

Effekten af spændingssænkning i Jægergården, Aarhus

Delrapport til
Elforsk PSO-projekt nr. 343-004

November 2012

Effekten af spændingssænkning i Jægergården, Aarhus

Forfatter: Christina Monrad Andersen, Lokal Energi

November 2012

1 Indholdsfortegnelse

1	Indholdsfortegnelse	2
2	Sammenfatning.....	3
3	Indledning	4
4	Kortlægning og prioritering af målinger	4
5	Måleresultater.....	6
5.1	Det målte forbrug	6
5.2	Effektøptagets spændingsafhængighed.....	7
5.3	Undertavle for ventilation	10
5.4	Undertavle for kælder	11
5.5	Undertavle for kontor	12
5.6	Undertavle for køkken	13
6	Konklusion	13
Bilag 1.	Undertavler	15
1.	Undertavle for kontor	15
2.	Undertavle for køkken	16
3.	Undertavle for ventilation	18
4.	Undertavle for kælder	20
Bilag 2.	Kortlægninger.....	22
Bilag 3.	Kort beskrivelse af Elforsk-projekt nr. 343-004:	28

2 Sammenfatning

Effekten af spændingssænkning i den kommunale ejendom Jægergården i Aarhus er undersøgt.

Der er foretaget målinger på hovedtavlen og på udvalgte undertavler i perioden 25/1 til 3/2 2012.

Der er målt på én undertavle indenfor hhv. kontor og ventilation på grund af ensartetheden i installationerne på etagerne. Derudover er det valgt at måle på kældertavlen, køkkentavlen og hovedtavlen.

I lavlastperioder er effektoptaget på hovedtavlen ikke afhængigt af spændingsniveauet. I højlastperioder er middelværdierne for effekterne ved høj spænding med 99% sandsynlighed $187 \text{ kW} \pm 2,2 \text{ kW}$. Middelværdierne for effekterne ved lav spænding er med 99% sandsynlighed $183 \text{ kW} \pm 2,1 \text{ kW}$

På baggrund af målingerne er der en indikation af, at der er opnået en besparelse ved spændingssænkning, men spredningen i forbruget betyder, at der er usikkerhed forbundet med at bestemme besparelsens størrelse tilstrækkelig præcist. Effektreduktionen ved spændingssænkning er beregnet til at ligge i intervallet $-0,3$ til $8,3 \text{ kW}$.

På undertavlen for ventilation ses, at effektoptaget er spændingsafhængigt, og her er der en besparelse på $0,6$ - $1,0 \text{ kW}$ ved lav spænding i forhold til ved høj spænding.

Det er hovedsageligt en ureguleret ventilatormotor, som forårsager besparelsen. Det er konstateret, at den opnåede besparelse på denne motor er ca. 15 gange større end, hvad der kunne forventes ved at bruge kortlægningsværktøjet, som er udviklet i forbindelse med projektet. Der ses ikke et tilsvarende fald i omdrejningstal, som forklarer dette.

I kælderen er der dokumenteret en besparelse på ca. $0,4 \text{ kW}$ på belysningsanlæg med 36 W lysstofrør. Der er overensstemmelse mellem målinger og forventninger her.

Det anbefales, at leverandørerne fremadrettet tager højde for spredning af måleværdierne, når besparelsen gøres op, så der bedre kan skelnes mellem tilfældighed på grund af stort udsving i forbrug og den egentlige effekt af spændingssænkningen.

3 Indledning

Denne rapport omhandler en del-undersøgelse i forbindelse med Elforsk-projektet "Spændingsstyring i erhvervsvirksomheder – værktøj til fastlæggelse af muligheder og besparelspotentialer" (PSO 343-004).

Undersøgelsen har til formål at dokumentere effekten af spændingsregulering i den kommunale ejendom Jægergården i Aarhus. Aarhus Kommune har i 2010 installeret udstyr til spændingssænkning i ejendommen. Udstyret er en Schuntermann DSKL-630-XU fra PSS Energy.

Undersøgelsen består af en række målinger foretaget på hovedtavlen og på udvalgte undertavler i Jægergården. Målingerne er foretaget i perioden 25/1 til 3/2 2012.

