

BILAG 5 SOLAR SMART SYSTEM BORNHOLM FORSYNING TIL LUFHAVNEN

TITEL	Pilotanlæg Bornholm Lufthavn Beskrivelse af VVS og elarbejde
DATO	April 2019, opdateret juli 2019
TIL	VVS og El-entreprenører
KOPI	Projektdeltagere
FRA	SEM/COWI /RACELL
PROJEKTNR	A096191

SIDE 1/13

1 Indledning

Dette beskriver VVS installationer til etablering af pilotanlæg med PVT-E på Bornholms lufthavn.

Det danner grundlag for VVS og El entreprenørens tilbud på arbejdet.

VVS-delen

Dette inkluderer en 10 fods container. Det vurderes at den er stor nok til det hele.

Varmepumpe og beholdere er endnu ikke valgt, derfor ønske i første omgang tilbud uden disse.

Følgende leveres af projektet:

- > Energimålere herunder følerlommer.
- > PVT-E moduler monteret og sammenkoblet. VVS-entreprisen inkluderer tilslutningsrør fra tag til container.
- > Glykol.

Entreprenøren tilføjer afspærringsventiler og snavssamlere mv. som er nødvendige.

Eldelen

Her ønskes tilbud/overslag på levering og montering af el. Dette er ikke velbeskrevet og udføres i dialog med COWI.

Arbejdet omfatter følgende komponenter:

- > Tilslutning af el til container
- > Nødvendige tavler til varmpumpe, styring, inverter, pumper mv.
- > Lys i container

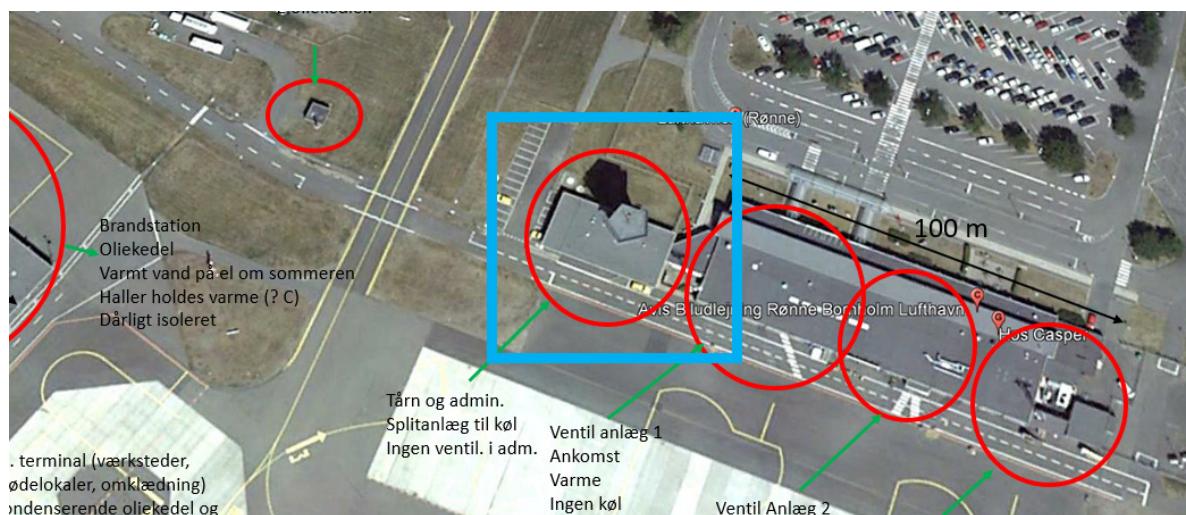
- > Stikkontakter til container
- > Tilslutning af PVT-E paneler til inverter - DC kabler til PVT-E moduler og kabel fra disse til inverter leveres af projektet (RACELL).
- > Tilslutning af varmepumpe, pumpe, inverter mv.
- > Metode og udførelse af system således at energianlægget slår fra i tilfælde af at lufthavnen kører på nødstrøm, også når nødgeneratorene starter op på stand by.

