	85%	60.0
BUW	18	257	13.2	0.0	0.0	13.2	0.0	13.2	74%	60.0
GBW	10.5	150	5.1	0.0	0.0	5.1	0.0	5.1	49%	60.0
HGW	10	143	5.4	0.0	0.0	5.4	0.0	5.4	54%	60.0
ISW	32	457	15.9	0.0	0.0	15.9	0.0	15.9	50%	60.0
MØW2	18.2	260	7.8	0.0	0.0	7.8	0.0	7.8	43%	60.0
MØW1	24	343	3.9	0.0	0.0	3.9	0.0	3.9	16%	60.0
KLW	79	1129	2.1	0.0	0.0	2.1	0.0	2.1	3%	60.0
AML	250	3571	160.1	6.3	0.0	153.8	0.0	153.8	62%	60.0
LAW	180	2571	113.9	0.0	0.0	113.9	0.0	113.9	63%	60.0
SMW	100	1429	37.9	1.4	0.0	36.5	0.0	36.5	37%	60.0
JÆW	88.4	1263	29.9	4.6	0.0	25.2	0.0	25.2	29%	60.0
STWK	70	1000	37.0	0.6	0.0	36.4	0.0	36.4	52%	60.0
HCW	100	1429	35.7	0.0	0.0	35.7	0.0	35.7	36%	60.0
NPWK	50	714	20.0	0.0	0.0	20.0	0.0	20.0	40%	60.0
NPWK.F	50	714	4.6	0.0	0.0	4.6	0.0	4.6	9%	60.0
VIW	44.6	637	21.1	0.0	0.0	21.1	0.0	21.1	47%	60.0
VPW	60	857	50.1	0.0	0.0	50.1	0.0	50.1	83%	60.0
GØW	101	1443	42.6	0.0	0.0	42.6	0.0	42.6	42%	60.0
KOW	54.8	783	36.0	0.0	0.0	36.0	0.0	36.0	66%	60.0
VAW	55.8	797	22.0	0.0	0.0	22.0	0.0	22.0	39%	60.0
VSW	56.8	811	37.0	0.0	0.0	37.0	0.0	37.0	65%	60.0
TBW	57.8	826	7.6	0.0	0.0	7.6	0.0	7.6	13%	60.0
SYW	58.8	840	31.2	0.0	0.0	31.2	0.0	31.2	53%	60.0
ELW1	60	857	22.1	0.0	0.0	22.1	0.0	22.1	37%	60.0
ELW2	100	1429	33.5	7.2	0.0	26.3	0.0	26.3	26%	60.0
TUW	394	5629	259.9	5.4	0.0	254.6	0.0	254.6	65%	60.0
Sum CTR			1325.9	34.7	0.0	1291.2	0.0	1291.2		

VEKS	Kapacitet		Belast	Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende		
CVC30MG45	MW	Ton/h	MW	Eksis	Scen C	Belastning	last	Belastning	% Flow	Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW		gr.C.
Avedøre Stationsby	16.00	229	7.3	0.0	0.0	7.3	0.0	7.3	61%	45.0
Agerkær	13.00	186	5.1	0.0	4.6	0.5	0.0	0.5	5%	45.0
Albertslund Varmerværk	49.00	700	20.8	0.0	18.7	2.1	0.0	2.1	6%	45.0
Avedøre Skole	12.00	171	2.6	0.0	0.0	2.6	0.0	2.6	29%	45.0
Bybjerget	23.60	337	11.8	0.0	0.0	11.8	0.0	11.8	67%	45.0
Broparken	14.80	211	5.9	0.0	0.0	5.9	0.0	5.9	53%	45.0
Brøndby Strand	37.40	534	15.8	0.0	0.0	15.8	0.0	15.8	56%	45.0
Brøndby Vester	60.00	857	31.3	0.0	0.0	31.3	0.0	31.3	70%	45.0
Brøndby Øster	34.40	491	19.6	0.0	0.0	19.6	0.0	19.6	76%	45.0
Brøndby Øster	49.60	709	28.2	8.3	18.8	1.1	0.0	1.1	3%	45.0
RVf	44.00	629	27.7	0.0	0.0	27.7	0.0	27.7	84%	45.0
Hvidovre Syd	26.00	371	10.5	0.0	0.0	10.5	0.0	10.5	54%	45.0
Diget	6.50	93	1.7	0.0	1.5	0.2	0.0	0.2	4%	45.0
COOP	13.00	186	2.1	0.0	1.9	0.2	0.0	0.2	2%	45.0
Lindebo	31.80	454	20.6	0.0	13.8	6.9	0.0	6.9	29%	45.0
Glostrup Varmerværk	26.00	371	7.5	1.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Greve Strandby	16.80	240	10.8	0.0	0.0	10.8	0.0	10.8	86%	45.0
Hedehusene	22.40	320	11.5	0.0	7.6	3.8	0.0	3.8	23%	45.0
Hvidovre Hospital	22.50	321	6.0	0.0	0.0	6.0	0.0	6.0	36%	45.0
Hovedcentralen	66.00	943	39.9	8.0	66.4	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Hvidovre Nord	19.00	271	6.0	0.0	0.0	6.0	0.0	6.0	42%	45.0
Hundige Fjernvarmerværk	24.00	343	12.4	0.0	11.2	1.2	0.0	1.2	7%	45.0
Hyrdehøj	14.20	203	6.6	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Herstedøster	44.80	640	14.0	0.0	12.6	1.4	0.0	1.4	4%	45.0
Ishøj Varmerværk	23.10	330	18.8	0.0	17.0	1.8	0.0	1.8	10%	45.0
Hvidovre Midt	39.00	557	14.7	0.0	0.0	14.7	0.0	14.7	50%	45.0
Langager	8.00	114	1.9	0.0	1.7	0.2	0.0	0.2	3%	45.0
Tranegilde Syd	24.00	343	4.1	0.0	3.7	0.4	0.0	0.4	2%	45.0
Madumvej	19.00	271	3.4	0.0	0.0	3.4	0.0	3.4	24%	45.0
Mosedede Fjernvarmerværk	6.50	93	1.5	0.0	1.3	0.1	0.0	0.1	3%	45.0
Marbjerg	15.80	226	9.8	0.0	16.3	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Mølleholmen	18.10	259	9.9	1.5	6.6	1.8	0.0	1.8	13%	45.0
Mosedede Bypark	3.20	46	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	2%	45.0
KAS Nordvang	3.00	43	0.8	0.0	0.7	0.1	0.0	0.1	3%	45.0
Rebæk Søpark nr. 1 - 4	0.30	4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	50%	45.0
Rebæk Søpark nr. 5	1.03	15	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	29%	45.0
Rebæk Søpark nr. 6	0.55	8	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	41%	45.0
Rebæk Søpark nr. 7	0.55	8	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	41%	45.0
Rebæk Søpark nr. 8	0.55	8	0.4	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4	103%	45.0
Rebæk Søpark Center	0.55	8	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	27%	45.0
Røde Vejmølle	36.40	520	12.2	0.0	11.0	1.2	0.0	1.2	4%	45.0
Rødovre Centrum	29.00	414	11.2	0.0	0.0	11.2	0.0	11.2	51%	45.0
Silovej	18.00	257	17.3	0.0	15.6	1.6	0.0	1.6	12%	45.0
Svogerslev Fjernvarme	13.30	190	6.7	0.0	11.2	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Tjørnelyparken	6.50	93	3.2	0.0	2.9	0.3	0.0	0.3	6%	45.0
Vallensbæk Fjernvarme Nord	19.50	279	4.5	0.0	4.1	0.5	0.0	0.5	3%	45.0
Vallensbæk Fjernvarme Syd	19.50	279	8.4	0.0	0.0	8.4	0.0	8.4	58%	45.0
Vestervang	14.00	200	5.7	0.0	5.1	0.6	0.0	0.6	5%	45.0
Himmelev	24.00	343	6.8	0.0	11.3	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Tranegilde Nord	18.00	257	6.8	0.0	6.2	0.7	0.0	0.7	5%	45.0
Risø	12.00	171	2.2	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Risø Huse	0.40	6	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
VFAH			20.0	0.0	0.0	20.0	0.0	20.0		45.0
JUNCKERS			9.3	0.0	0.0	9.3	0.0	9.3		45.0
Ejby	16.00	229	4.9	0.0	0	4.9	0.0	4.9	41%	45.0
Glostrup Hospital Veksler	9.60	137	2.4	0.0	0	2.4	0.0	2.4	34%	45.0
Kragehave	7.20	103	4.3	0.0	2.90128	1.4	0.0	1.4	27%	45.0
Driftsbyen	3.00	43	0.4	0.0	0.26375	0.1	0.0	0.1	6%	45.0
Køge Fjernvarme	66.00	943	30.4	6.0	0	24.4	0.0	24.4	49%	45.0
I alt			549.0	24.8	297.0	283.4	0.0	283.4		

CTR				Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende		
CVC30MG45	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen C	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
MBW	51.5	736	20.3	1.5	0.0	18.8	0.0	18.8	49%	45.0
NPWF	50.6	723	18.3	0.7	0.0	17.6	0.0	17.6	46%	45.0
FSW	66	943	32.7	0.0	0.0	32.7	0.0	32.7	66%	45.0
FVW	71	1014	33.3	1.5	0.0	31.8	0.0	31.8	60%	45.0
JTW	56	800	21.4	1.5	0.0	19.9	0.0	19.9	47%	45.0
JTW.K	57	814	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	2%	45.0
STWF	48.9	699	21.8	0.0	0.0	21.8	0.0	21.8	60%	45.0
STWF.K	48.9	699	3.2	0.0	0.0	3.2	0.0	3.2	9%	45.0
VGW	49.9	713	30.2	4.0	0.0	26.2	0.0	26.2	70%	45.0
VGW-Nordvest	49.9	713	8.4	0.0	0.0	8.4	0.0	8.4	22%	45.0
RYW	36	514	28.2	0.0	0.0	28.2	0.0	28.2	104%	45.0
RYW_Øbro	36	514	1.7	0.0	0.0	1.7	0.0	1.7	6%	45.0
SPW	58	829	52.1	0.0	0.0	52.1	0.0	52.1	120%	45.0
BUW	18	257	14.6	0.0	13.5	1.1	0.0	1.1	8%	45.0
GBW	10.5	150	5.6	0.0	5.2	0.4	0.0	0.4	5%	45.0
HGW	10	143	5.3	0.0	0.0	5.3	0.0	5.3	71%	45.0
ISW	32	457	17.5	0.0	16.3	1.3	0.0	1.3	5%	45.0
MØW2	18.2	260	7.7	0.0	0.0	7.7	0.0	7.7	57%	45.0
MØW1	24	343	3.9	0.0	0.0	3.9	0.0	3.9	22%	45.0
KLW	79	1129	2.1	0.0	0.0	2.1	0.0	2.1	4%	45.0
AML	250	3571	163.2	6.3	68.0	88.9	0.0	88.9	47%	45.0
LAW	180	2571	117.6	0.0	50.0	67.6	0.0	67.6	50%	45.0
SMW	100	1429	39.5	1.4	50.0	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
JÆW	88.4	1263	30.1	4.6	0.0	25.4	0.0	25.4	38%	45.0
STWK	70	1000	41.6	0.6	0.0	41.0	0.0	41.0	78%	45.0
HCW	100	1429	38.8	0.0	54.7	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
NPWK	50	714	21.5	0.0	0.0	21.5	0.0	21.5	57%	45.0
NPWK.F	50	714	4.5	0.0	0.0	4.5	0.0	4.5	12%	45.0
VIW	44.6	637	22.9	0.0	32.3	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
VPW	60	857	54.1	0.0	0.0	54.1	0.0	54.1	120%	45.0
GØW	101	1443	43.1	0.0	0.0	43.1	0.0	43.1	57%	45.0
KOW	54.8	783	36.2	0.0	0.0	36.2	0.0	36.2	88%	45.0
VAW	55.8	797	22.0	0.0	0.0	22.0	0.0	22.0	53%	45.0
VSW	56.8	811	37.2	0.0	0.0	37.2	0.0	37.2	87%	45.0
TBW	57.8	826	8.3	0.0	0.0	8.3	0.0	8.3	19%	45.0
SYW	58.8	840	46.0	0.0	0.0	46.0	0.0	46.0	104%	45.0
ELW1	60	857	22.3	0.0	0.0	22.3	0.0	22.3	49%	45.0
ELW2	100	1429	47.4	7.2	0.0	40.2	0.0	40.2	54%	45.0
TUW	394	5629	262.2	5.4	0.0	256.9	0.0	256.9	87%	45.0
Sum CTR			1387.9	34.7	290.0	1100.3	0.0	1100.3		



- - - Z +30.00
 - - - Z +250.00
 — HEAD SUPPLY
 — HEAD RETURN



Bilag 1CVC30SP45_A2
CTR

CASE NO. 44405

FFH50

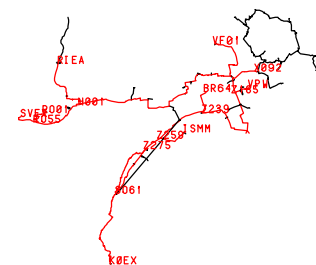
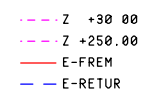
CVC30SP45 CT/VE TJ 18200/09616

CT+KONV/VE MW 2250.7/890.4

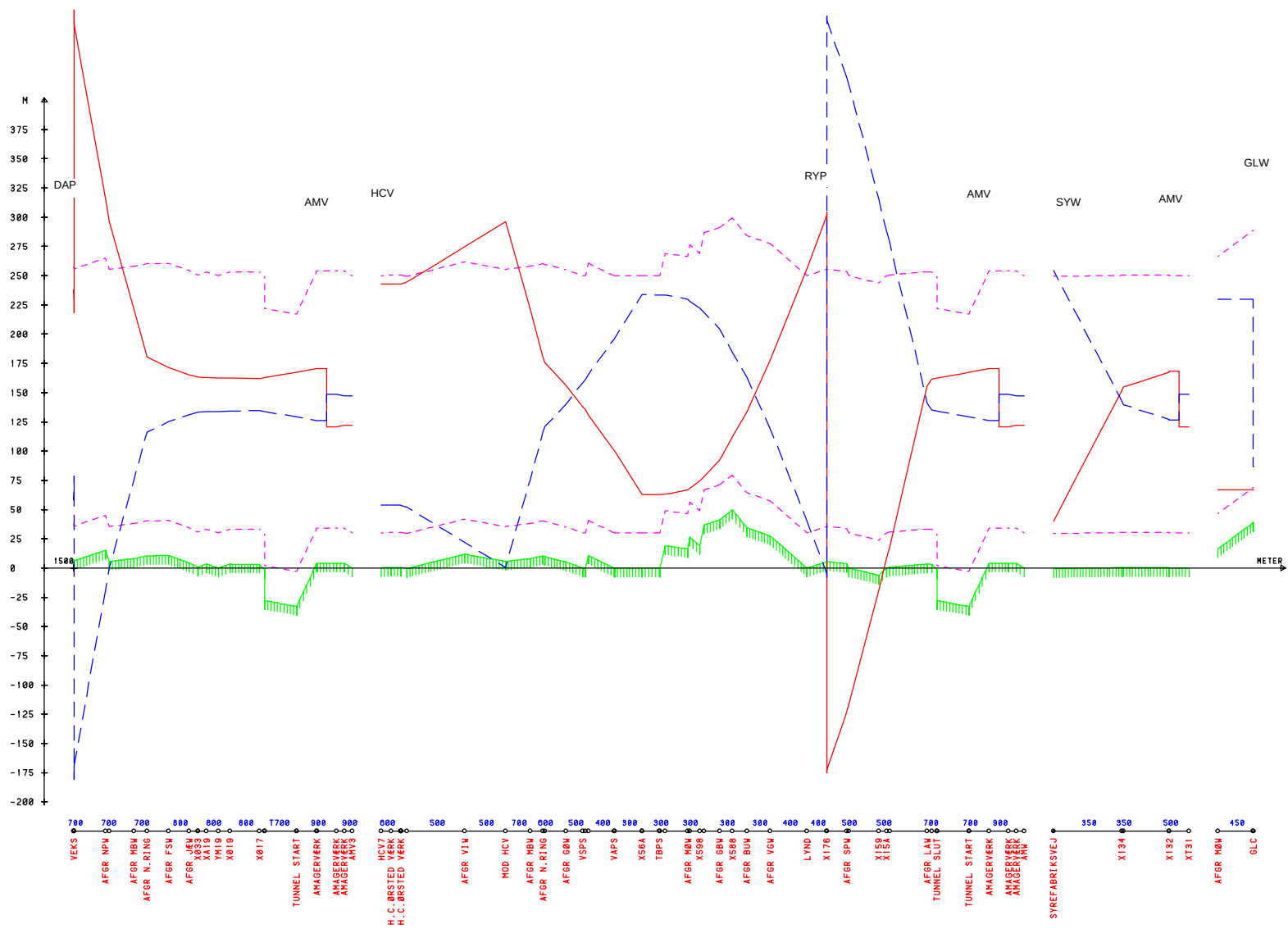
RH&H-DATA 10-FEB-2021 19.52.51

VEKS	Kapacitet		Belast	Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende		Afkøling
CVC30SP45	MW	Ton/h	MW	Eksis	Scen C	Belastning	last	Belastning	% Flow	gr.C.
Avedøre Stationsby	16.00	229	11.8	0.0	0.0	11.8	5.4	6.4	53%	45.0
Agerkær	13.00	186	8.3	0.0	4.6	3.7	1.7	2.0	20%	45.0
Albertslund Varmeværk	49.00	700	33.7	0.0	18.7	15.0	6.9	8.1	22%	45.0
Avedøre Skole	12.00	171	4.3	0.0	0.0	4.3	2.0	2.3	26%	45.0
Bybjerget	23.60	337	19.1	0.0	0.0	19.1	8.8	10.3	58%	45.0
Broparken	14.80	211	9.5	0.0	0.0	9.5	4.4	5.1	46%	45.0
Brøndby Strand	37.40	534	25.6	0.0	0.0	25.6	11.8	13.8	49%	45.0
Brøndby Vester	60.00	857	50.8	0.0	0.0	50.8	23.4	27.4	61%	45.0
Brøndby Øster	34.40	491	31.8	0.0	0.0	31.8	14.6	17.1	66%	45.0
Brøndby Øster	49.60	709	45.8	8.3	18.8	18.6	8.6	10.1	27%	45.0
RVf	44.00	629	45.0	0.0	0.0	45.0	20.7	24.3	74%	45.0
Hvidovre Syd	26.00	371	17.1	0.0	0.0	17.1	7.9	9.2	47%	45.0
Diget	6.50	93	2.8	0.0	1.5	1.2	0.6	0.7	14%	45.0
COOP	13.00	186	3.4	0.0	1.9	1.5	0.7	0.8	8%	45.0
Lindebo	31.80	454	33.4	0.0	13.8	19.7	9.1	10.6	44%	45.0
Glostrup Varmeværk	26.00	371	12.2	1.0	6.8	4.4	2.0	2.4	12%	45.0
Greve Strandby	16.80	240	17.6	0.0	0.0	17.6	8.1	9.5	75%	45.0
Hedehusene	22.40	320	18.6	0.0	7.6	10.9	5.0	5.9	35%	45.0
Hvidovre Hospital	22.50	321	9.8	0.0	0.0	9.8	4.5	5.3	31%	45.0
Hovedcentralen	66.00	943	64.7	8.0	66.4	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Hvidovre Nord	19.00	271	9.8	0.0	0.0	9.8	4.5	5.3	37%	45.0
Hundige Fjernvarmeværk	24.00	343	20.1	0.0	11.2	8.9	4.1	4.8	27%	45.0
Hyrdehøj	14.20	203	10.7	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Herstedøster	44.80	640	22.7	0.0	12.6	10.1	4.6	5.4	16%	45.0
Ishøj Varmeværk	23.10	330	30.5	0.0	17.0	13.5	6.2	7.3	42%	45.0
Hvidovre Midt	39.00	557	23.9	0.0	0.0	23.9	11.0	12.9	44%	45.0
Langager	8.00	114	3.1	0.0	1.7	1.4	0.6	0.7	12%	45.0
Tranegilde Syd	24.00	343	6.6	0.0	3.7	2.9	1.3	1.6	9%	45.0
Madumvej	19.00	271	5.5	0.0	0.0	5.5	2.5	3.0	21%	45.0
Mosedede Fjernvarmeværk	6.50	93	2.4	0.0	1.3	1.1	0.5	0.6	12%	45.0
Marbjerg	15.80	226	15.9	0.0	16.3	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Mølleholmen	18.10	259	16.0	1.5	6.6	7.9	3.6	4.3	32%	45.0
Mosedede Bypark	3.20	46	0.6	0.0	0.4	0.3	0.1	0.2	6%	45.0
KAS Nordvang	3.00	43	1.2	0.0	0.7	0.5	0.3	0.3	13%	45.0
Rebæk Søpark nr. 1 - 4	0.30	4	0.2	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	44%	45.0
Rebæk Søpark nr. 5	1.03	15	0.4	0.0	0.0	0.4	0.2	0.2	25%	45.0
Rebæk Søpark nr. 6	0.55	8	0.3	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	36%	45.0
Rebæk Søpark nr. 7	0.55	8	0.3	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	36%	45.0
Rebæk Søpark nr. 8	0.55	8	0.7	0.0	0.0	0.7	0.3	0.4	91%	45.0
Rebæk Søpark Center	0.55	8	0.2	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	24%	45.0
Røde Vejmølle	36.40	520	19.8	0.0	11.0	8.8	4.1	4.8	17%	45.0
Rødovre Centrum	29.00	414	18.1	0.0	0.0	18.1	8.3	9.8	45%	45.0
Silovej	18.00	257	28.0	0.0	15.6	12.4	5.7	6.7	49%	45.0
Svogerslev Fjernvarme	13.30	190	10.9	0.0	11.2	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Tjørnelyparken	6.50	93	5.1	0.0	2.9	2.3	1.0	1.2	25%	45.0
Vallensbæk Fjernvarme Nord	19.50	279	7.4	0.0	4.1	3.3	1.5	1.8	12%	45.0
Vallensbæk Fjernvarme Syd	19.50	279	13.7	0.0	0.0	13.7	6.3	7.4	51%	45.0
Vestervang	14.00	200	9.2	0.0	5.1	4.1	1.9	2.2	21%	45.0
Himmelev	24.00	343	11.1	0.0	11.3	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Tranegilde Nord	18.00	257	11.1	0.0	6.2	4.9	2.3	2.6	20%	45.0
Risø	12.00	171	3.5	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Risø Huse	0.40	6	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
VFAH			32.4	0.0	0.0	32.4	14.9	17.5		45.0
JUNCKERS			15.0	0.0	0.0	15.0	6.9	8.1		45.0
Ejby	16.00	229	7.9	0.0	0	7.9	3.7	4.3	36%	45.0
Glostrup Hospital Veksler	9.60	137	3.9	0.0	0	3.9	1.8	2.1	29%	45.0
Kragehave	7.20	103	7.0	0.0	2.90128	4.1	1.9	2.2	41%	45.0
Driftsbyen	3.00	43	0.6	0.0	0.26375	0.4	0.2	0.2	9%	45.0
Køge Fjernvarme	66.00	943	49.2	6.0	0	43.2	19.9	23.3	47%	45.0
I alt			890.4	24.8	297.0	579.6	266.8	312.7		

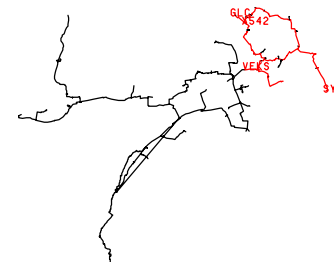
CTR				Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende		
CVC30SP45	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen C	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
MBW	51.5	736	32.9	1.5	0.0	31.4	14.5	17.0	44%	45.0
NPWF	50.6	723	29.6	0.7	0.0	28.9	13.3	15.6	41%	45.0
FSW	66	943	52.9	0.0	0.0	52.9	24.4	28.6	58%	45.0
FVW	71	1014	54.0	1.5	0.0	52.5	24.2	28.3	53%	45.0
JTW	56	800	34.7	1.5	0.0	33.2	15.3	17.9	43%	45.0
JTW.K	57	814	1.6	0.0	0.0	1.6	0.7	0.9	2%	45.0
STWF	48.9	699	35.4	0.0	0.0	35.4	16.3	19.1	52%	45.0
STWF.K	48.9	699	5.2	0.0	0.0	5.2	2.4	2.8	8%	45.0
VGW	49.9	713	49.0	4.0	0.0	45.0	20.7	24.3	65%	45.0
VGW-Nordvest	49.9	713	13.6	0.0	0.0	13.6	6.3	7.3	20%	45.0
RYW	36	514	45.7	0.0	0.0	45.7	21.1	24.7	91%	45.0
RYW_Øbro	36	514	2.7	0.0	0.0	2.7	1.3	1.5	5%	45.0
SPW	58	829	84.5	0.0	0.0	84.5	38.9	45.6	105%	45.0
BUW	18	257	23.6	0.0	13.5	10.1	4.7	5.5	40%	45.0
GBW	10.5	150	9.1	0.0	5.2	3.9	1.8	2.1	27%	45.0
HGW	10	143	8.6	0.0	0.0	8.6	4.0	4.7	62%	45.0
ISW	32	457	28.4	0.0	16.3	12.2	5.6	6.6	27%	45.0
MØW2	18.2	260	12.5	0.0	0.0	12.5	5.8	6.8	50%	45.0
MØW1	24	343	6.3	0.0	0.0	6.3	2.9	3.4	19%	45.0
KLW	79	1129	3.4	0.0	0.0	3.4	1.6	1.8	3%	45.0
AML	250	3571	264.6	6.3	68.0	190.3	87.6	102.7	55%	45.0
LAW	180	2571	190.8	0.0	50.0	140.8	64.8	76.0	56%	45.0
SMW	100	1429	64.1	1.4	50.0	12.7	5.8	6.9	9%	45.0
JÆW	88.4	1263	48.8	4.6	0.0	44.1	20.3	23.8	36%	45.0
STWK	70	1000	67.5	0.6	0.0	66.9	30.8	36.1	69%	45.0
HCW	100	1429	62.9	0.0	54.7	8.3	3.8	4.5	6%	45.0
NPWK	50	714	34.9	0.0	0.0	34.9	16.1	18.8	50%	45.0
NPWK.F	50	714	7.2	0.0	0.0	7.2	3.3	3.9	10%	45.0
VIW	44.6	637	37.2	0.0	32.3	4.9	2.2	2.6	8%	45.0
VPW	60	857	87.7	0.0	0.0	87.7	40.4	47.3	105%	45.0
GØW	101	1443	69.9	0.0	0.0	69.9	32.2	37.7	50%	45.0
KOW	54.8	783	58.6	0.0	0.0	58.6	27.0	31.6	77%	45.0
VAW	55.8	797	35.7	0.0	0.0	35.7	16.5	19.3	46%	45.0
VSW	56.8	811	60.3	0.0	0.0	60.3	27.8	32.5	76%	45.0
TBW	57.8	826	13.5	0.0	0.0	13.5	6.2	7.3	17%	45.0
SYW	58.8	840	74.6	0.0	0.0	74.6	34.4	40.3	91%	45.0
ELW1	60	857	36.1	0.0	0.0	36.1	16.6	19.5	43%	45.0
ELW2	100	1429	76.9	7.2	0.0	69.7	32.1	37.6	50%	45.0
TUW	394	5629	425.3	5.4	0.0	419.9	193.3	226.6	77%	45.0
Sum CTR			2250.7	34.7	290.0	1926.0	886.7	1039.3		



RH&H-DATA 11-FEB-2021 07.53.05



- - - Z +30.00
 - - - Z +250.00
 — HEAD SUPPLY
 — HEAD RETURN



Bilag 1CVD50MG25_A2
CTR

CASE NO. 44405

FFH50

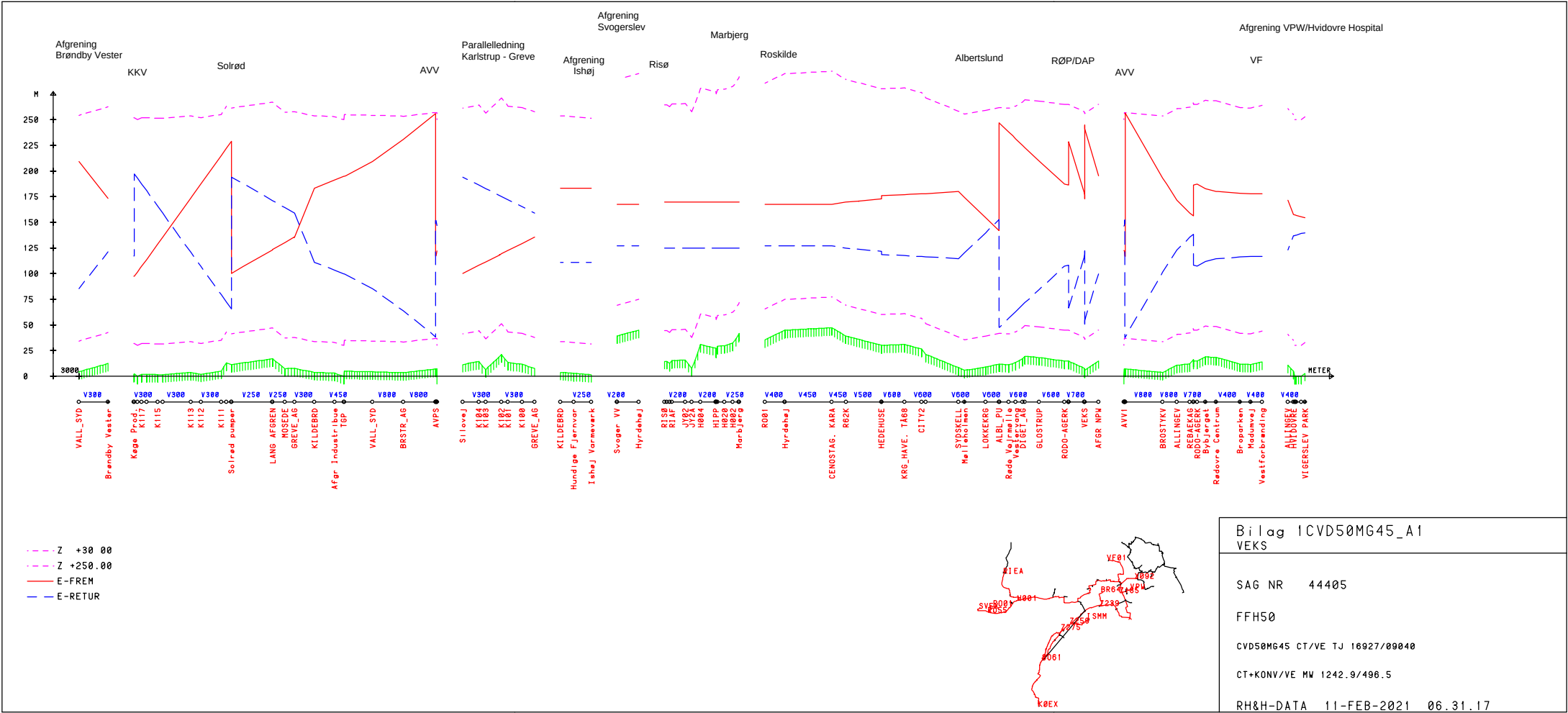
CVD50MG25 CT/VE TJ 16927/09040

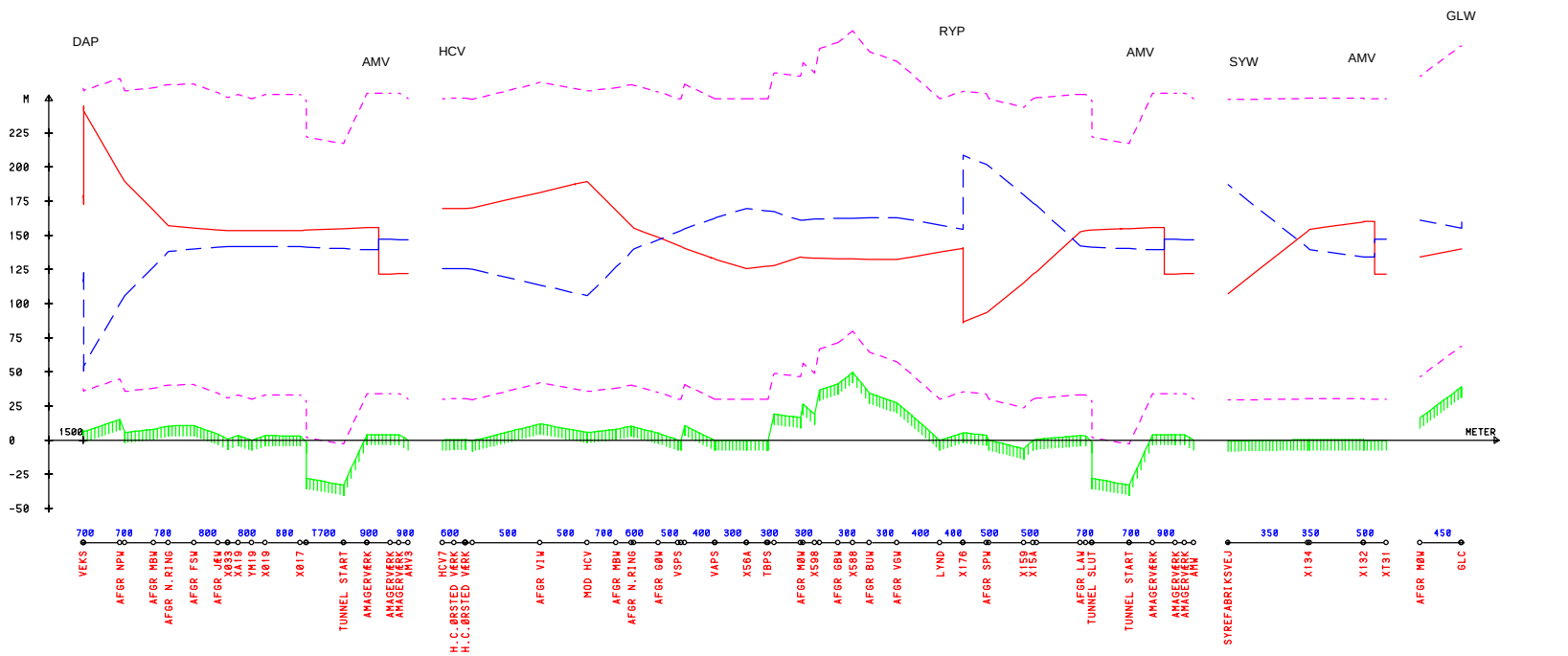
CT+KONV/VE MW 2095.1/837.0

RH&H-DATA 11-FEB-2021 07.53.05

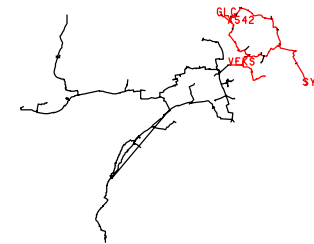
VEKS	Kapacitet		Belast	Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende		Afkøling
CVD50MG25	MW	Ton/h	MW	Eksis	Scen D	Belastning	last	Belastning	% Flow	gr.C.
Avedøre Stationsby	16.00	229	11.1	0.0	0.0	11.1	5.4	5.7	86%	25.0
Agerkær	13.00	186	7.8	0.0	6.2	1.6	0.8	0.8	15%	25.0
Albertslund Varmerværk	49.00	700	31.7	0.0	25.1	6.6	3.2	3.4	17%	25.0
Avedøre Skole	12.00	171	4.0	0.0	0.0	4.0	1.9	2.1	41%	25.0
Bybjerget	23.60	337	18.0	0.0	0.0	18.0	8.7	9.3	94%	25.0
Broparken	14.80	211	8.9	0.0	0.0	8.9	4.3	4.6	75%	25.0
Brøndby Strand	37.40	534	24.0	0.0	0.0	24.0	11.6	12.4	80%	25.0
Brøndby Vester	60.00	857	47.8	0.0	0.0	47.8	23.1	24.6	99%	25.0
Brøndby Øster	34.40	491	29.9	0.0	0.0	29.9	14.5	15.4	107%	25.0
Brøndby Øster	49.60	709	43.0	8.3	18.8	15.9	7.7	8.2	40%	25.0
RVf	44.00	629	42.3	0.0	0.0	42.3	20.5	21.8	119%	25.0
Hvidovre Syd	26.00	371	16.1	0.0	0.0	16.1	7.8	8.3	76%	25.0
Diget	6.50	93	2.6	0.0	2.1	0.5	0.3	0.3	10%	25.0
COOP	13.00	186	3.2	0.0	2.6	0.7	0.3	0.3	6%	25.0
Lindebo	31.80	454	31.4	0.0	13.8	17.7	8.6	9.1	69%	25.0
Glostrup Varmerværk	26.00	371	11.5	1.0	9.1	1.4	0.7	0.7	7%	25.0
Greve Strandby	16.80	240	16.5	0.0	0.0	16.5	8.0	8.5	122%	25.0
Hedehusene	22.40	320	17.5	0.0	7.6	9.8	4.8	5.1	54%	25.0
Hvidovre Hospital	22.50	321	9.2	0.0	0.0	9.2	4.5	4.7	51%	25.0
Hovedcentralen	66.00	943	60.8	8.0	81.9	0.0	0.0	0.0	0%	25.0
Hvidovre Nord	19.00	271	9.2	0.0	0.0	9.2	4.5	4.7	60%	25.0
Hundige Fjernvarmerværk	24.00	343	18.9	0.0	18.7	0.2	0.1	0.1	1%	25.0
Hyrdehøj	14.20	203	10.1	0.0	13.5	0.0	0.0	0.0	0%	25.0
Herstedøster	44.80	640	21.3	0.0	16.9	4.4	2.1	2.3	12%	25.0
Ishøj Varmerværk	23.10	330	28.7	0.0	28.4	0.3	0.1	0.2	2%	25.0
Hvidovre Midt	39.00	557	22.4	0.0	0.0	22.4	10.9	11.6	71%	25.0
Langager	8.00	114	2.9	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0%	25.0
Tranegilde Syd	24.00	343	6.2	0.0	6.1	0.1	0.0	0.0	0%	25.0
Madumvej	19.00	271	5.2	0.0	0.0	5.2	2.5	2.7	34%	25.0
Mosedede Fjernvarmerværk	6.50	93	2.2	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0%	25.0
Marbjerg	15.80	226	15.0	0.0	20.2	0.0	0.0	0.0	0%	25.0
Mølleholmen	18.10	259	15.1	1.5	6.6	7.0	3.4	3.6	48%	25.0
Mosedede Bypark	3.20	46	0.6	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0%	25.0
KAS Nordvang	3.00	43	1.2	0.0	0.9	0.2	0.1	0.1	10%	25.0
Rebæk Søpark nr. 1 - 4	0.30	4	0.2	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	70%	25.0
Rebæk Søpark nr. 5	1.03	15	0.3	0.0	0.0	0.3	0.2	0.2	41%	25.0
Rebæk Søpark nr. 6	0.55	8	0.3	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	58%	25.0
Rebæk Søpark nr. 7	0.55	8	0.3	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	58%	25.0
Rebæk Søpark nr. 8	0.55	8	0.7	0.0	0.0	0.7	0.3	0.3	146%	25.0
Rebæk Søpark Center	0.55	8	0.2	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	38%	25.0
Røde Vejmølle	36.40	520	18.6	0.0	14.8	3.9	1.9	2.0	13%	25.0
Rødovre Centrum	29.00	414	17.0	0.0	0.0	17.0	8.2	8.8	73%	25.0
Silovej	18.00	257	26.3	0.0	26.0	0.3	0.1	0.1	2%	25.0
Svogerslev Fjernvarme	13.30	190	10.3	0.0	13.8	0.0	0.0	0.0	0%	25.0
Tjørnelyparken	6.50	93	4.8	0.0	4.8	0.1	0.0	0.0	1%	25.0
Vallensbæk Fjernvarme Nord	19.50	279	6.9	0.0	5.5	1.4	0.7	0.7	9%	25.0
Vallensbæk Fjernvarme Syd	19.50	279	12.9	0.0	0.0	12.9	6.2	6.6	82%	25.0
Vestervang	14.00	200	8.6	0.0	6.8	1.8	0.9	0.9	16%	25.0
Himmelev	24.00	343	10.4	0.0	14.0	0.0	0.0	0.0	0%	25.0
Tranegilde Nord	18.00	257	10.4	0.0	10.3	0.1	0.1	0.1	1%	25.0
Risø	12.00	171	3.3	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0%	25.0
Risø Huse	0.40	6	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0%	25.0
VFAH			30.4	0.0	0.0	30.4	14.7	15.7		25.0
JUNCKERS			14.1	0.0	0.0	14.1	6.8	7.3		25.0
Ejby	16.00	229	7.5	0.0	0	7.5	3.6	3.8	58%	25.0
Glostrup Hospital Veksler	9.60	137	3.7	0.0	0	3.7	1.8	1.9	47%	25.0
Kragehave	7.20	103	6.6	0.0	2.90128	3.7	1.8	1.9	64%	25.0
Driftsbyen	3.00	43	0.6	0.0	0.26375	0.3	0.2	0.2	14%	25.0
Køge Fjernvarme	66.00	943	46.3	6.0	0	40.3	19.5	20.8	76%	25.0
I alt			837.0	24.8	388.0	470.2	227.8	242.4		