4 Kortlægning og prioritering af målinger

Jægergården er en bygning i 5 etager og et kælderplan. Bygningen består fortrinsvist af kontorer og mødelokaler. Der er et køkken i bygningen, og i kælderen er der installationer til at forsyne bygningen med varme og vand.

Elforbruget i bygningen er hovedsageligt fordelt på forbrug til:

- Ventilation
- Køkken-/ kantineudstyr
- UPS-anlæg (ikke omfattet af spændingsregulering)
- Kontorudstyr
- Belysning
- Varmeanlæg

Der er foretaget detailkortlægning af ventilation, køkken, en etage med kontor og belysning samt kælder. Kortlægningerne findes i bilag 2 i rapporten. Herunder er kort gjort rede for hvilke typer af udstyr der findes og den forventede spændingsafhængighed.

Ventilation: Består af frekvensregulerede ventilatorer samt trinregulerede cirkulationspumper. Udsugningsventilator til bl.a. atriumgård er ikke frekvensreguleret.

Køkken- / kantineudstyr: Ovne, emhætter, opvaskemaskine, kølerum.

Kontorudstyr: Belysning, fladskærme, pc'er, hæve/sænkeborde mm. (se billede fra kontor).

Belysning: Lysstofrør med elektronisk forkobling (pånær i kælderen) og sparepærer (se billede fra kontor og gangbelysning).

Varmeanlæg: Består fortrinsvist af frekvensregulerede cirkulationspumper (se billede fra kælder).



På baggrund af kortlægningen forventes det, at en ret lille andel af forbruget i bygningen er spændingsafhængigt. Der

er sket ændringer i installationerne på Jægergården siden 2010, hvor Aarhus Kommune valgte at opsætte udstyr til spændingsregulering. Bl.a. var der dengang et væsentligt forbrug til køling af serverrum, som i dag er placeret et andet sted. Derfor var andelen af forbruget, som kunne forventes at være spændingsafhængigt, større dengang.

Forsyning af elforbruget er fordelt på undertavler, som forsynes af hovedtavlen i kælderen.



Hovedtavlen er inddelt efter etagenummer og installationstype.

Ved at foretage spotmåling af effektoptaget på hver undertavle har det vist sig, at forbruget er ensartet fordelt på undertavlerne på de forskellige etager. Således er forbruget til kontorer og belysning på 1. sal, 2. sal osv. stort set det samme.

Derfor er det valgt kun at måle på én undertavle indenfor hhv. kontor og ventilation, da udstyret på etagerne typemæssigt er ens. Derudover er det valgt at måle på kældertavlen, køkkentavlen og hovedtavlen. Prioriteringen betyder, at andelen af det målte forbrug bliver lille i forhold til det samlede forbrug på hovedtavlen.

Målingerne er foretaget i perioden 25/1 til 3/2 2012 og omfatter samtidig logning af følgende parametre:

Parameter	Interval/omfang	Enhed/format
Tid	hvert 2. minut logges den aktuelle værdi – der integreres ikke over tidsintervallet	dd-mm-åååå tt:mm:ss
Effekt	Total og på hver fase	kW
Spænding	På hver fase	V
Strømstyrke	På hver fase	A
Effektfaktor	Total og på hver fase	-