Styring og dataopsamling

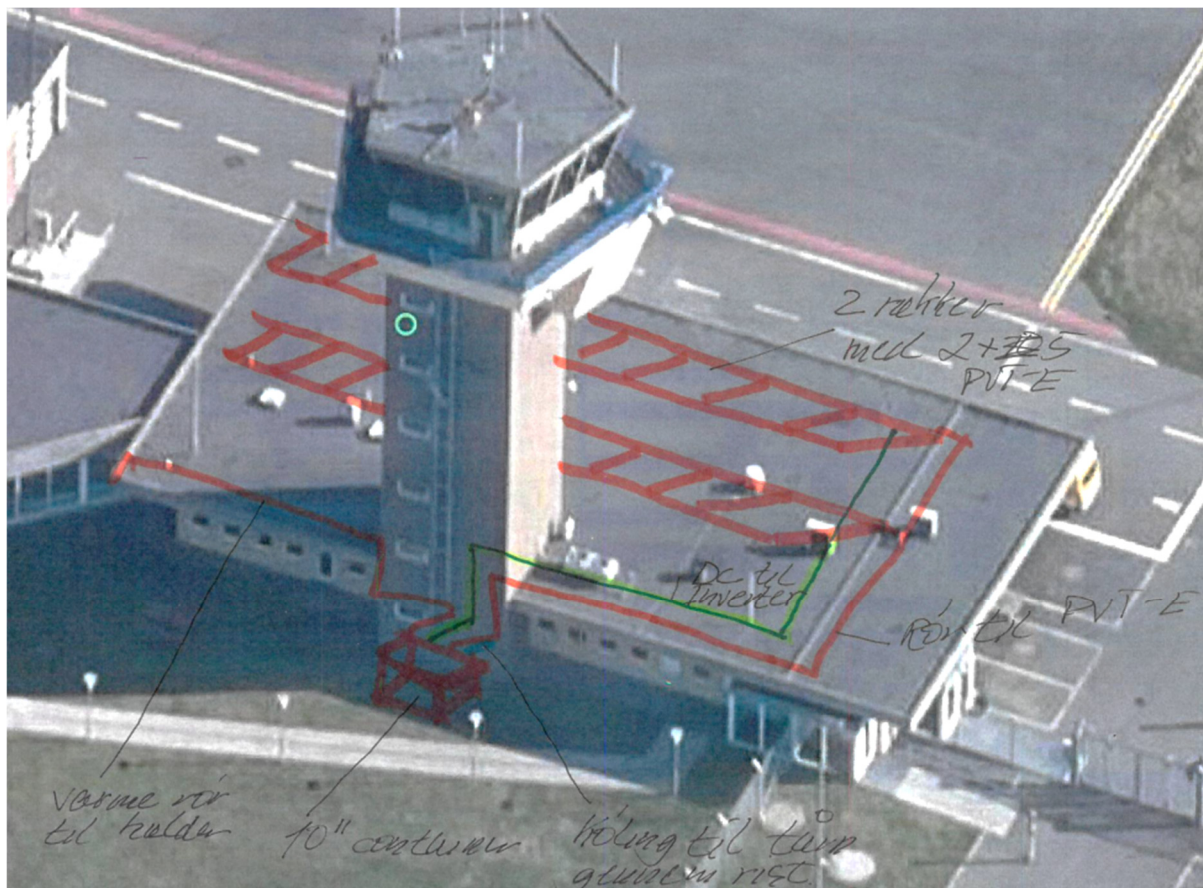
Dette udføres med involvering af DTU. Evt. assistance med montering mv. udføres efter aftale. Herunder hører etablering af Wi-Fi.

2 Placering

Pilotanlægget etableres ved administrationsbygningen, se Figur 1 med alle installationer i en container der placeres foran bygningen, se Figur 2. På taget af bygningen placeres i alt 55 m² PVT-E moduler på stativer med en hældning på 45 grader. Disse placeres i to rækker på stativer som vist på Figur 5. Der er 10 moduler af hver 5,5 m² (1,5 x 3,7 m).



Figur 1 Pilotanlægget etableres ved kontroltårnet – blå firkant.