CTR				Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende		
CVD50MG25	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen D	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
MBW	51.5	736	27.7	1.5	0.0	26.2	12.7	13.5	63%	25.0
NPWF	50.6	723	24.9	0.7	0.0	24.2	11.7	12.5	59%	25.0
FSW	66	943	44.5	0.0	0.0	44.5	21.6	22.9	83%	25.0
FVW	71	1014	45.4	1.5	0.0	43.9	21.3	22.6	76%	25.0
JTW	56	800	29.2	1.5	0.0	27.7	13.4	14.3	61%	25.0
JTW.K	57	814	1.5	0.0	0.0	1.5	0.7	0.8	3%	25.0
STWF	48.9	699	29.8	0.0	0.0	29.8	14.4	15.3	75%	25.0
STWF.K	48.9	699	5.1	0.0	0.0	5.1	2.5	2.6	13%	25.0
VGW	49.9	713	49.0	4.0	0.0	45.0	21.8	23.2	112%	25.0
VGW-Nordvest	49.9	713	12.6	0.0	0.0	12.6	6.1	6.5	31%	25.0
RYW	36	514	45.7	0.0	0.0	45.7	22.2	23.6	157%	25.0
RYW_Øbro	36	514	2.5	0.0	0.0	2.5	1.2	1.3	9%	25.0
SPW	58	829	84.5	0.0	0.0	84.5	41.0	43.6	180%	25.0
BUW	18	257	24.1	0.0	17.4	6.7	3.3	3.5	46%	25.0
GBW	10.5	150	9.3	0.0	6.7	2.6	1.3	1.3	30%	25.0
HGW	10	143	8.1	0.0	0.0	8.1	3.9	4.2	100%	25.0
ISW	32	457	29.0	0.0	20.9	8.1	3.9	4.2	31%	25.0
MØW2	18.2	260	11.8	0.0	0.0	11.8	5.7	6.1	80%	25.0
MØW1	24	343	5.9	0.0	0.0	5.9	2.9	3.0	30%	25.0
KLW	79	1129	3.2	0.0	0.0	3.2	1.5	1.6	5%	25.0
AML	250	3571	245.3	6.3	68.0	171.0	82.8	88.2	85%	25.0
LAW	180	2571	180.7	0.0	120.0	60.7	29.4	31.3	42%	25.0
SMW	100	1429	61.0	1.4	120.0	0.0	0.0	0.0	0%	25.0
JÆW	88.4	1263	45.2	4.6	0.0	40.6	19.6	20.9	57%	25.0
STWK	70	1000	66.2	0.6	0.0	65.6	31.8	33.8	116%	25.0
HCW	100	1429	58.4	0.0	70.4	0.0	0.0	0.0	0%	25.0
NPWK	50	714	32.4	0.0	0.0	32.4	15.7	16.7	80%	25.0
NPWK.F	50	714	6.1	0.0	0.0	6.1	2.9	3.1	15%	25.0
VIW	44.6	637	34.5	0.0	41.6	0.0	0.0	0.0	0%	25.0
VPW	60	857	81.5	0.0	0.0	81.5	39.5	42.0	168%	25.0
GØW	101	1443	65.0	0.0	0.0	65.0	31.5	33.5	80%	25.0
KOW	54.8	783	54.3	0.0	0.0	54.3	26.3	28.0	123%	25.0
VAW	55.8	797	33.1	0.0	0.0	33.1	16.0	17.1	73%	25.0
VSW	56.8	811	55.8	0.0	0.0	55.8	27.1	28.8	122%	25.0
TBW	57.8	826	13.2	0.0	0.0	13.2	6.4	6.8	28%	25.0
SYW	58.8	840	70.2	0.0	0.0	70.2	34.0	36.2	148%	25.0
ELW1	60	857	33.5	0.0	0.0	33.5	16.2	17.3	69%	25.0
ELW2	100	1429	71.5	7.2	0.0	64.3	31.2	33.2	80%	25.0
TUW	394	5629	393.4	5.4	0.0	388.0	188.0	200.1	122%	25.0
Sum CTR			2095.1	34.7	465.0	1674.9	811.4	863.6		





- - - Z +30.00
 - - - Z +250.00
 - - - HEAD SUPPLY
 - - - HEAD RETURN



Bilag 1CVD50M645_A2
CTR

CASE NO. 44405

FFH50

CVD50M645 CT/VE TJ 16927/09040

CT+KONV/VE MW 1242.9/496.5

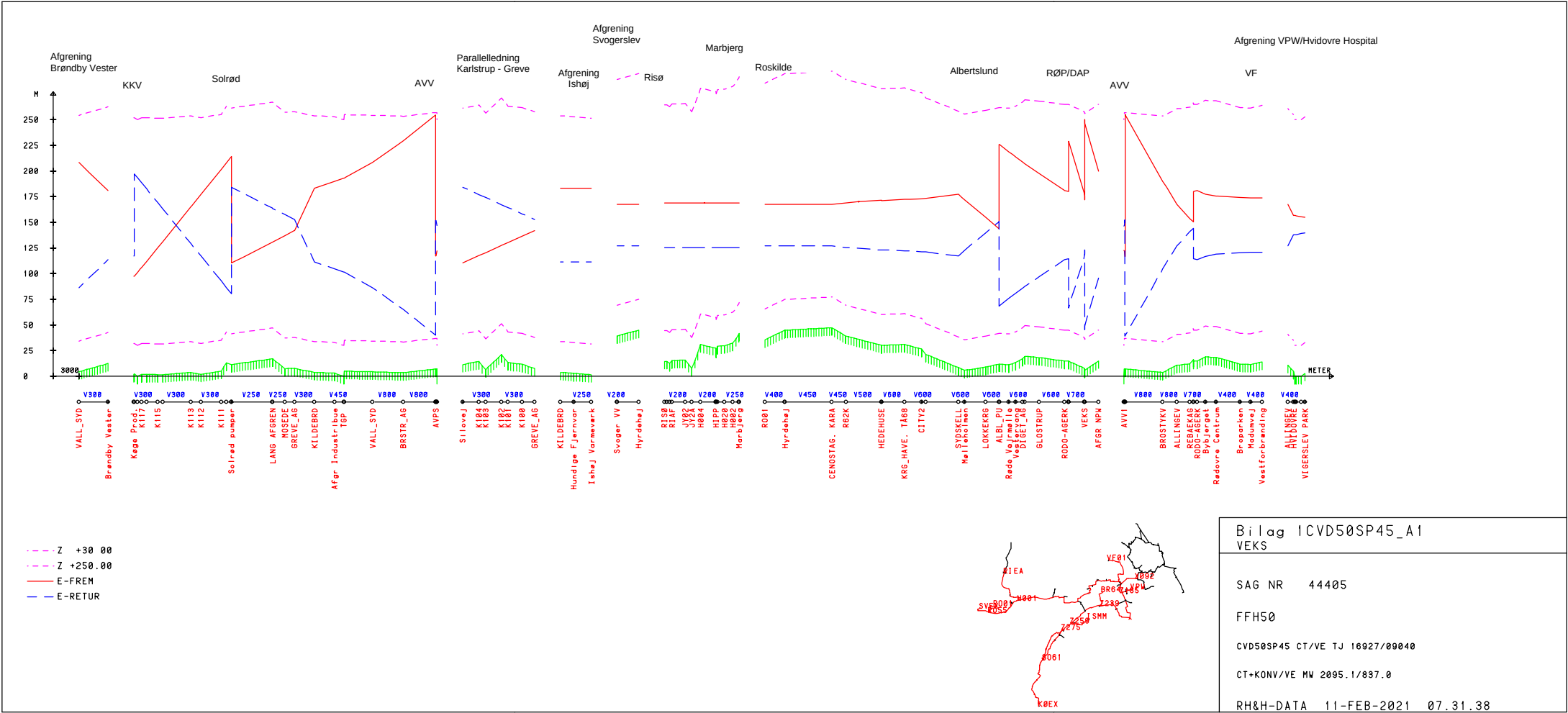
RH&H-DATA 11-FEB-2021 06.31.17

VEKS	Kapacitet		Belast	Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende		
CVD50MG45	MW	Ton/h	MW	Eksis	Scen D	Belastning	last	Belastning	% Flow	Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW		gr.C.
Avedøre Stationsby	16.00	229	6.6	0.0	0.0	6.6	0.0	6.6	55%	45.0
Agerkær	13.00	186	4.6	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Albertslund Varmerværk	49.00	700	18.8	0.0	25.1	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Avedøre Skole	12.00	171	2.4	0.0	0.0	2.4	0.0	2.4	26%	45.0
Bybjerget	23.60	337	10.7	0.0	0.0	10.7	0.0	10.7	60%	45.0
Broparken	14.80	211	5.3	0.0	0.0	5.3	0.0	5.3	48%	45.0
Brøndby Strand	37.40	534	14.3	0.0	0.0	14.3	0.0	14.3	51%	45.0
Brøndby Vester	60.00	857	28.3	0.0	0.0	28.3	0.0	28.3	63%	45.0
Brøndby Øster	34.40	491	17.7	0.0	0.0	17.7	0.0	17.7	69%	45.0
Brøndby Øster	49.60	709	25.5	8.3	18.8	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
RVf	44.00	629	25.1	0.0	0.0	25.1	0.0	25.1	76%	45.0
Hvidovre Syd	26.00	371	9.5	0.0	0.0	9.5	0.0	9.5	49%	45.0
Diget	6.50	93	1.6	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
COOP	13.00	186	1.9	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Lindebo	31.80	454	18.6	0.0	13.8	4.9	0.0	4.9	20%	45.0
Glostrup Varmerværk	26.00	371	6.8	1.0	9.1	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Greve Strandby	16.80	240	9.8	0.0	0.0	9.8	0.0	9.8	78%	45.0
Hedehusene	22.40	320	10.4	0.0	7.6	2.7	0.0	2.7	16%	45.0
Hvidovre Hospital	22.50	321	5.5	0.0	0.0	5.5	0.0	5.5	32%	45.0
Hovedcentralen	66.00	943	36.1	8.0	81.9	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Hvidovre Nord	19.00	271	5.5	0.0	0.0	5.5	0.0	5.5	38%	45.0
Hundige Fjernvarmerværk	24.00	343	11.2	0.0	18.7	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Hyrdehøj	14.20	203	6.0	0.0	13.5	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Herstedøster	44.80	640	12.7	0.0	16.9	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Ishøj Varmerværk	23.10	330	17.0	0.0	28.4	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Hvidovre Midt	39.00	557	13.3	0.0	0.0	13.3	0.0	13.3	45%	45.0
Langager	8.00	114	1.7	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Tranegilde Syd	24.00	343	3.7	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Madumvej	19.00	271	3.1	0.0	0.0	3.1	0.0	3.1	22%	45.0
Mosedede Fjernvarmerværk	6.50	93	1.3	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Marbjerg	15.80	226	8.9	0.0	20.2	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Mølleholmen	18.10	259	8.9	1.5	6.6	0.8	0.0	0.8	6%	45.0
Mosedede Bypark	3.20	46	0.4	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
KAS Nordvang	3.00	43	0.7	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Rebæk Søpark nr. 1 - 4	0.30	4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	45%	45.0
Rebæk Søpark nr. 5	1.03	15	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	26%	45.0
Rebæk Søpark nr. 6	0.55	8	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	37%	45.0
Rebæk Søpark nr. 7	0.55	8	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	37%	45.0
Rebæk Søpark nr. 8	0.55	8	0.4	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4	94%	45.0
Rebæk Søpark Center	0.55	8	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	25%	45.0
Røde Vejmølle	36.40	520	11.0	0.0	14.8	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Rødovre Centrum	29.00	414	10.1	0.0	0.0	10.1	0.0	10.1	46%	45.0
Silovej	18.00	257	15.6	0.0	26.0	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Svogerslev Fjernvarme	13.30	190	6.1	0.0	13.8	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Tjørnelyparken	6.50	93	2.9	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Vallensbæk Fjernvarme Nord	19.50	279	4.1	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Vallensbæk Fjernvarme Syd	19.50	279	7.6	0.0	0.0	7.6	0.0	7.6	52%	45.0
Vestervang	14.00	200	5.1	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Himmelev	24.00	343	6.2	0.0	14.0	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Tranegilde Nord	18.00	257	6.2	0.0	10.3	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Risø	12.00	171	2.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Risø Huse	0.40	6	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
VFAH			18.0	0.0	0.0	18.0	0.0	18.0		45.0
JUNCKERS			8.4	0.0	0.0	8.4	0.0	8.4		45.0
Ejby	16.00	229	4.4	0.0	0	4.4	0.0	4.4	37%	45.0
Glostrup Hospital Veksler	9.60	137	2.2	0.0	0	2.2	0.0	2.2	30%	45.0
Kragehave	7.20	103	3.9	0.0	2.90128	1.0	0.0	1.0	19%	45.0
Driftsbyen	3.00	43	0.4	0.0	0.26375	0.1	0.0	0.1	4%	45.0
Køge Fjernvarme	66.00	943	27.5	6.0	0	21.5	0.0	21.5	43%	45.0
I alt			496.5	24.8	388.0	239.8	0.0	239.8		

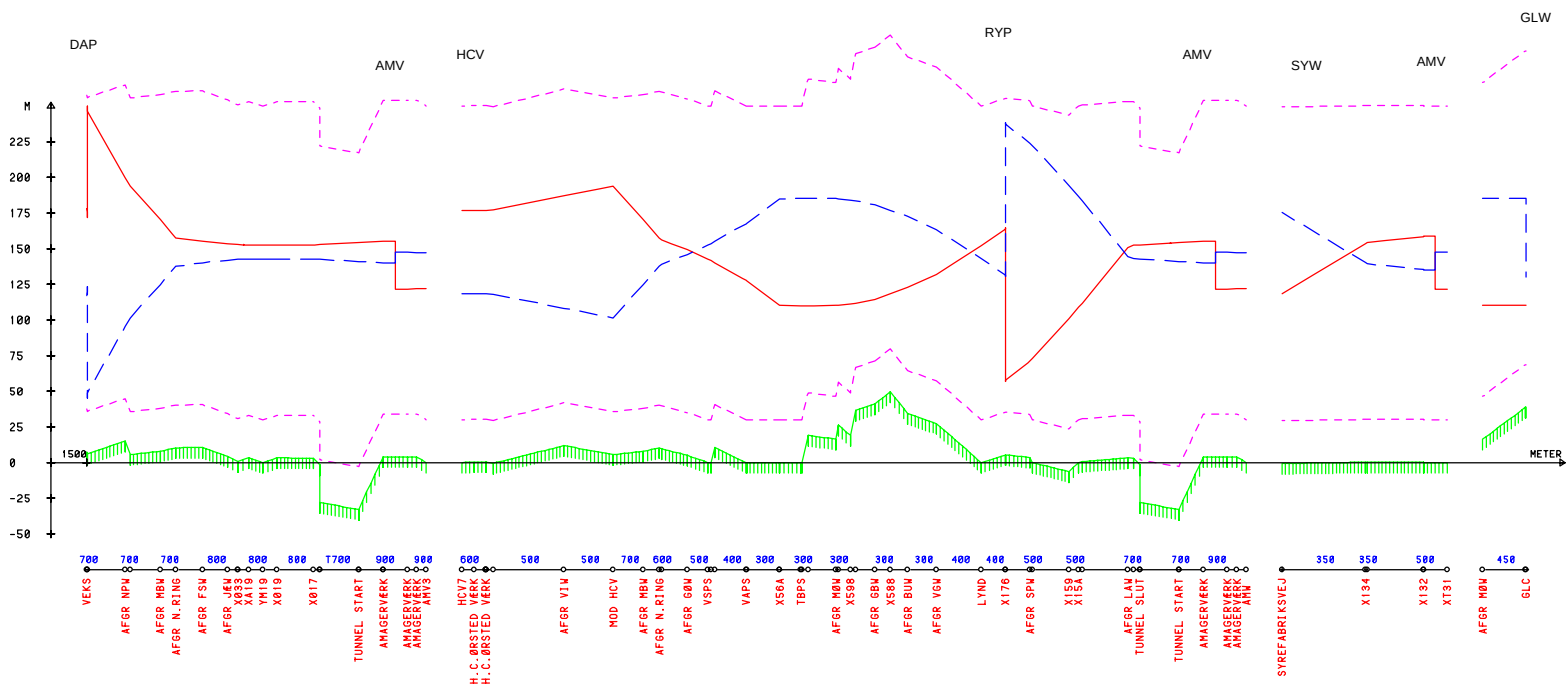
CTR			Aflastning			Resulterende	Spids-	Resulterende		
CVD50MG45	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen D	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
MBW	51.5	736	16.3	1.5	0.0	14.8	0.0	14.8	38%	45.0
NPWF	50.6	723	15.1	0.7	0.0	14.4	0.0	14.4	38%	45.0
FSW	66	943	25.3	0.0	0.0	25.3	0.0	25.3	51%	45.0
FVW	71	1014	28.8	1.5	0.0	27.3	0.0	27.3	51%	45.0
JTW	56	800	17.6	1.5	0.0	16.1	0.0	16.1	38%	45.0
JTW.K	57	814	0.9	0.0	0.0	0.9	0.0	0.9	2%	45.0
STWF	48.9	699	16.4	0.0	0.0	16.4	0.0	16.4	45%	45.0
STWF.K	48.9	699	3.2	0.0	0.0	3.2	0.0	3.2	9%	45.0
VGW	49.9	713	29.1	4.0	0.0	25.1	0.0	25.1	67%	45.0
VGW-Nordvest	49.9	713	7.0	0.0	0.0	7.0	0.0	7.0	19%	45.0
RYW	36	514	27.1	0.0	0.0	27.1	0.0	27.1	100%	45.0
RYW_Øbro	36	514	1.5	0.0	0.0	1.5	0.0	1.5	5%	45.0
SPW	58	829	50.1	0.0	0.0	50.1	0.0	50.1	115%	45.0
BUW	18	257	14.3	0.0	17.4	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
GBW	10.5	150	5.5	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
HGW	10	143	4.8	0.0	0.0	4.8	0.0	4.8	64%	45.0
ISW	32	457	17.2	0.0	20.9	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
MØW2	18.2	260	6.9	0.0	0.0	6.9	0.0	6.9	51%	45.0
MØW1	24	343	3.6	0.0	0.0	3.6	0.0	3.6	20%	45.0
KLW	79	1129	2.1	0.0	0.0	2.1	0.0	2.1	4%	45.0
AML	250	3571	145.3	6.3	68.0	71.0	0.0	71.0	38%	45.0
LAW	180	2571	107.2	0.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
SMW	100	1429	36.2	1.4	120.0	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
JÆW	88.4	1263	26.8	4.6	0.0	22.2	0.0	22.2	33%	45.0
STWK	70	1000	39.2	0.6	0.0	38.5	0.0	38.5	73%	45.0
HCW	100	1429	29.5	0.0	70.4	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
NPWK	50	714	19.2	0.0	0.0	19.2	0.0	19.2	51%	45.0
NPWK.F	50	714	3.7	0.0	0.0	3.7	0.0	3.7	10%	45.0
VIW	44.6	637	25.7	0.0	41.6	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
VPW	60	857	48.3	0.0	0.0	48.3	0.0	48.3	107%	45.0
GØW	101	1443	39.0	0.0	0.0	39.0	0.0	39.0	51%	45.0
KOW	54.8	783	32.2	0.0	0.0	32.2	0.0	32.2	78%	45.0
VAW	55.8	797	19.6	0.0	0.0	19.6	0.0	19.6	47%	45.0
VSW	56.8	811	33.1	0.0	0.0	33.1	0.0	33.1	78%	45.0
TBW	57.8	826	7.8	0.0	0.0	7.8	0.0	7.8	18%	45.0
SYW	58.8	840	41.7	0.0	0.0	41.7	0.0	41.7	94%	45.0
ELW1	60	857	19.9	0.0	0.0	19.9	0.0	19.9	44%	45.0
ELW2	100	1429	42.4	7.2	0.0	35.2	0.0	35.2	47%	45.0
TUW	394	5629	233.4	5.4	0.0	228.0	0.0	228.0	77%	45.0
Sum CTR			1242.9	34.7	465.0	906.1	0.0	906.1		

VEKS	Kapacitet		Belast	Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende		Afkøling
CVD50MG45_02	MW	Ton/h	MW	Eksis	Scen D	Belastning	last	Belastning	% Flow	gr.C.
Avedøre Stationsby	16.00	229	6.6	0.0	0.0	6.6	0.0	6.6	55%	45.0
Agerkær	13.00	186	4.6	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Albertslund Varmerværk	49.00	700	18.8	0.0	25.1	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Avedøre Skole	12.00	171	2.4	0.0	0.0	2.4	0.0	2.4	26%	45.0
Bybjerget	23.60	337	10.7	0.0	0.0	10.7	0.0	10.7	60%	45.0
Broparken	14.80	211	5.3	0.0	0.0	5.3	0.0	5.3	48%	45.0
Brøndby Strand	37.40	534	14.3	0.0	0.0	14.3	0.0	14.3	51%	45.0
Brøndby Vester	60.00	857	28.3	0.0	0.0	28.3	0.0	28.3	63%	45.0
Brøndby Øster	34.40	491	17.7	0.0	0.0	17.7	0.0	17.7	69%	45.0
Brøndby Øster	49.60	709	25.5	8.3	18.8	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
RVf	44.00	629	25.1	0.0	0.0	25.1	0.0	25.1	76%	45.0
Hvidovre Syd	26.00	371	9.5	0.0	0.0	9.5	0.0	9.5	49%	45.0
Diget	6.50	93	1.6	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
COOP	13.00	186	1.9	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Lindebo	31.80	454	18.6	0.0	13.8	4.9	0.0	4.9	20%	45.0
Glostrup Varmerværk	26.00	371	6.8	1.0	9.1	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Greve Strandby	16.80	240	9.8	0.0	0.0	9.8	0.0	9.8	78%	45.0
Hedehusene	22.40	320	10.4	0.0	7.6	2.7	0.0	2.7	16%	45.0
Hvidovre Hospital	22.50	321	5.5	0.0	0.0	5.5	0.0	5.5	32%	45.0
Hovedcentralen	66.00	943	36.1	8.0	81.9	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Hvidovre Nord	19.00	271	5.5	0.0	0.0	5.5	0.0	5.5	38%	45.0
Hundige Fjernvarmerværk	24.00	343	11.2	0.0	18.7	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Hyrdehøj	14.20	203	6.0	0.0	13.5	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Herstedøster	44.80	640	12.7	0.0	16.9	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Ishøj Varmerværk	23.10	330	17.0	0.0	28.4	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Hvidovre Midt	39.00	557	13.3	0.0	0.0	13.3	0.0	13.3	45%	45.0
Langager	8.00	114	1.7	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Tranegilde Syd	24.00	343	3.7	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Madumvej	19.00	271	3.1	0.0	0.0	3.1	0.0	3.1	22%	45.0
Mosedede Fjernvarmerværk	6.50	93	1.3	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Marbjerg	15.80	226	8.9	0.0	20.2	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Mølleholmen	18.10	259	8.9	1.5	6.6	0.8	0.0	0.8	6%	45.0
Mosedede Bypark	3.20	46	0.4	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
KAS Nordvang	3.00	43	0.7	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Rebæk Søpark nr. 1 - 4	0.30	4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	45%	45.0
Rebæk Søpark nr. 5	1.03	15	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	26%	45.0
Rebæk Søpark nr. 6	0.55	8	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	37%	45.0
Rebæk Søpark nr. 7	0.55	8	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	37%	45.0
Rebæk Søpark nr. 8	0.55	8	0.4	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4	94%	45.0
Rebæk Søpark Center	0.55	8	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	25%	45.0
Røde Vejmølle	36.40	520	11.0	0.0	14.8	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Rødovre Centrum	29.00	414	10.1	0.0	0.0	10.1	0.0	10.1	46%	45.0
Silovej	18.00	257	15.6	0.0	26.0	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Svogerslev Fjernvarme	13.30	190	6.1	0.0	13.8	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Tjørnelyparken	6.50	93	2.9	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Vallensbæk Fjernvarme Nord	19.50	279	4.1	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Vallensbæk Fjernvarme Syd	19.50	279	7.6	0.0	0.0	7.6	0.0	7.6	52%	45.0
Vestervang	14.00	200	5.1	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Himmelev	24.00	343	6.2	0.0	14.0	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Tranegilde Nord	18.00	257	6.2	0.0	10.3	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Risø	12.00	171	2.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Risø Huse	0.40	6	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
VFAH			18.0	0.0	0.0	18.0	0.0	18.0		45.0
JUNCKERS			8.4	0.0	0.0	8.4	0.0	8.4		45.0
Ejby	16.00	229	4.4	0.0	0	4.4	0.0	4.4	37%	45.0
Glostrup Hospital Veksler	9.60	137	2.2	0.0	0	2.2	0.0	2.2	30%	45.0
Kragehave	7.20	103	3.9	0.0	2.90128	1.0	0.0	1.0	19%	45.0
Driftsbyen	3.00	43	0.4	0.0	0.26375	0.1	0.0	0.1	4%	45.0
Køge Fjernvarme	66.00	943	27.5	6.0	0	21.5	0.0	21.5	43%	45.0
I alt			496.5	24.8	388.0	239.8	0.0	239.8		

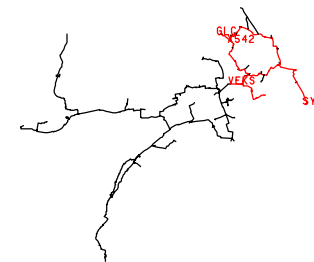
CTR				Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende		
CVD50MG45_02	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen D	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
MBW	51.5	736	16.3	1.5	0.0	14.8	0.0	14.8	38%	45.0
NPWF	50.6	723	15.1	0.7	0.0	14.4	0.0	14.4	38%	45.0
FSW	66	943	25.3	0.0	0.0	25.3	0.0	25.3	51%	45.0
FVW	71	1014	28.8	1.5	0.0	27.3	0.0	27.3	51%	45.0
JTW	56	800	17.6	1.5	0.0	16.1	0.0	16.1	38%	45.0
JTW.K	57	814	0.9	0.0	0.0	0.9	0.0	0.9	2%	45.0
STWF	48.9	699	16.4	0.0	0.0	16.4	0.0	16.4	45%	45.0
STWF.K	48.9	699	3.2	0.0	0.0	3.2	0.0	3.2	9%	45.0
VGW	49.9	713	29.1	4.0	0.0	25.1	0.0	25.1	67%	45.0
VGW-Nordvest	49.9	713	7.0	0.0	0.0	7.0	0.0	7.0	19%	45.0
RYW	36	514	27.1	0.0	0.0	27.1	0.0	27.1	100%	45.0
RYW_Øbro	36	514	1.5	0.0	0.0	1.5	0.0	1.5	5%	45.0
SPW	58	829	50.1	0.0	0.0	50.1	0.0	50.1	115%	45.0
BUW	18	257	14.3	0.0	17.4	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
GBW	10.5	150	5.5	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
HGW	10	143	4.8	0.0	0.0	4.8	0.0	4.8	64%	45.0
ISW	32	457	17.2	0.0	20.9	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
MØW2	18.2	260	6.9	0.0	0.0	6.9	0.0	6.9	51%	45.0
MØW1	24	343	3.6	0.0	0.0	3.6	0.0	3.6	20%	45.0
KLW	79	1129	2.1	0.0	0.0	2.1	0.0	2.1	4%	45.0
AML	250	3571	145.3	6.3	68.0	71.0	0.0	71.0	38%	45.0
LAW	180	2571	107.2	0.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
SMW	100	1429	36.2	1.4	120.0	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
JÆW	88.4	1263	26.8	4.6	0.0	22.2	0.0	22.2	33%	45.0
STWK	70	1000	39.2	0.6	0.0	38.5	0.0	38.5	73%	45.0
HCW	100	1429	29.5	0.0	70.4	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
NPWK	50	714	19.2	0.0	0.0	19.2	0.0	19.2	51%	45.0
NPWK.F	50	714	3.7	0.0	0.0	3.7	0.0	3.7	10%	45.0
VIW	44.6	637	25.7	0.0	41.6	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
VPW	60	857	48.3	0.0	0.0	48.3	0.0	48.3	107%	45.0
GØW	101	1443	39.0	0.0	0.0	39.0	0.0	39.0	51%	45.0
KOW	54.8	783	32.2	0.0	0.0	32.2	0.0	32.2	78%	45.0
VAW	55.8	797	19.6	0.0	0.0	19.6	0.0	19.6	47%	45.0
VSW	56.8	811	33.1	0.0	0.0	33.1	0.0	33.1	78%	45.0
TBW	57.8	826	7.8	0.0	0.0	7.8	0.0	7.8	18%	45.0
SYW	58.8	840	41.7	0.0	0.0	41.7	0.0	41.7	94%	45.0
ELW1	60	857	19.9	0.0	0.0	19.9	0.0	19.9	44%	45.0
ELW2	100	1429	42.4	7.2	0.0	35.2	0.0	35.2	47%	45.0
TUW	394	5629	233.4	5.4	0.0	228.0	0.0	228.0	77%	45.0
Sum CTR			1242.9	34.7	465.0	906.1	0.0	906.1		



Bilag 1CVD50SP45_A1	
VEKS	
SAG NR	44405
FFH50	
CVD50SP45 CT/VE TJ 16927/09040	
CT+KONV/VE MW 2095.1/837.0	
RH&H-DATA 11-FEB-2021 07.31.38	