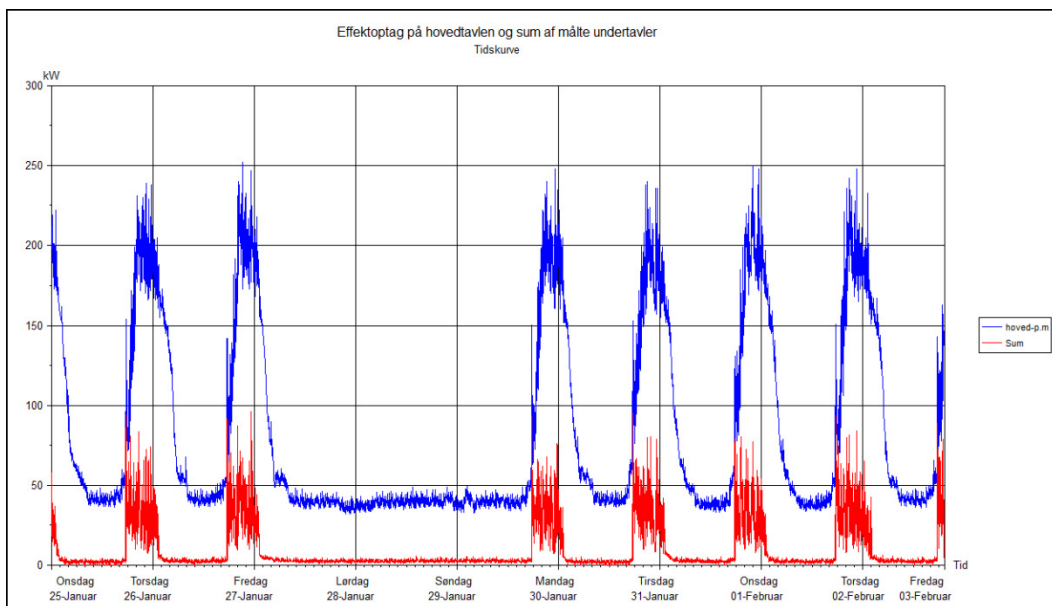
5 Måleresultater

I det følgende gennemgås måleresultaterne. Der henvises til bilag 1 og 2 for måledata fra undertavlerne samt kortlægning.

5.1 Det målte forbrug

På grund af prioriteringen nævnt i afsnit 3 bliver andelen af det målte forbrug på undertavlerne forholdsvis lille sammenlignet med totalforbruget på hovedtavlen. Men på grund af ensartetheden i

installationerne på hver etage forventes målingerne at være repræsentative til formålet.

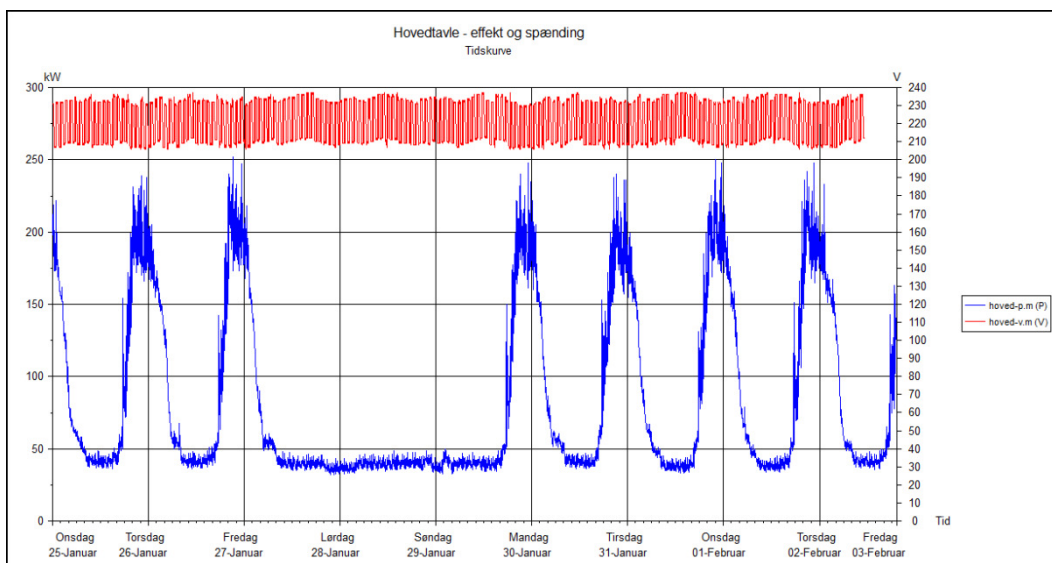


Figur 1: Andelen af det målte forbrug ("Sum") sammenlignet med det samlede forbrug på hovedtavlen ("hoved-p.m").

