

## **Fossilfri fjernvarmeproduktion med PVT korttids- og sæsonvarmelagring (ATES) og varmepumper**

### **Smart Energy Green Cities**

#### **Avedøre Stationsby**

Stig Niemi Sørensen

Enopsol ApS

Juni 2020

### **BAGGRUND**

Varmeproduktion skal indenfor en række år baseres på fossil- og CO<sub>2</sub>-frie varmekilder i Danmark. En af de lovte muligheder er at bruge anlæg for samfundet. Dette mål er at bruge anlæg for samfundet. PVT-elementer i kombination med sæsonvarmelagring i grundvandsmagasiner og korttidslagring i ståltanke. Solvarmeproduktionen går væsentligt om sommeren, hvor varmen gemmes i grundvandsmagasiner og el-baserede varmepumper til fjernvarmeproduktion om vinteren.

Bilag 2.1



tid baseres på fossil- og CO<sub>2</sub>-frie varmekilder i Danmark. En af de lovte muligheder er at bruge anlæg for samfundet. Dette mål er at bruge anlæg for samfundet. PVT-elementer i kombination med sæsonvarmelagring i grundvandsmagasiner og korttidslagring i ståltanke. Solvarmeproduktionen går væsentligt om sommeren, hvor varmen gemmes i grundvandsmagasiner og el-baserede varmepumper til fjernvarmeproduktion om vinteren.

Systemet udsender ikke ekstern støj, hvorfor det kan etableres i bymæssig bebyggelse med tilgængelighed for egnede grundvandsmagasiner.

### **ABSTRACT/INDLEDNING**

Artiklen tager udgangspunkt i et anlæg til Avedøre Stationsby.

Den maksimale effekt af solvarmeproduktionen vil på de varmeste sommerdage overstige varmelagringskapaciteten i grundvandslageret, idet det bliver uforholdsmæssigt dyrt at etablere tilstrækkelig med brøndkapacitet til at dække maks. produktion fra solvarme, hvorfor korttidslagring i ståltank vil være et nødvendigt supplement. Varmen i tanklageret og korttidslageret tømmes i løbet af den efterfølgende nat til grundvandsmagasinet.

Varmepumpeanlægget opbygges som et to-trinsanlæg, der som varmekilde har grundvand eller lagret varme i den isolerede ståltank

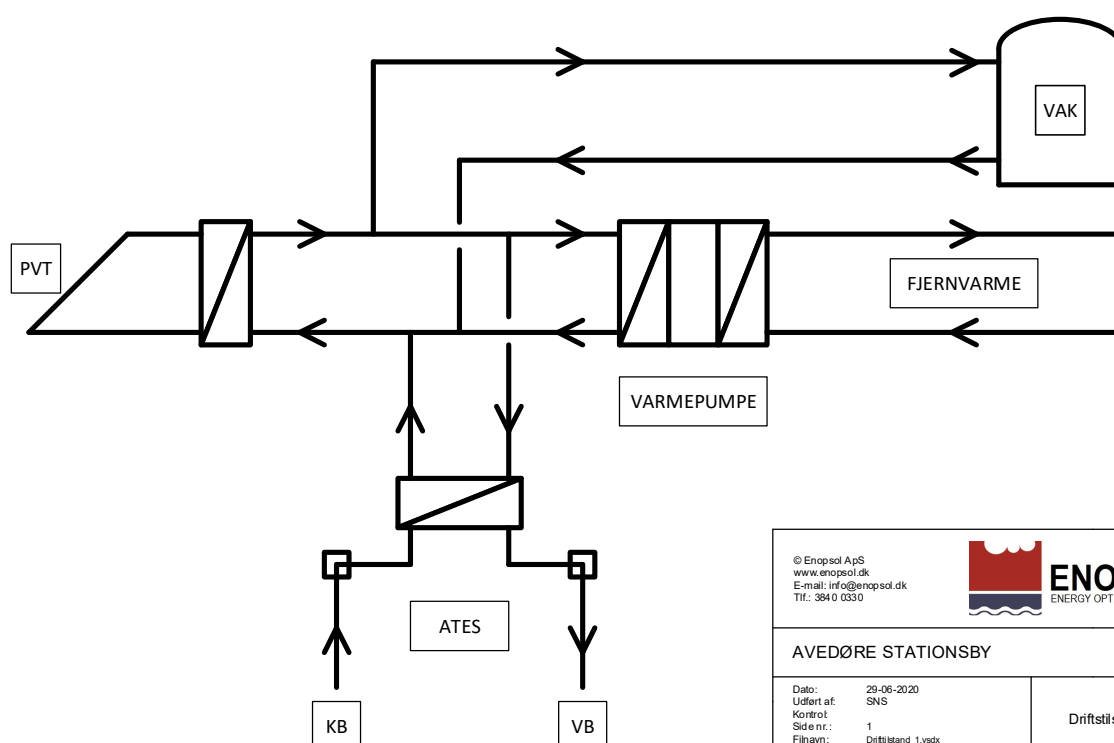
Artiklen beskriver energisystemets opbygning og virkemåde, samt en økonomisk vurdering.