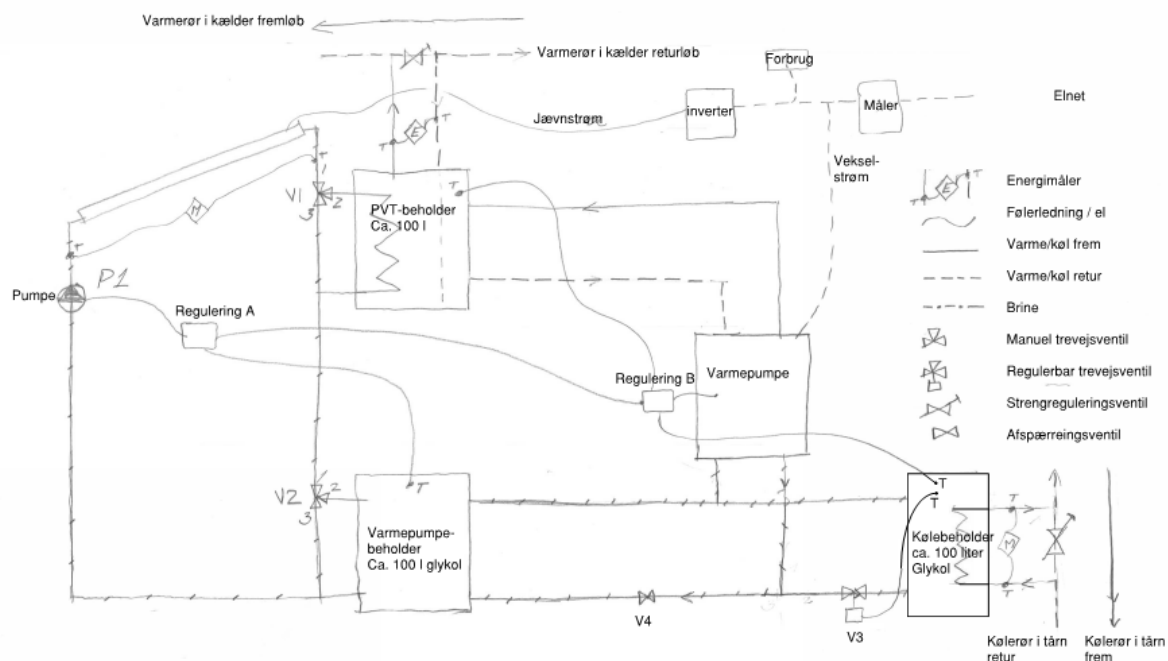


Figur 2 PVT-E moduler placeres på taget af administrationsbygningen. Tekniske installationer i en 10" container på græsplænen foran tårnet. Varmeor kobles til det eksisterende system i kælderen i terminalbygningen – hvor der nu er monteret energimåler. Køling kobles til kølerør i tårnet igennem en eksisterende rist. DC kabler føres fra PVT-E moduler til inverter i containeren.

3 Principper og styring.

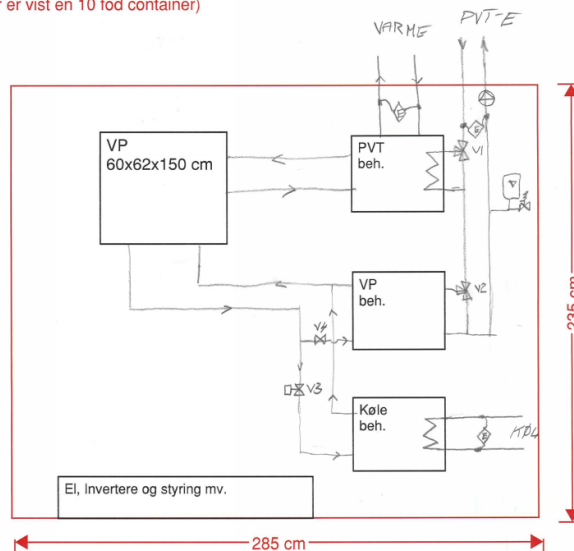
Figur 3 og Figur 4 viser principdiagram for VVS-delen. Der er tre driftsformer som er nærmere beskrevet i bilaget i afsnit 6.

Principdiagram for PVT-E pilotanlæg til Bornholms Lufthavn - version 15 april 2019



Figur 3 Principdiagram for anlæg i lufthavnen. PVT-E moduler på taget af bygningen, alle andre komponenter i containeren.

Bornholm lufthavn pilotprojekt med PVT-E - installationer i container (der er vist en 10 fod container)



Figur 4 Diagram med forslag til placering af komponenter i 10 fod container.

Der er tre driftsformer.

1) Som varmeanlæg

Her virker anlægget i princippet som anlægget til individuelle boliger uden brugsvand. Beholderen, kaldet PVT beholder, bruges i denne driftsform som buffer for varme.

I pilotanlægget vil anlægget kun i meget korte perioder dække hele behovet. Styringen af varmepumpen skal indrettes herefter.

2) som kølanlæg

Her leveres køling via en veksler, eller mindre beholder til delvis dækning af behovet, i perioder måske hele behovet. Varmen leveres til PVT beholderen der køles med PVT-E modulerne der således afgiver varme til omgivelserne. I dagtimer med sol vil dette selvsagt kunne give høje temperaturer og dårlig COP. Dette kan delvis modvirkes med en større beholder der køles om natten.

