

# Erfaringer med fleksibel drift af individuelle varmepumper på Ærø

Oktober 2024

**Ærø Energi- & Miljøkontor**

## Resume

Ærø Borgerenergifællesskab har i begyndelsen af 2024 igangsat et pilotprojekt om fleksibel drift af varmepumper på Ærø.

Projektet har til formål at undersøge mulighederne for fleksibelt elforbrug ved at stoppe/starte individuelle varmepumper på Ærø. Ved at kunne agere fleksibelt som elforbruger kan man dels reducere sin egne eludgifter og dels være med til at understøtte at man udnytter den lokale elproduktion fra vedvarende energikilder bedst muligt, hvilket er det primære mål for Ærø Borgerenergifællesskab.

Projektet er gennemført i samarbejde med virksomheden Smartgrid-X, der har udviklet styreboksen til varmepumperne, samt med de lokale elektrikere SR-Electric og El-Systems, som har stået for opsætning og installation af styreboksene. Sidst men ikke mindst har også 10 elforbrugere med jordvarmeanlæg eller luft-vand varmepumper deltaget som test-sted for styreboksene.

Pilotprojektet omfatter 10 bygninger opvarmet med jordvarmeanlæg eller luft-vand varmepumper, hvor driften af anlæggene følges og monitoreres i et år. De første styringsbokse blev opsat i februar 2024 og projektet fortsætter derfor indtil foråret 2025, hvor der samles endeligt op på det første års fleksible drift af varmepumperne.

I denne rapport samles der op på de første resultater fra driften fra det første halve år. Her viser de foreløbige konklusioner, baseret på driften af de 3 første styringer, at det har været muligt at flytte på driftsmønstret for varmepumperne og samtidigt opnår besparelser på eludgifterne.

Besparelsen og længden af driftsperioderne, hvor varmepumperne kan køre fleksibelt, er størst i boliger med god isolering og stor varmeakkumulering i bygninger, primært i form af gulvvarme. Resultaterne viser at der samlet er opnået besparelser på eludgifterne på mellem 9-20% og at det vil være muligt at flytte elforbruget til varmepumper i perioder på op til 4-6 timer, selv i kolde perioder med udetemperaturer på 3-5°C.

## Baggrund

Pilotprojektet med fleksibel drift af varmepumper på Ærø er igangsat af Ærø Borgerenergifællesskab, med henblik på at undersøge mulighederne for, at elforbrugere på Ærø kan agere fleksibelt, dvs. at det bliver muligt at flytte på elforbruget. Flexibelt elforbrug er et væsentligt element i Ærø Borgerenergifællesskab overordnede mål om at udnytte den eksisterende lokale elproduktion fra vedvarende energikilder bedst muligt.

Analyser af samtidigheden mellem elforbruget og elproduktionen på Ærø, viser at der i ca. halvdelen af årets timer er en negativ elbalance på Ærø, dvs. at forbruget er større end den lokale elproduktion. Dette betyder at elforbruget i disse timer dækkes med el som importeres til Ærø, som dels medfører et øget nettab i elsystemet og dels også kan betyde, at det er el produceret på fossile brændsler der forbruges. Analyserne viser samtidigt, at det ofte kun er i få timer, der er underskud af produktion og i 2023 var det således i 35% af tiden med underskud kun en enkelt time. Det betyder at således at kan man blot ”flytte” på elforbruget i et par timer, så vil man kunne få en højere udnyttelse af den lokale elproduktion. Det primære mål med dette pilotprojekt er derfor at undersøge om og hvor længe det er muligt, at flytte på forbruget i bygninger med varmepumper. Herudover er målet også at undersøge hvor store besparelser, der kan opnås på eludgifterne ved at flytte driftstimerne af varmepumperne til når elprisen og nettarifferne er lave.

## Varmepumper på Ærø

Der er i dag omkring 430 bygninger på Ærø, som er opvarmet med enten et jordvarmeanlæg eller en luft-vand varmepumpe, som deres primære varmforsyning. Opvarmning med el i disse bygninger udgør derfor også en relativ stor andel af elforbruget på Ærø. Med et anslået gennemsnitligt elforbrug på knap 2 kWh/h på en kold vinterdag (udetemperatur på 0°C) så vil elforbruget til drift af disse varmepumper således ligge på omkring 800 kWh/h, svarende til mellem 13-30% af det samlede elforbrug på Ærø, som i vinterhalvåret varierer mellem 2,5 – 6 MWh/h. Der vil naturligvis ikke være samtidighed mellem driften af alle varmepumperne men ovenstående illustrerer dog, at der er et relativt stort potentiale for at flytte på elforbruget på Ærø.