## 1. Driftstilstand 1

I den varmeste sommer, hvor behovet for fjernvarme er minimalt, dækkes fjernvarmebehovet med solvarme via en varmepumpe. Grundet overproduktion i dagtimerne suppleres varmelagring i grundvandsmagasinet med varmelagring i stållagertanken (VAK). Anlæggets principielle opbygning er vist på figur 1.

### Driftstilstand 1

- Fjernvarme produceres på baggrund af solvarme fra PVT-elementer.
- Overskydende varmeproduktion fra PVT-elementer lagres i ATES og VAK

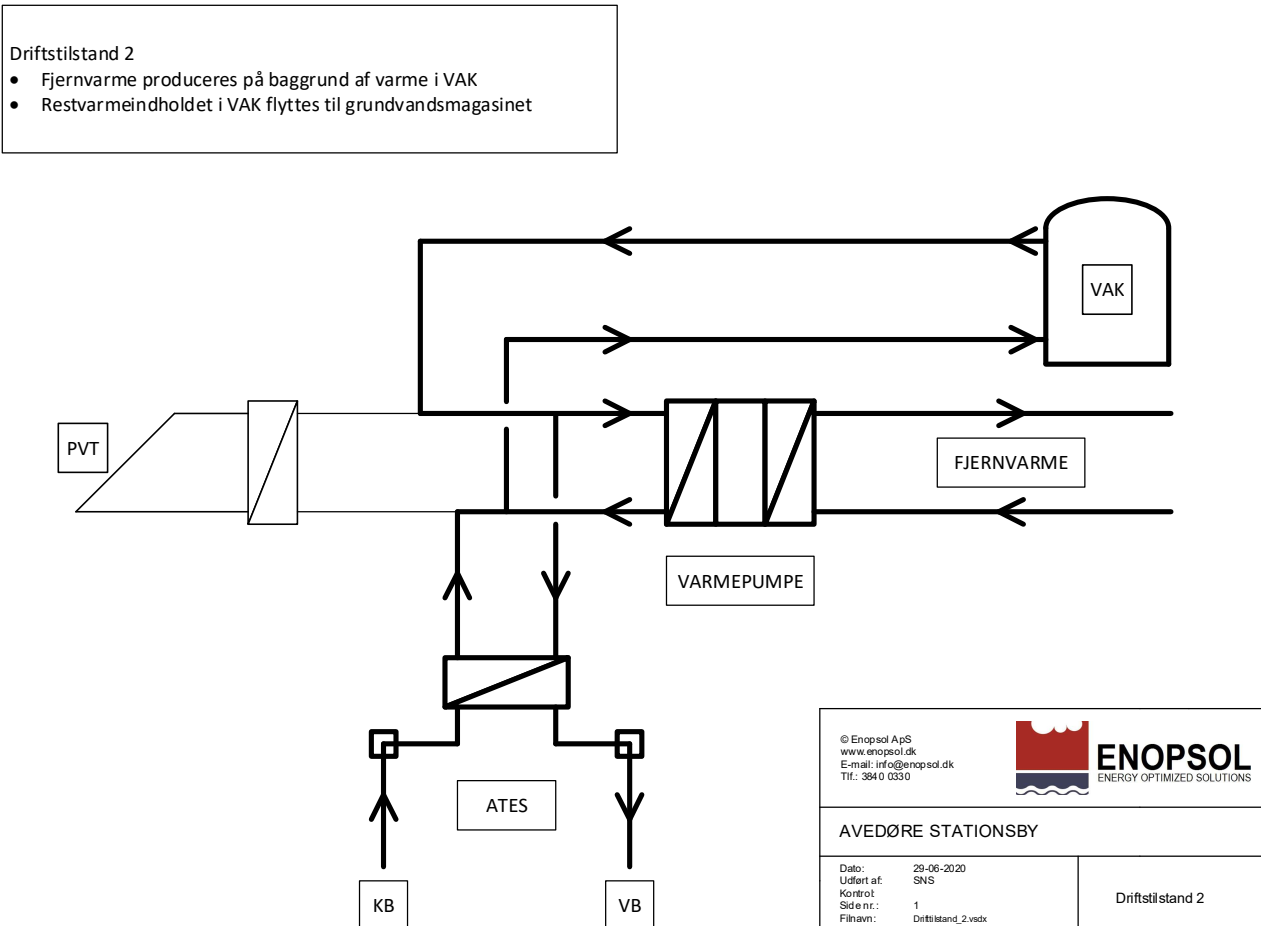


© Enopsol ApS www.enopsol.dk E-mail: info@enopsol.dk Tlf.: 3840 0330	 <b>ENOPSOL</b> ENERGY OPTIMIZED SOLUTIONS