5.2 Effektoptagets spændingsafhængighed

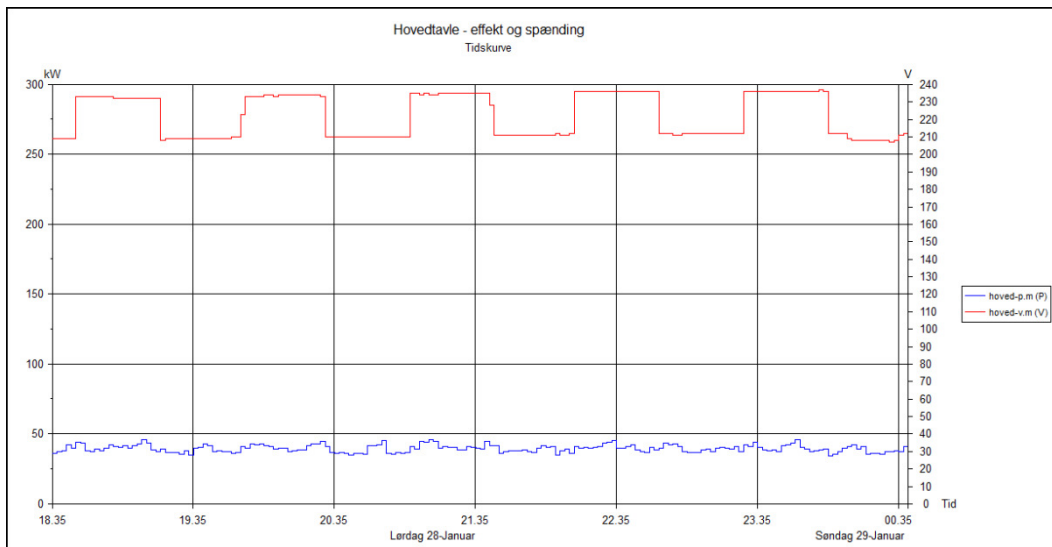
For at belyse i hvor høj grad effektoptaget er afhængigt af spændingsniveauet viser figur 2 effektoptaget på hovedtavlen sammenholdt med variationerne i spændingsniveau.

Spændingsniveauet stiger og falder samtidig på de 3 faser, men der er variationer i spændingsniveauet på 1-2%. Det er spændingen på fase 1 der er vist.

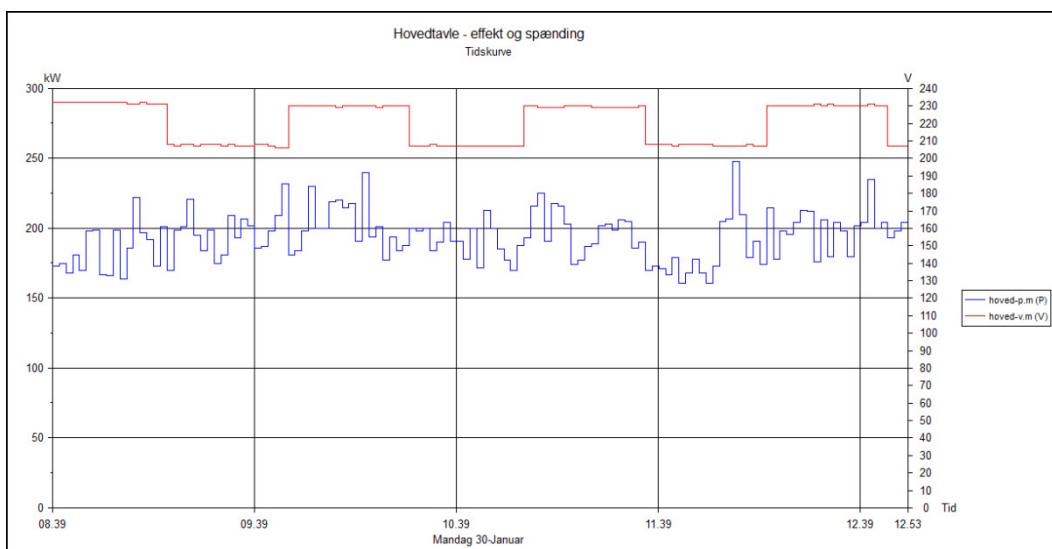


Figur 2: Effektoptag på hovedtavlen sammenholdt med spændingsvariation.

I de næste to figurer er der zoomet ind på to forskellige tidsperioder: weekend med lavt forbrug og dag-timer med højt forbrug.



Figur 3: Forbrug i lavlastperiode sammenholdt med spændingsændringer.



Figur 4: Forbrug i højlastperiode sammenholdt med spændingsændringer.

I lavlastperioderne er forbruget generelt forholdsvis stabilt, og i de perioder ses der ikke nogen sammenhæng mellem spændingsniveau og effektoptag på hovedtavlen.

I højlastperioderne er forbruget mere varierende, og det er sværere entydigt at sige, om effektoptaget ændrer sig som følge af spændingsvariationerne.