- - - Z +30.00
 - - - Z +250.00
 — HEAD SUPPLY
 — HEAD RETURN



Bilag 1CVD50SP45_A2
CTR

CASE NO. 44405

FFH50

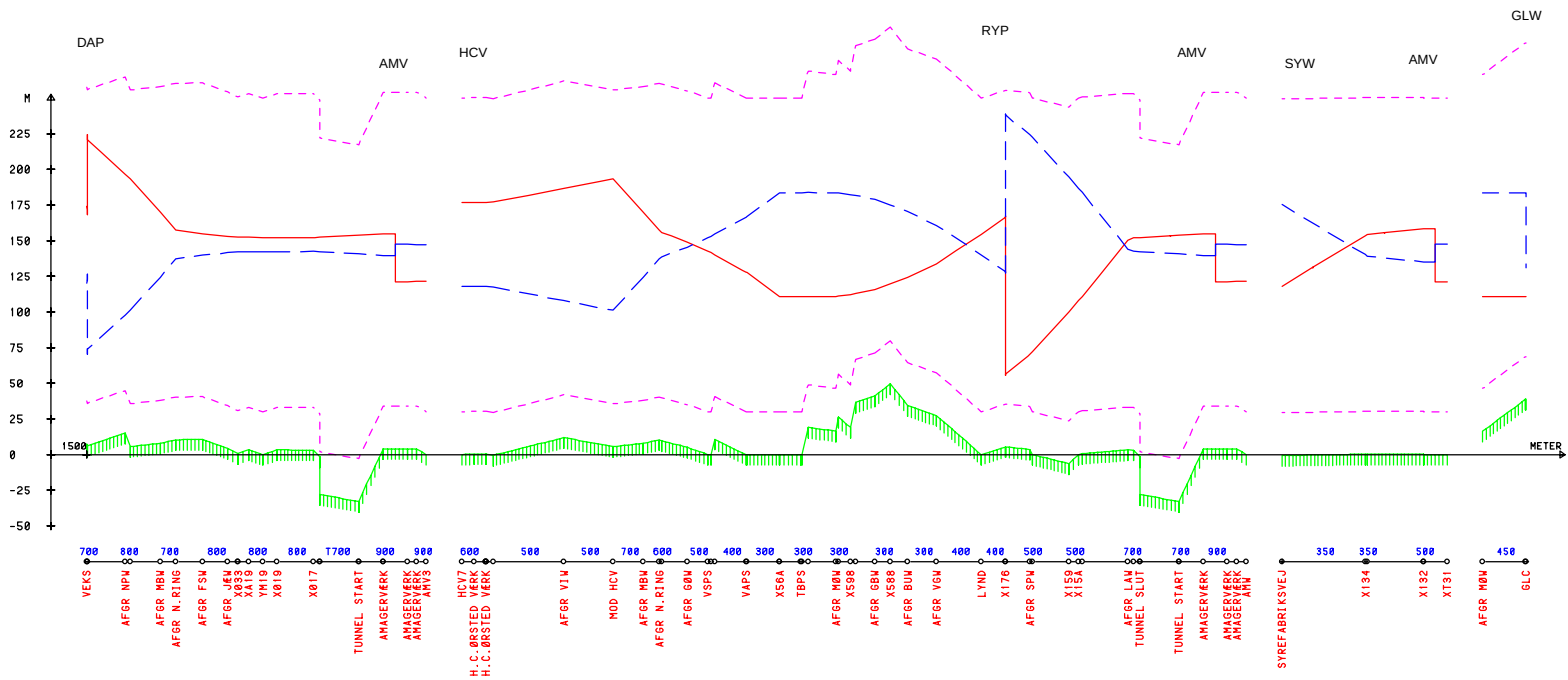
CVD50SP45 CT/VE TJ 16927/09040

CT+KONV/VE MW 2095.1/837.0

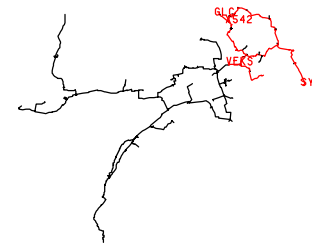
RH&H-DATA 11-FEB-2021 07.24.06

VEKS					Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende	
CVD50SP45	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen D	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
Avedøre Stationsby	16.00	229	11.1	0.0	0.0	11.1	5.4	5.7	48%	45.0
Agerkær	13.00	186	7.8	0.0	6.2	1.6	0.8	0.8	9%	45.0
Albertslund Varmerværk	49.00	700	31.7	0.0	25.1	6.6	3.2	3.4	9%	45.0
Avedøre Skole	12.00	171	4.0	0.0	0.0	4.0	1.9	2.1	23%	45.0
Bybjerget	23.60	337	18.0	0.0	0.0	18.0	8.7	9.3	52%	45.0
Broparken	14.80	211	8.9	0.0	0.0	8.9	4.3	4.6	42%	45.0
Brøndby Strand	37.40	534	24.0	0.0	0.0	24.0	11.6	12.4	44%	45.0
Brøndby Vester	60.00	857	47.8	0.0	0.0	47.8	23.1	24.6	55%	45.0
Brøndby Øster	34.40	491	29.9	0.0	0.0	29.9	14.5	15.4	60%	45.0
Brøndby Øster	49.60	709	43.0	8.3	18.8	15.9	7.7	8.2	22%	45.0
RVf	44.00	629	42.3	0.0	0.0	42.3	20.5	21.8	66%	45.0
Hvidovre Syd	26.00	371	16.1	0.0	0.0	16.1	7.8	8.3	42%	45.0
Diget	6.50	93	2.6	0.0	2.1	0.5	0.3	0.3	6%	45.0
COOP	13.00	186	3.2	0.0	2.6	0.7	0.3	0.3	4%	45.0
Lindebo	31.80	454	31.4	0.0	13.8	17.7	8.6	9.1	38%	45.0
Glostrup Varmerværk	26.00	371	11.5	1.0	9.1	1.4	0.7	0.7	4%	45.0
Greve Strandby	16.80	240	16.5	0.0	0.0	16.5	8.0	8.5	68%	45.0
Hedehusene	22.40	320	17.5	0.0	7.6	9.8	4.8	5.1	30%	45.0
Hvidovre Hospital	22.50	321	9.2	0.0	0.0	9.2	4.5	4.7	28%	45.0
Hovedcentralen	66.00	943	60.8	8.0	81.9	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Hvidovre Nord	19.00	271	9.2	0.0	0.0	9.2	4.5	4.7	33%	45.0
Hundige Fjernvarmerværk	24.00	343	18.9	0.0	18.7	0.2	0.1	0.1	1%	45.0
Hyrdehøj	14.20	203	10.1	0.0	13.5	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Herstedøster	44.80	640	21.3	0.0	16.9	4.4	2.1	2.3	7%	45.0
Ishøj Varmerværk	23.10	330	28.7	0.0	28.4	0.3	0.1	0.2	1%	45.0
Hvidovre Midt	39.00	557	22.4	0.0	0.0	22.4	10.9	11.6	40%	45.0
Langager	8.00	114	2.9	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Tranegilde Syd	24.00	343	6.2	0.0	6.1	0.1	0.0	0.0	0%	45.0
Madumvej	19.00	271	5.2	0.0	0.0	5.2	2.5	2.7	19%	45.0
Mosedede Fjernvarmerværk	6.50	93	2.2	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Marbjerg	15.80	226	15.0	0.0	20.2	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Mølleholmen	18.10	259	15.1	1.5	6.6	7.0	3.4	3.6	26%	45.0
Mosedede Bypark	3.20	46	0.6	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
KAS Nordvang	3.00	43	1.2	0.0	0.9	0.2	0.1	0.1	5%	45.0
Rebæk Søpark nr. 1 - 4	0.30	4	0.2	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	39%	45.0
Rebæk Søpark nr. 5	1.03	15	0.3	0.0	0.0	0.3	0.2	0.2	23%	45.0
Rebæk Søpark nr. 6	0.55	8	0.3	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	32%	45.0
Rebæk Søpark nr. 7	0.55	8	0.3	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	32%	45.0
Rebæk Søpark nr. 8	0.55	8	0.7	0.0	0.0	0.7	0.3	0.3	81%	45.0
Rebæk Søpark Center	0.55	8	0.2	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	21%	45.0
Røde Vejmølle	36.40	520	18.6	0.0	14.8	3.9	1.9	2.0	7%	45.0
Rødovre Centrum	29.00	414	17.0	0.0	0.0	17.0	8.2	8.8	40%	45.0
Silovej	18.00	257	26.3	0.0	26.0	0.3	0.1	0.1	1%	45.0
Svogerslev Fjernvarme	13.30	190	10.3	0.0	13.8	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Tjørnelyparken	6.50	93	4.8	0.0	4.8	0.1	0.0	0.0	1%	45.0
Vallensbæk Fjernvarme Nord	19.50	279	6.9	0.0	5.5	1.4	0.7	0.7	5%	45.0
Vallensbæk Fjernvarme Syd	19.50	279	12.9	0.0	0.0	12.9	6.2	6.6	45%	45.0
Vestervang	14.00	200	8.6	0.0	6.8	1.8	0.9	0.9	9%	45.0
Himmelev	24.00	343	10.4	0.0	14.0	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Tranegilde Nord	18.00	257	10.4	0.0	10.3	0.1	0.1	0.1	0%	45.0
Risø	12.00	171	3.3	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
Risø Huse	0.40	6	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
VFAH			30.4	0.0	0.0	30.4	14.7	15.7		45.0
JUNCKERS			14.1	0.0	0.0	14.1	6.8	7.3		45.0
Ejby	16.00	229	7.5	0.0	0	7.5	3.6	3.8	32%	45.0
Glostrup Hospital Veksler	9.60	137	3.7	0.0	0	3.7	1.8	1.9	26%	45.0
Kragehave	7.20	103	6.6	0.0	2.90128	3.7	1.8	1.9	36%	45.0
Driftsbyen	3.00	43	0.6	0.0	0.26375	0.3	0.2	0.2	8%	45.0
Køge Fjernvarme	66.00	943	46.3	6.0	0	40.3	19.5	20.8	42%	45.0
I alt			837.0	24.8	388.0	470.2	227.8	242.4		

CTR				Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende		
CVD50SP45	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen D	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
MBW	51.5	736	27.7	1.5	0.0	26.2	12.7	13.5	35%	45.0
NPWF	50.6	723	24.9	0.7	0.0	24.2	11.7	12.5	33%	45.0
FSW	66	943	44.5	0.0	0.0	44.5	21.6	22.9	46%	45.0
FVW	71	1014	45.4	1.5	0.0	43.9	21.3	22.6	42%	45.0
JTW	56	800	29.2	1.5	0.0	27.7	13.4	14.3	34%	45.0
JTW.K	57	814	1.5	0.0	0.0	1.5	0.7	0.8	2%	45.0
STWF	48.9	699	29.8	0.0	0.0	29.8	14.4	15.3	42%	45.0
STWF.K	48.9	699	5.1	0.0	0.0	5.1	2.5	2.6	7%	45.0
VGW	49.9	713	49.0	4.0	0.0	45.0	21.8	23.2	62%	45.0
VGW-Nordvest	49.9	713	12.6	0.0	0.0	12.6	6.1	6.5	17%	45.0
RYW	36	514	45.7	0.0	0.0	45.7	22.2	23.6	87%	45.0
RYW_Øbro	36	514	2.5	0.0	0.0	2.5	1.2	1.3	5%	45.0
SPW	58	829	84.5	0.0	0.0	84.5	41.0	43.6	100%	45.0
BUW	18	257	24.1	0.0	17.4	6.7	3.3	3.5	26%	45.0
GBW	10.5	150	9.3	0.0	6.7	2.6	1.3	1.3	17%	45.0
HGW	10	143	8.1	0.0	0.0	8.1	3.9	4.2	56%	45.0
ISW	32	457	29.0	0.0	20.9	8.1	3.9	4.2	17%	45.0
MØW2	18.2	260	11.8	0.0	0.0	11.8	5.7	6.1	45%	45.0
MØW1	24	343	5.9	0.0	0.0	5.9	2.9	3.0	17%	45.0
KLW	79	1129	3.2	0.0	0.0	3.2	1.5	1.6	3%	45.0
AML	250	3571	245.3	6.3	68.0	171.0	82.8	88.2	47%	45.0
LAW	180	2571	180.7	0.0	120.0	60.7	29.4	31.3	23%	45.0
SMW	100	1429	61.0	1.4	120.0	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
JÆW	88.4	1263	45.2	4.6	0.0	40.6	19.6	20.9	32%	45.0
STWK	70	1000	66.2	0.6	0.0	65.6	31.8	33.8	64%	45.0
HCW	100	1429	58.4	0.0	70.4	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
NPWK	50	714	32.4	0.0	0.0	32.4	15.7	16.7	45%	45.0
NPWK.F	50	714	6.1	0.0	0.0	6.1	2.9	3.1	8%	45.0
VIW	44.6	637	34.5	0.0	41.6	0.0	0.0	0.0	0%	45.0
VPW	60	857	81.5	0.0	0.0	81.5	39.5	42.0	93%	45.0
GØW	101	1443	65.0	0.0	0.0	65.0	31.5	33.5	44%	45.0
KOW	54.8	783	54.3	0.0	0.0	54.3	26.3	28.0	68%	45.0
VAW	55.8	797	33.1	0.0	0.0	33.1	16.0	17.1	41%	45.0
VSW	56.8	811	55.8	0.0	0.0	55.8	27.1	28.8	68%	45.0
TBW	57.8	826	13.2	0.0	0.0	13.2	6.4	6.8	16%	45.0
SYW	58.8	840	70.2	0.0	0.0	70.2	34.0	36.2	82%	45.0
ELW1	60	857	33.5	0.0	0.0	33.5	16.2	17.3	38%	45.0
ELW2	100	1429	71.5	7.2	0.0	64.3	31.2	33.2	44%	45.0
TUW	394	5629	393.4	5.4	0.0	388.0	188.0	200.1	68%	45.0
Sum CTR			2095.1	34.7	465.0	1674.9	811.4	863.6		



- - - Z +30.00
 - - - Z +250.00
 — HEAD SUPPLY
 — HEAD RETURN



Bilag 1CVD50SP45_02_A2
CTR

CASE NO. 45383

FFH50

CVD50SP45_02 CT/VE TJ 16927/09040

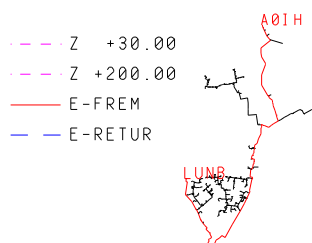
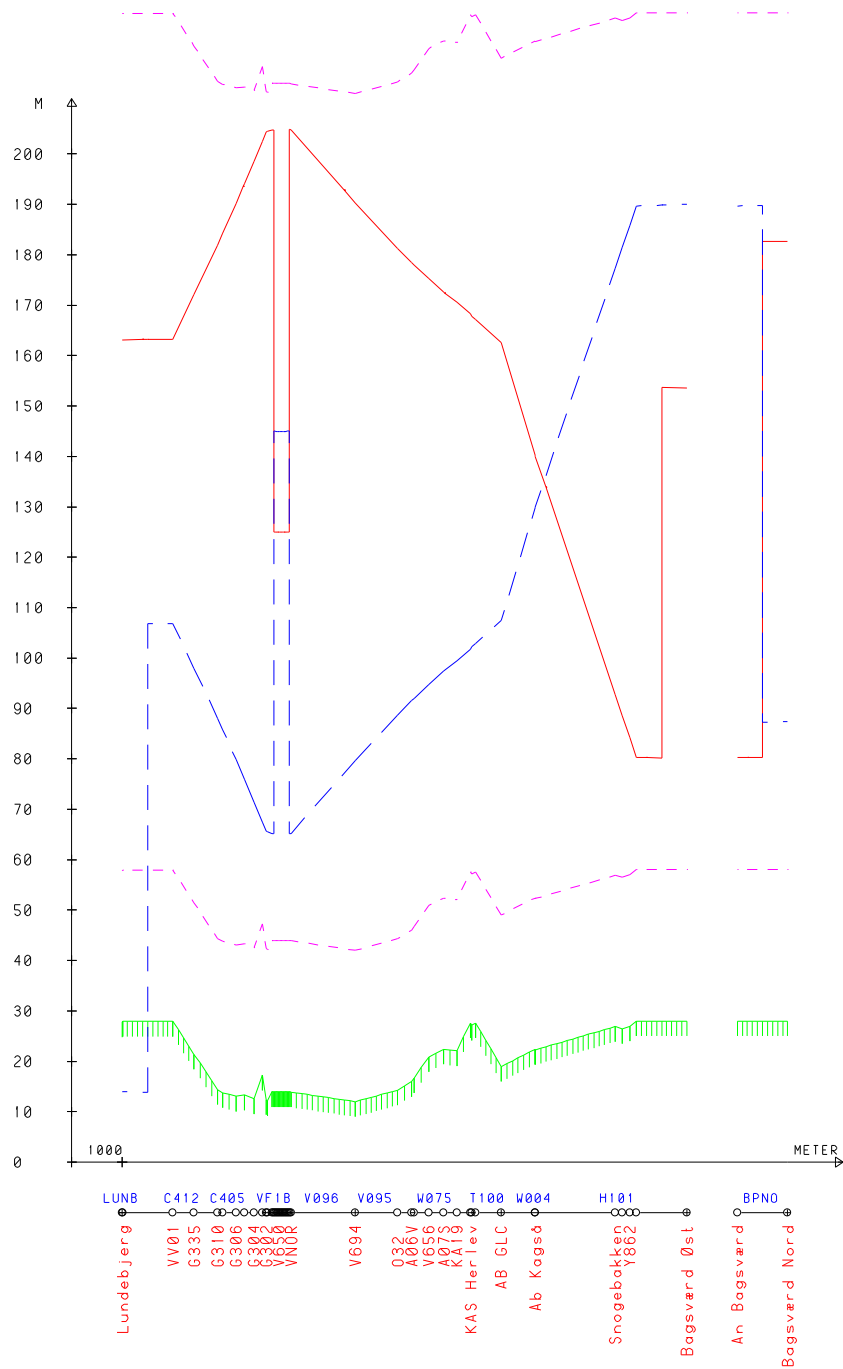
CT+KONV/VE MW 2095.1/837.0

RH&H-DATA 11-FEB-2021 09.34.17

FFH50 varmeprognose (klimakorrigeret)					
Samlet varmeforbrug inkl. nettab (transmission og distribution)					
Område	Enhed		2020	2030	2050
VROV	TJ/år	VEKS	1,237	1,263	1,188
VROO	TJ/år	VEKS	511	486	457
VROD	TJ/år	VEKS	689	692	651
VBRO	TJ/år	VEKS	444	410	386
VHVI	TJ/år	VEKS	512	469	441
VAVE	TJ/år	VEKS	349	312	293
VTRA	TJ/år	VEKS	1,030	973	915
VISO	TJ/år	VEKS	1,295	1,351	1,270
VKOG	TJ/år	VEKS	467	532	500
VHTA	TJ/år	VEKS	1,310	1,312	1,233
JUNCKERS	TJ/år	VEKS	167	162	152
VALB	TJ/år	VEKS	1,524	1,304	1,226
VFAH	TJ/år	VEKS	360	350	329
Hillerød	TJ/år	Hillerød	0	0	0
Farum	TJ/år	Farum	0	0	0
VFVA (Værløse)	TJ/år	VF	313	304	286
VFHV (NordHedtvand)	TJ/år	VF	831	807	758
VFBL (Ballerup)	TJ/år	VF	1,219	1,184	1,113
VFBA (Bagsværd)	TJ/år	VF	213	174	163
NORFOS	TJ/år	Norfors	0	0	0
VFLY (Lyngby)	TJ/år	VF	908	922	867
CHJG	TJ/år	CTR	99	93	88
CMOR	TJ/år	CTR	212	203	191
CGLA	TJ/år	CTR	622	661	674
CTIN	TJ/år	CTR	138	146	143
CHUS	TJ/år	CTR	653	633	587
CBRO	TJ/år	CTR	398	386	357
CVLO	TJ/år	CTR	672	651	603
CFRE	TJ/år	CTR	2,877	2,667	2,241
CVIG	TJ/år	CTR	909	947	880
CVNO	TJ/år	CTR	362	377	350
CVAL	TJ/år	CTR	1,032	1,082	1,004
CVES	TJ/år	CTR	723	785	770
CNVE	TJ/år	CTR	923	901	838
CNOR	TJ/år	CTR	559	544	504
CVAN	TJ/år	CTR	495	529	529
CHEL	TJ/år	CTR	895	913	913
CGEN	TJ/år	CTR	465	494	494
COST	TJ/år	CTR	2,123	2,043	1,905
COSO	TJ/år	CTR	462	444	414
CTAR	TJ/år	CTR	565	806	758
CAML (uden Ørestad)	TJ/år	CTR	2,941	2,894	2,684
HKON	TJ/år	KONV	1,855	1,808	1,672
HKOS	TJ/år	KONV	2,859	2,785	2,577
HNOR (Nordhavn)	TJ/år	KONV	201	294	317
HVLT (VesterbroLavtemp)	TJ/år	KONV	400	390	362
HORS	TJ/år	KONV	607	830	773
TOTAL			37,426	37,314	34,854

Navn	Kapacitet M	Type anlæg	Varme køber	Distributionsnet	I driftssættelse	Status	Driftstimer	COP	
Gentofte, ATES ved IKEA	4	ATES	Gentofte & Gladsaxe forsyning	Gentofte distribution	2019	Projekteringsfase	Mest vinter	3.2	VGW Glostrup Varmeværk City 2 City 2 City 2 City 2 City 2 Hovedcentralen MBW, FVW, JTW Mølleholmen
Kopenhagen Fur	1	Overskudsvarme	Glostrup distribution	Glostrup distribution	2017	Etableret	Mest sommer, men aktivitets afh	4.5	
Copenhagen Market Fjernkøling Syd	3.2	Overskudsvarme	Høje Taastrup distribution	Høje Taastrup distribution	2016	Etableret	Mest sommer	3.1	
City 2 Fjernkøling Syd	1.5	Overskudsvarme	Høje Taastrup distribution	Høje Taastrup distribution	2017	Etableret	Mest sommer	3.5	
Enegicentralen Fjernkøling Syd	1.3	Overskudsvarme	Høje Taastrup distribution	Høje Taastrup distribution	2016	Etableret	Mest vinter	6.24	
Rockwool	0.8	Overskudsvarme	Høje Taastrup distribution	Høje Taastrup distribution	2019	Etablering i gang	Hele året	3.5	
Nordea	1.5	Overskudsvarme	Høje Taastrup distribution	Høje Taastrup distribution	2020	Etablering i gang	Hele året	3.6	
Bjergmarken	8	Varmepumpe	FORS	FORS	2020	Etablering i gang	Hele året	?	
Varmepumper på nyt vandværk Frederik	4.5	Varmepumpe	Frederiksberg	Frederiksberg	2022	Projektering	Hele året	3.57	
Mølleholmen	1.5	Varmepumpe	Høje Taastrup distribution	Høje Taastrup distribution	2018	Etableret	Hele året	3.75	

	Scenarie			A	B	C	D	
				MJ/s	MJ/s	MJ/s	MJ/s	
Eksisterende Grundlastproduktion	AMV1		AMV Blok 1	250	0	0	0	
	AMV4		AMV BIO4	400	400	400	0	
	AVV1		Sum AVV1	370	370	0	0	
	AVV2 hovedkedel		AVV Blok 2 - Hovedkedel	450	0	0	0	
	AVV2 gasturbiner		AVV Blok 2 - Gasturbine	85	0	0	0	
	AVV2 halmkedel (monodrift)		AVV Blok 2 - Halmkedel	98	98	98	0	
	AVV2 halmkedel (modtryk)			-	-	-	0	
	KKV8		Køge -KKV8	51	51	51	0	
	ARGO5		KARA5	48	48	0	0	
	ARGO6		KARA6	63	63	63	0	
	VF5		VF5	82	82	0	0	
	VF6		VF6	110	110	110	0	
	ARC 1 linie i drift		ARC Blok 1	95	95	95	0	
	ARC - 2 linier i drift			95	95	95	0	
	I alt			2197	1412	912	0	
Ny produktion		Område	Aflaster					
	Havvand flis		Vekslerstation					
	AVV		AMV Blok 1		250	350	650	
	AMV	CAML	AMV Blok 1		100	200	456	
	Middeltemp VP							
	HCV	CVAL	HCW		30	30	45	
	Gladsaxe	CGLA	ISW		15	15	25	
	Valby	CVAL	VIW		17	17	27	
	Lynetten	CAML	AML		28	28	28	
	Valby	CVAL	VIW		0	8	8	
	Nordhavn	HNOR	SMW		20	20	20	
	Østerbro	COST	LAW		30	80	220	(100 geotermi)
	Benzinøen	CAML	AML		0	40	40	
	VEKS V		Fordeles iht. Ishøj Varmeoplande		20	40	60	
	VEKS N		Fordeles iht. Albertslund Varmeoplande			40	40	
	VEKS ROS		Fordeles iht. Roskilde Varmeoplande		12	70	90	(70 geotermi)
	Værløse	VFVA	Bagsværd Shunt		5	12	12	
	NordHedtvand	VFHV	VF			14	54	(40 geotermi)
	Ballerup	VFBL	Lundebjerg Shunt		5	12	12	
	Bagsværd	VFBA	Bagsværd Shunt		5	20	40	Geotermi
	Lyngby	VFLY	Bagsværd Shunt		5	20	40	Geotermi
	Overskudsvarme VP							
	VEKS HT	VHTA	Fordeles iht. Taastrup Varmeoplande		50	50	50	
	Luft VP							
	HCV	CVAL	HCW		0	22	22	
	Gladsaxe	CGLA	ISW		0	20	20	
	Valby	CVAL	VIW		10	10	10	
	Lynetten	CAML	AML		0		0	
	Valby	CVAL	VIW		0		0	
	Nordhavn	HNOR	SMW		0		0	
	Østerbro	COST	LAW		0		0	
	Valby	CVAL	VIW		0		0	
	Benzinøen	CAML	AML		0		0	
	VEKS V		Fordeles iht. Ishøj Varmeoplande		40	20	40	
	VEKS N		Fordeles iht. Albertslund Varmeoplande		38	27	50	
	VEKS ROS	VROO/VROV	Fordeles iht. Roskilde Varmeoplande		40	50	58	
	Værløse	VFVA	Bagsværd Shunt		13	14	20	
	NordHedtvand	VFHV	VF		13	14	20	
	Ballerup	VFBL	Lundebjerg Shunt		13	14	15	
	Bagsværd	VFBA	Bagsværd Shunt		13	14	15	
	Lyngby	VFLY	Bagsværd Shunt		13	14	10	
	I alt				785	1285	2197	
Samlet Produktionskapacitet				2197	2197	2197	2197	



Bilag 1VFA20MG60_01_A1
VF

SAG NR. 44405

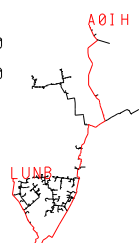
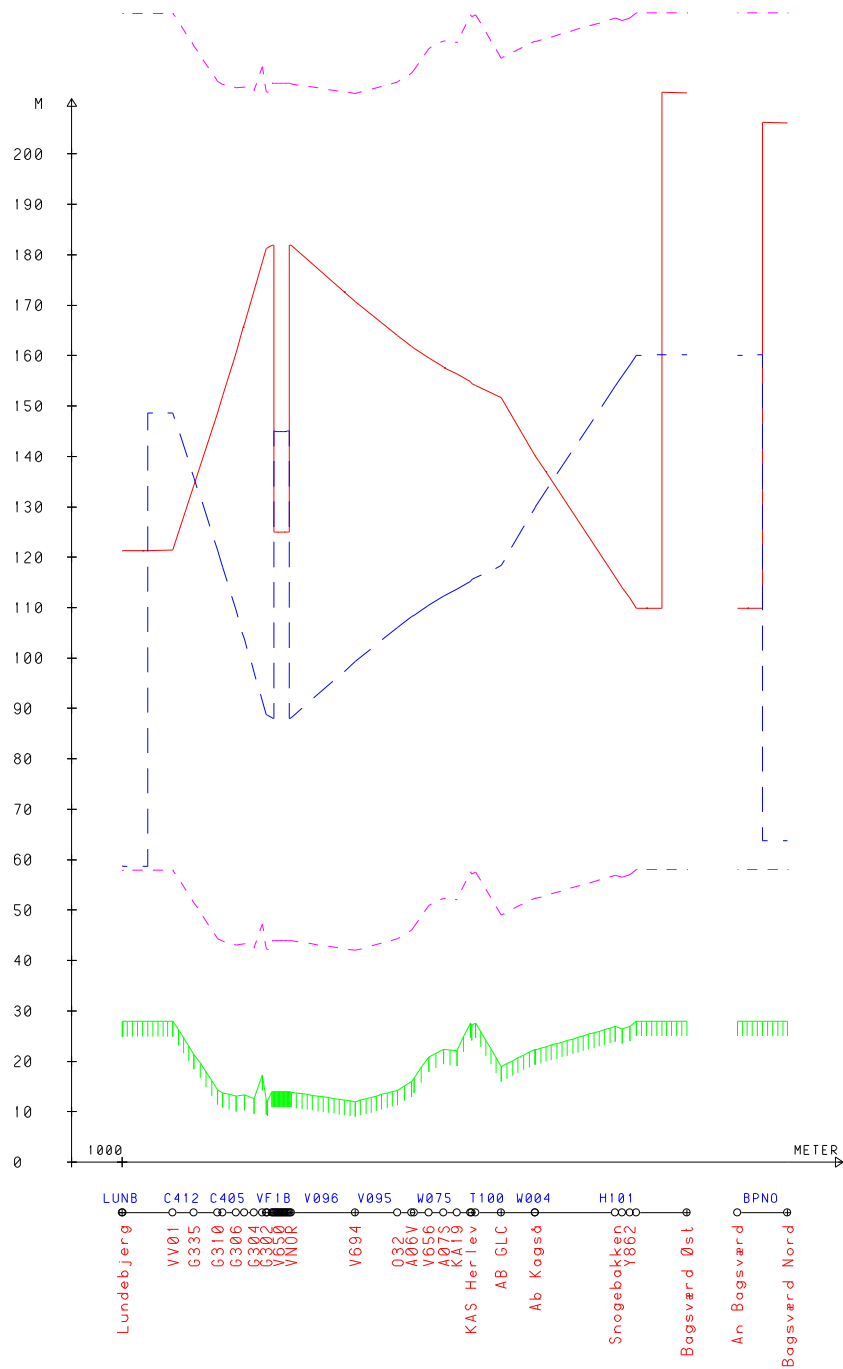
FFH50

VFA20MG60_01 VF TJ 03484

VF MW 192.0

RH&H-DATA 11-FEB-2021 10.32.51

VF				Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende		
VFA20MG60_01	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen A	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
Værløse	-	-	17.2	0.0	0.0	17.2	0.0	17.2	-	60.0
Bagsværd	-	-	11.7	0.0	0.0	11.7	0.0	11.7	-	60.0
Lyngby	-	-	50.0	0.0	0.0	50.0	0.0	50.0	-	60.0
Ballerup	-	-	67.2	0.0	0.0	67.2	0.0	67.2	-	60.0
Hedt Vand	-	-	45.8	0.0	0.0	45.8	0.0	45.8	-	60.0
Sum	-	-	192.0	0.0	0.0	192.0	0.0	192.0	-	



Bilag 1VFA20MG60_02_A1
VF

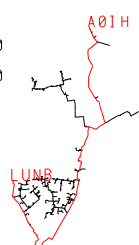
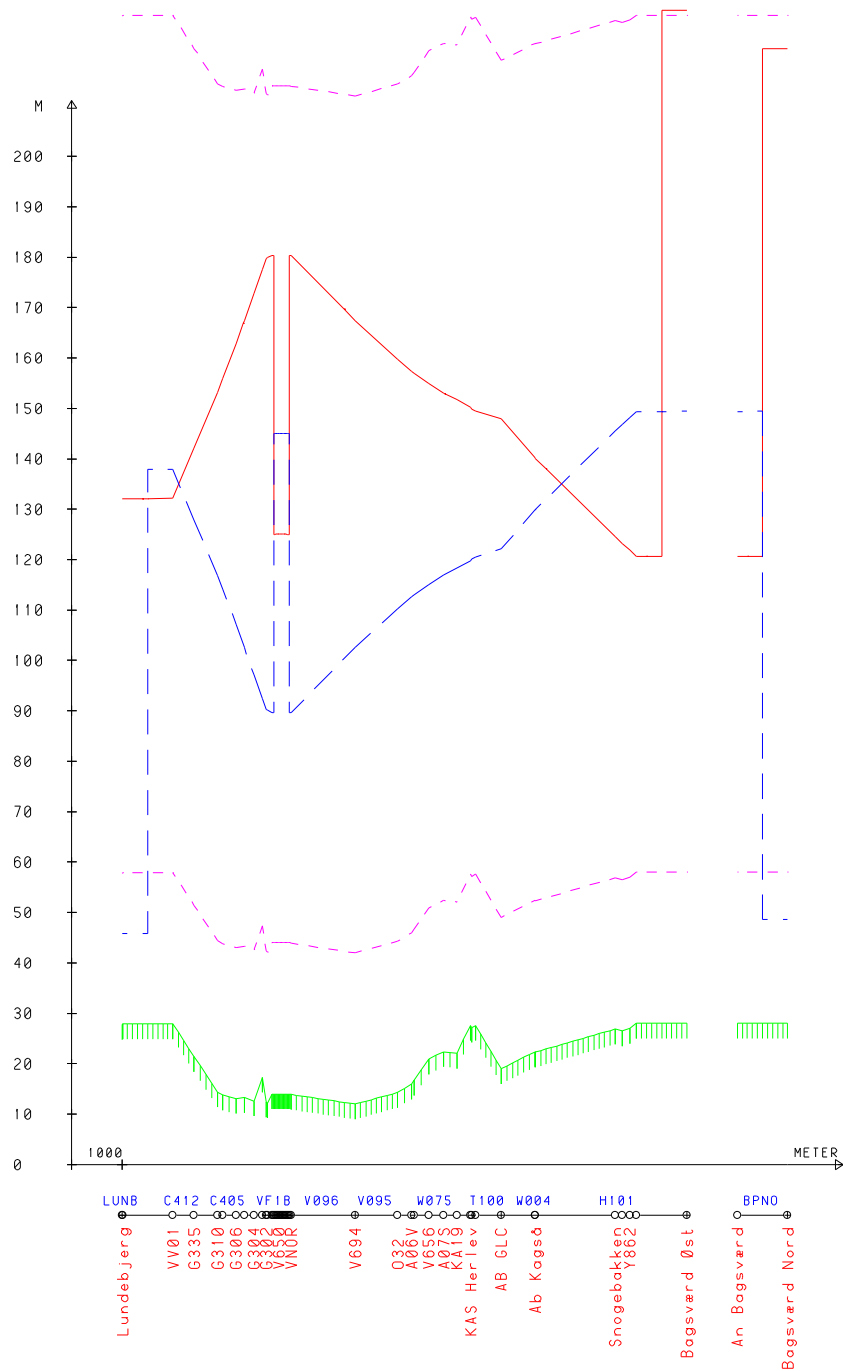
SAG NR. 45383