AVEDØRE STATIONSBY	
Date: 29-06-2020 Udført af: SNS Kontrol: Sidenr.: 1 Filnavn: Driftstilstand_1_vsdx	Driftstilstand 1

Figur 1. Driftstilstand 1. Solvarmeproduktion med PVT-elementer benyttes direkte af varmepumpen til fjernvarmeproduktion. Overskydende solvarme lagres i ATES og i ståltank (VAK) ved ca. 30°C.

## 2. Driftstilstand 2

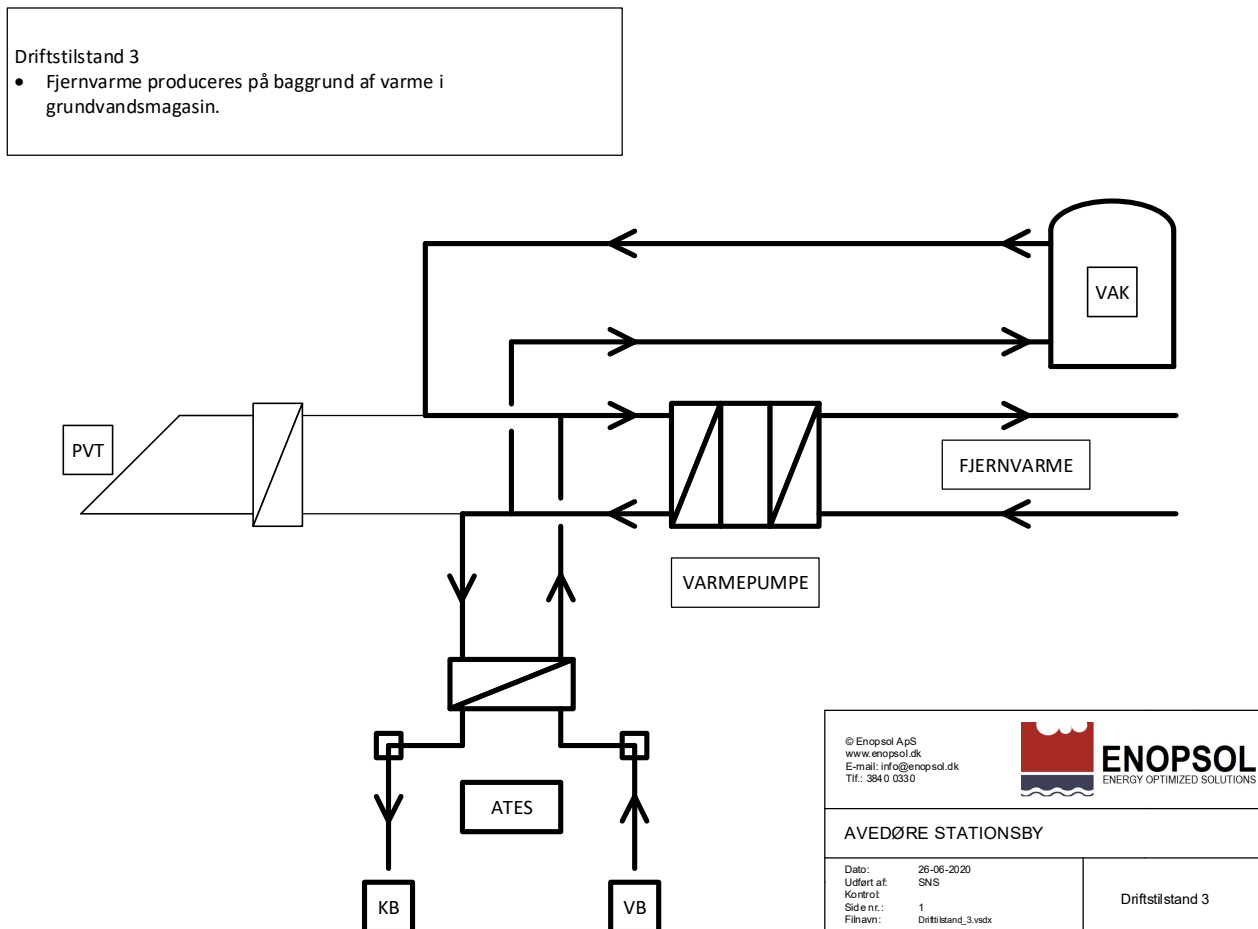
Om natten, og når der ikke er varmeproduktion fra PVT-elementerne, tømmer varme fra VAK til varmepumpe og grundvandsmagasinet. Driftstilstanden er vist på figur 2.