## Deltagere i pilotprojektet

Pilotprojektet er gennemført i samarbejde mellem Ærø Borgerenergifællesskab (projektansvarlig), Ærø Energi- & Miljøkontor (projektleder), Smartgrid-X (leverandør af styrebokse til varmepumperne), SR-Electric og El-Systems (installation af styreboksene og fjernaflæste elmålere på varmepumperne), samt ejerne af 10 udvalgte bygninger på Ærø opvarmet med enten jordvarmeanlæg eller luft-vand varmepumpe.

De 10 bygningsejere i projektet er udvalgt efter først-til-mølleprincippet, men dog under hensyntagen til, at varmepumperne skulle være kompatible med styringen og at der skulle være en spredning i både bygningernes varmeakkumulerende egenskaber og være forskellige

typer og mærker af varmepumper. Herudover har det også været væsentligt, at alle deltagere har været villige til at komme med tilbagemeldinger på driften af varmepumperne og de erfaringer de gør sig.

De 10 bygninger, der er installeret varmepumpestyringer i, består af 5 jordvarmeanlæg og 5 luft-vand varmepumper fra 5 forskellige producenter (Danfoss, CTC, IVT, Mitsubishi og NIBE), og er installeret i bygninger med både rene gulvvarme- og radiatoranlæg, samt blanding af disse. Ligeledes er bygningerne forskellige i forhold til isoleringsstandard og størrelser, som vist nedenstående.

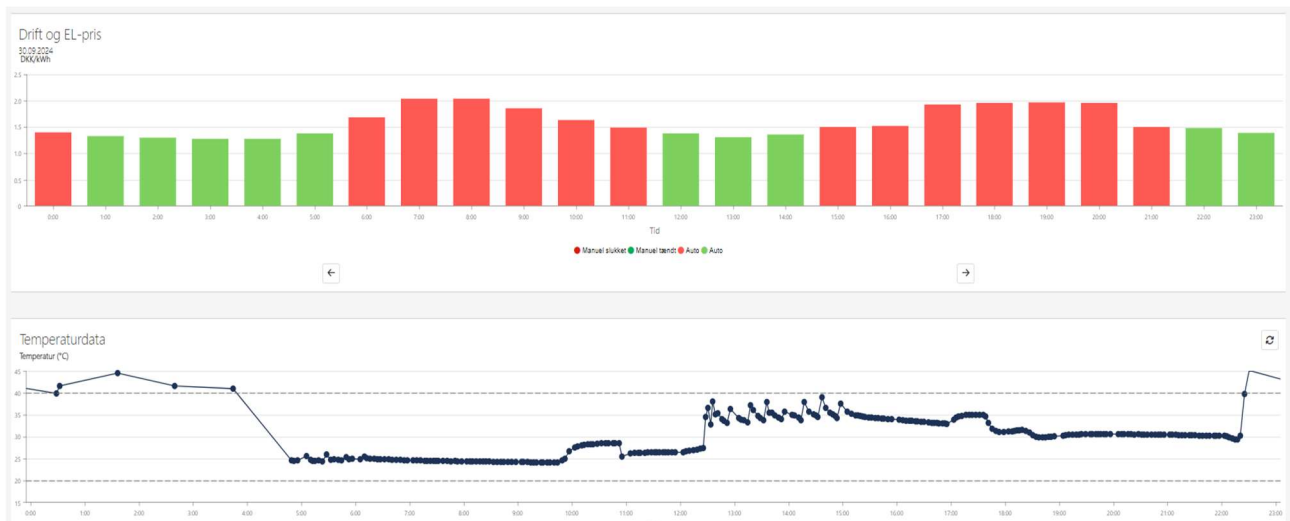
ID	Bygningsisolering	Opvarmet areal (m2)	VP Type	Radiator/gulvvarme (m2)
VP1	middel	176	Jordvarme	176 / 0
VP2	god	220	Jordvarme	0 / 220
VP3	god	141	Jordvarme	41 / 100
VP4	middel	140	Luft-vand	120 / 20
VP5	dårlig	500	Luft-vand	500 / 0
VP6	god	168	Luft-vand	68 / 100
VP7	middel	258	Jordvarme	98 / 160
VP8	middel	250	Luft-vand	250 / 0
VP9	dårlig	98	Luft-vand	98 / 0
VP10	god	180	Jordvarme	0 / 180

## Styring og monitorering af varmepumper

Der er anvendt styringsboks af typen "SGX-04" fra virksomheden Smartgrid-X. Styringsenheden kontrollerer driften af varmepumpen så den som udgangspunkt kører når elprisen og nettarriffen er lavest i løbet af døgnet. Herudover tages der højde for udendørstemperatur og vindforhold som naturligt vil påvirke behovet for opvarmning af bygningen. Styringen forudsætter der er wifi i bygningen, da styringsenheden kommunikerer med en server "SGX-Cloud", og laver en prognose for driften som tager højde for timedifferentieret elpriser og nettarriffer, samt vejrforhold.