3) Varme og køling

Dette kan opfattes som den normale driftsform i perioder hvor der også er kølebehov. Anlægget kører som varmepumpe og leverer så meget varme som muligt, dog maximalt op til den indstillede. Den kolde side af varmepumpen bruges til at bidrage til kølebehovet via køle veksler/beholder. Ventilen V3 (se Figur 3), som er modulerende, reguleres efter at holde en minimal temperatur på returen fra veksleren. Falder denne under en værdi (for eksempel 5 C), er kølebehovet for lille og i stedet køles varmepumpebeholderen, som så genopvarmes med PVT-E.

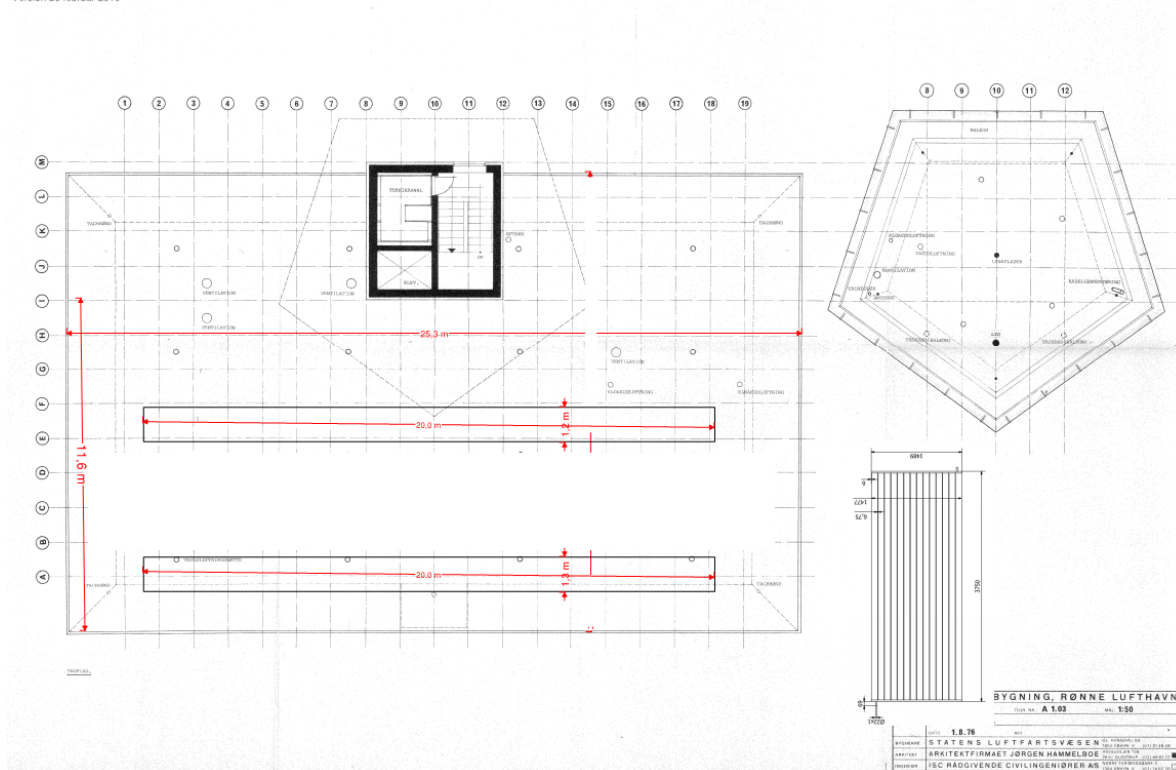
4 Komponenter VVS

PVT-E paneler

Der monteres 10 PVT-E elementer a ca. 5,5 m², i alt 55 m². Disse monteres på stativer påtaget af administrationsbygningen foran kontroltårnet med en hældning på 45 grader mod sydvest. Se Figur 5. Modulerne leveres og monteres af RACELL.

PVT-kredsen indeholder en glykolblanding. Denne blanding skal være egnet til RACELLS aluminium absorbere. Leveres af RACELL.

EUDP Demonstrationsprojekt PVT-E
Bornholms Lufthavn
Placering af PVT-E på tag ved kontrollår
Version 26 februar 2019



Figur 5 Placering af PVT-E moduler på taget af administrationsbygningen. Der er to rækker af hver 5 moduler, muligvis som 6+4 moduler.