FFH50

VFA20MG60_02 VF TJ 03484

VF MW 232.0

RH&H-DATA 15-FEB-2021 09.35.16



Bilag 1VFA20SP60_01_A1
VF

SAG NR. 45383

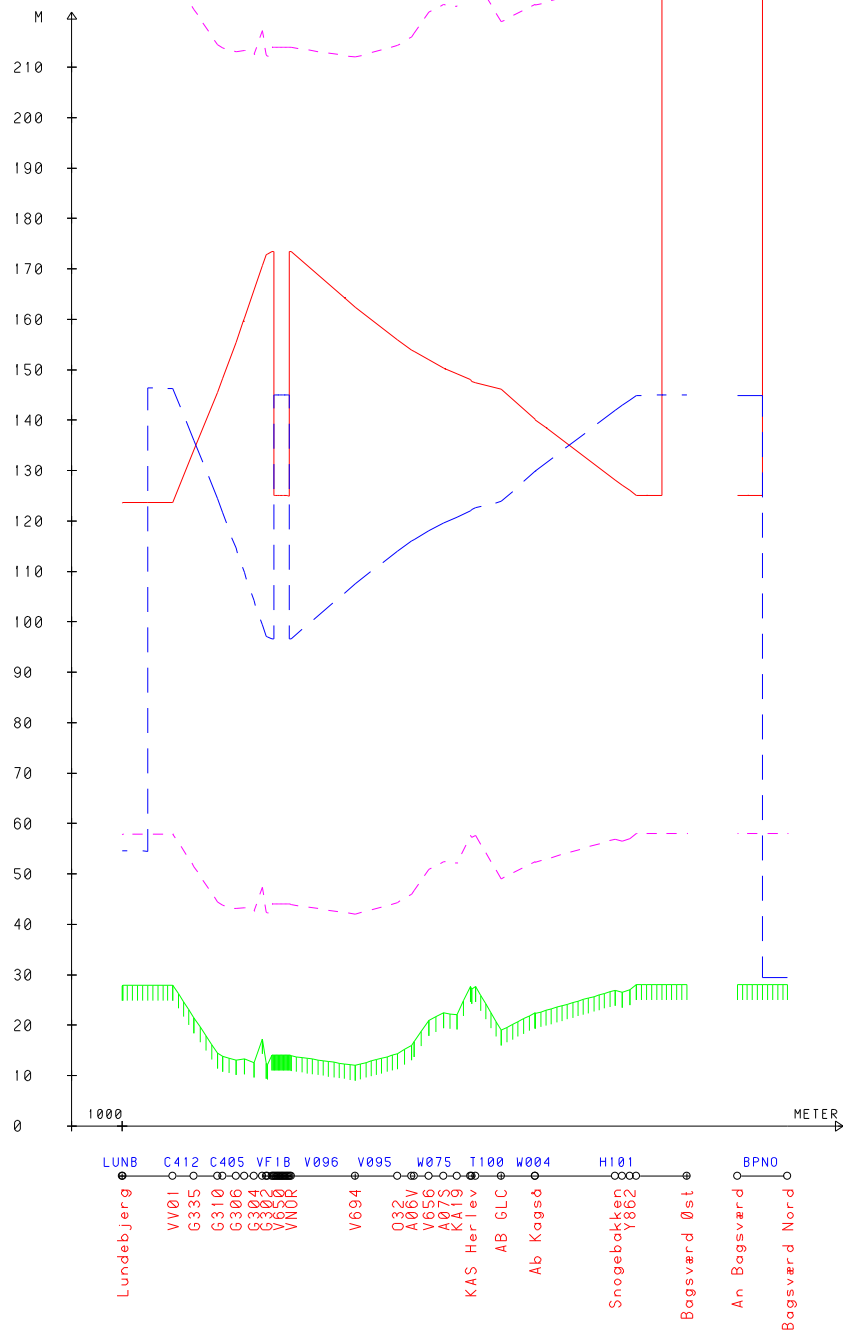
FFH50

VFA20SP60_01 VF TJ 03484

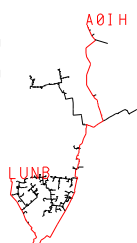
VF MW 322.6

RH&H-DATA 15-FEB-2021 09.38.57

VF				Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende		
VFA20SP60_01	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen A	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
Værløse	-	-	29.0	0.0	0.0	29.0	10.7	18.3	-	60.0
Bagsværd	-	-	19.7	0.0	0.0	19.7	7.3	12.4	-	60.0
Lyngby	-	-	84.1	0.0	0.0	84.1	31.0	53.1	-	60.0
Ballerup	-	-	112.9	0.0	0.0	112.9	41.6	71.2	-	60.0
Hedt Vand	-	-	76.9	0.0	0.0	76.9	0.0	76.9	-	60.0
Sum	-	-	322.6	0.0	0.0	322.6	90.6	232.0	-	



- - - Z +30.00
 - - - Z +200.00
 — E-FREM
 - - - E-RETUR



Bilag 1VFC30MG45_01_A1
VF

SAG NR. 45383

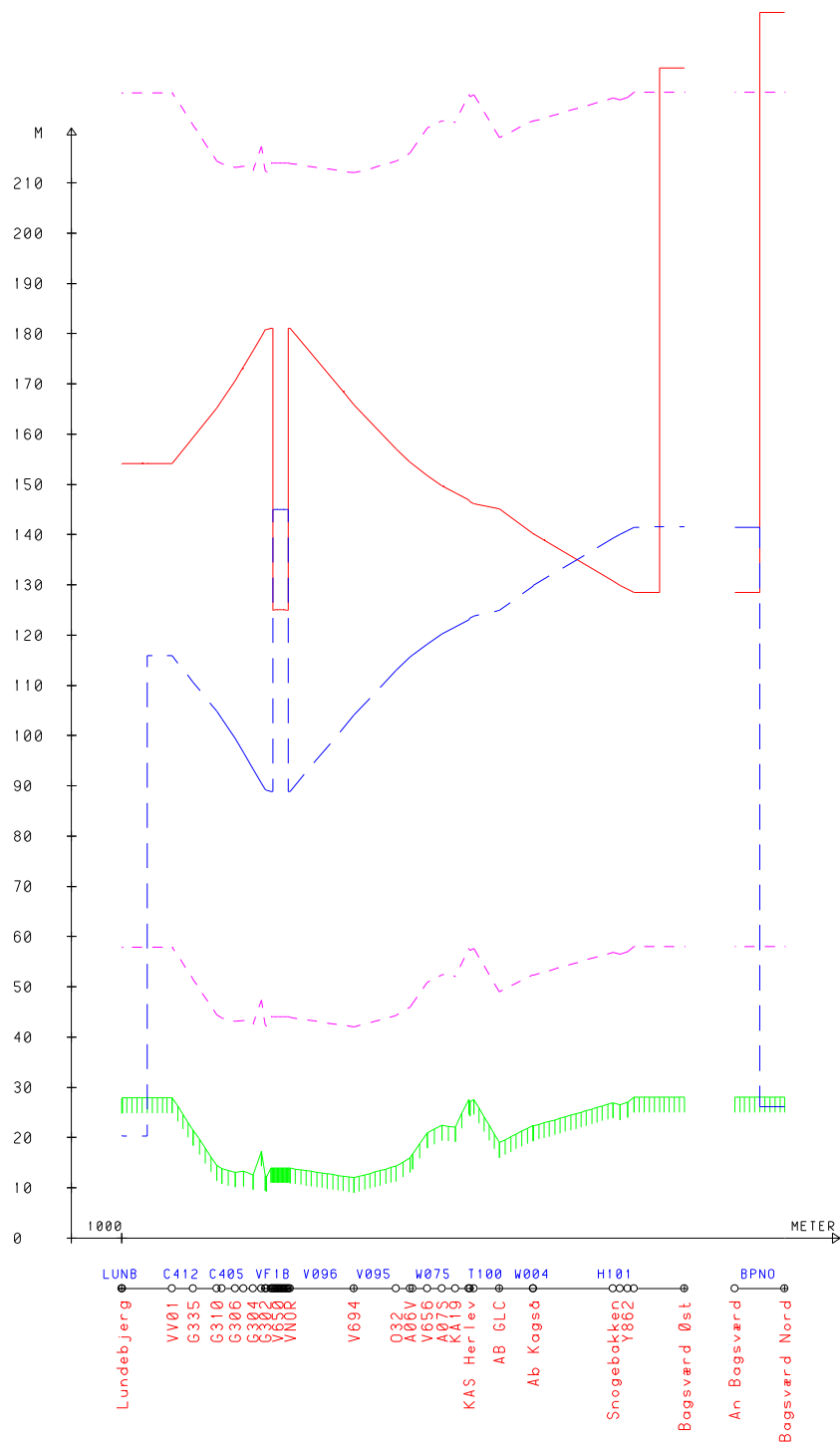
FFH50

VFC30MG45_01 VF TJ 03390

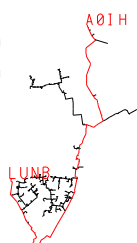
VF MW 230.5

RH&H-DATA 11-FEB-2021 13.09.02

VF			Aflastning			Resulterende	Spids-	Resulterende		
VFC30MG45_01	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen C	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
Værløse	-	-	20.7	0.0	26.0	0.0	0.0	0.0	-	45.0
Bagsværd	-	-	11.8	0.0	34.0	0.0	0.0	0.0	-	45.0
Lyngby	-	-	62.7	0.0	34.0	28.7	0.0	28.7	-	45.0
Ballerup	-	-	80.5	0.0	26.0	54.5	0.0	54.5	-	45.0
Hedt Vand	-	-	54.8	0.0	28.0	26.8	0.0	26.8	-	45.0
Sum	-	-	230.5	0.0	148.0	110.0	0.0	110.0	-	



- - - Z +30.00
 - - - Z +200.00
 — E-FREM
 - - - E-RETUR



Bilag 1VFC30SP45_01_A1
VF

SAG NR. 45383

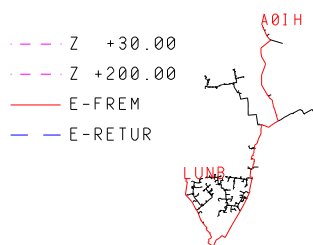
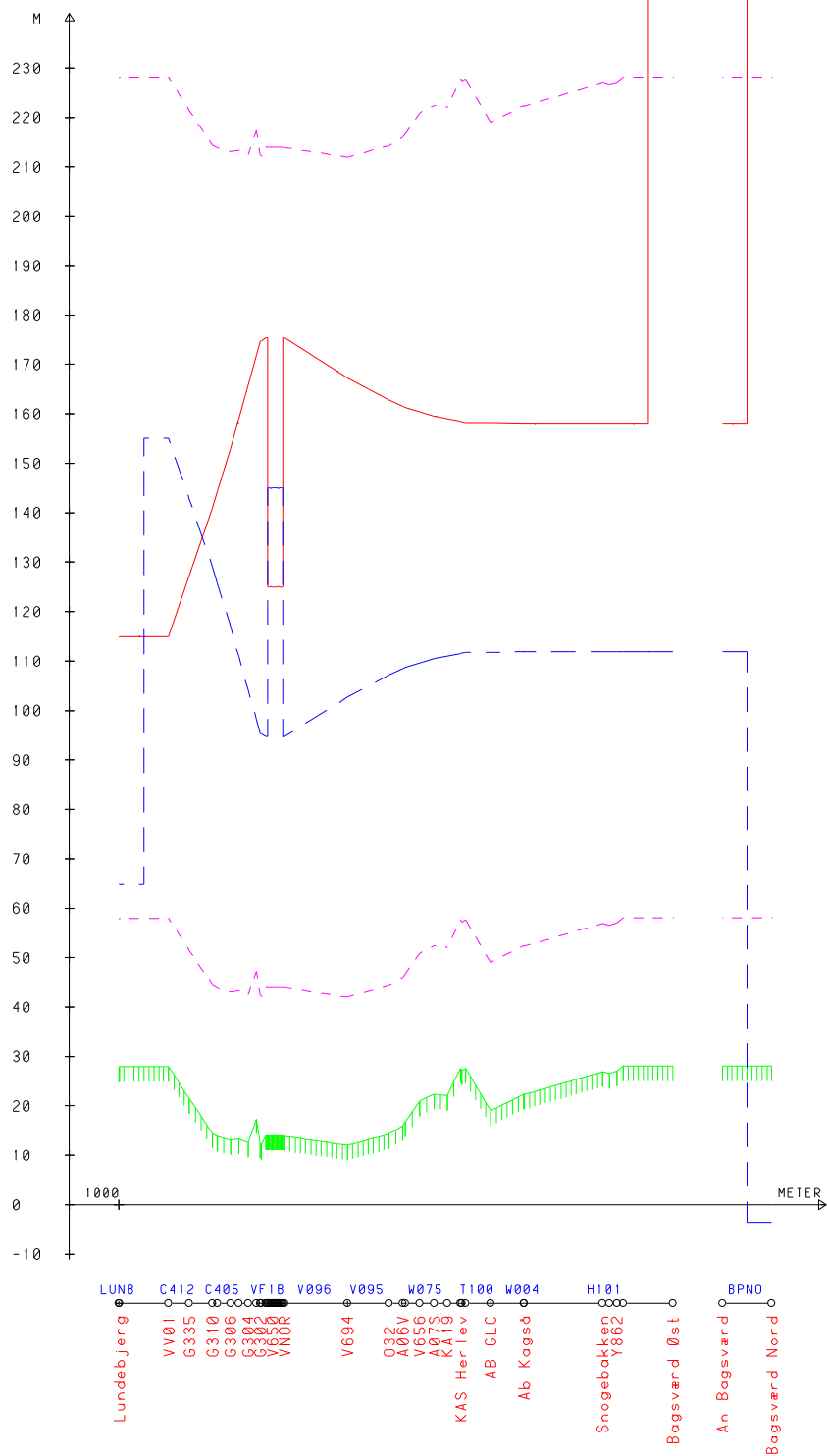
FFH50

VFC30SP45_01 VF TJ 03390

VF MW 313.9

RH&H-DATA 11-FEB-2021 13.25.16

VF			Aflastning			Resulterende	Spids-	Resulterende		
VFC30SP45_01	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen C	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
Værløse	-	-	28.1	0.0	26.0	2.1	1.2	1.0	-	45.0
Bagsværd	-	-	16.1	0.0	34.0	0.0	0.0	0.0	-	45.0
Lyngby	-	-	85.4	0.0	34.0	51.4	27.7	23.7	-	45.0
Ballerup	-	-	109.6	0.0	26.0	83.6	45.0	38.6	-	45.0
Hedt Vand	-	-	74.7	0.0	28.0	46.7	25.1	21.6	-	45.0
Sum	-	-	313.9	0.0	148.0	183.8	99.0	84.9	-	



Bilag 1VFD50MG25_A1
VF

SAG NR. 45383

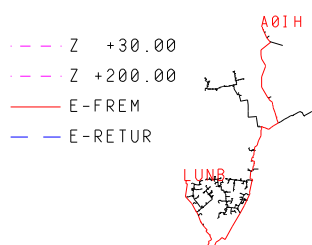
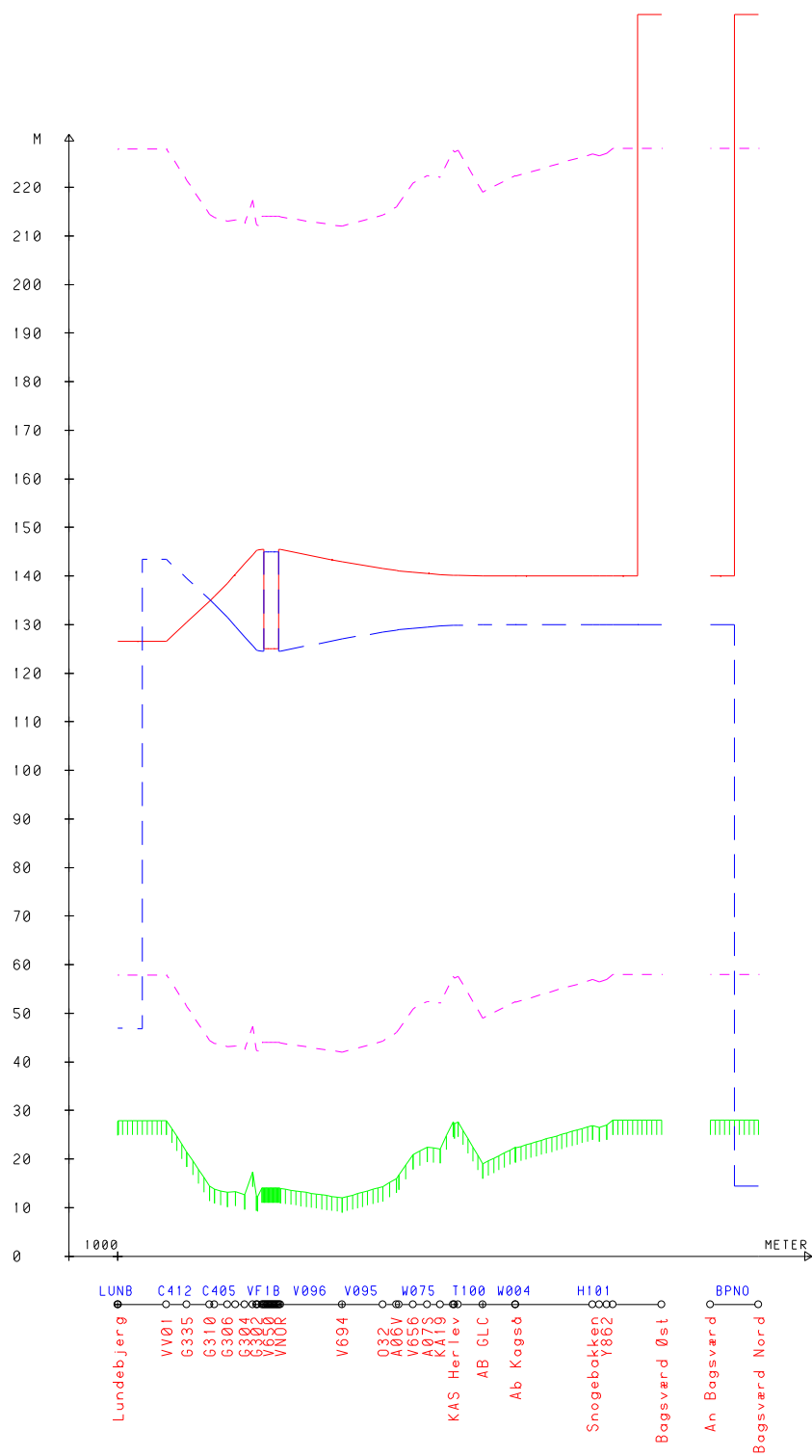
FFH50

VFD50MG25 VF TJ 03187

VF MW 172.0

RH&H-DATA 12-FEB-2021 07.21.12

VF			Aflastning			Resulterende	Spids-	Resulterende		
VFD50MG25	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen D	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
Værløse	-	-	15.4	0.0	32.0	0.0	0.0	0.0	-	25.0
Bagsværd	-	-	8.8	0.0	55.0	0.0	0.0	0.0	-	25.0
Lyngby	-	-	46.8	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	-	25.0
Ballerup	-	-	60.1	0.0	27.0	33.1	0.0	33.1	-	25.0
Hedt Vand	-	-	40.9	0.0	74.0	0.0	0.0	0.0	-	25.0
Sum	-	-	172.0	0.0	238.0	33.1	0.0	33.1	-	



Bilag 1VFD50MG45_A1
VF

SAG NR. 45383

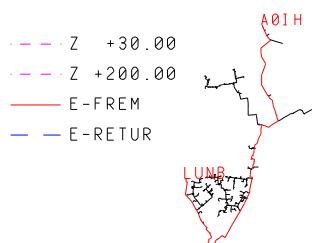
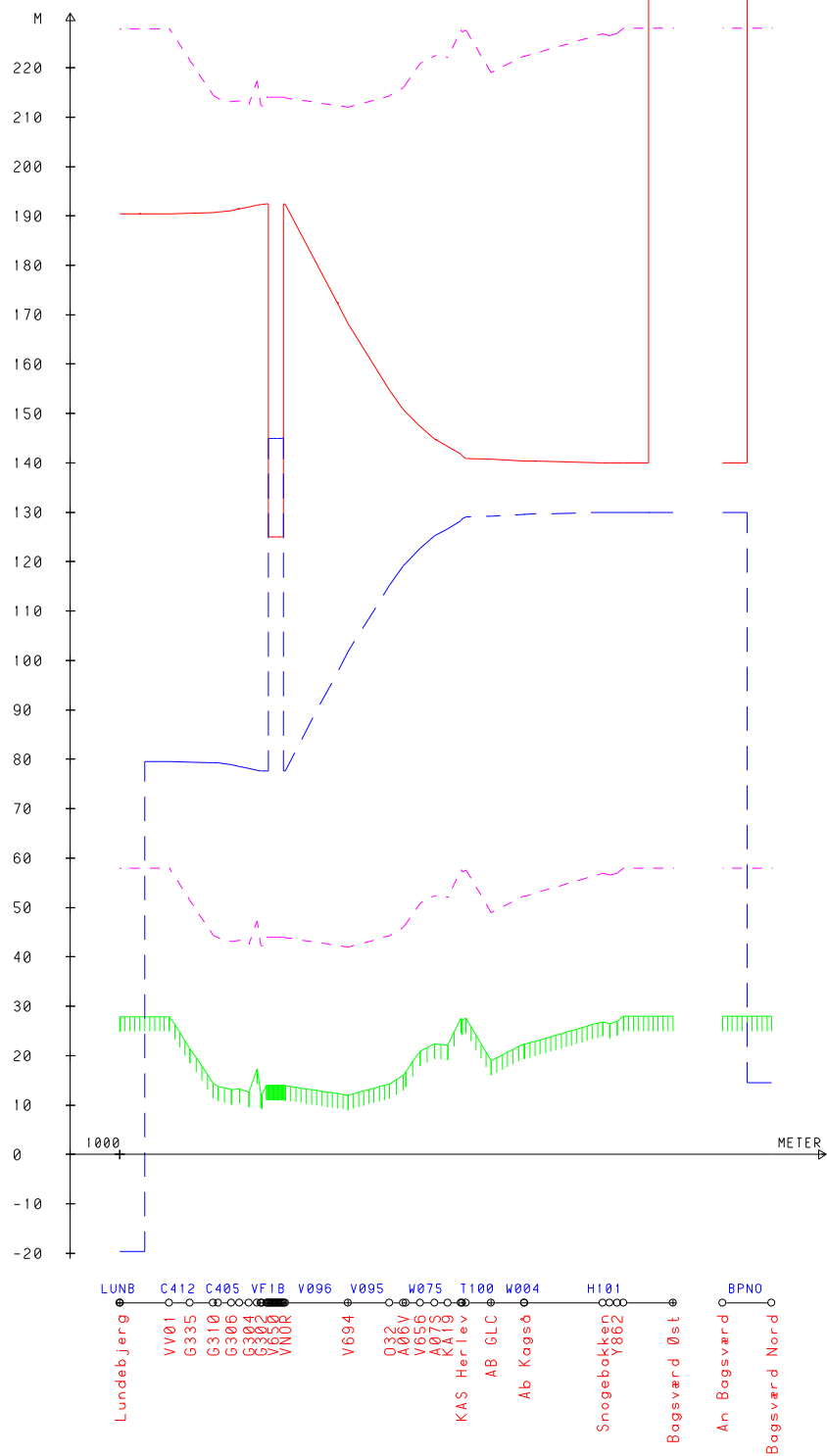
FFH50

VFD50MG45 VF TJ 03187

VF MW 172.0

RH&H-DATA 12-FEB-2021 06.48.05

VF			Aflastning			Resulterende	Spids-	Resulterende		
VFD50MG45	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen D	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
Værløse	-	-	15.4	0.0	32.0	0.0	0.0	0.0	-	45.0
Bagsværd	-	-	8.8	0.0	55.0	0.0	0.0	0.0	-	45.0
Lyngby	-	-	46.8	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	-	45.0
Ballerup	-	-	60.1	0.0	27.0	33.1	0.0	33.1	-	45.0
Hedt Vand	-	-	40.9	0.0	74.0	0.0	0.0	0.0	-	45.0
Sum	-	-	172.0	0.0	238.0	33.1	0.0	33.1	-	



Bilag 1VFD50SP25_A1
VF

SAG NR. 45383

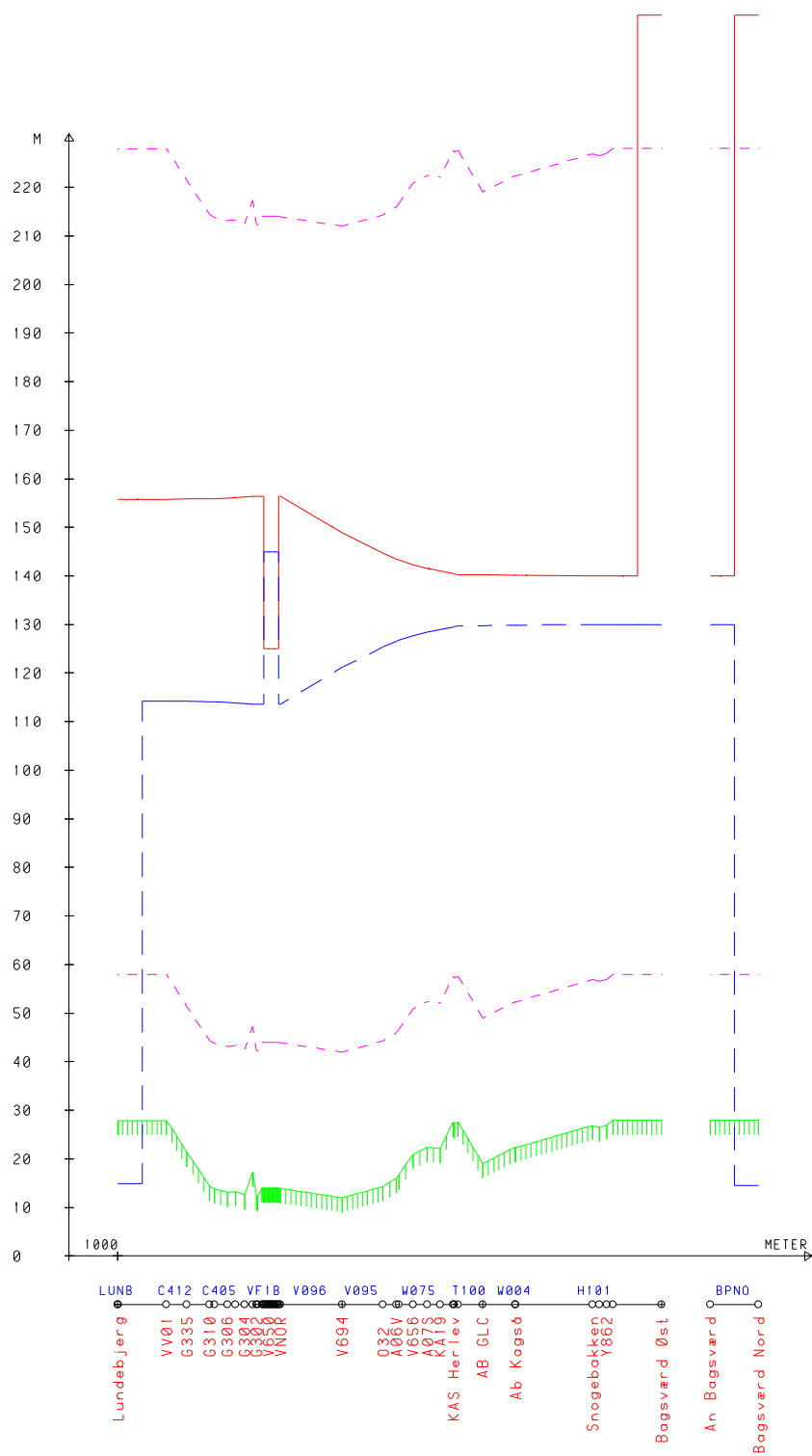
FFH50

VFD50SP25 VF TJ 03187

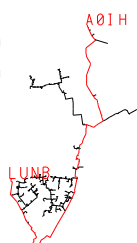
VF MW 295.1

RH&H-DATA 12-FEB-2021 07.29.18

VF				Aflastning		Resulterende	Spids-	Resulterende		
VFD50SP25	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen D	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
Værløse	-	-	26.5	0.0	32.0	0.0	0.0	0.0	-	25.0
Bagsværd	-	-	15.1	0.0	55.0	0.0	0.0	0.0	-	25.0
Lyngby	-	-	80.3	0.0	50.0	30.3	29.2	1.1	-	25.0
Ballerup	-	-	103.0	0.0	27.0	76.0	73.3	2.7	-	25.0
Hedt Vand	-	-	70.2	0.0	74.0	0.0	0.0	0.0	-	25.0
Sum	-	-	295.1	0.0	238.0	106.3	102.5	3.8	-	



- - - Z +30.00
 - - - Z +200.00
 — E-FREM
 — E-RETUR



Bilag 1VFD50SP45_A1
VF

SAG NR. 45383

FFH50

VFD50SP45 VF TJ 03187

VF MW 295.1

RH&H-DATA 12-FEB-2021 06.59.07

VF			Aflastning			Resulterende	Spids-	Resulterende		
VFD50SP45	Kapacitet		Belast	Eksis	Scen D	Belastning	last	Belastning		Afkøling
	MW	Ton/h	MW	MW	MW	MW	MW	MW	% Flow	gr.C.
Værløse	-	-	26.5	0.0	32.0	0.0	0.0	0.0	-	45.0
Bagsværd	-	-	15.1	0.0	55.0	0.0	0.0	0.0	-	45.0
Lyngby	-	-	80.3	0.0	50.0	30.3	29.2	1.1	-	45.0
Ballerup	-	-	103.0	0.0	27.0	76.0	73.3	2.7	-	45.0
Hedt Vand	-	-	70.2	0.0	74.0	0.0	0.0	0.0	-	45.0
Sum	-	-	295.1	0.0	238.0	106.3	102.5	3.8	-	

BILAG – DELOPGAVE 2

FFH50

HYDRAULISK MODELLERING

DISTRIBUTION;
FORS, CENTRAL ØST

2021-01

HYDRAULISK MODELLERING DISTRIBUTION, CENTRAL ØST

Dimensionerende effekt: ~51 MW; 90/50 °C (ΔT 40 °C)

Central Øst		
Varmebehov an net	142.000	MWh
Benyttelsestid	2780	h
Dimensionerende effekt	51	MW

Scenarier: 51 MW:

Reference: ~51 MW (90/50 °C) $\Delta T=40$ °C

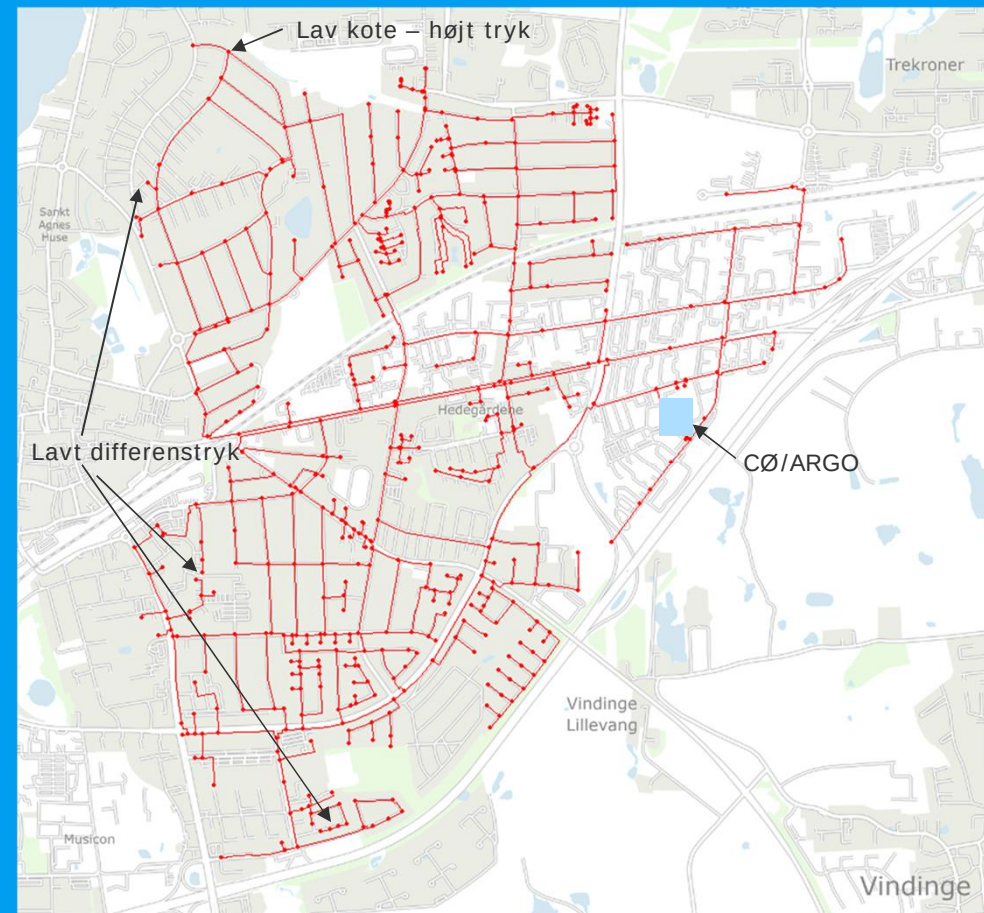
Lav temperatur: ~51 MW (70/40 °C) $\Delta T=30$ °C

Ultra lav temperatur: ~51 MW (50/35 °C) $\Delta T=15$ °C

Trykgrænse: 6,5 bar(g)

Tryktabsfaktor: 1,18

RAMBOLL



HYDRAULISK MODELLERING DISTRIBUTION, CENTRAL ØST

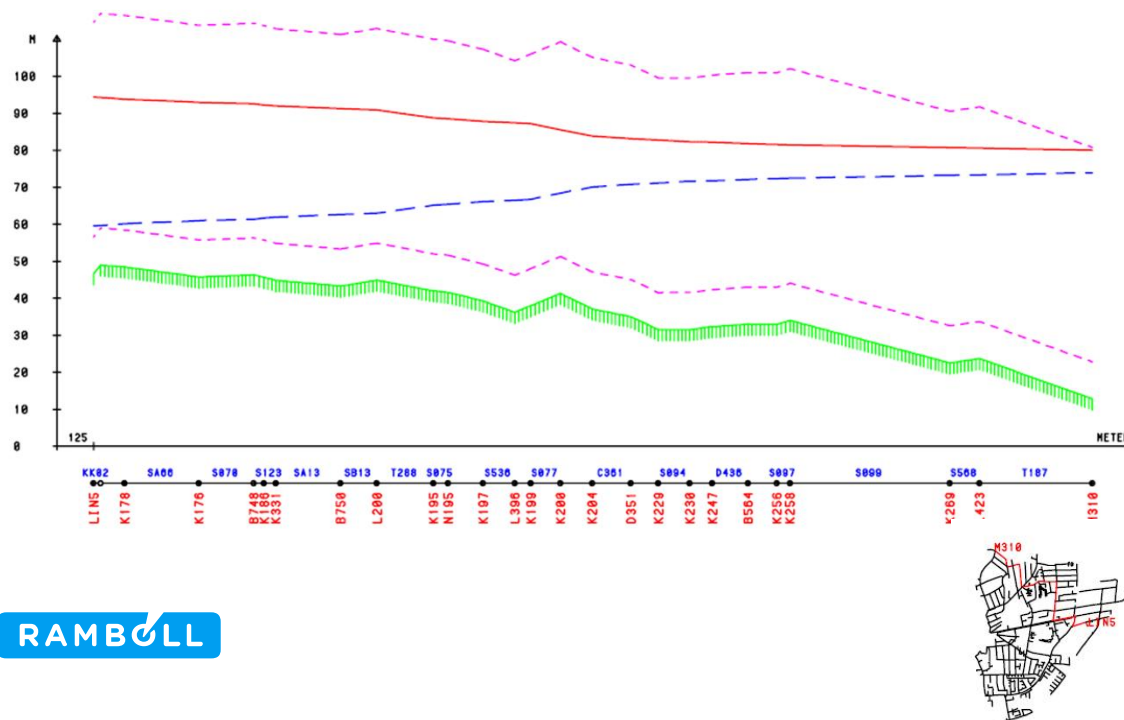
Stikledninger ikke med i hydraulisk model

Dimension	Længde m
Stik	46.800
DN25	1.427
DN32	1.576
DN40	3.708
DN50	5.761
DN65	9.281
DN80	5.881
DN100	5.980
DN125	5.312
DN150	7.591
DN175	1.778
DN200	2.210
DN250	723
DN300	2.755
DN350	909
DN400	648
DN450	456
Sum Stikledninger	46.800
Sum Hovedledninger	55.993
Sum Total	102.793

HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL REFERENCE 90/50 ~51 MW (ΔT 40°C)

	Node	Flow	Effekt	Differenstryk	T supply	T return
Produktion		m3/h	MJ/s	mVS	gr.C	gr.C
Veksler ARGO	LIN5	879.6	40.0	34.7	90.0	50.0
Central Øst	PCØ	244.5	11.1	33.9	90.0	50.0
I alt			51.1			

Maksimalt tryk	6.4 bar	Dr. Sofies Vej
Min. differenstryk	0.5 bar	Knude Den Stores Vej
Maks. Hastighed	1.7 m/s	Københavnsvvej
Maks trykgrad.	38 mmVS/m	Tulipanvej