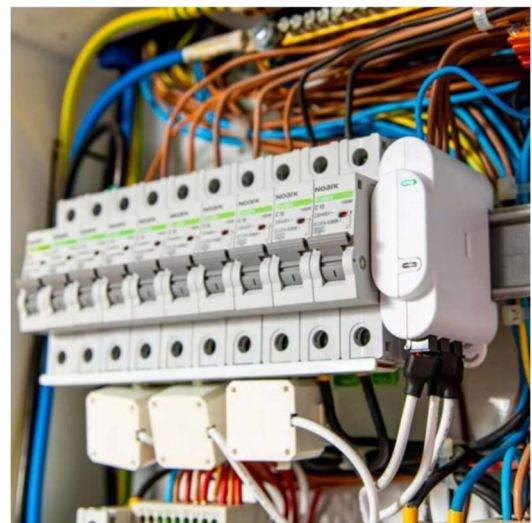


På baggrund af disse prognoser avses en driftsplan for varmepumpen for et døgn ad gangen. Styringen kan køre i 3 forskellige modes, A, B eller C, afhængig af, hvor "aggressiv" driften skal være. For godt isolerede huse med gode varmeakkumulerende egenskaber anbefales mode A, som forsøger at optimere flest timer på varmepumpens drift, mens dårlige isolerede huse anbefales at køre i mode C.



Brugerne har selv, via webportal, adgang til at ændre i hvilket mode styringsenheden skal køre i og kan herudover også selv indstille, hvis der eksempelvis er tidspunkter hvor varmepumpen ikke må stoppes. Som en ekstra sikkerhed for at varmepumpen ikke holdes slukkes hvis der er behov for varme, er der monteret en temperaturføler på returkredsen fra varmfordelingsanlægget (radiatorer/gulvvarme) som vil aktivere varmepumpen til normal driftsmode, hvis f.eks. temperaturen er under en vis grænse, som man selv sætter.

Udover selve styringsenheden er der også monteret fjernaflæste elmålere på selve varmepumpen elforsyning, så forbrugsdata opsamles. Der er installeret elmålere som er tilgængelige online via opkobling på bygningens wifi. Der er anvendt elmålere fra Shelly af typen 3EM, som kan måle forbruget på 3 faset installationer.



## Analyse af fleksibel drift af varmepumpen

For at vurdere, hvorvidt varmepumpen kører i henhold til det daglige driftsskema, som laves for den enkelte varmepumpe, anvendes de målte timeværdier for elforbruget til varmepumpen. Disse forbrugsprofiler er herefter sammenholdt med de aktuelle elpriser (spotprisen i DK1) og nettarif (N1) for at se om der er korrelation mellem disse.

Eftersom det ikke er muligt at vide, hvordan varmepumpen ville have kørt uden styringen, er der ikke muligt at sige noget om, hvordan driften af varmepumpen ville være i almindelig drift, dvs. et egentligt referencescenarie. For at kunne vurdere hvad effekten af styringen har været, er der lavet en forsimplet antagelse om, at varmepumpen uden styringen ville have kørt i kontinuerlig drift over døgnet, dog afhængig af udetemperaturen. Denne antagelse betyder således, at varmepumpens daglige elforbrug antages at have været det samme uden styringen, men blot er fordelt anderledes over døgnet – relativt efter udetemperaturen.

Den økonomiske besparelse ved fleksibel drift af varmepumpen er beregnet som det faktiske målte elforbrug på timebasis for varmepumpen ganget med de faktiske spotpriser i DK1 og N1's nettarif i de enkelte timer. Tilsvarende er disse udgifter udregnet for varmepumpedrift uden styring, dvs. hvor det samlede målte elforbrug for varmepumpen er fordelt over døgnet relativt efter udetemperaturen, hvorefter eludgifterne for dette er udregnet på timebasis tilsvarende som med styring på.