For at komme det nærmere er forbruget i højlastperioderne analyseret.

Alt forbrug > 150 kW er sorteret efter hhv. høj og lav spænding. For begge spændingsniveauer er middelværdi, max, min og spredning beregnet.

Højlastperiode, P>150 kW, høj spænding	
Effektoptag P middelværdi	187 kW
P max	252 kW
P min	150 kW
P spredning	22 kW
Spænding V middelværdi	232 V

Højlastperiode, P>150 kW, lav spænding	
Effektoptag P middelværdi	183 kW
P max	248 kW
P min	150 kW
P spredning	21 kW
Spænding V middelværdi	208 V

Når middelværdierne sammenlignes, er der umiddelbart en forskel på 4 kW svarende til 2%. Men der er stor spredning på måleværdierne, idet effekten i højlastperioden varierer, uanset om spændingen er høj eller lav. Derfor er præcisionen af middelværdierne beregnet ved hjælp af t-statistik metoden. Med denne metode kan præcisionen af middelværdierne fastlægges indenfor et valgt konfidensinterval.

Hvis vi vil finde præcisionen af middelværdierne med 99% konfidensinterval – dvs. med 99% sikkerhed, får vi følgende resultat:

Højlastperiode, P>150 kW, høj spænding	
Effektoptag P middelværdi	187 kW
Relativ præcision	±1,2 %
Præcision i kW	±2,2 kW

Dvs. middelværdierne for effekterne ved høj spænding er med 99% sandsynlighed 187 kW ±2,2 kW

Højlastperiode, P>150 kW, lav spænding	
Effektoptag P middelværdi	183 kW
Relativ præcision	±1,1 %
Præcision i kW	±2,1 kW

Dvs. middelværdierne for effekterne ved lav spænding er med 99% sandsynlighed 183 kW ±2,1 kW

Dermed er forskellen på middelværdierne ved henholdsvis høj og lav spænding så lille, at det ligger indenfor den usikkerhed der er på beregningen af middelværdierne.

Effektreduktionen ved spændingssænkning kan ud fra ovenstående siges at ligge fra -0,3 til 8,3 kW.

Målingerne på undertavlerne er vist i bilag 1. Resultaterne er kommenteret og analyseret i det følgende.

5.3 Undertavle for ventilation

På undertavlen for ventilation er det visuelt tydeligt, at effektoptaget i højlastperioderne er spændingsafhængigt. Der er ikke nogen af de andre undertavler, der udviser noget tilsvarende.

På undertavlen for ventilation er middelværdierne for effektoptag ved høj og lav spænding blevet analyseret. Se bilag 1.

Hvis vi tager udgangspunkt i måleintervallet med bedst præcision, dvs. effekter > 11 kW, kan vi afgrænse besparelsen til at ligge i intervallet 0,6 – 1,0 kW.

Eltavlerne i ventilationsteknikrummet er mærket op på en måde, hvor man ikke umiddelbart kan se, hvilke grupper der dækker hvilke komponenter. Tavledokumentationen er ikke længere tilgængelig. Der er foretaget spotmålinger stikprøvevist for at afdække belastningerne på de enkelte udstyr.