Figur 2. Driftstilstand 2. Varmepumpen forsynes fra VAK og resterende varme i VAK flyttes til grundvandsmagasinet. Typisk sommersituation.

### 3. Driftstilstand 3

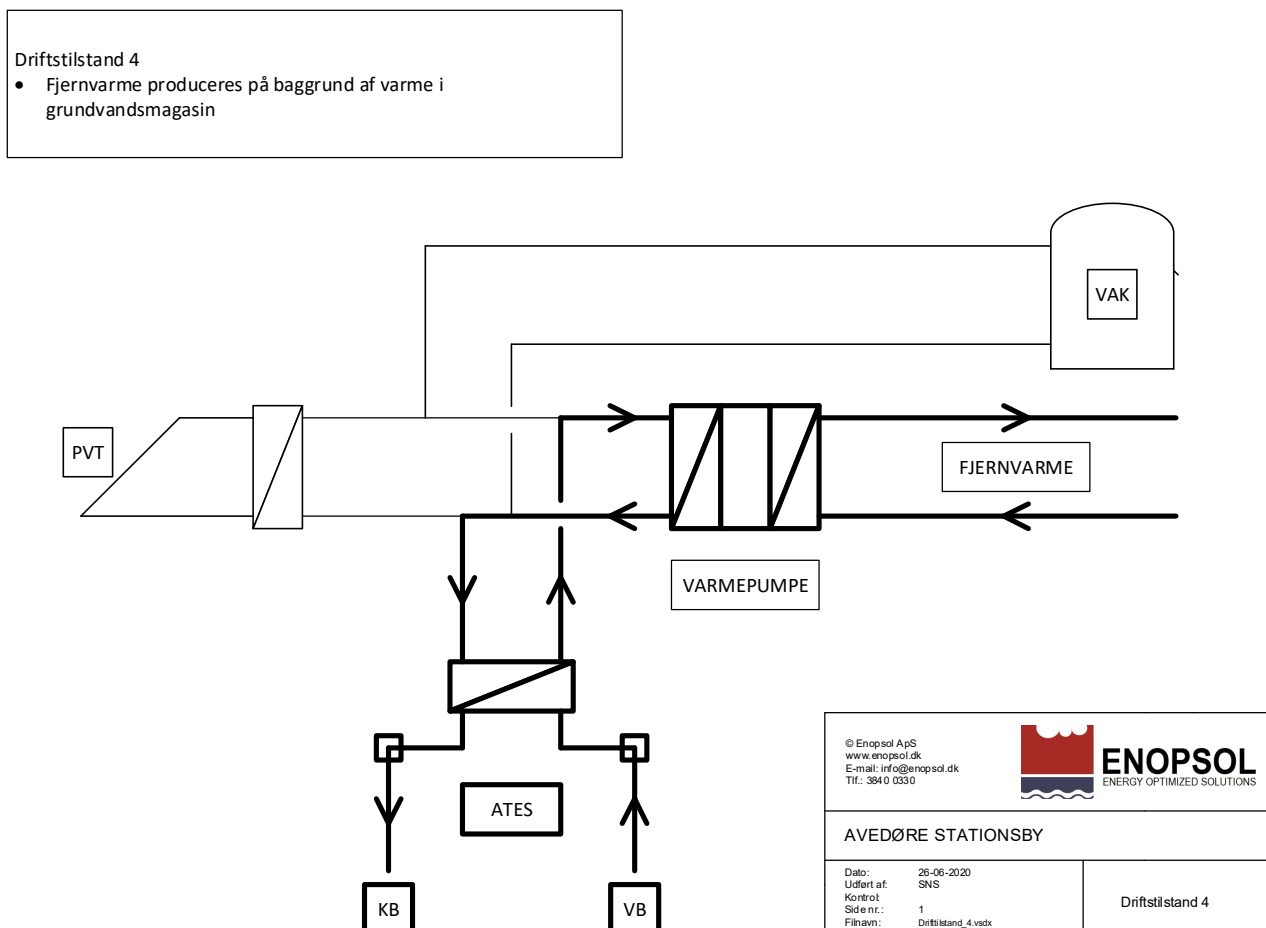
Når der ikke er solvarmeproduktion, og når varmebehovet til varmepumpen er højere end VAK kan levere, suppleres med varme fra grundvandsmagasin. Driftstilstanden er vist på figur 3.