Varmepumpe

Varmepumpen skal være 10 kW varmeeffekt. En kandidat er Metrosaver UB, 10 kW. Denne måler 60x62x 150 cm. Det skal afklares om denne er opbygget med kobberspiraler og derfor ikke kan bruges.

Skal kunne operere ved en returtemperatur på tilslutning til varme på mindst 55 C og levere en fremløbstemperatur på mindst 65 C. Den minimale indløbstemperatur på brinesiden skal være så lav som muligt, ikke højere end -5 C.

Den skal hvis muligt kunne køre i flere trin på lavere effekt, men ikke module-rende.

Varmepumpen skal i driftsformer hvor der leveres varme, styres efter temperaturen PVT-beholderen (buffertank for varme), således at varmpumpen slår fra når temperaturen her når en indstillet værdi, for eksempel 65 C. Dette vil betyde at den i vinterperioden vil køre konstant da varmpumpen kun dækker en mindre del af behovet. Den vil dog stoppe hvis brinetemperaturen bliver for lav. Varmepumpen skal så genstarte når det er muligt.

Når anlægget kun leverer køling, styres varmpumpen efter temperaturen i bunden af kølebeholderen således at den stopper når denne temperatur når en

indstillet værdi, for eksempel 3 C. Det er ikke afklaret om varmepumpen inkluderer denne form for styring eller det skal gøres eksternt.

PVT-beholderen

Virker som buffer for varmepumpen. Den virker også som buffer når anlægget kører som køleanlæg og varme dumpes i PVT-kredsen.

Omkring 100-200 liter beholder der indeholder radiatorvand. Beholderen isoleres. Studse tilsluttes så der opbygges lagdeling. Der er en varmeveksler til PVT-kredsen som ikke må være kobber. Beholderfabrikat er ikke valgt.

Tilslutning af varme

Tilslutning til det eksisterende varmeanlæg sker i kælderen i den vestlige del af terminalbygningen hvor der nu er installeret varmemålere. En delstrøm af returledningen ledes igennem varmepumpen. Flowet i denne kreds skal være omkring 2000 liter/time, som vil give en opvarmning på ca. 4 C ved en effekt på 10 kW varme. Der skal installeres en reguleringsventil til at regulere flowet gennem forbindelsen til varmepumpen. Flowet kan kontrolleres med energimåleren. VVS-entreprenøren inkluderer dette arbejde inklusiv reguleringsventil.

Varmepumpebeholder

Beholder på 100-200 liter i Figur 3. Beholderen er uden varmeveksler og beholderen indeholder samme glykolblanding som PVT-kredsen. Beholderen er isoleret. Studse placeres så der opstår lagdeling. Beholderen er ikke valgt.

Alternativ 1. Med en varmeveksler i PVT-kredsen, som ikke må være kobber. Derved kan beholderen indeholde en anden glykolblanding med et højere frysepunkt, for eksempel -5 C. Denne vil da kunne fungere som faseskiftlager. Det kræver dog en del overvejelser om frysning mv. Det kniber med at få plads til en tilstrækkelig stor veksler, derfor er det nok ikke realistisk.

Alternativ 2. Beholderen fyldes delvist med PCM materiale.

Kølebeholder

100-200 liter beholder med en varmeveksler til kølekredsen. Overført effekt max 5 kW.

Tilkobling til køling

Tilslutning til eksisterende vandbåret køling i kontrollårnet sker ved at en delstrøm af returen ledes igennem veksleren/kølebeholderen. Flowet i denne kreds skal være omkring 1000 liter/time, som vil give en afkøling på ca. 4 C ved en effekt på 5 kW køl. Der skal installeres en reguleringsventil til at regulere flowet. Flowet kan kontrolleres med energimåleren. VVS-entreprenøren inkluderer dette arbejde inklusiv reguleringsventil.

Monitorering

Monitorering beskrives særskilt af DTU. Her er kun anført dele der indgår i VVS arbejdet.

Der monteres 3 energimålere, som vist på Figur 3. Der er to til vand og en til glykol.