Udstyr	Påtrykt effekt [kW]	Optaget effekt		Frekvens-reguleret [ja/nej/trin]	Forventet besparelse pr. % spændings-reduktion %	Forventet effektreduktion [kW]
		Lav spænding [kW]	Høj spænding [kW]			
VU01, udsugningsventilator	0,45	0,360	0,380	nej	0,2	0,01
VE01, indblæsningsventilator	2,2	1,860	1,860	ja	0	0,00
VE01, udsugningsventilator	2,2	1,860	1,860	ja	0	0,00
UPS pumpe ved VE01	0,03	0,027	0,030	trin	0,2	0,00
UP pumpe ved brugsvandsveksler	0,075	0,068	0,075	trin	0,2	0,00
VE02, udsugningsventilator	2	2,000	2,000	ja	0	0,00
VE02, indblæsningsventilator	2	2,000	2,000	ja	0	0,00
UPS pumpe ved VE02	0,045	0,041	0,045	trin	0,2	0,00
VE03, udsugningsventilator	1,1	0,930	0,930	ja	0	0,00
VE03, indblæsningsventilator	1,1	0,930	0,930	ja	0	0,00
UPS pumpe til VE03	0,05	0,045	0,050	trin	0,2	0,00
UPS pumpe til VE03	0,045	0,041	0,045	trin	0,2	0,00
UPS pumpe til VE03	0,065	0,059	0,065	trin	0,2	0,00
VE05 indblæsningsventilator	1,5	1,300	1,300	ja	0	0,00
VE05 udsugningsventilator	1,5	1,300	1,300	ja	0	0,00
UPS pumpe til VE05	0,06	0,054	0,060	trin	0,2	0,00
VU04	0,45	0,360	0,380	nej	0,2	0,01
VE04 indblæsningsventilator	2,2	1,900	1,900	ja	0	0,00
VE04 udsugningsventilator	2,2	1,900	1,900	ja	0	0,00
UPS pumpe til VE04	0,045	0,041	0,045	trin	0,2	0,00
Exhausto punktudsug	0,4	0,180	0,200	nej	0,2	0,00
Udsugningsventilator til atriumgård	5?	2,120	2,500	nej	0,1	0,02
Lys, 36W med elektronisk forkobling	0,036	0,030	0,036	-	2	0,01
Udsugning fra køkken	0,6	0,230	0,220	nej	0,7	0,02
				Opnået reduktion		
I alt [kW]	22,851	19,634	20,111	0,477		0,07

På de udstyr hvor effektoptaget forventeligt er spændingsafhængigt er der foretaget spotmåling dels med spændingsregulering, dels uden – dvs. hvor Schuntermannen bypasses. På ens udstyr er målingen foretaget på et enkelt udstyr og resultatet kopieret til de øvrige af samme slags.

Derudover har vi brugt kortlægningsværktøjet, som er udviklet i projektet, til at estimere hvor stor en besparelse der forventes at være som følge af spændingssænkning på ventilationstavlen. Se bilag 2.

Ud fra kortlægningsværktøjet forventes en effektreduktion på 0,07 kW. Ud fra spotmålingerne kunne vi dokumentere en faktisk opnået reduktion på 0,5 kW.

På det tidspunkt hvor spotmålingerne blev gennemført kørte ventilationsanlæggene i høj drift, hvilket vi vurderer dels på baggrund af aflæsning på frekvensomformerne og dels ud fra, at det årlige forbrug er dækket ind med mere end 100% ved 3.000 årlige driftstimer ved de spot-målte effektoptag. Derfor har motorerne været højere belastet end gennemsnitligt, hvilket kan være forklaringen på at de 0,5 kW er lidt lavere end forventningen på 0,6-1,0 kW ud fra logningerne i perioden 25. januar til 3. februar.

Ventilatormotoren til atriumgården bidrager med den største effektreduktion på 15% ved en spændingsreduktion på 10%. Det svarer til en faktor 1,5 pr. % spændingsreduktion. I kortlægningsværktøjet er det kun motorer mellem 4,1 og 15 kW, som er belastet 0-5%, der er angivet med så høj en reduktionsfaktor. Mærkepladeskiltet på ventilatormotoren er knækket af, så man ikke kan aflæse den påtrykte effekt på motoren. Ifølge huselektrikeren skulle motoren være en 1,7 kW motor, men det anses for usandsynligt. Ud fra motorens fysiske størrelse vurderer vi, at det max. er en 5 kW motor. Belastningen ligger dermed på mindst 50%, og forventningen ud fra kortlægningsværktøjet ville være en effektreduktion på max. 1%.

Vi har undersøgt årsagen til den store forskel mellem forventet og opnået effektreduktion ved at måle omdrejningstallet.

Omdrejningstal på ventilatormotor	
Ved lav spænding	945 omdr./min.
Ved høj spænding	955 omdr./min.
Reduktion i omdrejningstal	1 %
Reduktion i effekt	15 %

Der er således ikke et tilsvarende stort fald i omdrejningstallet, som kan forklare den forholdsvis store effektreduktion.

5.4 Undertavle for kælder

I kælderen findes et varmeanlæg, som består af frekvensregulerede cirkulationspumper. Der er belysning i form af lysstofrør med elektronisk forkobling samt sparepærer, og derudover er der belysning

i form af konventionelle 36W lysstofrør. Elevatorerne er koblet på eltavlen for kælderen. Elevatormotorerne er frekvensregulerede.