Figur 3. Vinter. Fjernvarmebehovet dækkes af grundvandsvarme, der opgraderes til fjernvarmetemperatur af 2-trins varmepumpe og af lagret varme i VAK.

#### 4. Driftstilstand 4

I nat tid om vinteren, hvor behovet for fjernvarme er højt dækkes fjernvarmebehovet med varme lagret i grundvandsmagasinet, der opgraderes til fjernvarmetemperatur i 2 trin ved hjælp af varmepumpen. Selv om ATES-lageret tømmes for varme kan der stadig produceres fjernvarme, idet grundvandsmagasinet kan underkøles. Figur 4 viser princippet.



Figur 4. Vinter. Fjernvarmebehovet dækkes af grundvandsvarme, der opgraderes til fjernvarmetemperatur af 2-trins varmepumpe. Merproduktion af fjernvarme lagres i VAK.

## 5. ENERGISYSTEMBEREGNINGER

I opgørelsen herunder er vist beregningsforudsætninger og resultatet af den udførte beregninger.

Beregningsforudsætninger:

Varmeeffekt varmepumpe:	2500 kW
Fjernvarmeproduktion	11016 MWh/år
Fjernvarmetemperatur F/R	70/40°C
SCOP primær varmeproduktion (5000 MWh/år)	5,0
SCOP sekundær varmeproduktion (6016 MWh/år)	3,5
Grundvand opvarmning under varmelagring	20°C
Grundvand afkøling under primær varmeproduktion	20°C
Grundvand afkøling under sekundær varmeproduktion	7°C
Grundvandsydelse pr. dipol (brøndpar)	40 m <sup>3</sup> /time
Lagringsvirkningsgrad ATES	80%
PVT termisk produktion	500 kWh/m <sup>2</sup> /år
PVT max termisk produktion	650 W/m <sup>2</sup>
PVT elproduktion	150 kWh/m <sup>2</sup> /år
PVT termisk tilgangstemperatur	15°C
PVT termisk afgangstemperatur	35°C
Elforbrug grundvandspumpning	0,15 kWh/m <sup>3</sup>
Elforbrug pumpning af vand	0,10 kWh/m <sup>3</sup>
Elforbrug pumpning af glykolvand	0,10 kWh/m <sup>3</sup>
Investeringsomfang 1. dipol inkl. styresystem	3,5 mill. kr.
Investeringsomfang næstfølgende dipoler	2,5 mill. kr.
Investeringsomfang PVT	2500 kr./m <sup>2</sup>
Investeringsomfang varmepumper	4000 kr./kW varmeeffekt
Investering ståltank	1000 kr./m <sup>3</sup>
Elpris køb af el til varmepumpe, PVT, ATES, Tank	600 kr./MWh
Afregningspris PVT-strøm	500 kr./MWh
Varme indkøbspris fra leverandør	550 kr./MWh

Resultat:

Antal dipoler (ATES)	3
Grundvandspumpning	1051200 m <sup>3</sup> /år
Elforbrug varmepumper	2719 MWh/år
Øvrigt elforbrug til pumper	208 MWh/år
PVT areal	10000 m <sup>2</sup>
PVT elproduktion	1500 MWh/år
PVT varmeproduktion	5000 MWh/år
PVT max varmeproduktion	6500 kW
ATES investeringsomfang	8,5 mill. kr.
Varmepumpe investeringsomfang	10 mill. kr.
PVT investeringsomfang	25 mill. kr.
Ståltank investeringsomfang	1,3 mill. kr.
ANLÆG investeringsomfang	44,8 mill. kr.
Brutto varmeproduktionspris	159 kr./MWh
Netto varmeproduktionspris efter salg af elproduktionen	91 kr./MWh
Besparelse ift. varme indkøbspris	459 kr./MWh
Tilbagebetalingstid (simpel)	8,9 år

Følsomheder på beregningen af tilbagebetalingstiden (TBT):

Ved 25 m <sup>3</sup> /h pr. dipol isf. 40 m <sup>3</sup> /h bliver TBT:	11,0 år
Ved 3000 kr./m <sup>2</sup> for PVT isf. 2500 kr./m <sup>2</sup> blive TBT:	9,9 år
Ved 5000 kr./kW for varmepumpe isf. 4000 kr./kW bliver TBT:	9,4 år