### Måleperiode og måledata

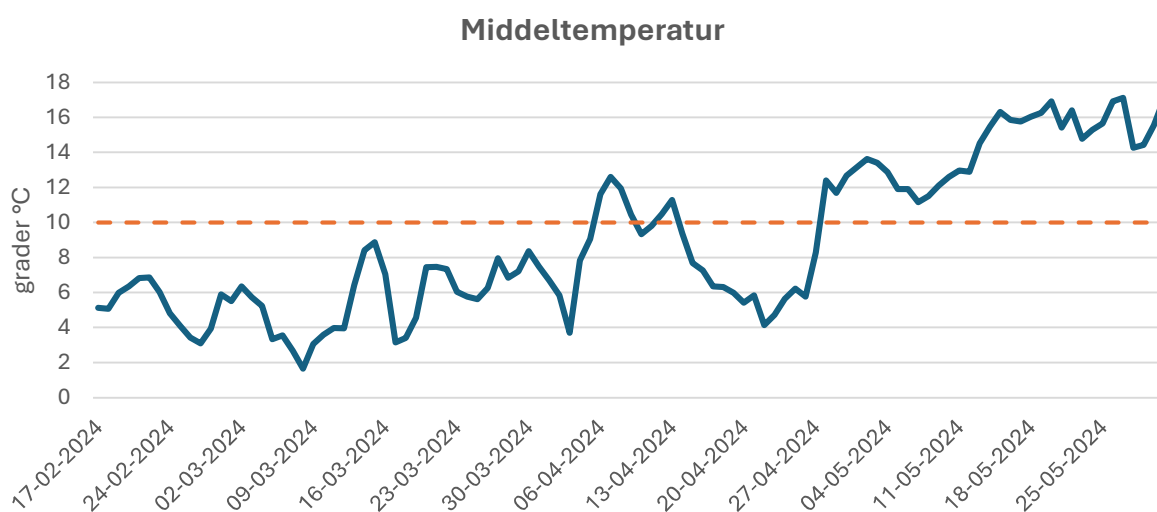
De 10 varmestyringer er løbende blevet installeret siden midten af februar 2024 og frem til begyndelsen af september 2024, hvor den sidste er blevet idriftsat. Det er således ikke alle styringerne, som har været installeret i fyringssæsonen 2023/24, hvilket har betydning for denne analyse.

Det primære elforbrug for varmepumper vil normalt ligge i selve fyringssæsonen, typisk regnet fra 1. oktober - 30. april, mens varmepumpen den resterende del af året primært leverer varmt brugsvand. Varmepumper vil derfor normalt også have langt de fleste og længste driftsperioder i fyringssæsonen mens de i løbet af sommerhalvåret typisk kun er i drift i kortere tid for at lave varmt brugsvand.

For at vurdere potentialet for fleksibel drift er der i denne analyse udelukkende fokuseret på de varmepumper, som har været i drift i fyringssæsonen, da det er her man vil få det bedste billede af hvor meget varmepumperne kan stoppes, da de her som udgangspunkt forventes at være i drift over hele døgnet. Fastlæggelse af fyringssæsonen er beregnet efter Teknologisk Instituts definition i forhold til opgørelse af graddage, som er et mål for, hvor koldt det har været og hvor meget energi der bruges til rumopvarmning. En graddag er et udtryk for en forskel på 1°C mellem den "indvendige" døgnmiddeltemperatur på 17°C og den udvendige døgnmiddeltemperatur i et døgn. Døgnets graddagetal udregnes derfor som forskellen mellem 17°C og den udvendige døgnmiddeltemperatur. Fyringssæsonen ophører om foråret,

når den når den udvendige middeltemperatur når op på 10°C eller derover i mindst 3 sammenhængende døgn. Såfremt temperaturen efterfølgende kommer ned under 10°C i mindst 3 døgn indregnes dette også som fyringssæson med opgørelse af graddage.

Som det fremgår af nedenstående figur, har middeltemperaturen i midten af april ligget over 10°C i 4 dage (6.- 9. april), hvorefter den igen har været under 10°C indtil slutningen d. 27. april, hvorefter den herefter ikke har ligget under 10°C i hele maj måned. Fyringssæsonen i denne analyse er således defineret fra d. 17. februar, hvor den første styringsenhed blev idriftsat og til og med d. 27. april.



Dette betyder at resultaterne i denne analyse alene baserer sig på driften af 3 varmepumper, som har kørt fleksibel drift i denne periode, mens de øvrige 7 varmepumper først har fået installeret styringsenheder efter d. 27. april.