Rør	<p>Rør i PVT-E kredsen til PVT-E beholderen og Varmepumpebeholderen udføres af Alupex rør med iltspærre. 30% glykol. Flowet i kredsen er maksimalt 1300 liter pr. time. Rørdimension 40 mm.</p> <p>Rør mellem varmpumpe og PVT-E beholder. Rustfri stålrør $\varnothing 42$.</p> <p>Varmerør fra varmpumpe til kælder. Sorte rør 1 1/2". Valgt billige rør da der er langt og da det er en midlertidig installation.</p> <p>Kølerør fra kølebeholder til tårn. Sorte rør 1". Alternativt 1 1/2" for at det skal være samme dimension som varmerør. Alternativt rustfri stålrør $\varnothing 42$ hvis det er mest hensigtsmæssigt praktisk og økonomisk.</p>
Energimålere	Disse leveres fra DTU og medregnes ikke i tilbud.
Ventiler	<p>V1 og V2 er manuelle trevejsventil</p> <p>V3 er en motorstyret ventil.</p> <p>V4 er manuel tovejs afspærringsventil.</p> <p>Der placeres yderligere afspærringsventiler efter behov.</p>
Pumpe	Pumpe i solfangerkredsen specificeres senere.

5 Styring

Der henvises til *Figur 3* og til beskrivelse af driftsformerne i Bilaget i afsnit 6.

De tre driftsformer er:

- 1 Varme
- 2 Køl
- 3 Varme og køl

Valg af driftsform	<p>Figur 6 viser princippet for styringen af anlægget. Da det er et pilotanlæg og da der er et kvalificeret driftspersonale, er det valgt ikke at gøre anlægget helt automatisk. Skift imellem de 3 driftsformer sker derfor manuelt. Som anført er driftsform 1 til vinterperioden, 2 til sommerperioden og 3 til mellemprioderne. En optimale skift mellem driftsformer vil kræve at man manuelt skifter driftsform nogle gange i overgangsperioden.</p> <p>Valg af driftsform kan baseret på de aktuelle forbrug, på vejrdata og vejruudsigter og på den opbyggede erfaring.</p>
--------------------	---

DRIFTSFORM			STYRING				
Driftsform	Betingelse for drift	Hvornår	V1	V2	V3	VP	P1
			Ventil ved PVT-beholde'. Manuel ventil	Ventil ved varmepumpeholder. Manuel ventil	Ventil ved køleveksler. Modulerende	Varmepumpe	Solfangerpumpe
Varme	Varmebehov stort (>10 kW) og intet kølebehov	Ca. oktober til april	1-3	1-2	Fast 1-3	Stopper når temp. i top af PVT beholder >55 C	Kører når varmepumpen kører
Køl	Der er et kølebehov men intet varmebehov	Juni og august	1-2	-	1-2	Stopper når temp. i kølebeholder <5 C	
Varme og køl	Der er et varmebehov (>0) og et kølebehov (>0)	maj og september	1-3	1-2	Retur fra veksler =5	Stopper når temp. i top af PVT beholder >55 C	

Figur 6 Tabel der illustrerer styring af anlægget i de tre driftsformer.

Hardware

Ventilerne V1 og V2 er manuelle trevejsventiler. Alternativt kan bruges to envejs ventiler.

Ventil V3 er en motorstyret blandeventil. Den kan for eksempel være styret af en ECL fra Danfoss.

Solfangerkredsen

Kører når varmepumpen er i drift.

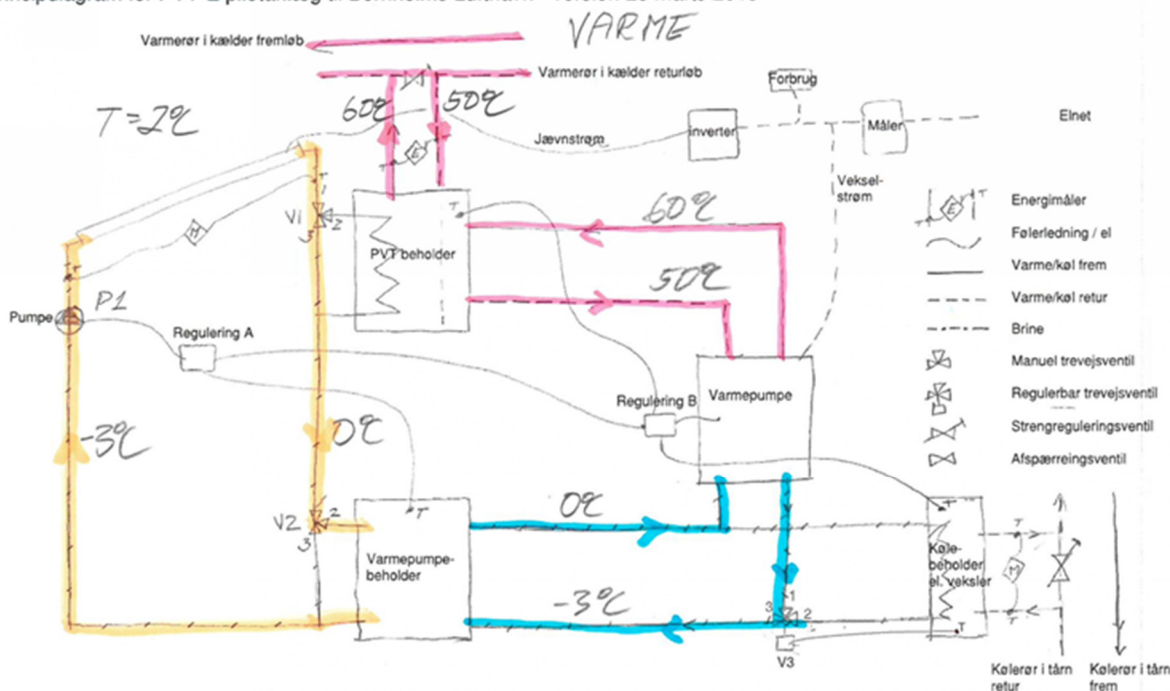
Alternativt kører den altid på et lavt trin og skifter til et højere trin når varmepumpen er i drift. Det kan have visse driftsmæssige fordel og bør overvejes.