På baggrund af kortlægningen forventes en effektreduktion på belysningsanlægget med konventionelle 36W lysstofrør på ca. 20% ved 10% spændingssænkning. Det svarer til 0,4 kW. På de øvrige anlæg forventes ingen effektreduktion.

Målingerne fra dagtimer på hverdage – dvs. perioder hvor der er almindelig drift - viser, at middelværdien af effektoptaget ved lav spænding ligger på 8,6 kW \pm 0,13 kW ved lav spænding og 9,0 kW \pm 0,14 kW ved høj spænding.

Effektreduktionen ligger dermed i intervallet 0,4 - 0,7 kW.

Effektreduktionen stemmer dermed overens med forventningerne ud fra kortlægningen.

Under kortlægningen lavede vi en spotmåling på gruppen i eltavlen, som forsyner området med 13W sparepærer i kælderen. Gruppen forsyner ikke andet. Spotmålingen viste, at effektoptaget ved spændingssænkning lå 5% lavere end effektoptaget uden spændingssænkning. Dette stemmer ikke overens med forventningerne. Reduktionen på de 3 faser er meget indbyrdes forskellig, og fordelingen på de 3 faser er ujævn. Målingerne er vist herunder:

med spændingssænkning	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Spænding [V]	371	371	372
Strømstyrke [A]	3,16	2,78	2,37
Effektoptag [W]	917	150	814
cos ϕ	0,78	0,15	0,92

uden spændingssænkning	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Spænding [V]	407	407	407
Strømstyrke [A]	3,01	2,62	2,24
Effektoptag [W]	935	193	839
cos ϕ	0,76	0,18	0,92

Reduktion [%]	3,0	22,0	1,9
---------------	-----	------	-----

Reduktionen som følge af spændingssænkning på gruppen med sparepærer er så lille, at det ikke er synligt på kældertavlemålingen, idet de 5% svarer til blot 0,02 kW.

5.5 Undertavle for kontor

I kontorerne findes almindeligt moderne kontorinventar i form af fladskærme, pc'er, hæve/sænkeborde, telefoner, opladere o.lign. Belysningen består hovedsageligt af loftsarmaturer med 3 stk. 18 W

lysstofrør med elektronisk forkobling i hvert armatur. Derudover er der skrivebordslamper ved bordene. På undertavlerne er der også koblet printere og kopimaskiner. Kortlægningen er dokumenteret i bilag 2.

På baggrund af kortlægningen forventes en meget lille eller ingen effektreduktion som følge af spændingssænkning.

Målingerne fra dagtimer på hverdage – dvs. perioder hvor der er almindelig drift på kontorerne - viser, at middelværdien af effektoptaget ved lav spænding ligger på $10,1 \text{ kW} \pm 0,3 \text{ kW}$ både ved høj og lav spænding. I intervallet med større præcision er indikeret en besparelse mellem $0,1\text{-}0,5 \text{ kW}$. Se bilag 1.

Der er således en meget lille effektreduktion som følge af spændingssænkningen på undertavlen for kontor og belysning. Dette stemmer overens med forventningerne ud fra kortlægningen. Det har ikke været muligt at spore præcist hvilke udstyr effektreduktionen kommer fra, da det er et stort antal kontorudstyr med individuelt meget små effektoptag, der bidrager til det samlede effektoptag på undertavlen.

5.6 Undertavle for køkken

I køkkenet findes ovne, emhætter, opvaskemaskine, kogeplader, kølerum, kølediske, køleskabe, røremaskine, mikrobølgeovn og belysning i form af sparepærer og armaturer med 3 stk. 18 W lysstofrør med elektronisk forkobling. Det forventes, at effektoptaget på undertavlen for køkkenet i nogen grad kan være spændingsafhængigt, men at driftstiden vil variere tilsvarende på ovne og andet udstyr, der udgør en termisk belastning. Derudover er varmelegemerne termostatstyrede, hvilket bør gøre spændingsafhængigheden mindre.

Målingerne fra dagtimer på hverdage – dvs. perioder hvor der er almindelig drift i køkkenet - viser, at middelværdien af effektoptaget ved lav spænding ligger på $30,5 \pm 1,7 \text{ kW}$ ved høj spænding og på $30,0 \text{ kW} \pm 1,5 \text{ kW}$ ved lav spænding. Se bilag 1.