Analysen af driften for de øvrige varmepumper følger derfor først i foråret 2025 når alle varmepumper har haft fleksibel drift i en hel fyringssæson.

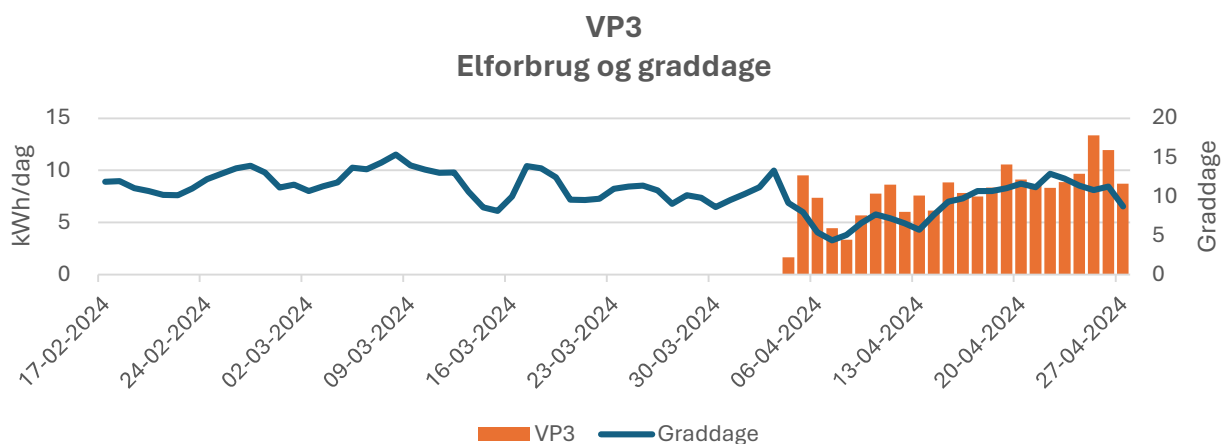
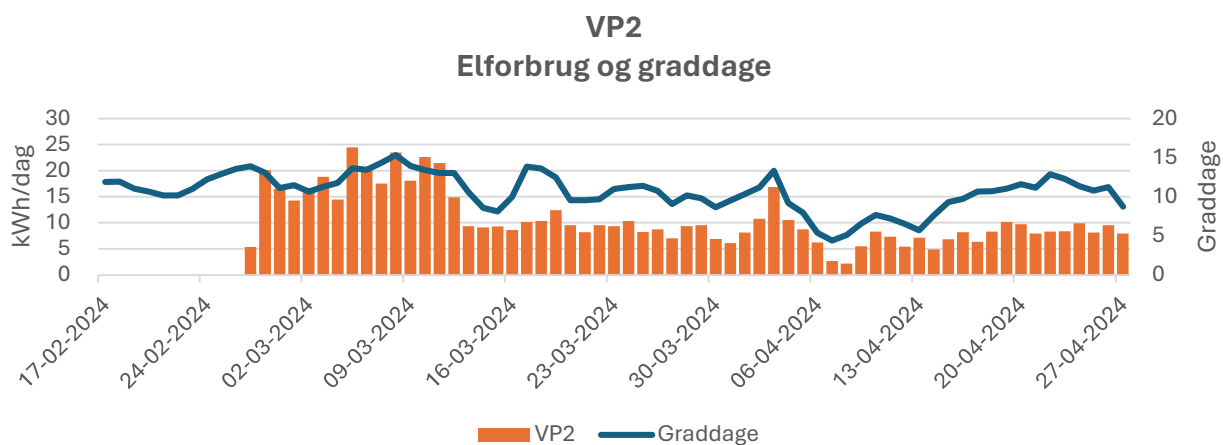
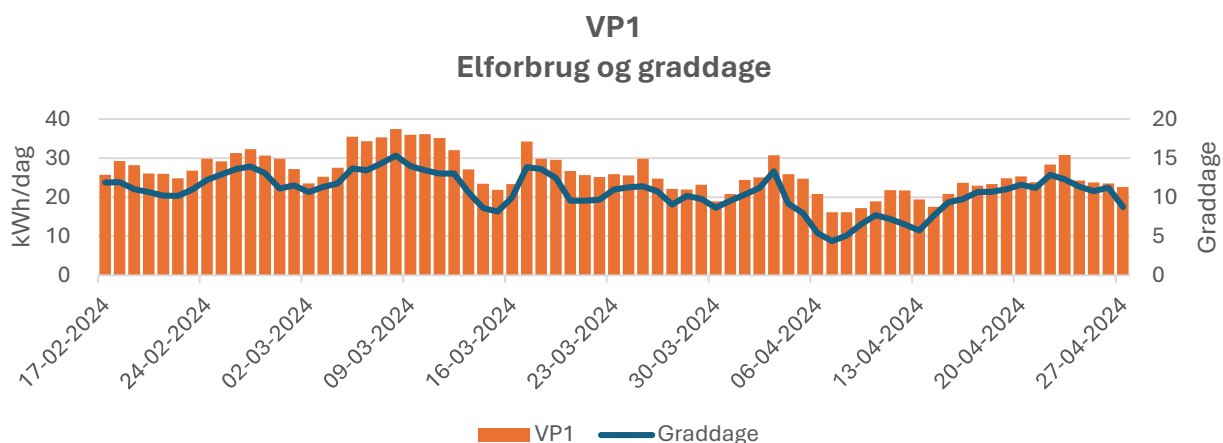
De tre varmepumper, som har været i drift i fyringssæson frem til og med 27. april, er alle jordvarmeanlæg men med forskellig isoleringsstandard af bygningerne og forskellige varmeafgivere systemer med hhv. et rent radiatoranlæg, et rent gulvvarmesystem og et blandet med radiatorer og gulvvarme, som vist nedenstående:

ID	Bygningsisolering	Opvarmet areal (m2)	VP Type	Radiator/gulvvarme (m2)	Måleperiode
VP1	middel	176	Jordvarme	176 / 0	17/02-27/04
VP2	god	220	Jordvarme	0 / 220	28/02-27/04
VP3	god	141 (182)*	Jordvarme	(41) / 141*	05/04-27/04

\* det er kun de 141 m2, som er fuldt opvarmet men de resterende 41 m2 holdes frostfrit

# Resultater

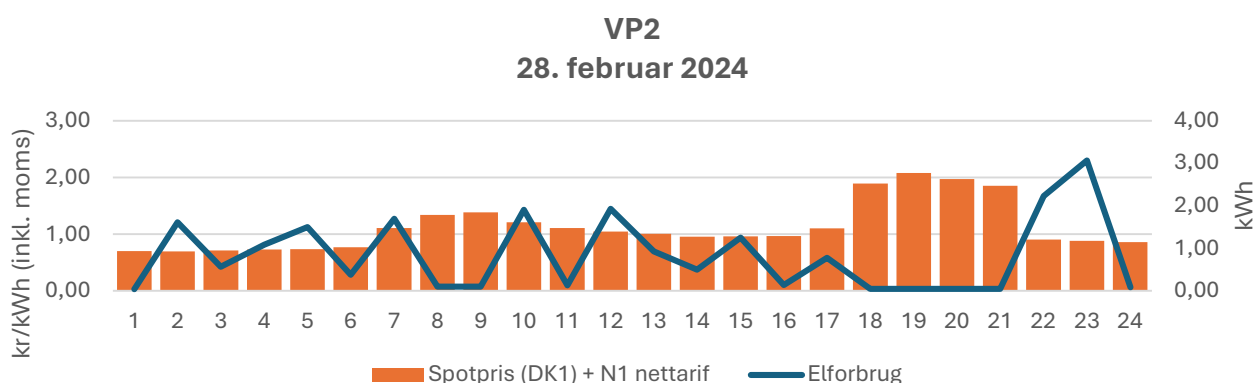
I nedenstående figurer er vist det faktiske elforbrug for de 3 jordvarmeanlæg, samt antallet af graddage. Som det fremgår af figurerne, er der en forholdsvis god sammenhæng mellem varmepumpens elforbrug og antallet af graddage, hvilket der naturligt også bør være.





## Fleksibilitet

Der er for de 3 varmepumper opgjort, hvor mange sammenhængende timer ad gangen de har været stoppet for de enkelte døgn. Nedenstående figur illustrerer, hvordan dette har set ud for en dag. For den pågældende dag har varmepumpen været slukket i timerne mellem kl. 7-9, 10-11, 15-16 og så 4 timer fra kl. 17-21, som også er de timer hvor eludgifterne (spotpris + nettarif) er højest. Som det også fremgår af figuren, så øges elforbruget til varmepumpen umiddelbart efter den kommer i drift igen efter kl. 21, da den har behov for at levere varme nok til bygningen – men til eludgifter der kun er det halve af timerne før.