Flowet i kredsen skal være ca. 1500 liter/h. Det betyder at beholderne på 300 liter "gennemskylles" på godt 10 minutter.

6 Bilag 1 – Principdiagrammer

Anlægget kan i køre i tre driftsformer beskrevet med følgende diagrammer, se figurteksterne.

Principdiagram for PVT-E pilotanlæg til Bornholms Lufthavn - version 28 marts 2019



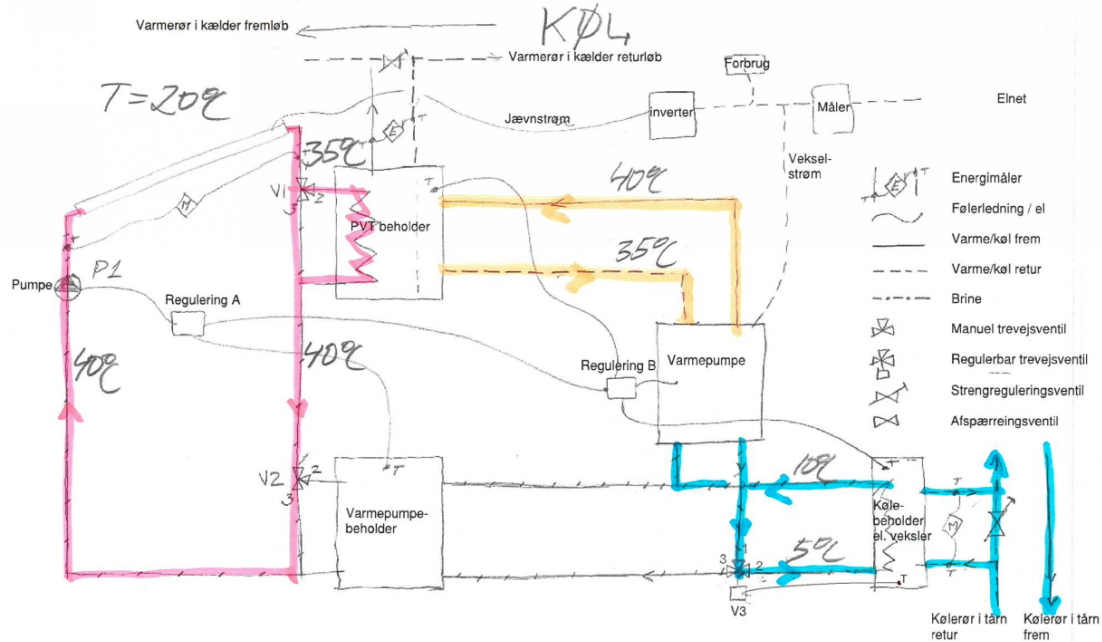
Figur 7

Kun varme. Varmepumpen leverer varme til varmebeholderen. En delstrøm af returen i varmesystemet løber gennem varmebeholderen og opvarmes/forvarmes. Den kolde side af varmepumpen køler varmepumpebeholderen som genopvarmes med PVT-E.

De angivne temperaturer er et eksempel på drift ved en udetemperatur på 2 C og ingen sol. Hvis solen skinner opvarmes PVT-E modulerne, temperaturen på PVT-E modulerne stiger og varmepumpen kører med en højere COP.

Ventiler indstilles så flowet går som vist.