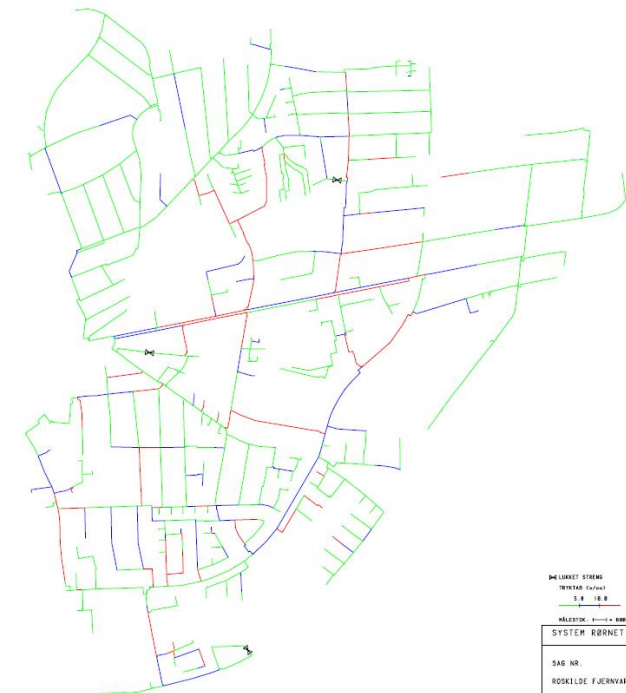
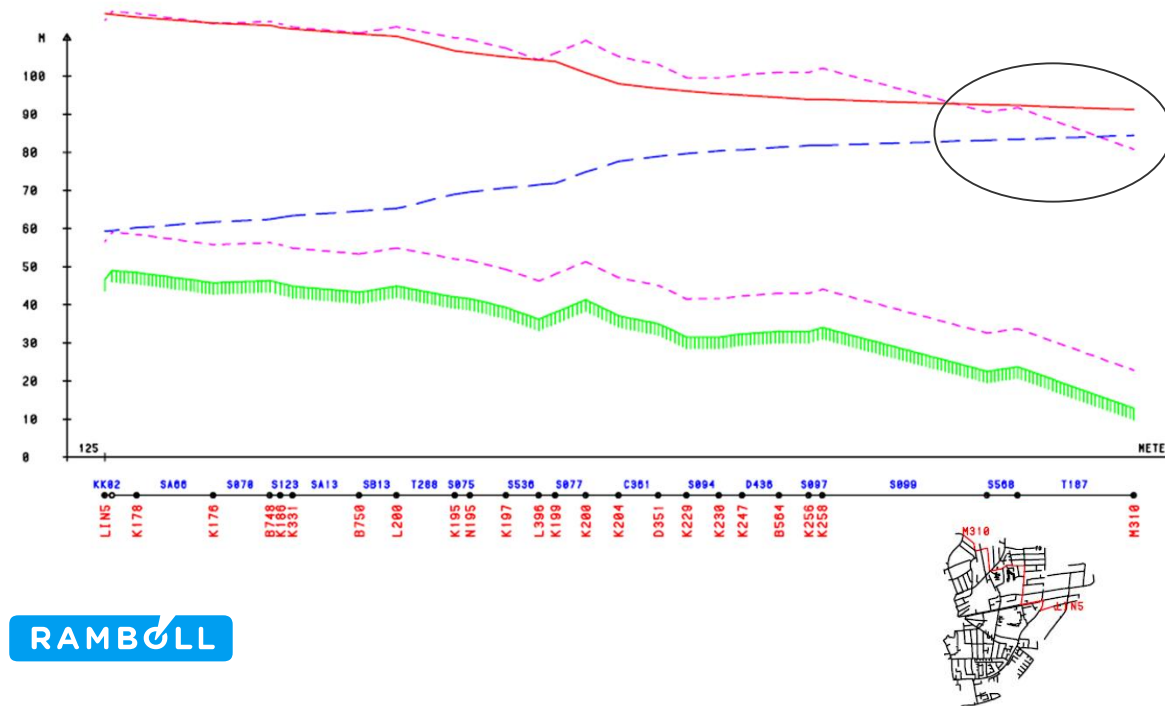


HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL LAVTEMPERATUR 70/40 ~ 51 MW (ΔT 30°C)

Ved 38 MW (75%) overholdes trykgrænsen på 6,5 bar(g)

	Node	Flow	Effekt	Differenstryk	T supply	T return
Produktion		m3/h	MJ/s	mVS	gr.C	gr.C
Veksler ARGO	LIN5	1172.8	40.0	57.1	70.0	40.0
Central Øst	PCØ	326.0	11.1	55.6	70.0	40.0
I alt			51.1			

Maksimalt tryk	7.5 bar	Dr. Sofies Vej
Min. differenstryk	0.5 bar	Knude Den Stores Vej
Maks. Hastighed	2.3 m/s	Københavnsvej
Maks trykgrad.	67 mmVS/m	Tulipanvej



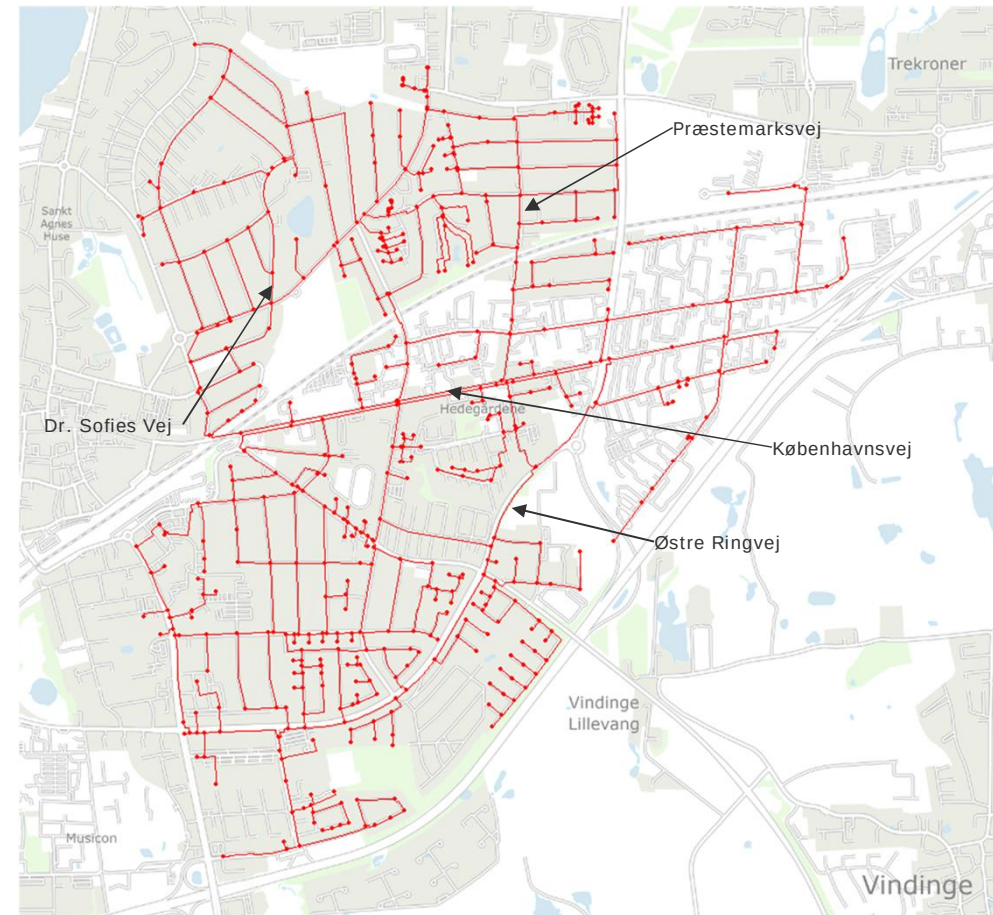
DEL SYSTEM
TILFØJES (Sag nr.)
S. 4 (S. 8)
ALEXANDER: 10-10-2021
SYSTEM RØRNET
SAG NR.
ROSKILDE FJERNVARMENET
OP-nr.
ST. NR. 1777-1840
Ramboll Energy 10-JAN-2021 14.49.05

HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL LAVTEMPERATUR 70/40 ~51 MW (ΔT 30°C), PUMPESTATIONER

4 boosterpumpestationer

- Københavnsvej (retur)
- Dr. Sofies Vej (retur)
- Præstemarksvej (retur)
- Østre Ringvej (frem)
- 14 ventilafspærringer pga. ringforbindelser

	String	Flow	Head	Hyd Power
		m3/h	mWC	kW
Booster KBh-vej	S414	345.0	12.3	11.3
Booster Dr. Sofies Vej	S512	137.4	8.2	3.0
Booster Præstemarksvej	S079	162.1	13.6	5.8
Booster Østre Ringvej	S409	629.0	18.0	30.1

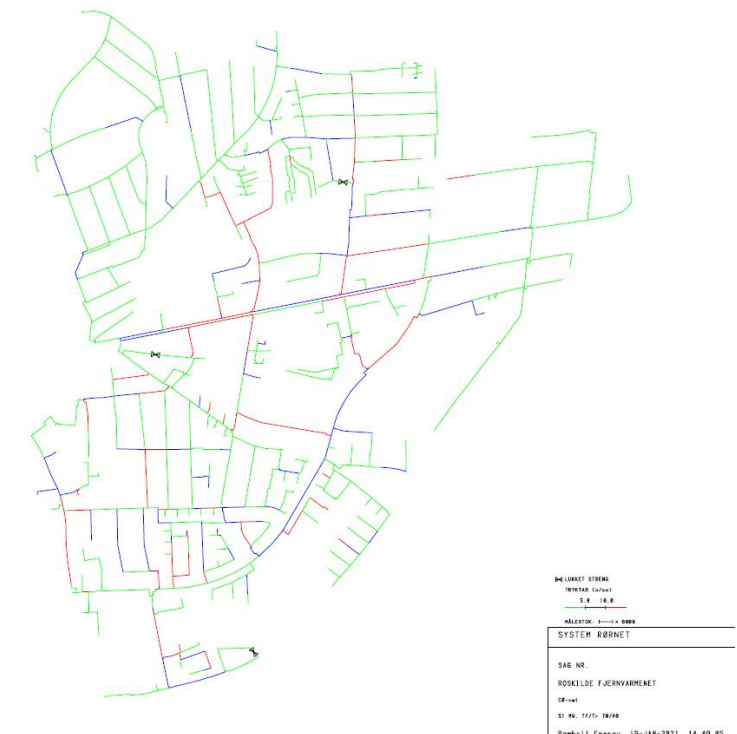
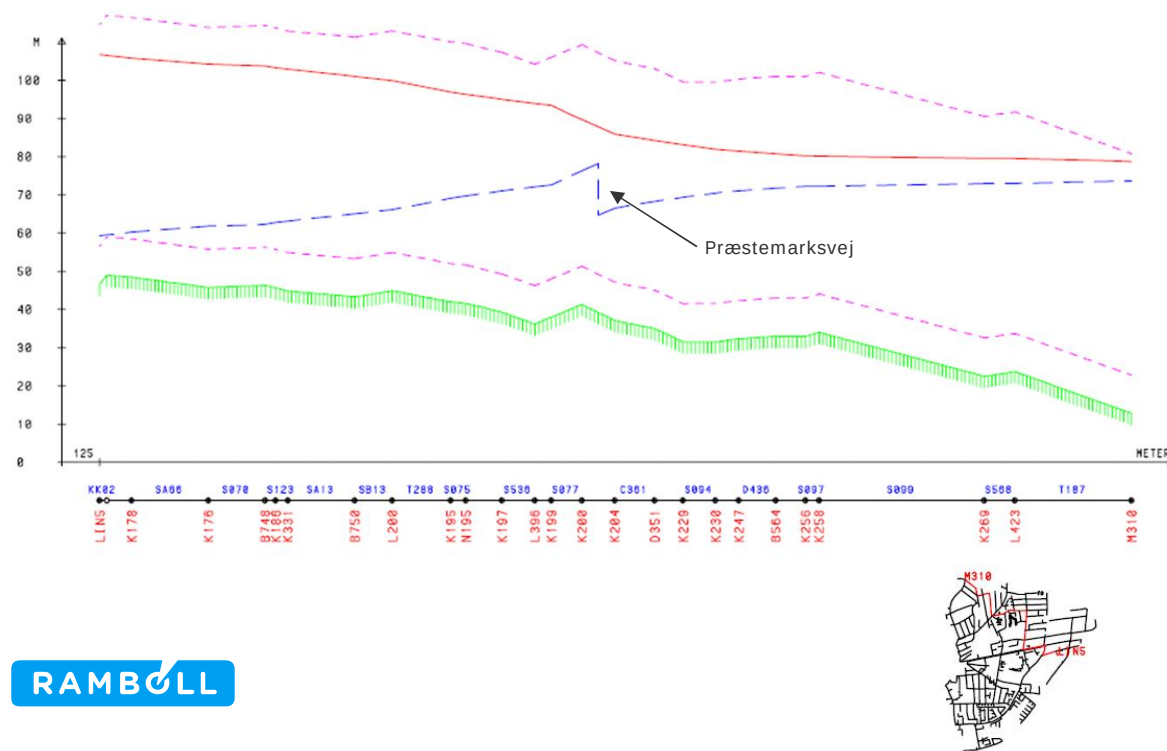


HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

LAVTEMPERATUR 70/40 ~ 51 MW (ΔT 30°C), PUMPESTATIONER

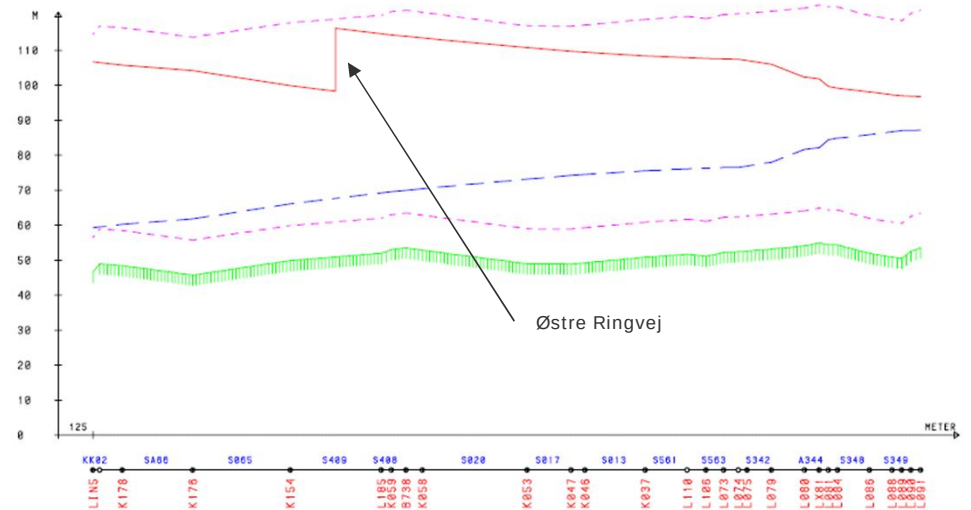
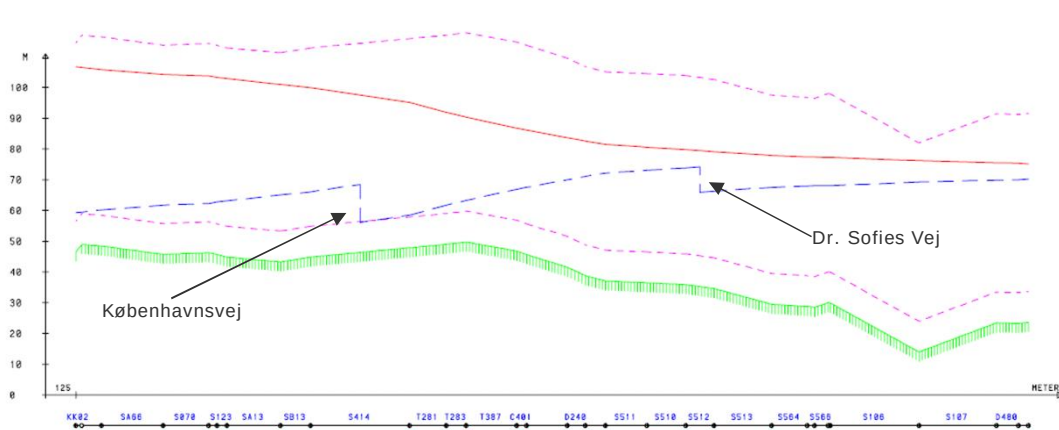
	Node	Flow	Effekt	Differenstryk	T supply	T return
Produktion		m3/h	MJ/s	mVS	gr.C	gr.C
Veksler ARGO	LIN5	1172.8	40.0	47.4	70.0	40.0
Central Øst	PCØ	326.0	11.1	46.0	70.0	40.0
I alt			51.1			

Maksimalt tryk	6.5	bar	Metalvej
Min. differenstryk	0.5	bar	Knude Den Stores Vej
Maks. Hastighed	2.3	m/s	Københavnsvej
Maks trykgrad.	67	mmVS/m	Tulipanvej



HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

LAVTEMPERATUR 70/40 ~51 MW (ΔT 30°C), PUMPESTATIONER

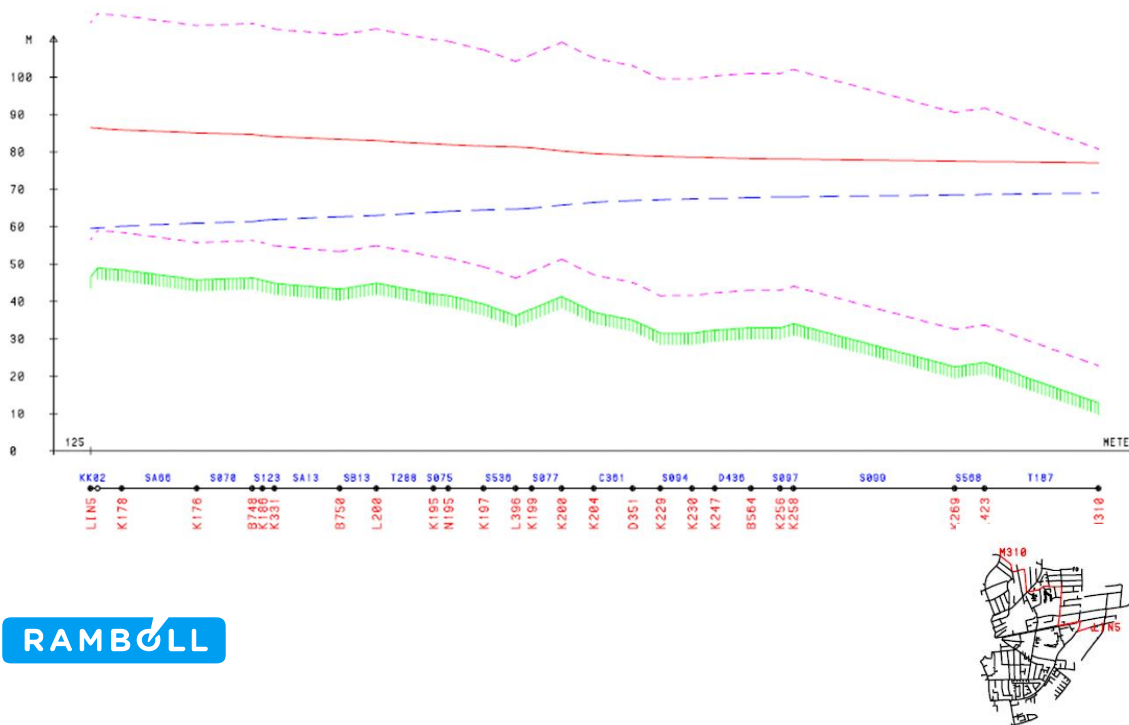


HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

LAVTEMPERATUR 70/40 ~51 MW (ΔT 30°C), 1 DIMENSION OP

	Node	Flow	Effekt	Differenstryk	T supply	T return
Produktion		m3/h	MJ/s	mVS	gr.C	gr.C
Veksler ARGO	LIN5	1172.8	40.0	26.9	70.0	40.0
Central Øst	PCØ	326.0	11.1	26.0	70.0	40.0
I alt			51.1			

Maksimalt tryk	6.2 bar	Dr. Sofies Vej
Min. differenstryk	0.5 bar	Tulipanvej
Maks. Hastighed	1.9 m/s	Københavnsvej
Maks trykgrad.	18 mmVS/m	Tulipanvej



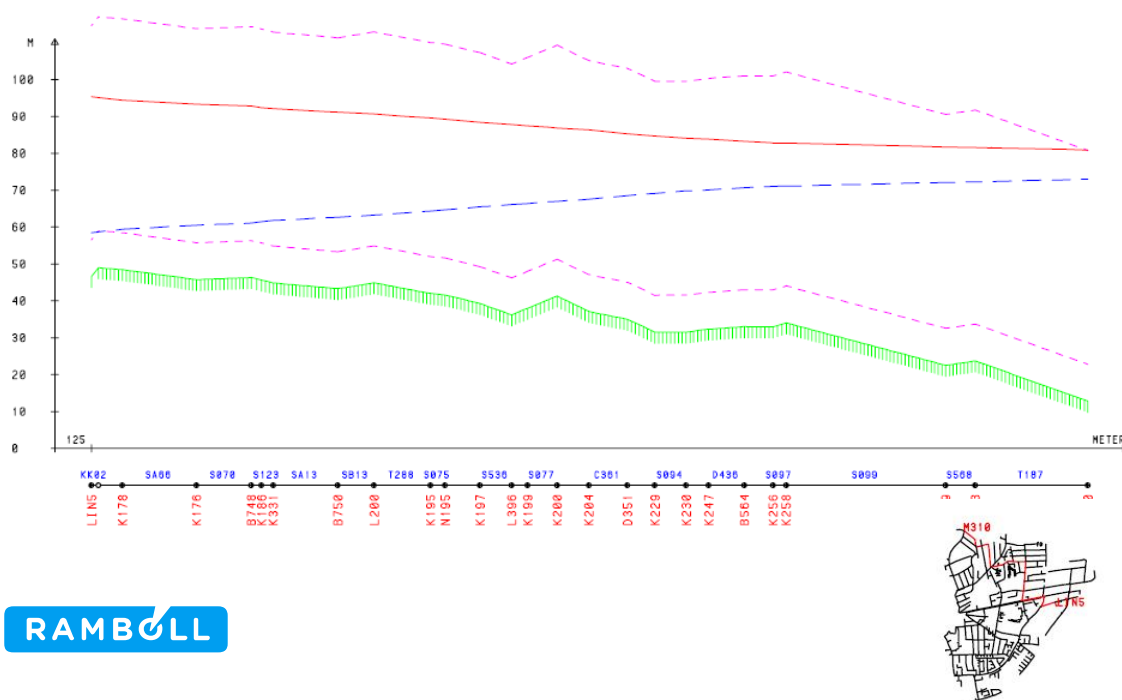
HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

LAVTEMPERATUR 70/40 ~41 MW (ΔT 30°C),

1 DIMENSION OP FOR 10 > 20 MMVS/M

	Node	Flow	Effekt	Differenstryk	T supply	T return
Produktion		m3/h	MJ/s	mVS	gr.C	gr.C
Veksler ARGO	LIN5	1172.8	40.0	36.9	70.0	40.0
Central Øst	PCØ	26.2	0.9	33.8	70.0	40.0
I alt			40.9			

Maksimalt tryk	6.5 bar	Dr. Sofies Vej
Min. differenstryk	0.5 bar	Munkesøvej
Maks. Hastighed	1.9 m/s	Københavnsvej
Maks trykgrad.	12 mmVS/m	Østervang



Opdimensionering 1 dimension op	Længde m	Ny dimension m
DN25	188	0
DN32	0	188
DN40	127	0
DN50	325	127
DN65	39	325
DN80	180	39
DN100	117	180
DN125	139	117
DN150	703	139
DN175	102	0
DN200	0	805
DN250	0	0
DN300	0	0
DN350	0	0
DN400	0	0
DN450	0	0
Sum Hovedledninger	1920	1920

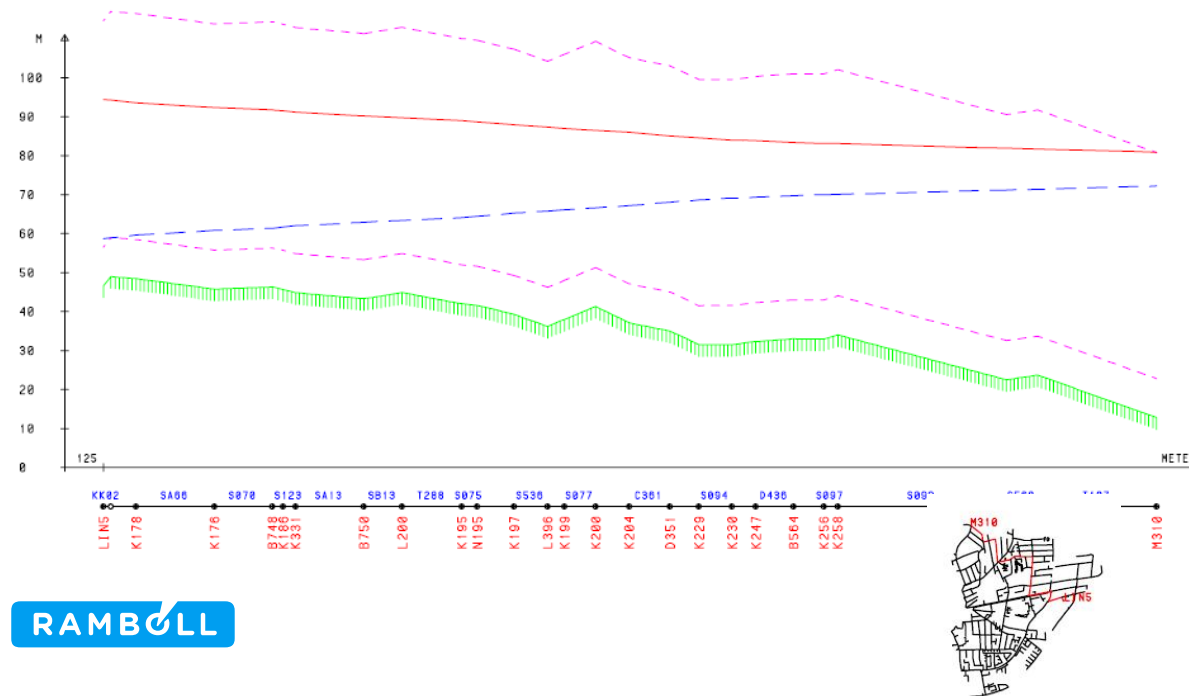
HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

LAVTEMPERATUR 70/40 ~44 MW (ΔT 30°C),

1 DIMENSION OP FOR IO > 15 MMVS/M

	Node	Flow	Effekt	Differenstryk	T supply	T return
Produktion		m3/h	MJ/s	mVS	gr.C	gr.C
Veksler ARGO	LIN5	1172.8	40.0	35.7	70.0	40.0
Central Øst	PCØ	116.2	4.0	33.1	70.0	40.0
I alt			44.0			

Maksimalt tryk	6.5	bar	Dr. Sofies Vej
Min. differenstryk	0.5	bar	Tulipanvej
Maks. Hastighed	1.7	m/s	Østre Ringvej
Maks trykgrad.	17	mmVS/m	Lærkevej



Opdimensionering 1 dimension op	Længde m	Ny dimension m
DN25	526	0
DN32	0	526
DN40	127	0
DN50	476	127
DN65	284	476
DN80	306	284
DN100	173	306
DN125	433	173
DN150	2,527	433
DN175	442	0
DN200	0	2969
DN250	0	0
DN300	35	0
DN350	0	35
DN400	0	0
DN450	0	0
Sum Hovedledninger	5329	5329

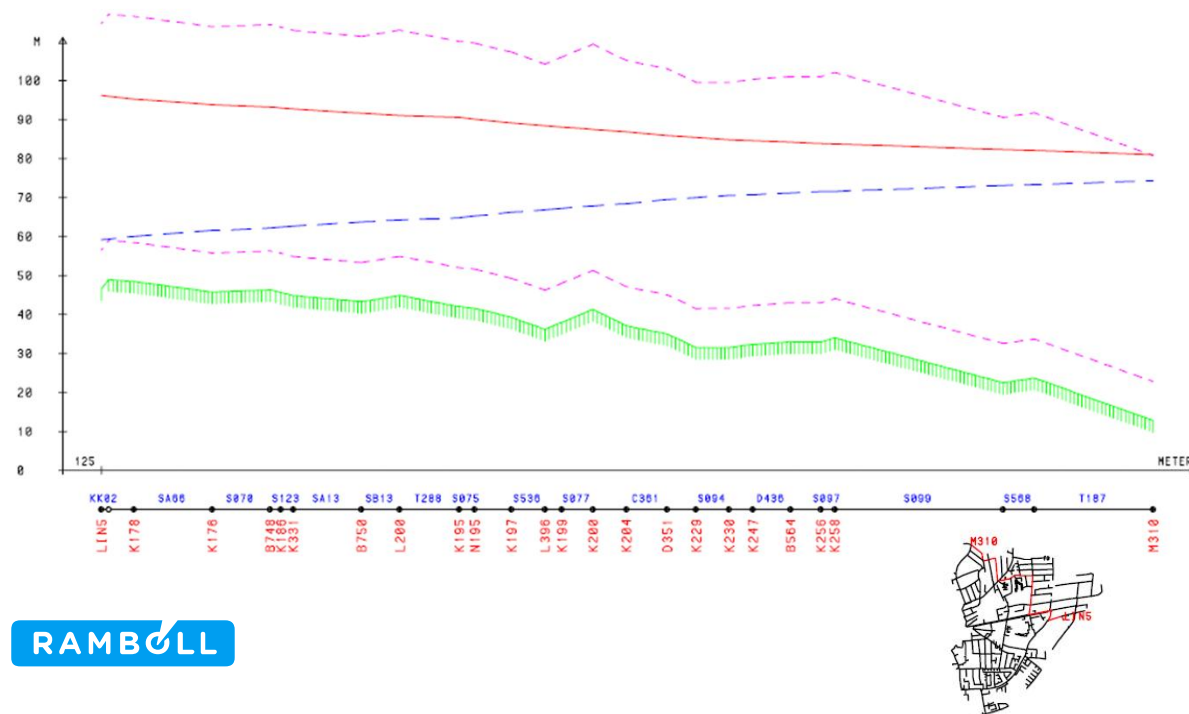
HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

LAVTEMPERATUR 70/40 ~46 MW (ΔT 30°C),

1 DIMENSION OP FOR IO > 12 MMVS/M

	Node	Flow	Effekt	Differenstryk	T supply	T return
Produktion		m3/h	MJ/s	mVS	gr.C	gr.C
Veksler ARGO	LIN5	1172.8	40.0	36.0	70.0	40.0
Central Øst	PCØ	176.1	6.0	33.6	70.0	40.0
I alt			46.0			

Maksimalt tryk	6.5	bar	Dr. Sofies Vej
Min. differenstryk	0.5	bar	Tulipanvej
Maks. Hastighed	1.8	m/s	Københavnsvej
Maks trykgrad.	15	mmVS/m	Tulipanvej



Opdimensionering 1 dimension op	Længde m	Ny dimension m
DN25	526	0
DN32	0	526
DN40	224	0
DN50	508	224
DN65	567	508
DN80	306	567
DN100	259	306
DN125	733	259
DN150	2,742	733
DN175	442	0
DN200	0	3184
DN250	0	0
DN300	35	0
DN350	0	35
DN400	0	0
DN450	0	0
Sum Hovedledninger	6341	6341

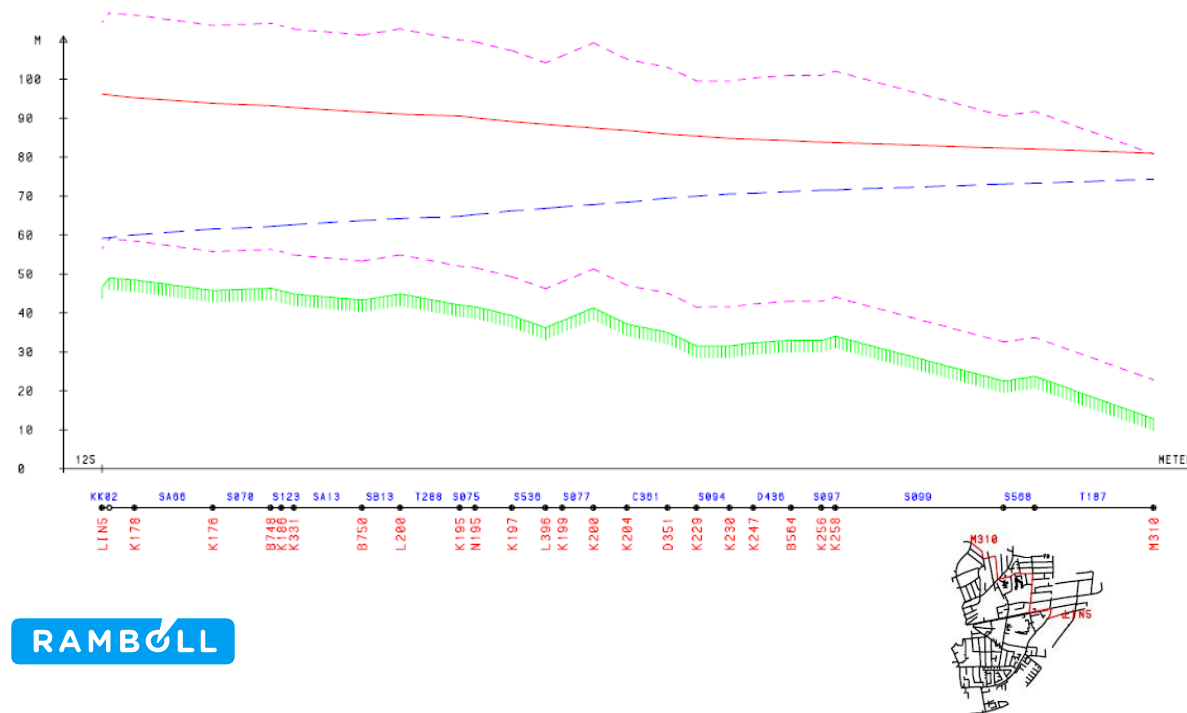
HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

LAVTEMPERATUR 70/40 ~49,6 MW (ΔT 30°C),

1 DIMENSION OP FOR IO > 10 MMVS/M

	Node	Flow	Effekt	Differenstryk	T supply	T return
Produktion		m3/h	MJ/s	mVS	gr.C	gr.C
Veksler ARGO	LIN5	1172.8	40.0	37.1	70.0	40.0
Central Øst	PCØ	281.0	9.6	35.3	70.0	40.0
I alt			49.6			

Maksimalt tryk	6.5	bar	Dr. Sofies Vej
Min. differenstryk	0.5	bar	Knude Den Stores Vej
Maks. Hastighed	1.8	m/s	Københavnsvej
Maks trykgrad.	17	mmVS/m	Tulipanvej



Opdimensionering 1 dimension op	Længde m	Ny dimension m
DN25	619	0
DN32	0	619
DN40	305	0
DN50	711	305
DN65	942	711
DN80	862	942
DN100	365	862
DN125	852	365
DN150	2,904	852
DN175	442	0
DN200	0	3346
DN250	0	0
DN300	74	0
DN350	349	74
DN400	0	349
DN450	0	0
Sum Hovedledninger	8423	8423

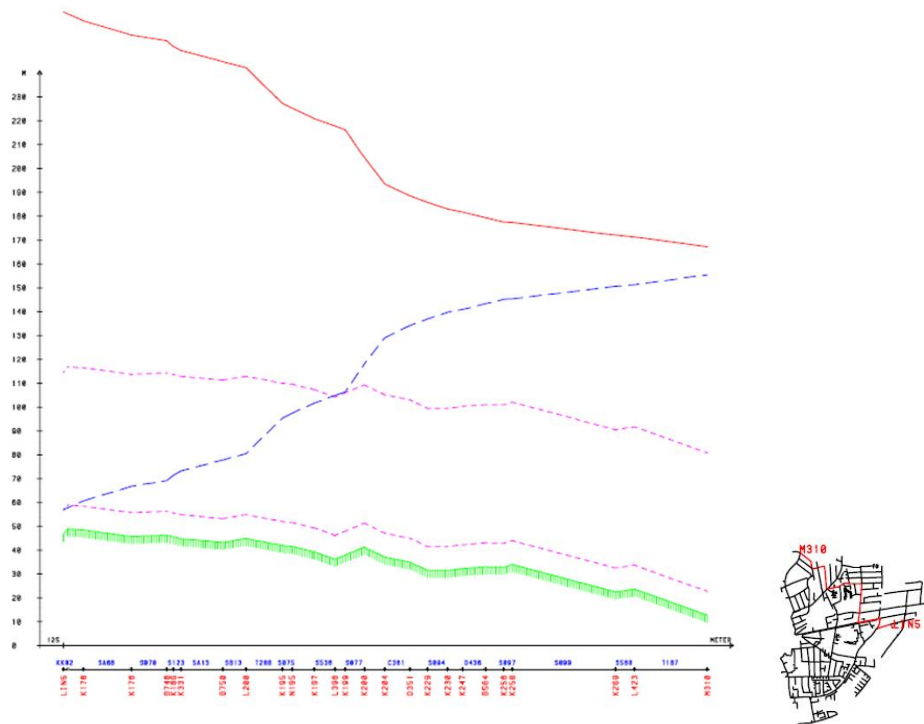
HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