For VP1 er det maks to timer ad gangen som varmepumper stoppes inden de herefter kører igen. Det skal dels sammenholdes med at styringsenheden kører i mode C men især at huset kun har radiatorer og lidt varmeakkumulering og kun er middel isoleret.

For VP2 har det været muligt at stoppe varmepumpen i op til 8 timer ad gangen men for det meste har det været 4 timer ad gangen den har været stoppet. Dette skal sammenholdes med at styringsenheden dels kører i mode A og at huset dels har gulvvarme overalt og er godt isoleret.

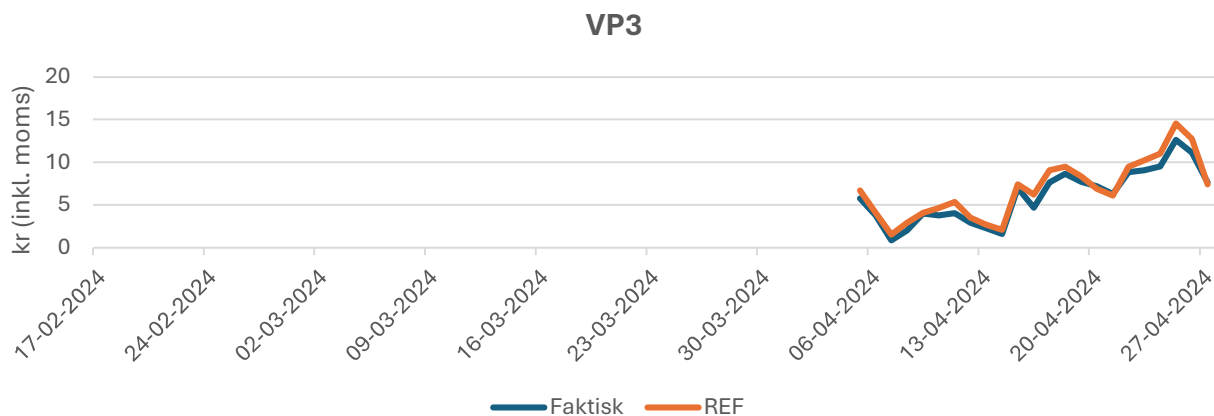
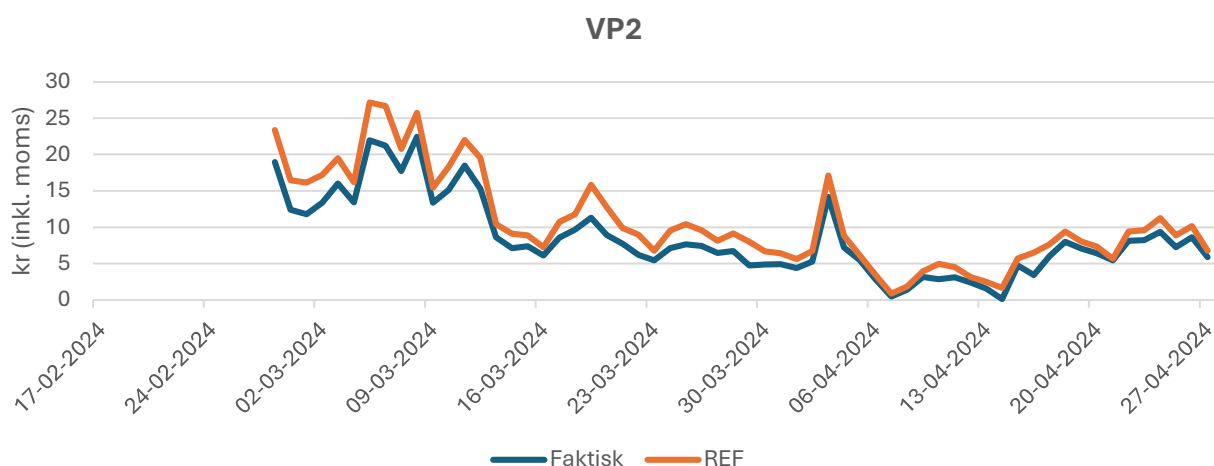
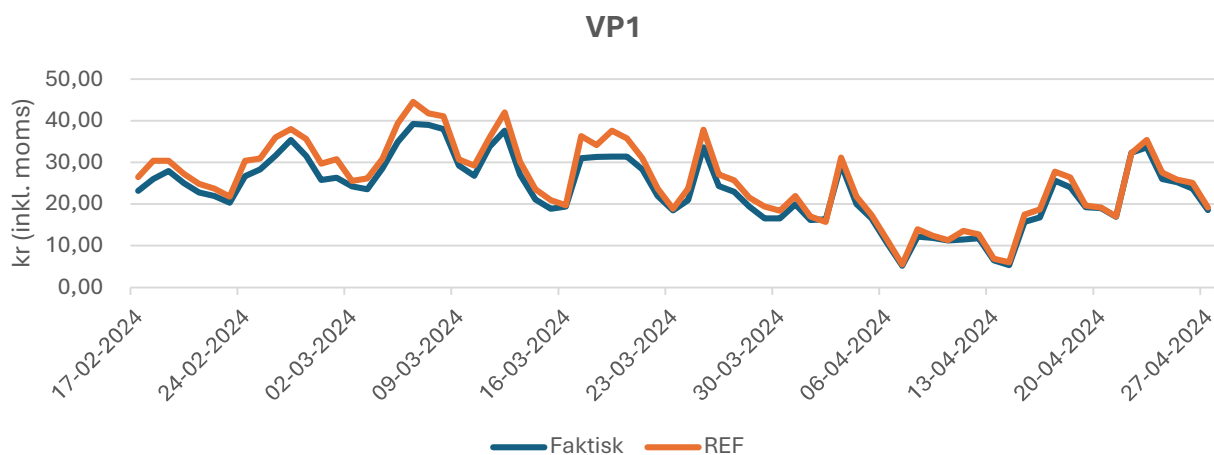
For VP3 har det ligeledes været muligt at stoppe varmepumpen i op til 12 timer ad gangen men for det meste har det været 6 timer ad gangen den har været stoppet i de koldeste perioder (bemærk at det er en relativ kort måleperiode for VP3). Dette skal sammenholdes med at styringsenheden dels kører i mode B og at huset har gulvvarme i det meste af huset som er opvarmet og at bygningen er ekstremt godt isoleret.