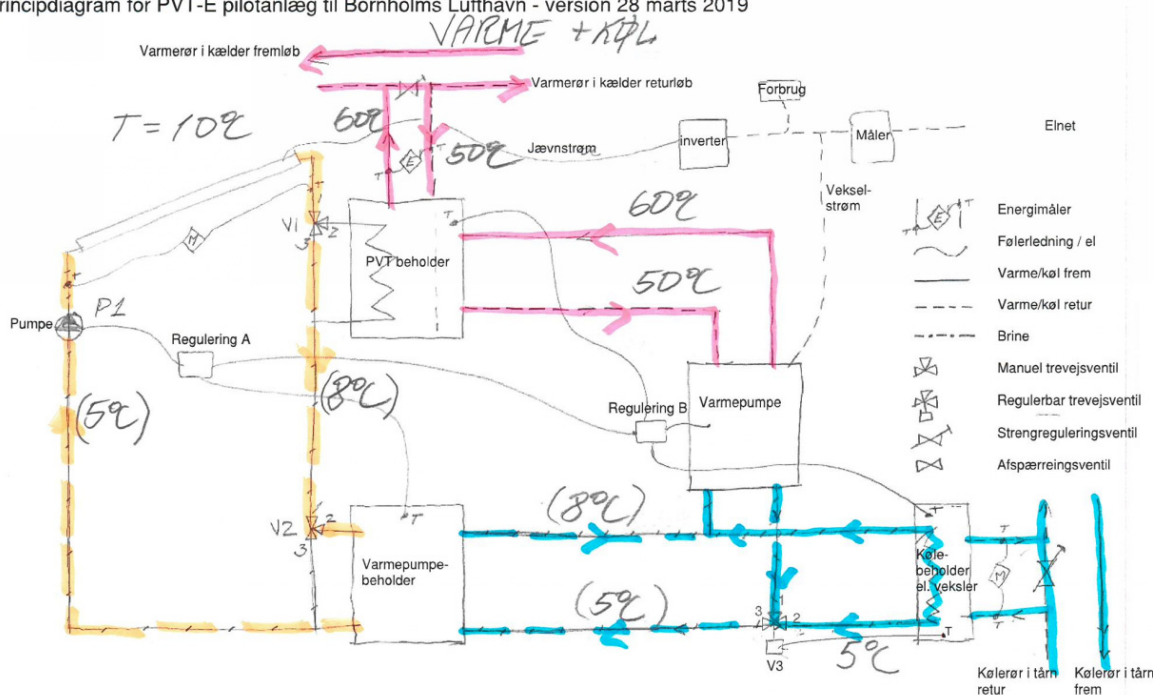
Principdiagram for PVT-E pilotanlæg til Bornholms Lufthavn - version 28 marts 2019



Figur 8

Kun behov for køling. Her leveres køling direkte til kølebeholder/veksler. Den varme side kan ikke udnyttes da der ikke er noget varmebehov. Derfor opvarmes PVT-E beholderen. Den køles så med PVT-E modulerne. De viste temperaturer svarer til en driftssituation hvor udetemperaturen er 20°C og der er nogen sol. Hvis der ikke er sol (nat eller meget skyet) vil temperaturen i PVT-E kredsen bliver lavere. Hvis der er kraftig sol, vil temperaturen i PVT-E kredsen bliver højere og kan blive så høj at varmepumpen (kølemaskinen) ikke kan køre. Ventilerne indstilles så flowet går som vist. V3, som er motorstyret, stille her i position 1-2. Varmepumpen, der her kører som kølemaskine, styrer efter at holde temperaturen i kølebeholderen på for eksempel mellem 3 og 7°C .

Principdiagram for PVT-E pilotanlæg til Bornholms Lufthavn - version 28 marts 2019



Figur 9

Levering af varme og køl. Varme leveres som i Figur 7 fra PVT-beholderen. Varmepumpen styrer efter temperaturen i toppen af PVT-beholderen. Den kolde side af varmepumpen leverer vandbåret køling til kontroltårnet. Hvis kølebehovet ikke er stor nok, vil temperaturen ved bunden af kølebeholderen falde (til for eksempel under 5 C), ventilen V3 åbner da op for port 3 så varmepumpebeholderen køles. Denne genopvarmes så af PVT-E panelerne. Ventilen V3 styrer således at temperaturen i bunden af kølebeholderen holdes på for eksempel 5 C. De viste temperaturer er et driftseksempel hvor temperaturen uden for er 10 C.