ULTRALAVTEMPERATUR 50 / 35 ~ 51 MW (ΔT 15°C)

Ved 19 MW (37%) overholdes trykgrænsen på 6,5 bar(g)

	Node	Flow	Effekt	Differenstryk	T supply	T return
Produktion		m3/h	MJ/s	mVS	gr.C	gr.C
Veksler ARGO	LIN5	2345.5	40.0	208.5	50.0	35.0
Central Øst	PCØ	651.9	11.1	202.7	50.0	35.0
I alt			51.1			

Maksimalt tryk	21.0 bar	Central Øst
Min. differenstryk	0.5 bar	Knude Den Stores Vej
Maks. Hastighed	4.6 m/s	Københavnsvej
Maks trykgrad.	263 mmVS/m	Tulipanvej



HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

ULTRALAVTEMPERATUR 50 / 35 ~ 24 MW (ΔT 15°C),

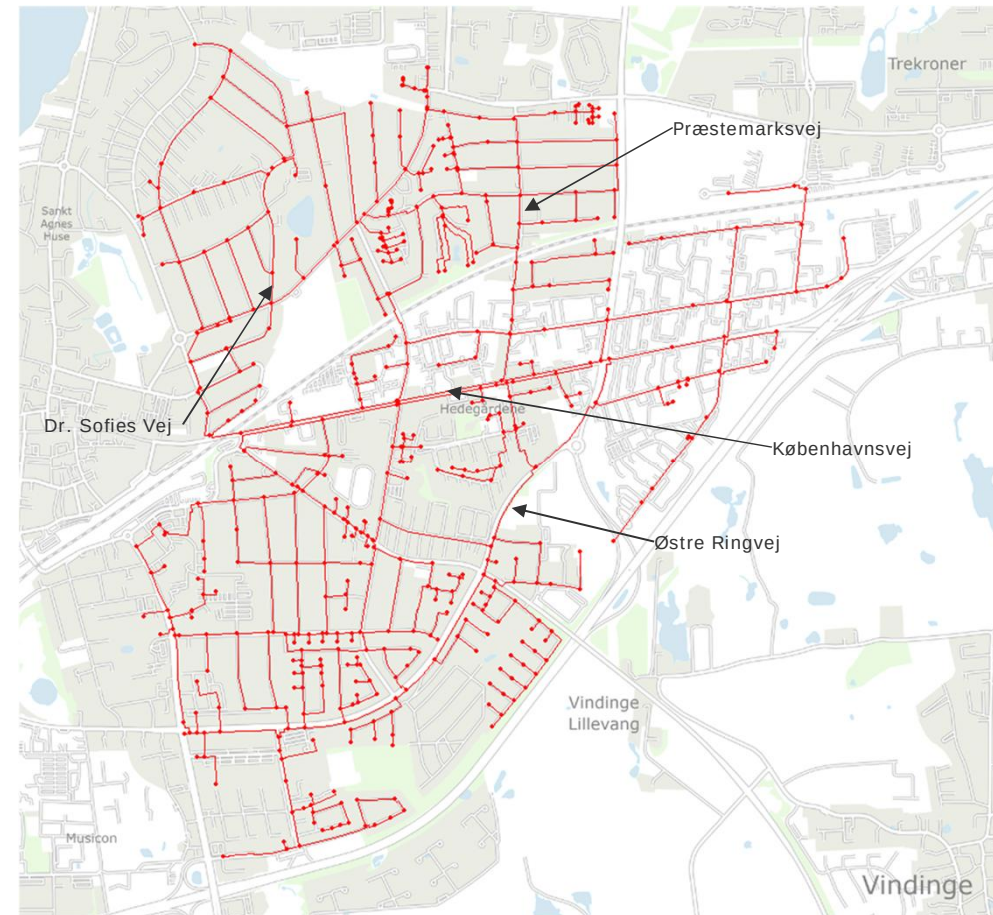
PUMPESTATIONER

Med 4 boosterpumpestation kan der leveres 24 MW (47%)

4 boosterpumpestationer

- Københavnsvej (retur)
- Dr. Sofies Vej (retur)
- Præstemarksvej (retur)
- Østre Ringvej (frem)
- 14 ventilafspærringer pga. ringforbindelser

	String	Flow	Head	Hyd Power
		m3/h	mWC	kW
Booster KBh-vej	S414	324.3	7.0	6.0
Booster Dr. Sofies Vej	S512	129.1	7.3	2.5
Booster Præstemarksvej	S079	152.3	8.0	3.3
Booster Østre Ringvej	S409	591.3	12.0	18.9

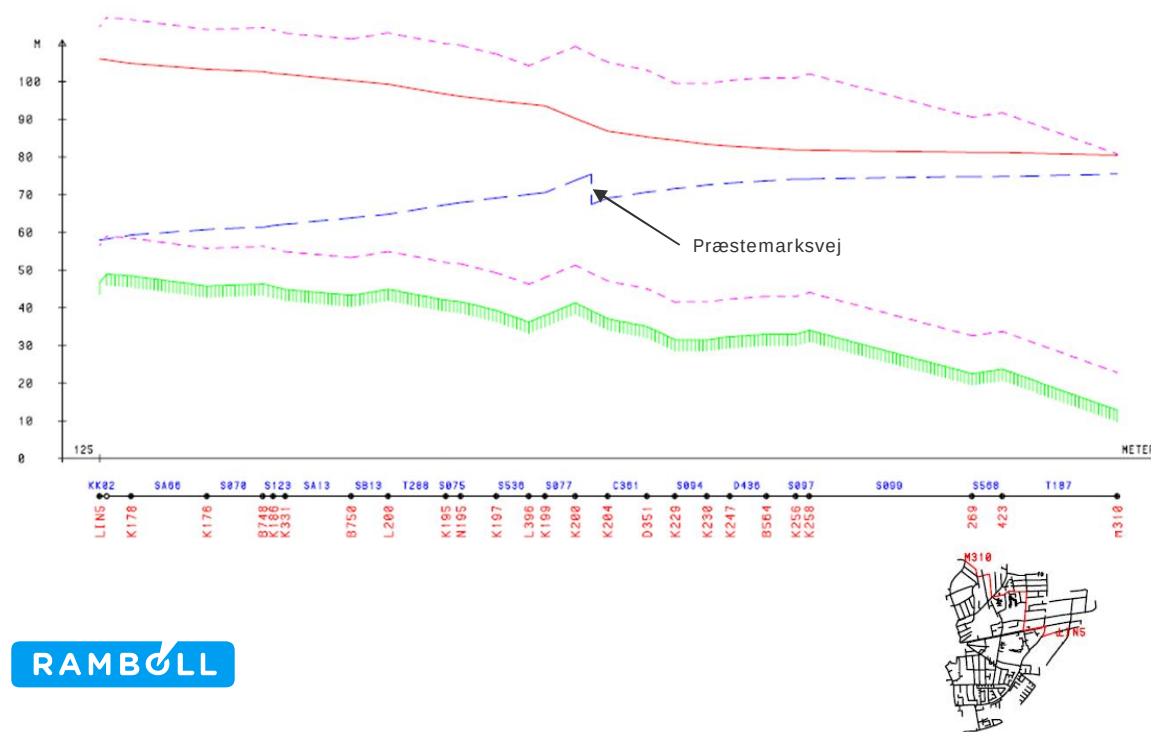


HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

ULTRALAVTEMPERATUR 50 / 35 ~ 24 MW (ΔT 15°C),

PUMPESTATIONER

	Node	Flow	Effekt	Differenstryk	T supply	T return
Produktion		m3/h	MJ/s	mVS	gr.C	gr.C
Veksler ARGO	LIN5	1378.0	23.5	48.1	50.0	35.0
Central Øst	PCØ	30.8	0.5	44.0	50.0	35.0
I alt			24.0			



RAMBOLL

Maksimalt tryk	6.5 bar	Dr. Sofies Vej
Min. differenstryk	0.5 bar	Knude Den Stores Vej
Maks. Hastighed	2.2 m/s	Præstemarksvej
Maks trykgrad.	59 mmVS/m	Tulipanvej

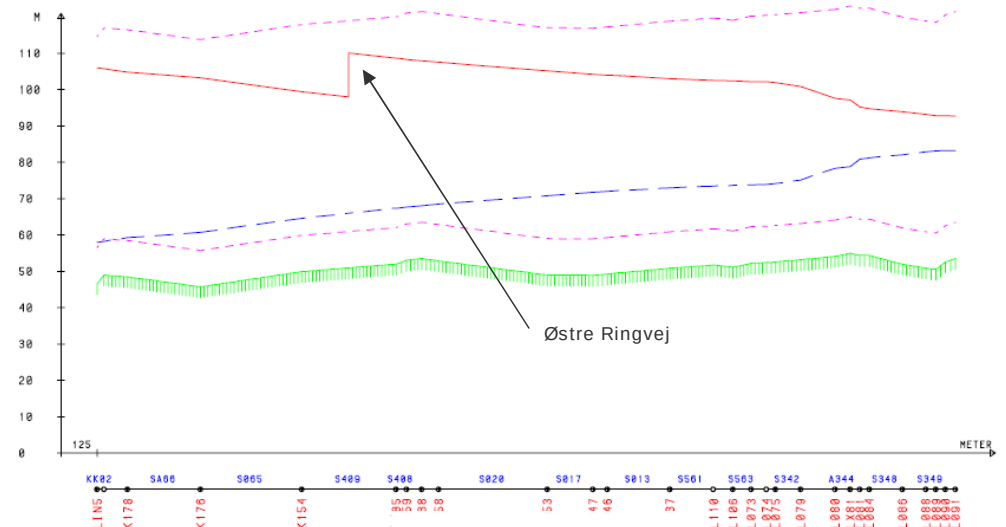
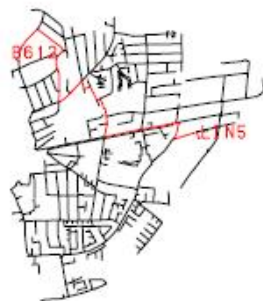
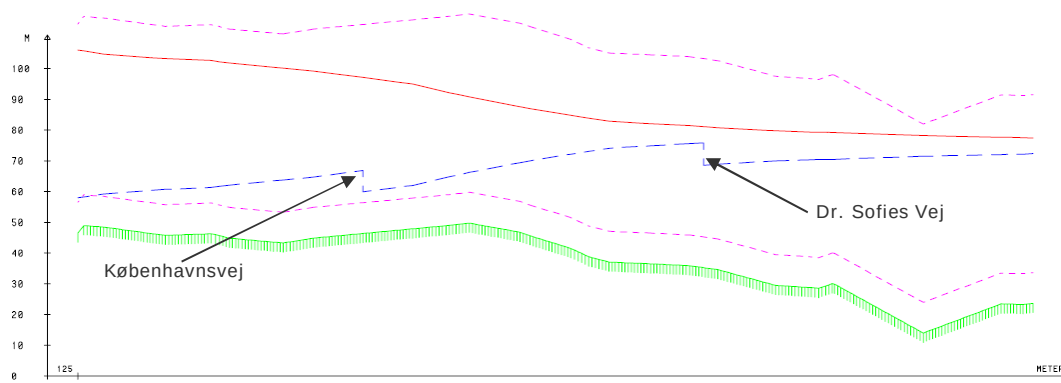


IN-LINKET STRENG
 TRINERET (m³/s)
 0.0 10.0
 0.0 10.0
 MALESTOK: 1:1000
 SYSTEM KØRNET
 SAG NR.
 ROSKILDE FJERNVARMENET
 ØK-nal., baserapporter
 24.04.11/11.05/05
 Ramboll Energy 15-FEB-2021 09.17.02

HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

ULTRALAVTEMPERATUR 50/35 ~24 MW (ΔT 15°C),

PUMPESTATIONER



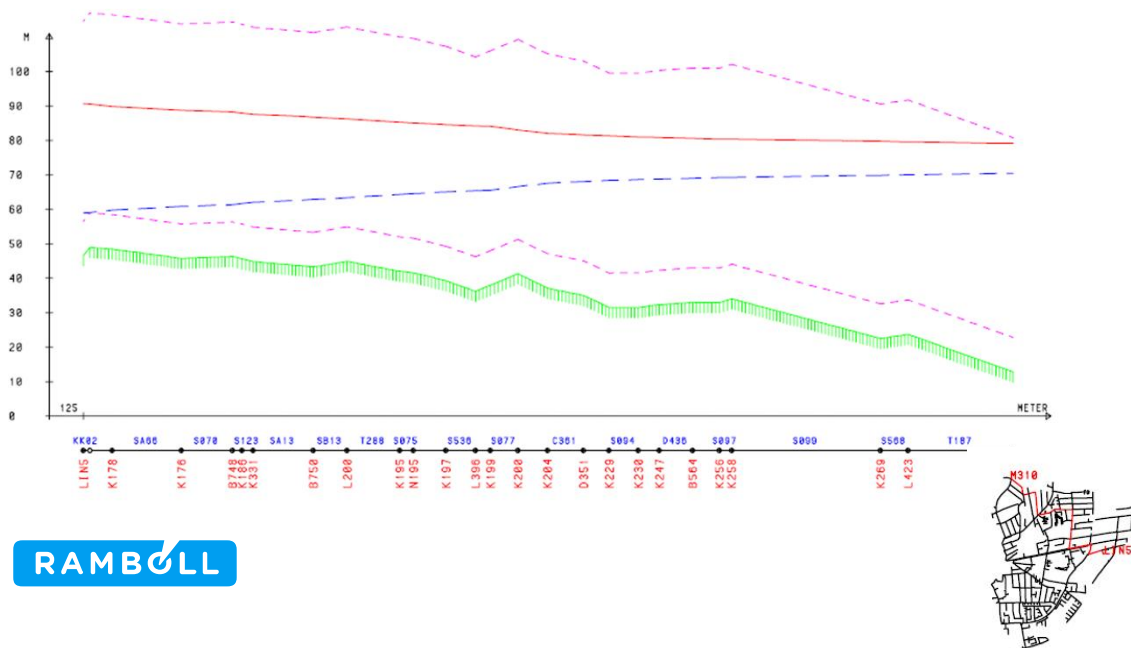
HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

ULTRALAVTEMPERATUR 50 / 35 ~ 28 MW (ΔT 15°C),

1 DIMENSION OP

Ved 28 MW (55%) overholdes trykgrænsen på 6,5 bar(g)

	Node	Flow	Effekt	Differenstryk	T supply	T return
Produktion		m3/h	MJ/s	mVS	gr.C	gr.C
Veksler ARGO	LIN5	1466.0	25.0	31.8	50.0	35.0
Central Øst	PCØ	182.7	3.1	29.6	50.0	35.0
I alt			28.1			

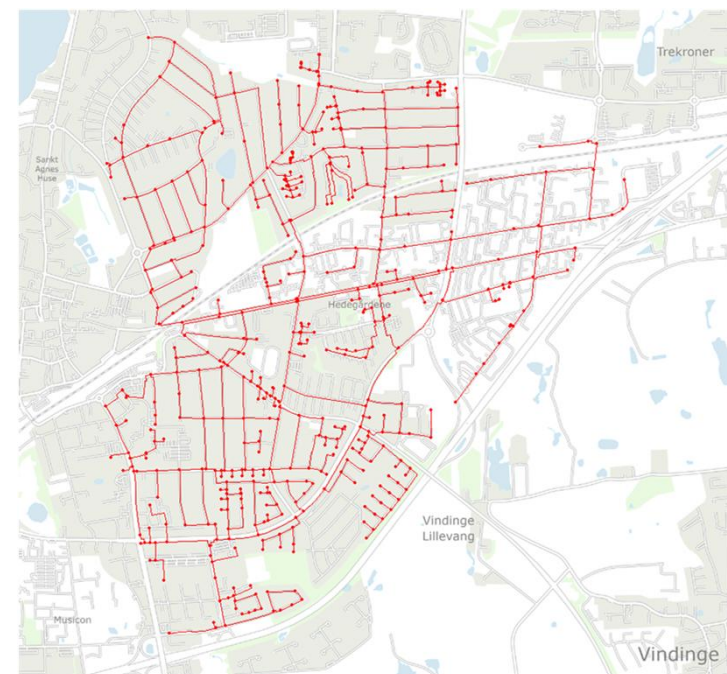
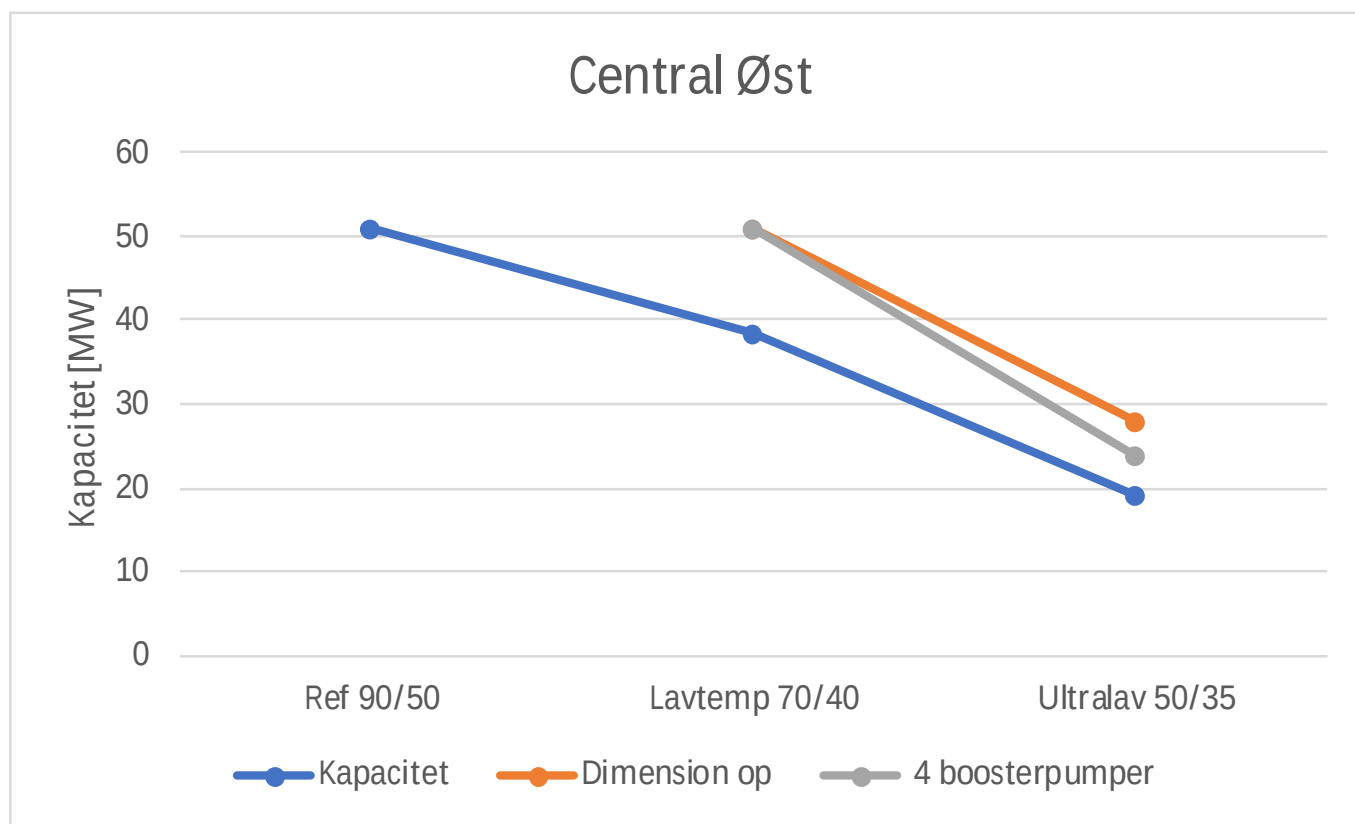


Maksimalt tryk	6.4 bar	Dr. Sofies Vej
Min. differenstryk	0.5 bar	Tulipanvej
Maks. Hastighed	2 m/s	Københavnsvej
Maks trykgrad.	22 mmVS/m	Tulipanvej



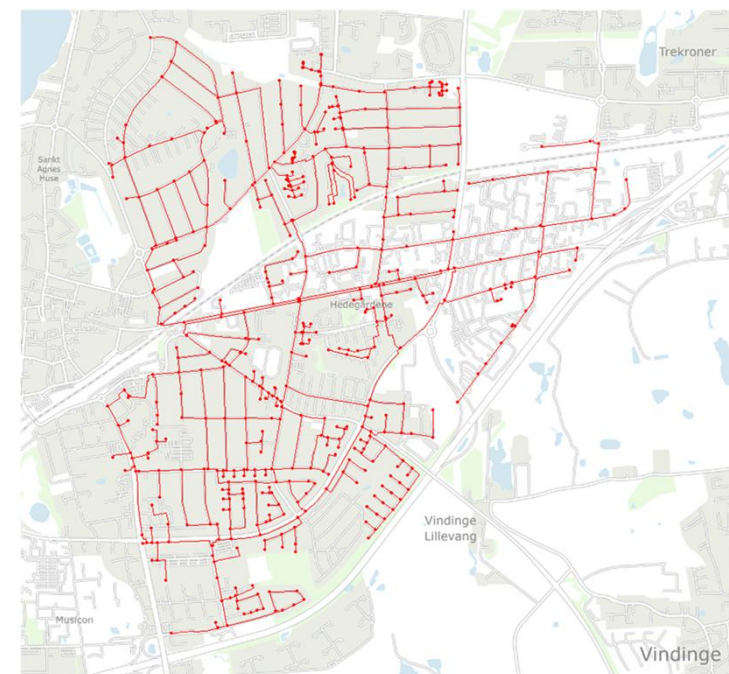
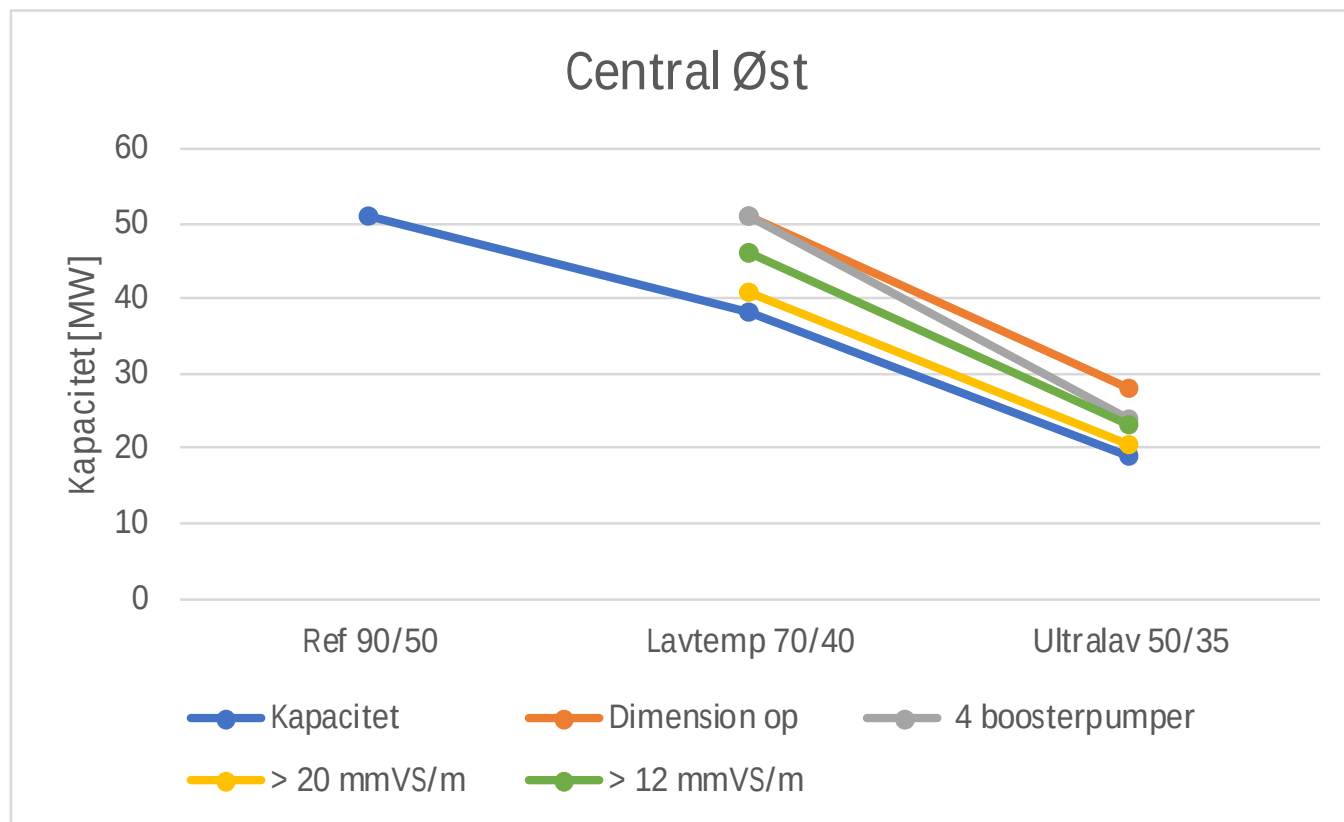
HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

OPSUMMERING KAPACITET



HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

OPSUMMERING KAPACITET



FFH50

HYDRAULISK MODELLERING

DISTRIBUTION; HOFOR, GØW

2021-01

HYDRAULISK MODELLERING DISTRIBUTION, GØW

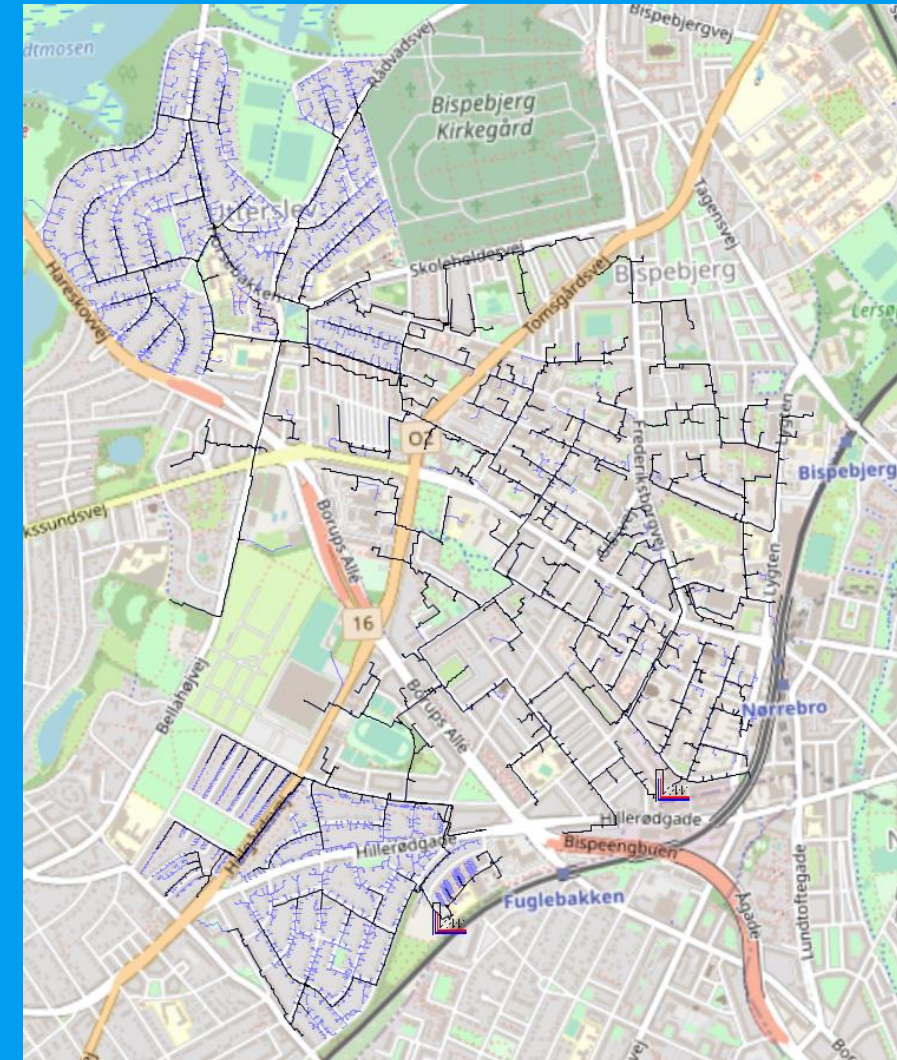
Basis model:

GOW_G2038_S201201_14D.7tm
kalibreret model modtaget fra HOFOR,
data fra 16-01-2021 kl: 04-12

Kl.: 09.00 ~ 63 MW (93/51 °C)

Scenarier: 63 MW (-4,6 °C)

Reference:	~63 MW (90/50 °C)	$\Delta T=40$ °C
Lav temperatur:	~63 MW (70/40 °C)	$\Delta T=30$ °C
Ultra lav temperatur:	~63 MW (50/35 °C)	$\Delta T=15$ °C



HYDRAULISK MODELLERING

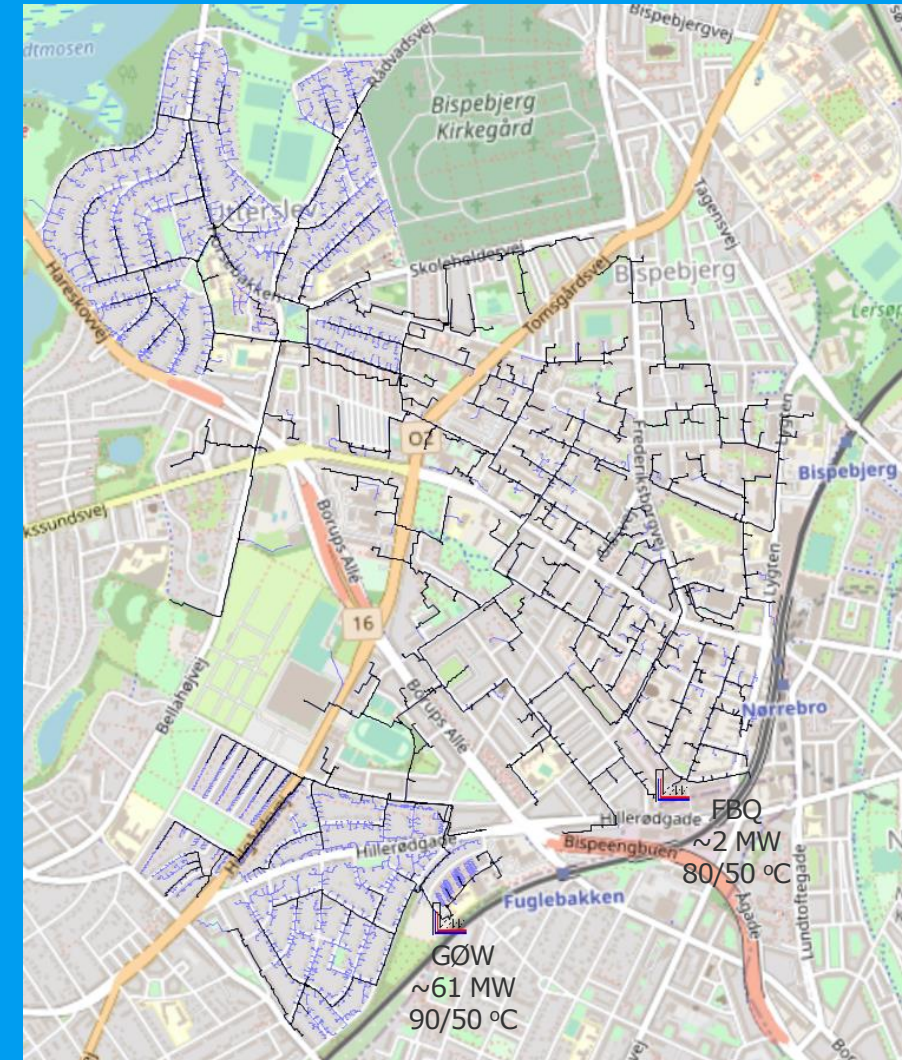
ANTAGELSER

Generelle forudsætninger;

- Basis model: GOW_G2038_S201201_14D.7tm
- Ledninger: diameter <40 mm, fjernet fra model
- Omgivelses temperatur: 8 °C
- Tryktabsfaktor: 1,21 (fra kalibreret model)
- Effekt, Centraler: ~ 63 MW (maks. 16-01-2021 kl.: 09.00)
-4,6 °C (målt udetemp.)
- Temperatursæt: 90/50 °C Reference
70/40 °C Lav temperatur
50/35 °C Ultra lav temperatur
- Trykgrænse: 10 bar(g)

REFERENCE ~ 63 MW

Reference: ~63 MW; 90/50 °C (ΔT 40 °C)

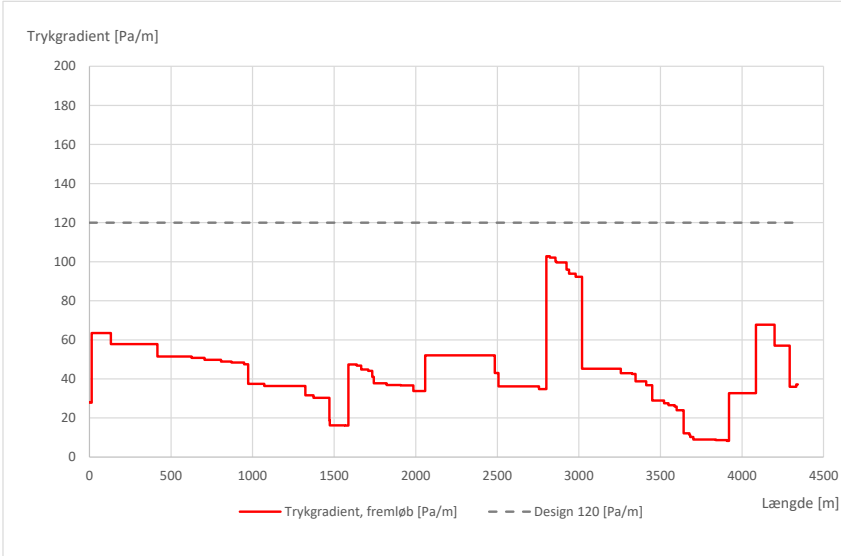
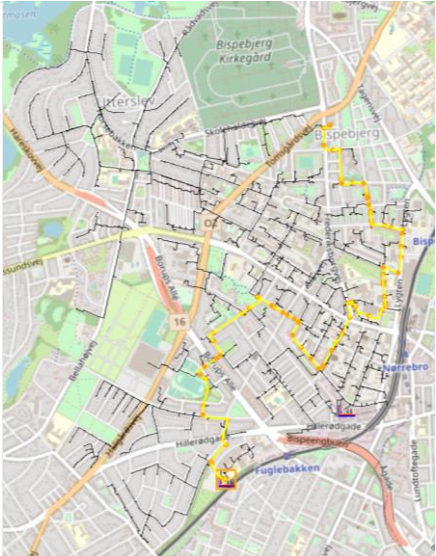
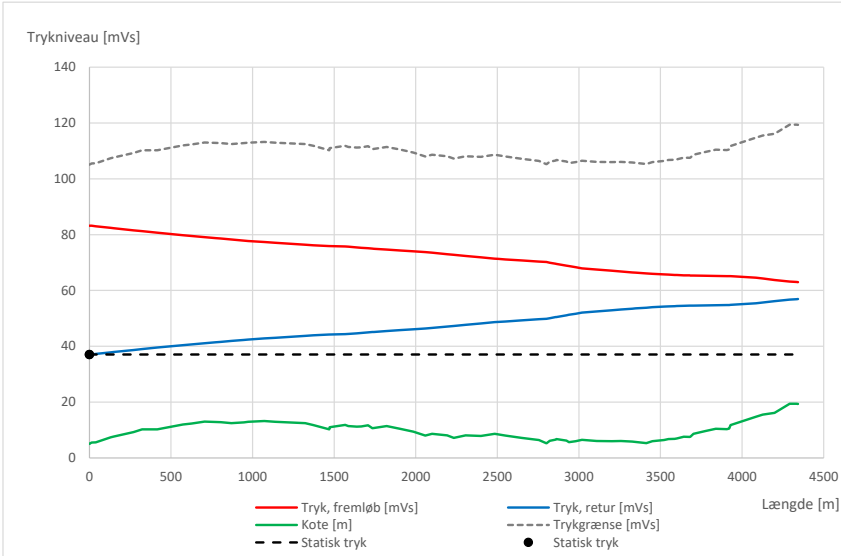


HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

REFERENCE 90/50 ~63 MW (ΔT 40°C)

Centraler		GØW	FBQ
Effekt	MW	61,3	2,0
Flow	m³/h	1.330	60
Temp. fremløb	°C	90,0	80,0
Temp. retur	°C	50,0	50,1
Tryk, fremløb	bar(g)	7,4	6,2
Tryk, retur	bar(g)	3,1	3,7
ΔP	bar	3,5	1,7

Distribution			
Maks. tryk	bar(g)	7,4	GØW
Min. tryk	bar(g)	1,5	UVC
Min. ΔP	bar	0,5	Postholdervej
Maks. hastighed	m/s	2,0	St508
Maks. trykgrad.	Pa/m	115	St114.3



HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

REFERENCE 90/50 ~63 MW (ΔT 40°C)

	Tracé længde [m]			
	Pa/m <120	120 < Pa/m < 200	Pa/m > 200	Sum
< DN50	356	-	-	356
DN50	8327	-	-	8327
DN65	5288	-	-	5288
DN80	6426	-	-	6426
DN100	5622	-	-	5622
DN125	5616	-	-	5616
DN150	3702	-	-	3702
DN200	3095	-	-	3095
DN250	2175	-	-	2175
DN300	1123	-	-	1123
DN350	1226	-	-	1226
DN400	339	-	-	339
DN500	1775	-	-	1775
DN600	14	-	-	14
	45084	-	-	45084

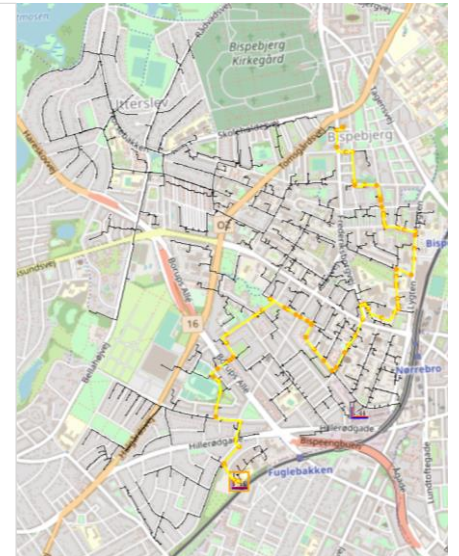
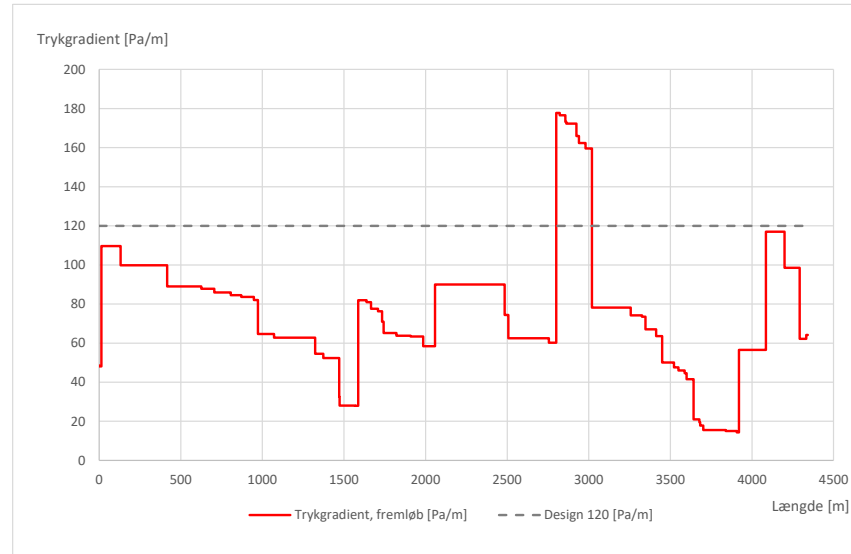
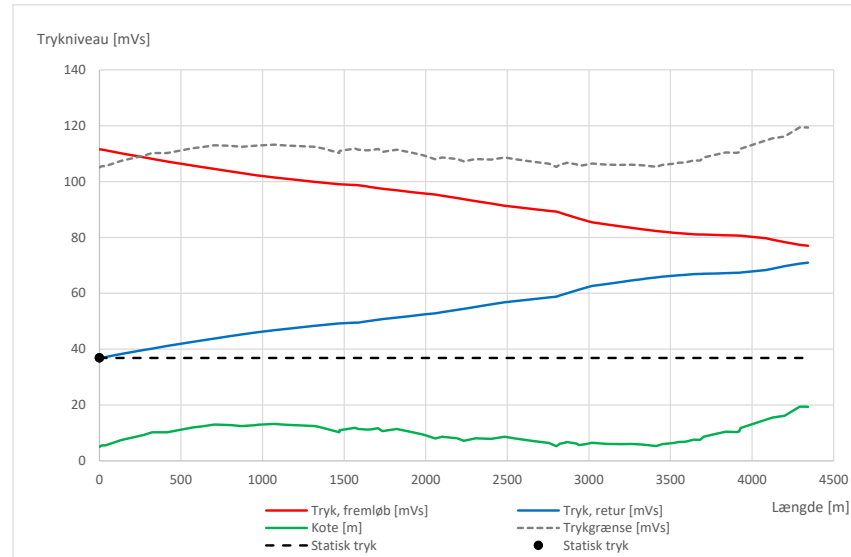
	Tracé længde [m]					
	m/s <1.5	1.5 < m/s < 2	2 < m/s < 2.5	2.5 < m/s < 3.5	m/s > 3.5	Sum
< DN50	356	-	-	-	-	356
DN50	8327	-	-	-	-	8327
DN65	5288	-	-	-	-	5288
DN80	6426	-	-	-	-	6426
DN100	5622	-	-	-	-	5622
DN125	5616	-	-	-	-	5616
DN150	3702	-	-	-	-	3702
DN200	3095	-	-	-	-	3095
DN250	2175	-	-	-	-	2175
DN300	1123	-	-	-	-	1123
DN350	1226	-	-	-	-	1226
DN400	339	-	-	-	-	339
DN500	816	959	-	-	-	1775
DN600	14	-	-	-	-	14
	44125	959	-	-	-	45084

HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

LAV TEMPERATUR 70/40 ~63 MW (ΔT 30°C)

Centraler		GØW	FBQ
Effekt	MW	60,8	2,0
Flow	m ³ /h	1.750	43
Temp. fremløb	°C	70,0	80,0
Temp. retur	°C	40,0	39,9
Tryk, fremløb	bar(g)	10,2	8,4
Tryk, retur	bar(g)	3,1	4,4
ΔP	bar	7,1	4,0

Distribution			
Maks. tryk	bar(g)	10,2	GØW
Min. tryk	bar(g)	2,1	Hvidkildevej
Min. ΔP	bar	0,5	Postholdervej
Maks. hastighed	m/s	2,6	St508
Maks. trykgrad.	Pa/m	200	St114.3



HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

LAV TEMPERATUR 70/40 ~63 MW (ΔT 30°C)

	Tracé længde [m]			
	Pa/m <120	120 < Pa/m < 200	Pa/m > 200	Sum
< DN50	356	-	-	356
DN50	8240	87	-	8327
DN65	5190	98	-	5288
DN80	6354	72	-	6426
DN100	5536	85	-	5622
DN125	5561	55	-	5616
DN150	3702	-	-	3702
DN200	2877	219	-	3095
DN250	2175	-	-	2175
DN300	1123	-	-	1123
DN350	1226	-	-	1226
DN400	339	-	-	339
DN500	1775	-	-	1775
DN600	14	-	-	14
	44468	616	-	45084

	Tracé længde [m]					
	m/s <1.5	1.5 < m/s < 2	2 < m/s < 2.5	2.5 < m/s < 3.5	m/s > 3.5	Sum
< DN50	356	-	-	-	-	356
DN50	8327	-	-	-	-	8327
DN65	5288	-	-	-	-	5288
DN80	6426	-	-	-	-	6426
DN100	5622	-	-	-	-	5622
DN125	5616	-	-	-	-	5616
DN150	3702	-	-	-	-	3702
DN200	2877	219	-	-	-	3095
DN250	1748	426	-	-	-	2175
DN300	797	326	-	-	-	1123
DN350	1226	-	-	-	-	1226
DN400	339	-	-	-	-	339
DN500	318	497	842	117	-	1775
DN600	-	14	-	-	-	14
	42642	1483	842	117	-	45084

HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

ULTRA LAV TEMPERATUR 50/35 ~63 MW (ΔT 15°C)

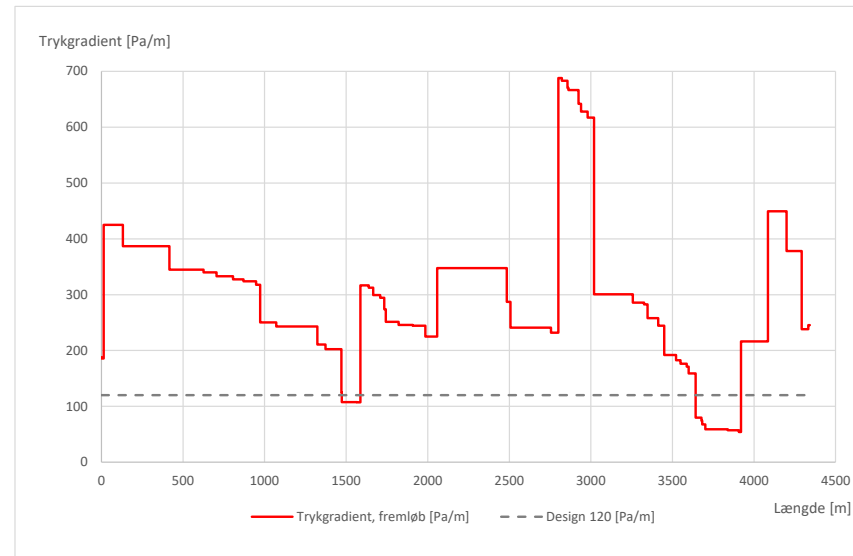
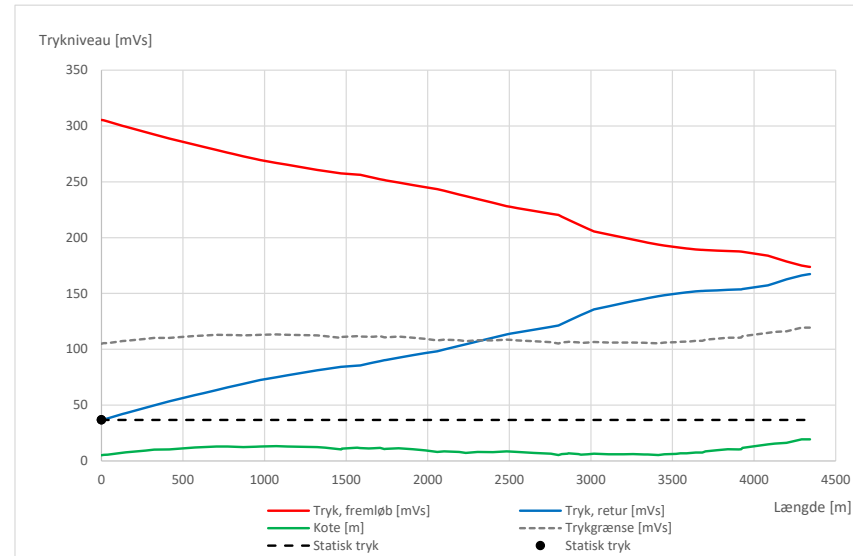
Centraler		GØW	FBQ
Effekt	MW	60,4	2,0
Flow	m³/h	3.470	38
Temp. fremløb	°C	50,0	80,0
Temp. retur	°C	35,0	34,9
Tryk, fremløb	bar(g)	29,2	22,8
Tryk, retur	bar(g)	3,1	8,8
ΔP	bar	26,1	14,0

Distribution			
Maks. tryk	bar(g)	29,2	GØW
Min. tryk	bar(g)	3,0	Rabarbervej
Min. ΔP	bar	0,5	Postholdervej
Maks. hastighed	m/s	5,0	St508
Maks. trykgrad.	Pa/m	765	St114.3

Ved 31,5 MW overholdes trykgrænsen på 10 bar(g)

RAMBOLL

NOTE: Akserne på graferne er ændret



HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

ULTRA LAV TEMPERATUR 50/35 ~63 MW (ΔT 15°C)

	Tracé længde [m]			
	Pa/m <120	120 < Pa/m < 200	Pa/m > 200	Sum
< DN50	346	-	10	356
DN50	5992	1916	419	8327
DN65	3817	985	486	5288
DN80	5252	676	498	6426
DN100	4905	309	409	5622
DN125	3971	676	968	5616
DN150	2357	313	1032	3702
DN200	1972	409	713	3095
DN250	1115	135	925	2175
DN300	482	-	641	1123
DN350	1010	51	164	1226
DN400	133	206	-	339
DN500	318	-	1457	1775
DN600	-	14	-	14
	31671	5691	7723	45084

	Tracé længde [m]					
	m/s <1.5	1.5 < m/s < 2	2 < m/s < 2.5	2.5 < m/s < 3.5	m/s > 3.5	Sum
< DN50	356	-	-	-	-	356
DN50	8251	76	-	-	-	8327
DN65	5190	98	-	-	-	5288
DN80	6354	72	-	-	-	6426
DN100	5392	111	34	85	-	5622
DN125	4647	520	393	55	-	5616
DN150	2493	744	465	-	-	3702
DN200	1972	409	430	64	219	3095
DN250	660	475	297	743	-	2175
DN300	482	-	-	641	-	1123
DN350	1010	-	-	215	-	1226
DN400	-	-	135	204	-	339
DN500	2	30	286	98	1359	1775
DN600	-	-	-	-	14	14
	36811	2536	2040	2106	1592	45084

HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

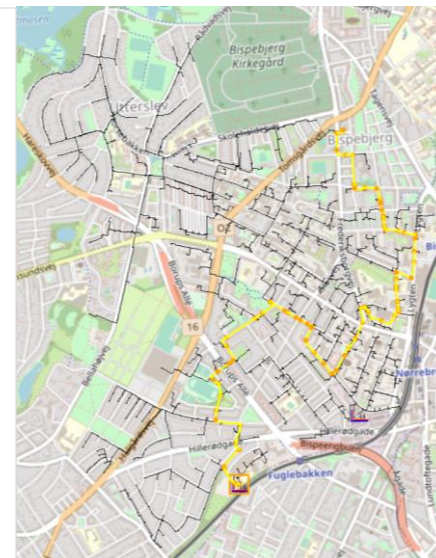
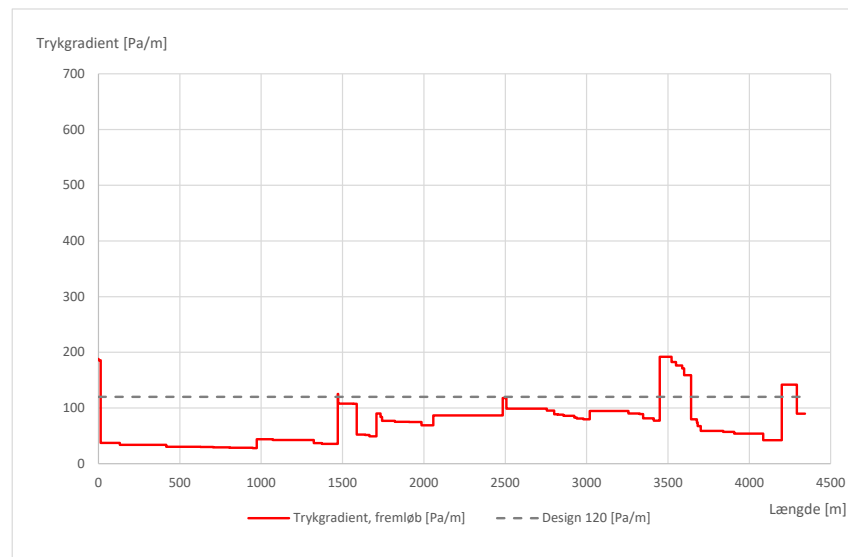
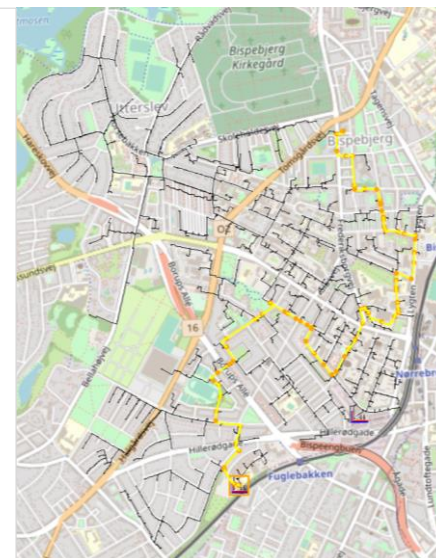
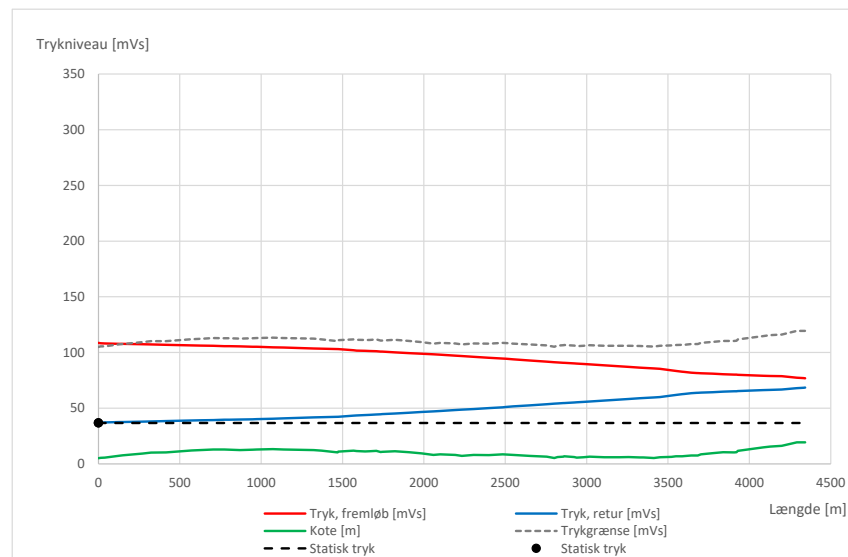
ULTRA LAV TEMPERATUR 50/35 ~63 MW (ΔT 15°C); MAKS. 200 PA/M

Ledninger med trykgradient højere end 200 Pa/m re-dimensioneret

Centraler		GØW	FBQ
Effekt	MW	60,4	2,0
Flow	m ³ /h	3.470	38
Temp. fremløb	°C	50,0	80,0
Temp. retur	°C	35,0	34,9
Tryk, fremløb	bar(g)	10,0	8,8
Tryk, retur	bar(g)	3,1	3,8
ΔP	bar	6,7	4,7

Distribution			
Maks. tryk	bar(g)	10,0	GØW
Min. tryk	bar(g)	2,2	Hvidkildevej
Min. ΔP	bar	0,5	Mosessvinget
Maks. hastighed	m/s	3,6	St610
Maks. trykgrad.	Pa/m	200*	St355.6

RAMBØLL



HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

ULTRA LAV TEMPERATUR 50/35 ~63 MW (ΔT 15°C); MAKS. 200 PA/M

	Tracé længde [m]			
	Pa/m <120	120 < Pa/m < 200	Pa/m > 200	Sum
< DN50	346	-	-	346
DN50	6002	1968	-	7970
DN65	4108	993	-	5100
DN80	5699	686	-	6385
DN100	5428	309	-	5737
DN125	4232	811	-	5043
DN150	2915	640	-	3555
DN200	3173	409	-	3582
DN250	1610	135	-	1745
DN300	1199	-	-	1199
DN350	1437	51	-	1488
DN400	595	206	-	801
DN500	662	-	-	662
DN600	-	14	-	14
DN700	497	-	-	497
DN800	959	-	-	959
	38862	6222	-	45084

	Tracé længde [m]					
	m/s <1.5	1.5 < m/s < 2	2 < m/s < 2.5	2.5 < m/s < 3.5	m/s > 3.5	Sum
< DN50	346	-	-	-	-	346
DN50	7970	-	-	-	-	7970
DN65	5100	-	-	-	-	5100
DN80	6385	-	-	-	-	6385
DN100	5737	-	-	-	-	5737
DN125	5043	-	-	-	-	5043
DN150	3378	177	-	-	-	3555
DN200	3173	409	-	-	-	3582
DN250	762	868	115	-	-	1745
DN300	482	717	-	-	-	1199
DN350	1010	426	-	51	-	1488
DN400	-	462	135	204	-	801
DN500	2	373	286	-	-	662
DN600	-	-	-	-	14	14
DN700	-	497	-	-	-	497
DN800	-	959	-	-	-	959
	39390	4890	536	255	14	45084

HYDRAULISK MODELLERING DISTRIBUTION, GØW

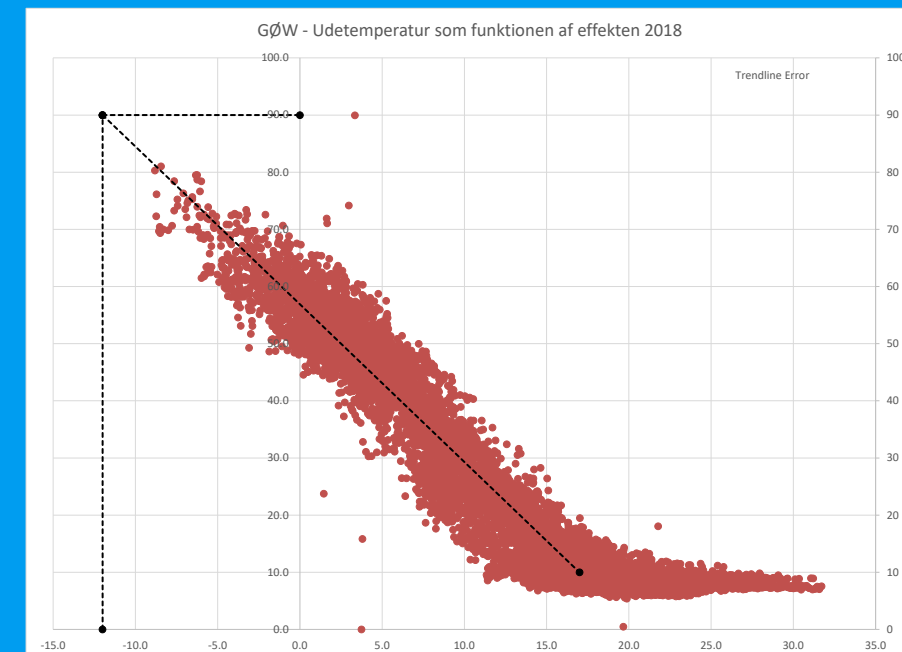
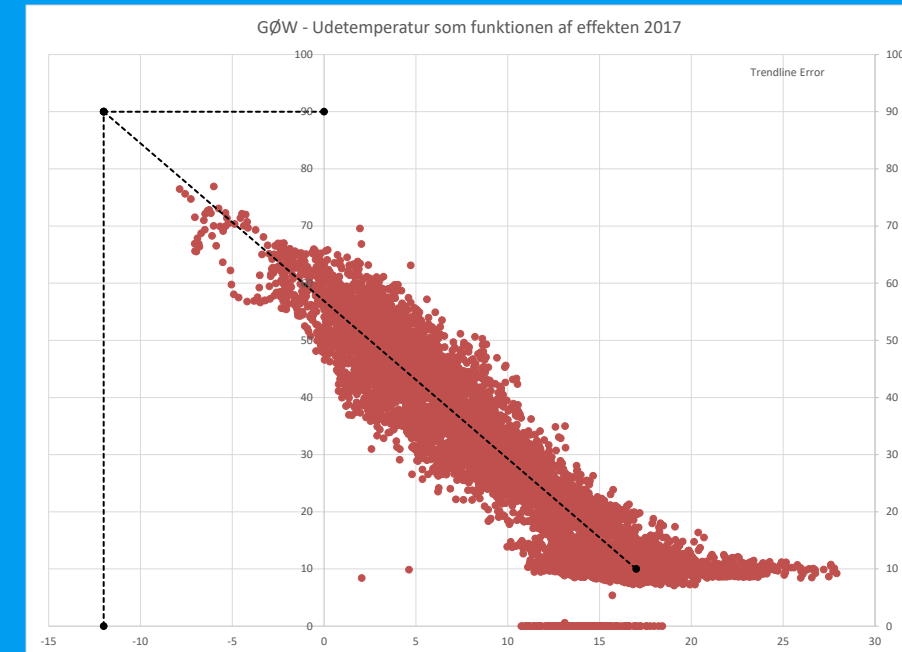
Basis model:

GOW_G2038_S201201_14D.7tm
kalibreret model modtaget fra HOFOR,
data fra 16-01-2021 kl: 04-12

Kl.: 09.00 ~ 63 MW (93/51 °C), udetemp. -4,6 °C

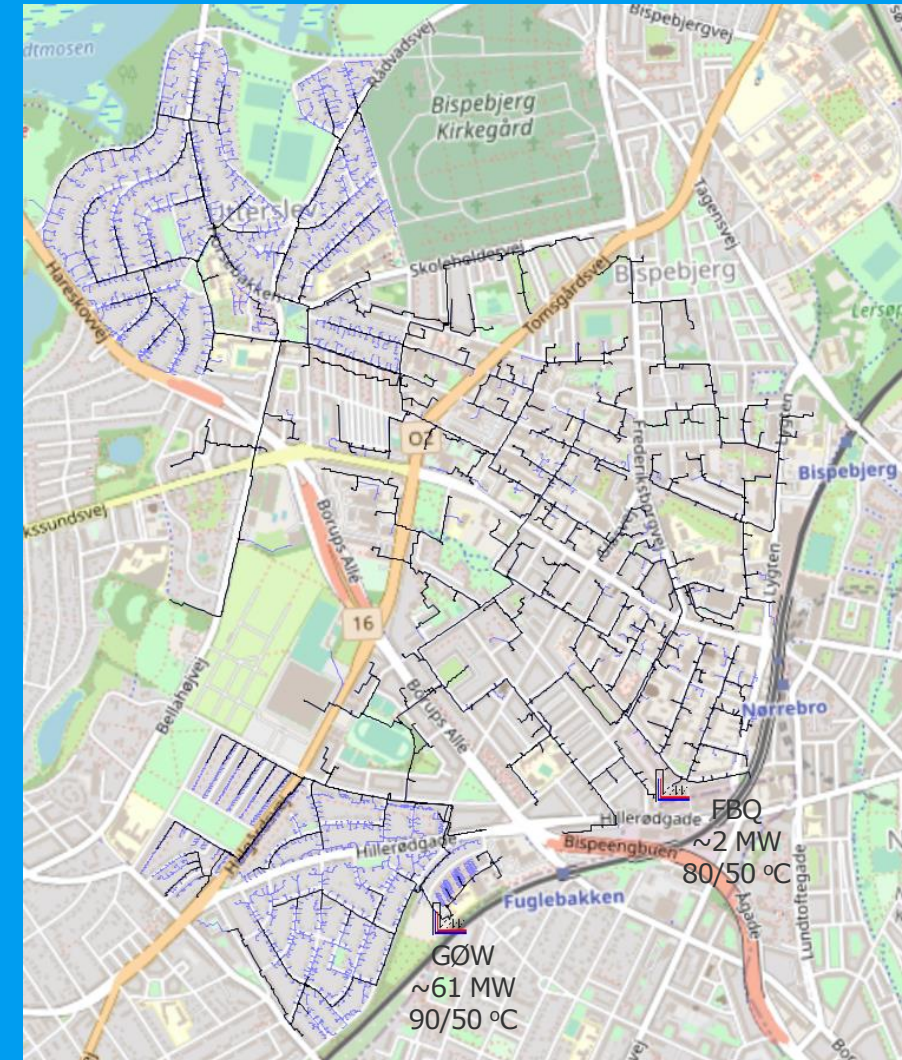
Scenarier: 90 MW (-12 °C)

Dimensionerende effekt:	~90 MW (90/50 °C)	$\Delta T=40$ °C
Lav temperatur:	~90 MW (70/40 °C)	$\Delta T=30$ °C
Ultra lav temperatur:	~90 MW (50/35 °C)	$\Delta T=15$ °C



DIMENSIONERENDE EFFEKT ~ 90 MW

Dimensionerende effekt: ~ 90 MW; 90/50 °C (ΔT 40 °C)



HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

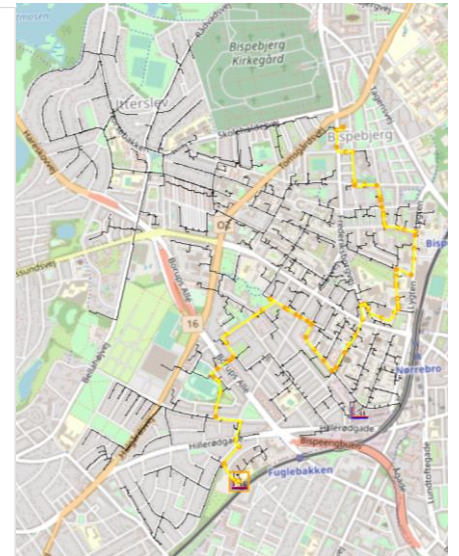
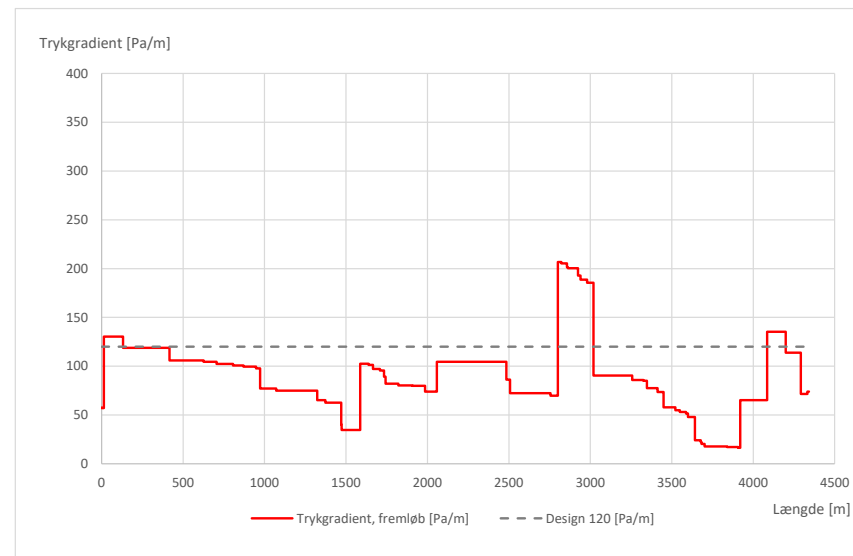
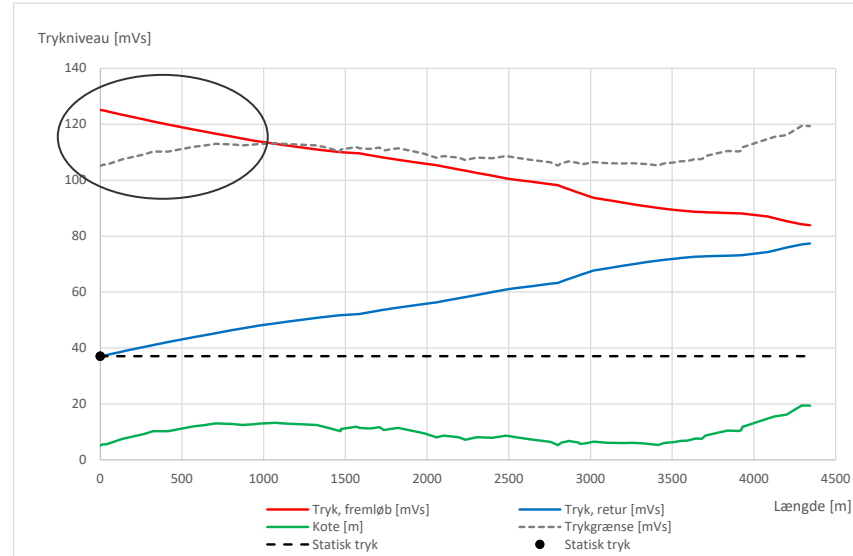
REFERENCE 90/50 ~90 MW (ΔT 40°C)

Centraler		GØW	FBQ
Effekt	MW	88,0	2,0
Flow	m³/h	1.915	58
Temp. fremløb	°C	90,0	80,0
Temp. retur	°C	50,0	50,1
Tryk, fremløb	bar(g)	11,4	9,2
Tryk, retur	bar(g)	3,1	4,7
ΔP	bar	8,3	4,5

Distribution			
Maks. tryk	bar(g)	11,4	GØW
Min. tryk	bar(g)	2,2	UVC
Min. ΔP	bar	0,5	Postholdervej
Maks. hastighed	m/s	2,8	St508
Maks. trykgrad.	Pa/m	230	St114.3

Ved 81,5 MW overholdes trykgrænsen på 10 bar(g)

RAMBOLL



HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

REFERENCE 90/50 ~90 MW (ΔT 40°C)

	Tracé længde [m]			
	Pa/m <120	120 < Pa/m < 200	Pa/m > 200	Sum
< DN50	356	-	-	356
DN50	8208	51	68	8327
DN65	5190	98	-	5288
DN80	6354	72	-	6426
DN100	5468	68	85	5622
DN125	5447	169	-	5616
DN150	3702	-	-	3702
DN200	2877	96	123	3095
DN250	2175	-	-	2175
DN300	1123	-	-	1123
DN350	1226	-	-	1226
DN400	339	-	-	339
DN500	1658	117	-	1775
DN600	14	-	-	14
	44136	671	277	45084

	Tracé længde [m]					
	m/s <1.5	1.5 < m/s < 2	2 < m/s < 2.5	2.5 < m/s < 3.5	m/s > 3.5	Sum
< DN50	356	-	-	-	-	356
DN50	8327	-	-	-	-	8327
DN65	5288	-	-	-	-	5288
DN80	6426	-	-	-	-	6426
DN100	5622	-	-	-	-	5622
DN125	5594	22	-	-	-	5616
DN150	3702	-	-	-	-	3702
DN200	2877	80	138	-	-	3095
DN250	1726	449	-	-	-	2175
DN300	482	641	-	-	-	1123
DN350	1010	215	-	-	-	1226
DN400	339	-	-	-	-	339
DN500	318	148	618	691	-	1775
DN600	-	-	14	-	-	14
	42068	1554	770	691	-	45084