Samlet set vurderes det, at det i godt isolerede bygninger med gode varmeakkumulerende egenskaber, eksempelvis med stor andel af gulvvarme som varmeafgiversystem, er muligt at flytte elforbruget i op til 4 timer. For bygninger med radiatorsystemer vurderes det ikke at være muligt at flytte mere end 1-2 timer af gangen.

Varmepumpe	Maks timer med stop af VP	Typisk stop af VP
ID	Timer	Timer
VP1	2	1
VP2	8	4
VP3	12	6

## Økonomisk besparelse på eludgifter

For hver af de 3 varmepumper er opgjort udgifterne til køb af strøm (spotpris i DK1) og nettarriffen (N1) tillagt moms. I nedenstående figurer er vist de faktiske udgifter samt de beregnede udgifter, såfremt varmepumpen ikke kørte fleksibelt. Som det fremgår, så har der for alle 3 varmepumper været en økonomisk besparelse ved at køre fleksibelt.



Samlet set har der for VP1 og VP2 været en besparelse på 2,18 kr/dag i gennemsnit, mens det for VP3 er 0,76 kr/dag. I forhold til sidstnævnte VP3 så er elforbruget til varmepumpen generelt meget lavt, da bygningen er så godt isoleret, og derfor bliver besparelsen i kroner og øre heller ikke særlig stor.

Omregnes ovenstående resultater for måleperioden til en samlet årlig besparelse i et normalt varmeår med 2.552 graddage, så svarer dette til en årlig besparelse på over 500 kr/år for VP1 og VP2 og lidt over 200 kr/år for VP3. Disse tal skal dog tages med det forbehold, at de er baseret på det aktuelle prisniveau for spotprisen og nettariffrerne i den valgte måleperiode, og vil derfor først kunne endeligt verificeres når der er målt over en hel fyringssæson!

Baseret på de foreløbige resultater kan man således forvente en besparelse på 9-20% på eludgifterne ved fleksibel drift med varmepumper. Den procentvise besparelse vil være størst i godt isolerede bygninger med gode varmeakkumulerende egenskaber i form af gulvvarme.

<b>Varmepumpe</b>	<b>Besparelse ved fleksibel drift ift. almindelig drift (REF)</b>				
<b>ID</b>	<b>Kr.</b>	<b>kr/dag</b>	<b>%</b>	<b>kr/graddag</b>	<b>Kr. i normalt varmeår</b>
VP1	155,07	2,18	9%	0,21	524
VP2	130,96	2,18	20%	0,20	522
VP3	17,42	0,76	11%	0,08	207