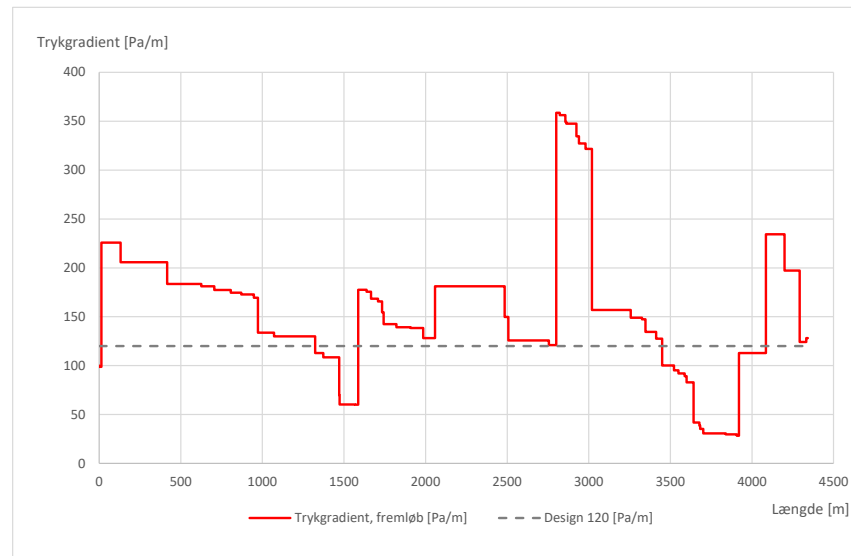
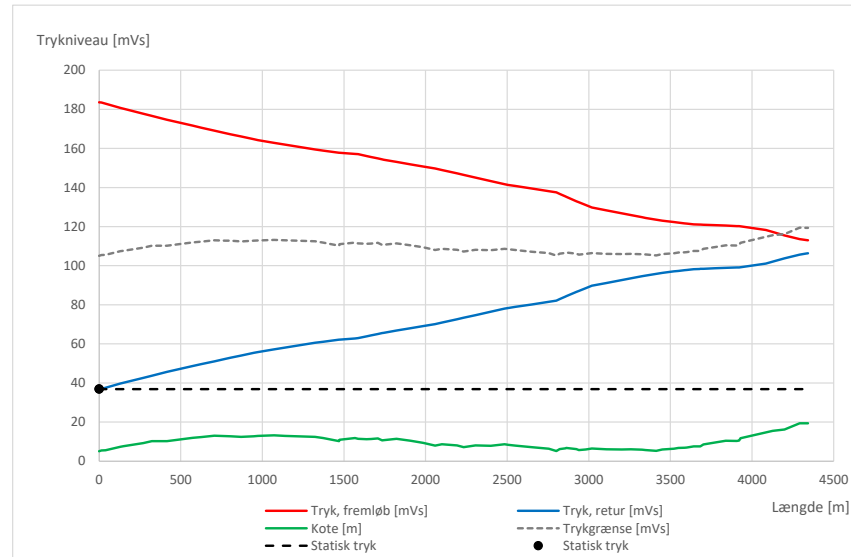
HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

LAV TEMPERATUR 70/40 ~90 MW (ΔT 30°C)

Centraler		GØW	FBQ
Effekt	MW	87,5	2,0
Flow	m ³ /h	2.520	43
Temp. fremløb	°C	70,0	80,0
Temp. retur	°C	40,0	40,0
Tryk, fremløb	bar(g)	17,1	13,6
Tryk, retur	bar(g)	3,1	6,1
ΔP	bar	14,0	7,5

Distribution			
Maks. tryk	bar(g)	17,2	GØW
Min. tryk	bar(g)	2,7	Hvidkildevej
Min. ΔP	bar	0,5	Postholdervej
Maks. hastighed	m/s	3,7	St508
Maks. trykgrad.	Pa/m	400	St114.3

Ved 62 MW overholdes trykgrænsen på 10 bar(g)



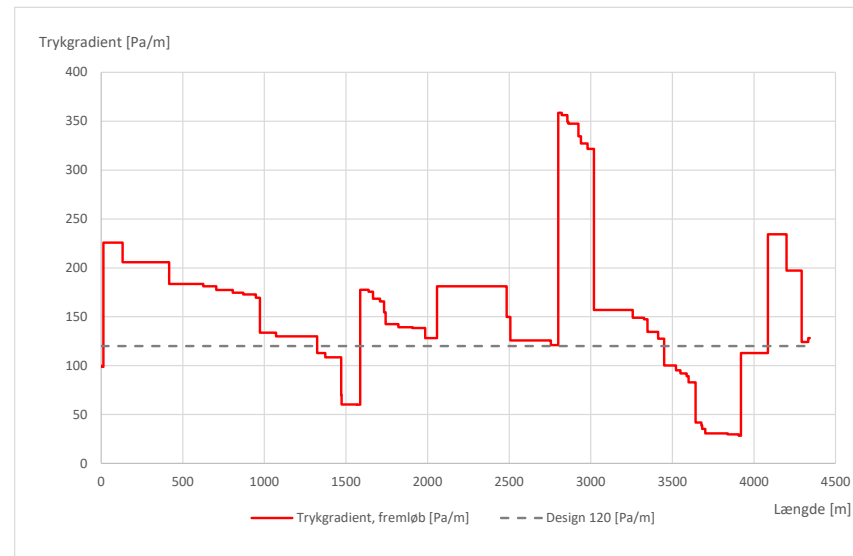
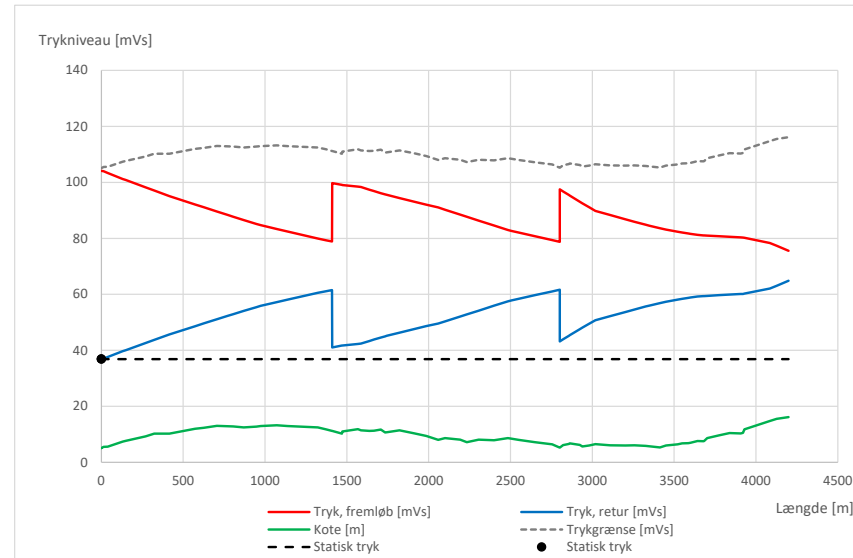
HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

LAV TEMPERATUR 70/40 ~90 MW (ΔT 30°C); PUMPESTATIONER

Centraler		GØW	FBQ
Effekt	MW	87,5	2,0
Flow	m ³ /h	2.520	43
Temp. fremløb	°C	70,0	80,0
Temp. retur	°C	40,0	40,0
Tryk, fremløb	bar(g)	9,5	8,0
Tryk, retur	bar(g)	3,1	4,1
ΔP	bar	6,4	3,9

Distribution			
Maks. tryk	bar(g)	9,5	GØW
Min. tryk	bar(g)	2,1	UVC
Min. ΔP	bar	0,5	Postholdervej
Maks. hastighed	m/s	3,7	St508
Maks. trykgrad.	Pa/m	400	St114.3

Ved 62 MW overholdes trykgrænsen på 10 bar(g)



HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

LAV TEMPERATUR 70/40 ~90 MW (ΔT 30°C)

	Tracé længde [m]			
	Pa/m <120	120 < Pa/m < 200	Pa/m > 200	Sum
< DN50	346	10	-	356
DN50	7991	231	105	8327
DN65	4843	348	98	5288
DN80	6174	179	72	6426
DN100	5392	77	153	5622
DN125	4914	533	169	5616
DN150	3046	656	-	3702
DN200	2382	495	219	3095
DN250	1432	743	-	2175
DN300	482	641	-	1123
DN350	1226	-	-	1226
DN400	339	-	-	339
DN500	466	907	402	1775
DN600	14	-	-	14
	39047	4819	1218	45084

	Tracé længde [m]					
	m/s <1.5	1.5 < m/s < 2	2 < m/s < 2.5	2.5 < m/s < 3.5	m/s > 3.5	Sum
< DN50	356	-	-	-	-	356
DN50	8327	-	-	-	-	8327
DN65	5288	-	-	-	-	5288
DN80	6426	-	-	-	-	6426
DN100	5536	85	-	-	-	5622
DN125	5354	262	-	-	-	5616
DN150	3325	376	-	-	-	3702
DN200	2382	495	-	219	-	3095
DN250	1135	591	449	-	-	2175
DN300	482	-	641	-	-	1123
DN350	1010	51	164	-	-	1226
DN400	-	339	-	-	-	339
DN500	311	7	-	1054	402	1775
DN600	-	-	-	14	-	14
	39934	2206	1254	1287	402	45084

HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

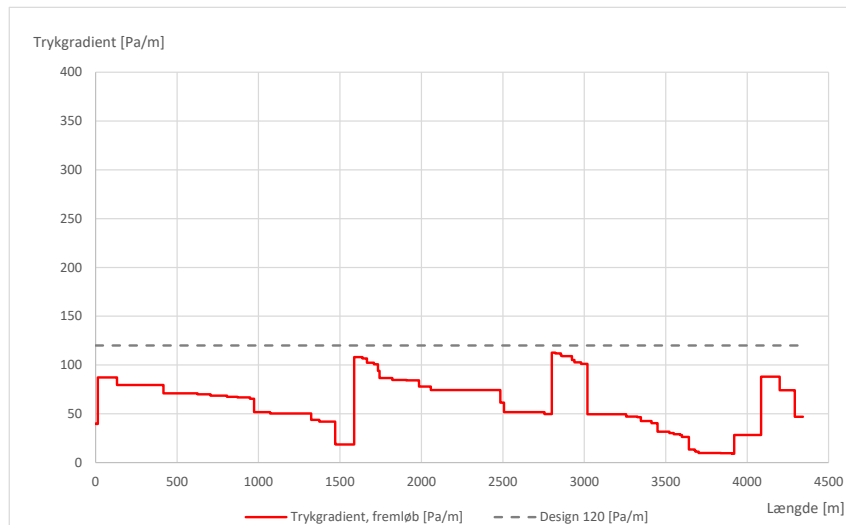
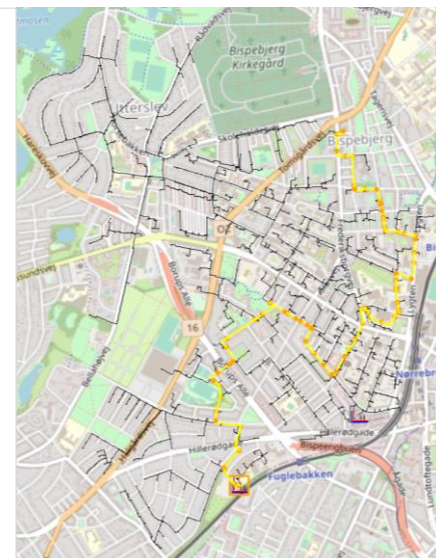
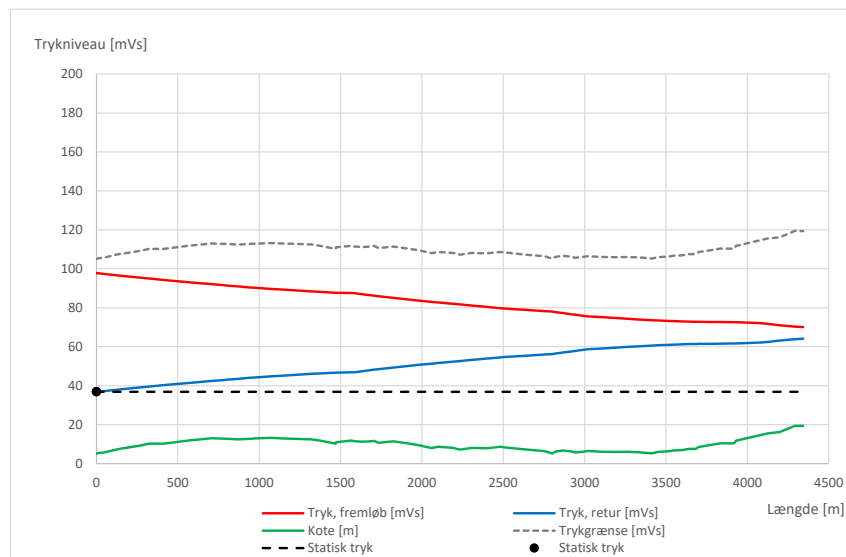
LAV TEMPERATUR 70/40 ~90 MW (ΔT 30°C); 1 DIMENSION OP

Samtlige ledninger er én dimension op

Centraler		GØW	FBQ
Effekt	MW	87,5	2,0
Flow	m ³ /h	2.520	43
Temp. fremløb	°C	70,0	80,0
Temp. retur	°C	40,0	40,0
Tryk, fremløb	bar(g)	8,9	7,2
Tryk, retur	bar(g)	3,1	4,2
ΔP	bar	5,8	3,0

Distribution			
Maks. tryk	bar(g)	8,9	GØW
Min. tryk	bar(g)	1,9	Hvidkildevej
Min. ΔP	bar	0,5	Mosessvinget
Maks. hastighed	m/s	2,5	DN600
Maks. trykgrad.	Pa/m	135	DN125

RAMBOLL



HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

LAV TEMPERATUR 70/40 ~90 MW (ΔT 30°C); 1 DIMENSION OP

	Tracé længde [m]			
	Pa/m <120	120 < Pa/m < 200	Pa/m > 200	Sum
< DN50	-	-	-	-
DN50	356	-	-	356
DN65	8298	-	-	8298
DN80	5317	-	-	5317
DN100	6426	-	-	6426
DN125	5536	85	-	5622
DN150	5594	22	-	5616
DN200	3702	-	-	3702
DN250	3095	-	-	3095
DN300	2175	-	-	2175
DN350	1123	-	-	1123
DN400	1226	-	-	1226
DN500	339	-	-	339
DN600	1775	-	-	1775
DN700	14	-	-	14
	44977	107	-	45084

	Tracé længde [m]					
	m/s <1.5	1.5 < m/s < 2	2 < m/s < 2.5	2.5 < m/s < 3.5	m/s > 3.5	Sum
< DN50	-	-	-	-	-	-
DN50	356	-	-	-	-	356
DN65	8298	-	-	-	-	8298
DN80	5317	-	-	-	-	5317
DN100	6426	-	-	-	-	6426
DN125	5622	-	-	-	-	5622
DN150	5616	-	-	-	-	5616
DN200	3702	-	-	-	-	3702
DN250	2877	219	-	-	-	3095
DN300	1748	426	-	-	-	2175
DN350	482	562	80	-	-	1123
DN400	1010	215	-	-	-	1226
DN500	339	-	-	-	-	339
DN600	-	-	-	-	-	0
DN700	318	512	842	117	-	1789
	42112	1933	922	117	-	45084

HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

ULTRA LAV TEMPERATUR 50/35 ~90 MW (ΔT 15°C)

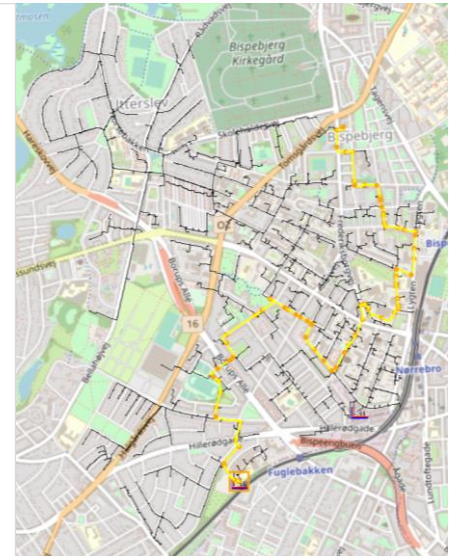
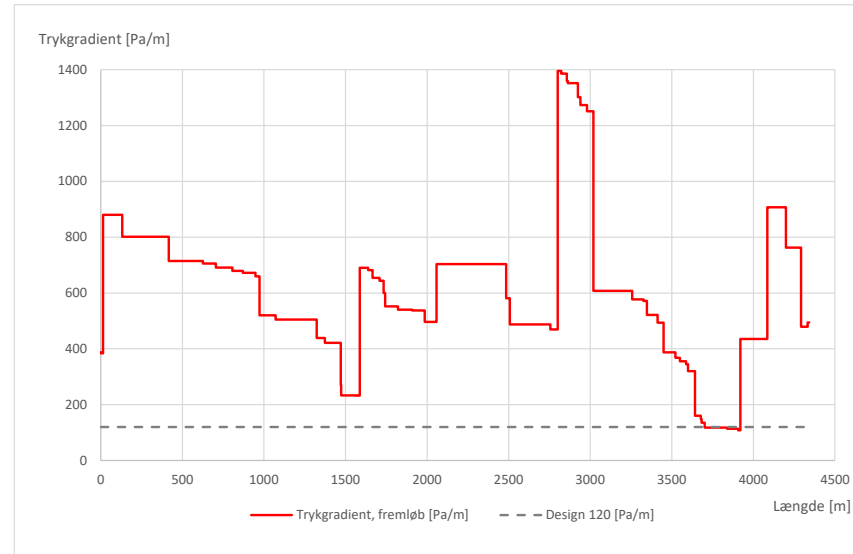
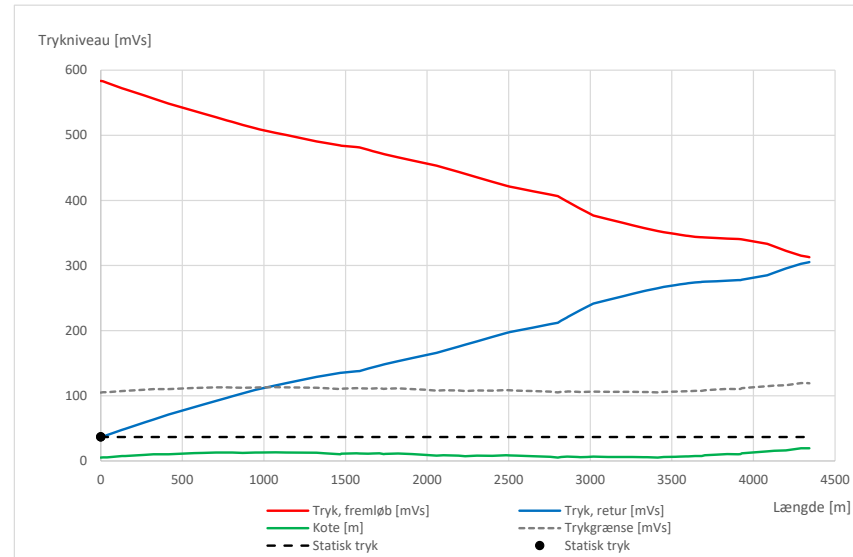
Centraler		GØW	FBQ
Effekt	MW	87,1	2,0
Flow	m ³ /h	5.015	38
Temp. fremløb	°C	50,0	80,0
Temp. retur	°C	35,0	35,0
Tryk, fremløb	bar(g)	56,2	43,2
Tryk, retur	bar(g)	3,1	15,5
ΔP	bar	53,1	27,8

Distribution			
Maks. tryk	bar(g)	56,2	GØW
Min. tryk	bar(g)	3,0	Rabarbervej
Min. ΔP	bar	0,5	Postholdervej
Maks. hastighed	m/s	7,0	St508
Maks. trykgrad.	Pa/m	1.540	St114.3

Ved 31,5 MW overholdes trykgrænsen på 10 bar(g)



NOTE: Akserne på graferne er ændret



HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

ULTRA LAV TEMPERATUR 50/35 ~90 MW (ΔT 15°C)

	Tracé længde [m]			
	Pa/m <120	120 < Pa/m < 200	Pa/m > 200	Sum
< DN50	278	36	42	356
DN50	3006	2447	2874	8327
DN65	1895	1431	1963	5288
DN80	3339	1342	1745	6426
DN100	3125	1166	1331	5622
DN125	2326	1194	2095	5616
DN150	1686	597	1419	3702
DN200	1197	700	1198	3095
DN250	453	455	1267	2175
DN300	482	-	641	1123
DN350	1010	-	215	1226
DN400	-	-	339	339
DN500	4	314	1457	1775
DN600	-	-	14	14
	18802	9681	16601	45084

	Tracé længde [m]					
	m/s <1.5	1.5 < m/s < 2	2 < m/s < 2.5	2.5 < m/s < 3.5	m/s > 3.5	Sum
< DN50	356	-	-	-	-	356
DN50	8169	76	13	68	-	8327
DN65	4679	512	0	98	-	5288
DN80	5670	566	235	72	-	6544
DN100	5000	392	10	135	85	5622
DN125	3607	1040	317	596	55	5616
DN150	2184	274	423	821	-	3702
DN200	993	905	292	385	521	3095
DN250	343	110	662	317	743	2175
DN300	482	-	-	-	641	1123
DN350	1010	-	-	-	215	1226
DN400	-	-	-	135	204	339
DN500	2	-	2	314	1457	1775
DN600	-	-	-	-	14	14
	32496	3875	1954	2941	3935	45201

HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

ULTRA LAV TEMPERATUR 50/35 ~90 MW (ΔT 15°C); 1 DIMENSION OP

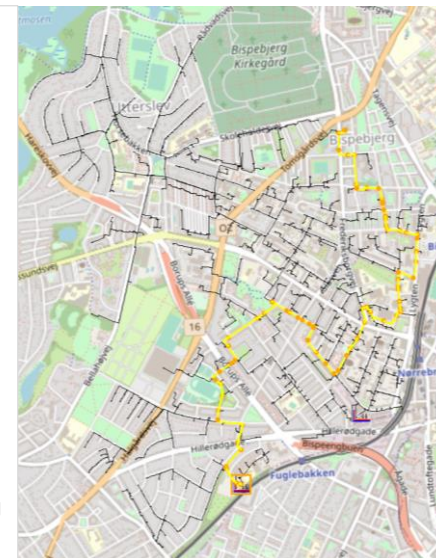
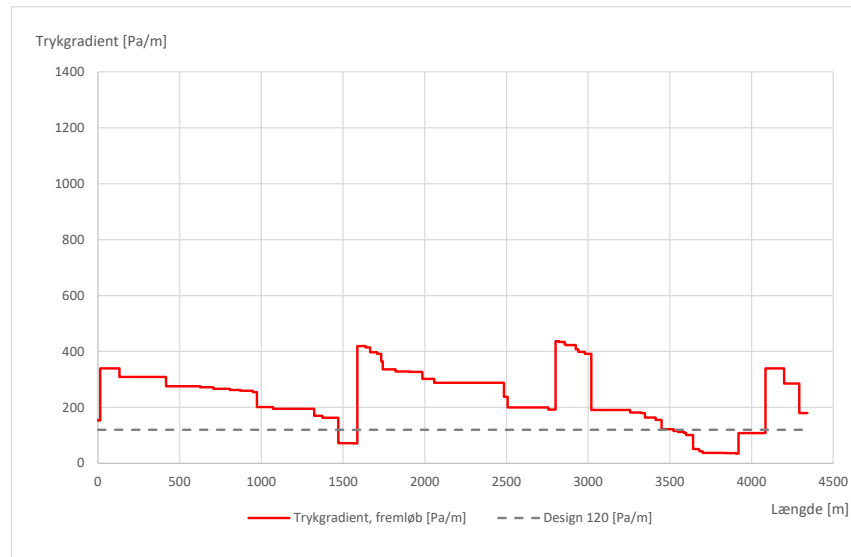
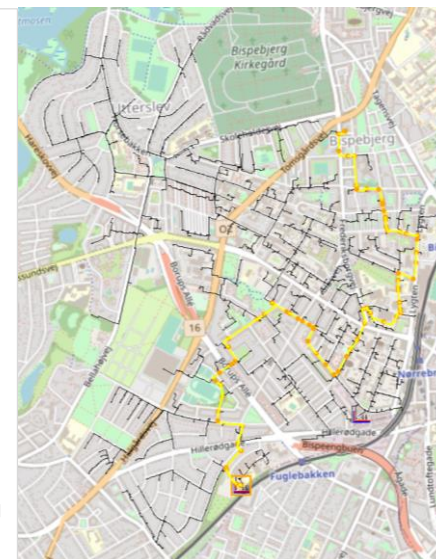
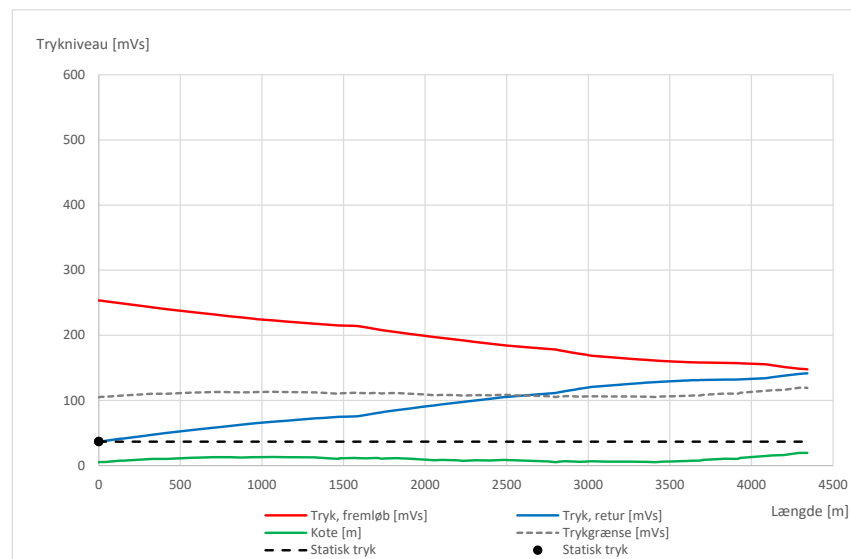
Centraler		GØW	FBQ
Effekt	MW	87,1	2,0
Flow	m ³ /h	5.015	38
Temp. fremløb	°C	50,0	80,0
Temp. retur	°C	35,0	35,0
Tryk, fremløb	bar(g)	24,1	18,3
Tryk, retur	bar(g)	3,1	8,3
ΔP	bar	21,0	10,1

Distribution			
Maks. tryk	bar(g)	24,1	GØW
Min. tryk	bar(g)	3,0	Rabarbervej
Min. ΔP	bar	0,5	Postholdervej
Maks. hastighed	m/s	5,0	St508
Maks. trykgrad.	Pa/m	515	St114.3

Ved 50 MW overholdes trykgrænsen på 10 bar(g)

RAMBOLL

NOTE: Akserne på graferne er ændret



HYDRAULISK BEREGNINGSMODEL

ULTRA LAV TEMPERATUR 50/35 ~90 MW (ΔT 15°C); 1 DIMENSION OP

	Tracé længde [m]			
	Pa/m <120	120 < Pa/m < 200	Pa/m > 200	Sum
< DN50	-	-	-	-
DN50	346	10	-	356
DN65	8167	55	76	8298
DN80	4672	547	98	5317
DN100	6076	278	72	6426
DN125	5213	179	230	5622
DN150	4438	526	651	5616
DN200	3065	637	-	3702
DN250	2310	567	219	3095
DN300	1135	591	449	2175
DN350	482	-	641	1123
DN400	1010	-	215	1226
DN500	339	-	-	339
DN600	318	399	1058	1775
DN700	-	14	-	14
	37573	3802	3709	45084

	Tracé længde [m]					
	m/s <1.5	1.5 < m/s < 2	2 < m/s < 2.5	2.5 < m/s < 3.5	m/s > 3.5	Sum
< DN50	-	-	-	-	-	0
DN50	356	-	-	-	-	356
DN65	8298	-	-	-	-	8298
DN80	5219	98	-	-	-	5317
DN100	6354	72	-	-	-	6426
DN125	5392	145	85	-	-	5622
DN150	4673	587	333	22	-	5616
DN200	3046	656	-	-	-	3702
DN250	2088	294	495	219	-	3095
DN300	660	475	297	743	-	2175
DN350	482	-	-	73	569	1123
DN400	1010	-	-	215	-	1226
DN500	-	19	320	-	-	339
DN600	2	193	123	98	1359	1775
DN700	-	-	-	-	14	14
	37582	2538	1654	1369	1942	45084

BILAG – DELOPGAVE 3

Bilag 3-1 Ældre enfamiliehus

Adresse: S. Willumsens Vej 7, 2800 Kgs. Lyngby

Opført: 1966

Areal: 124 m² i et plan



Renovering: i h.t. BR10 dvs. krav til renoverede/udskiftede bygningsdele - omfattende:

- Vinduer og døre – nye 3-lags energiruder døre i 2017 med varm kant i træ-alu. Der er ventilationsriste i de nye vinduer. Tidligere 1 lag glas vinduer med forsatsrude
- Facader – hulmur er isoleret med 100 mm
- Tag – isolering 200 mm mineraluld
- Terrændæk med 100 mm letklinker hhv. krybekælder (33%) med 100 mm isol
- Varmeanlæg - 1-strengssystem med gamle radiatorer med termostatventiler. I stuen er fjernet 1 radiator foran vinduesparti
- Gulvvarme i bad, mens gæstetoilet har el-gulvvarme, der dog ikke bruges (er for dyrt)
- Fordelingsrør, centralvarme $\varnothing 15$ med 15 mm isolering i gulve hhv. krybekælder. Brugsvandsrør ligger på loftet med 20-30 mm isolering (skøn)
- Brændeovn – nyere model – har ikke været brugt siden etablering af fjernvarme
- Ventilation – emhætte i køkken og udsugning fra bad – ventilatorer er udskiftet

Varmeanlægget er placeret i bryggers. Der er anvendt en Gemina Termix unit med ca. 100 l beholder styret af termostatventil – der er cirkulation med en adaptiv pumpe (tilpasser sig forbrugsmønsteret) Centralvarmen er automatisk vejrkompenseret.

Ved besøg 2021.02.02 - ved udetemp. -1°C , sol, vind ca. 3 m/s - blev fjernvarmemåler aflæst til: 5,45 MWh/182 m³/2552 h/80-47 $^{\circ}\text{C}$ / 5 l pr.h/0,15 kW

Centralvarmen VF-VR var ca. 60-50 $^{\circ}\text{C}$ (vurdering – der var ikke termometre)

EMO er udført i 2012 - Energiklasse D - beregnet varmekonsum 1900 l olie

Bilag 3-2 Ældre beboelsesejendom renoveret i h.t. BR10

Domea boligafdeling Gadekærvej - 300 m N for Valby station

Adresse: Gadekærvej 12A-E (afsnit 1) + 14-32 (afsnit 2), 2500 Valby

Opført: 1979-81 - renoveret 2013-16

Antal boliger: 207 fordelt på 4-5 etager i en boligblok

Areal: 18.000 m² +381 m² (indeliggende altaner ændret til bolig)



Renovering: i h.t. BR10 dvs. krav til renoverede/udskiftede bygningsdele - omfattende:

- Arkitektur – nye udeliggende altaner, karnapper, drømmegavl
- Vinduer med termoruder – udskiftet til nye Velfac hhv. Krone vinduer og hæve-sænke-altandøre med 2-lags energiruder med varm kant i træ-alu. Der er ventilationsriste i de nye vinduer.
- Facader – ca. 60% er udskiftet og isoleret med i alt 195 mm mineraluld (ved indeliggende altaner og afsnit 2 gadeside), efterisolering 225 mm (gavle), 100 mm PIR (radiatorbrystninger) i afsnit 1
- Tage med isolering 180 mm - der er tilføjet ca. 150 mm kileskåret isolering
- Ventilation – alm. udsugning fra køkken og bad – ventilatorer er udskiftet
- Nye radiatorer overalt med radiatortermostater
- Varmeanlæg er 2-strengssystem – var 1-strengssystem i afsnit 1. – uisolerede fordelingsrør af kobber med tynd plastkappe i gulve
- Brugsvands rør incl. stigstreng er udskiftet i 2017. Der er 3 stigstreng til 3 lejligheder pr opgang (afsnit 1) hhv. 2 stigstreng pr opgang (afsnit 2)
- Varmecentral er delt i 2 til forsyning af afsnit 1 hhv. 2
- Hvert afsnit forsynes fra en centralvarmeveksler – pladeveksler – med automatisk vejrkompensering
- Afsnit 1 havde en ældre efterkølerbeholder + en brugsvandsveksler med FJVR 40°C ved besøget. Der udskiftes til ny VVB – som afsnit 2 - ult. feb.



Ny effektiv VVB til afsnit 2

- Afsnit 2 har en ny 2500 l VVB m. 6 høje spiraler fra KN. FJVR var 18°C ved besøget
- BV temperatur holdes på ca. 57°C aht. Legionella. CirCon ventiler styrer BC på ca. 54°C

Ved besøg 2021.02.16 - ved udetemp. +1°C, overskyet, vind ca. 4 m/s - blev fjernvarmemåler aflæst til: 11.643 MWh/295.669 m³/ 82-38°C/ 6,3 m³ pr.h/ 320 kW

Centralvarmen var ca. 48-42°C (afsnit 1) hhv. 49-42°C (afsnit 2)

Andet:

Det har ikke været muligt at få en EMO rapport fra Domea

Bebyggelsen er med i forsøg med forbrugsafregning baseret på indeklima

Bebyggelsen deltager i forsøg med Forsyn-o-meter

Varmebesparelse ved renovering ligger på ca. 14%

		Årsforbrug varme MWh					
		Budget	Korr.budg	Forbrug	Norm.år.	GUF	
2010		1965	2180	2015	1821		486
2011		1821	1704	1774	1898		486
Renovering 2013-16					1859	norm.år snit	
2018		1688	1535	1453	1595		360
2019		1598	1417	1432	1616		360
2020		1621	1395	1368	1588		360
					1600	norm.år snit	
Besparelse					260	svarende til %	14

Bilag 3-3 Ældre boligejendom – under renovering

FSB boligafdeling Lundevænget - N for Ryparken station

Adresse: Lyngbyvej 144-160/Ryparken 1-17 (Trekanten m. 17 opgange) + Ryparken 98-216 (Ryparken m. 59 opgange), 2100 Kbh. Ø

Opført: 1938-40 - renoveres 2018-21

Antal boliger: 470 stk. fordelt på 3-4 etager i 14 boligblokke

Areal: 27.580 m²



Renovering: i h.t. BR10 dvs. krav til renoverede/udskiftede bygningsdele - omfattende:

- Vinduer med termoruder – udskiftet til nye med 2-lags energiruder
- Facader – gavle efterisoleret + ny teglydermur
- Nyt tag på 7 af 15 blokke - nogle tagrum inddrages
- Varmeanlæg ændres til 2-strengssystem (var 1-strengssystem) med facade stigstreng og nye radiatorer - 70-40°C pga rørsystem i terræn.
- Brugsvands rør incl. stigstreng er udskiftet i 2019. Der er 2 sæt isolerede stigstreng pr opgang
- Naturligt aftræk – erstattes af balanceret ventilation med modstrømsvekslere (Exhausto) pr opgang med varmekilder på radiatorsystem
- Varmeforsyning oprindeligt med kulfyrede kedler fra 1930'erne i 2 varmecentraler (Ryparken og Trekanten).



Nye seriekoblede VVB – FVR 10°C

- BV opdelt på blok 22 med 2*4000 l Reci 4*18R i serie fra 2018 til 11 blokke - og blok A - Trekanten med 2*1500 l til 3 blokke.
- Der er BWT klorelektrolyse (legionella forebyggelse) på det varme brugsvand pga. af anlæggets store udstrækning. Det er dog ikke udnyttet til at reducere BV temperatur.
- Styring med CTS fra fa. OJ med Honeywell komponenter
- Normalårsforbrug 2011 i flg. EMO 4.414 MWh svarende til 159 kWh/m² – Energimærke E

Ved besøg 2021.02.19 i Ryparken 212 - ved udetemp. +2°C, delvis skyet, vind ca. 3 m/s - blev fjernvarmemåler aflæst til:

22071 MWh/214.436 m³/ 64.751 h/ 104-51°C/ 5,6 m³ pr.h/ 505 kW

– NB ved besøget svingede FVR 30-55C m.m., sandsynligvis pga. pendlende vekslere.

Centralvarmen var ca. 56-40°C hhv. 74-40°C på de 2 vekslere. FVR fra de 2 vekslere var 46 hhv. 44°C. Fælles VF var 72°C.

VVB var 58-59°C med FVF 103°C – FVR 10°C.