Der er således ingen/en meget lille spændingsafhængighed, idet forskellen i middelværdierne ligger indenfor usikkerheden på opgørelse af middelværdierne. Årsagen til at den store andel af termisk belastning ikke slår mere igennem i forhold til spændingsafhængighed må skyldes, dels at varmelegemerne er termostatstyrede og dels at målefrekvensen er relativ grov, idet der måles med 2 minutters mellemrum.

6 Konklusion

På baggrund af målingerne er der en indikation af, at der er opnået en besparelse ved spændingssænkning på Jægergården, men spredningen i forbruget generelt betyder, at der er usikkerhed forbundet med at bestemme besparelsens størrelse tilstrækkelig

præcist. Effektreduktionen ved spændingssænkning er beregnet til at ligge i intervallet -0,3 til 8,3 kW.

På undertavlen for ventilation ses, at effektoptaget er spændingsafhængigt, og her er der en besparelse på 0,6-1,0 kW ved lav spænding i forhold til ved høj spænding.

Det er hovedsageligt en ureguleret ventilatormotor, som forårsager besparelsen. Det er konstateret, at den opnåede besparelse på denne motor er ca. 15 gange større end, hvad der kunne forventes ved at bruge kortlægningsværktøjet. Der ses ikke et fald i omdrejningstal, som forklarer dette.

I kælderen er der dokumenteret en besparelse på ca., 0,4 kW på belysningsanlæg med 36W lysstofrør. Der er overensstemmelse mellem målinger og forventninger her. Dog er der konstateret en besparelse på en gruppe der forsyner sparepærer, hvilket er uventet.

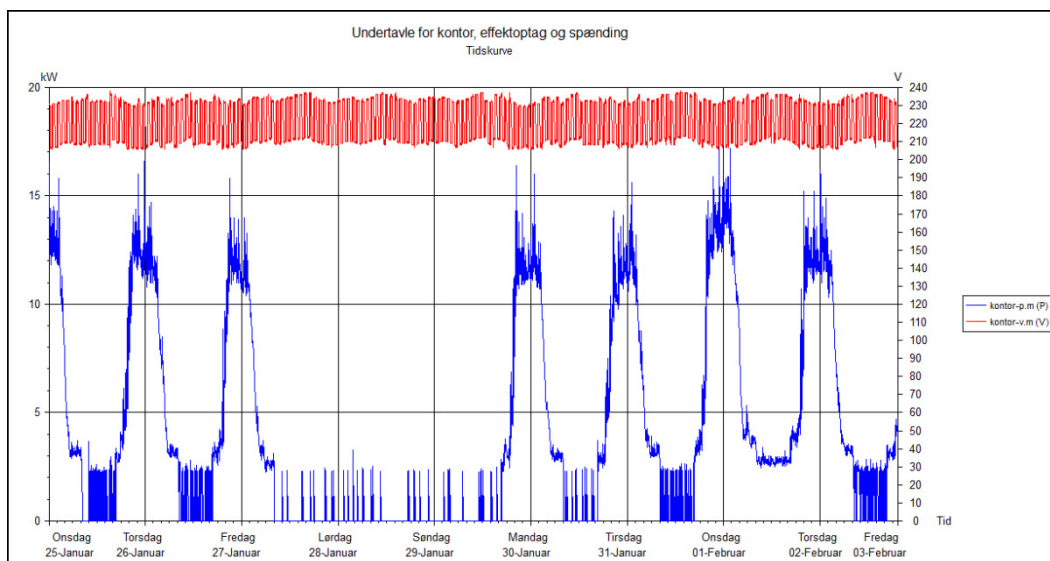
Undertavlerne for køkken og kontor viser ingen eller meget lille effektreduktion ved spændingssænkning, hvilket stemmer overens med forventningerne ud fra kortlægningen.

I forbindelse med opgørelserne er det undersøgt, hvordan besparelsen typisk dokumenteres i forbindelse med etablering af spændingssænkingsanlæg. Der foretages typisk en intervaltest af 7-10 dages varighed. Effektmålingerne sorteres efter hhv. høj og lav spænding og forbruget sammenlignes.

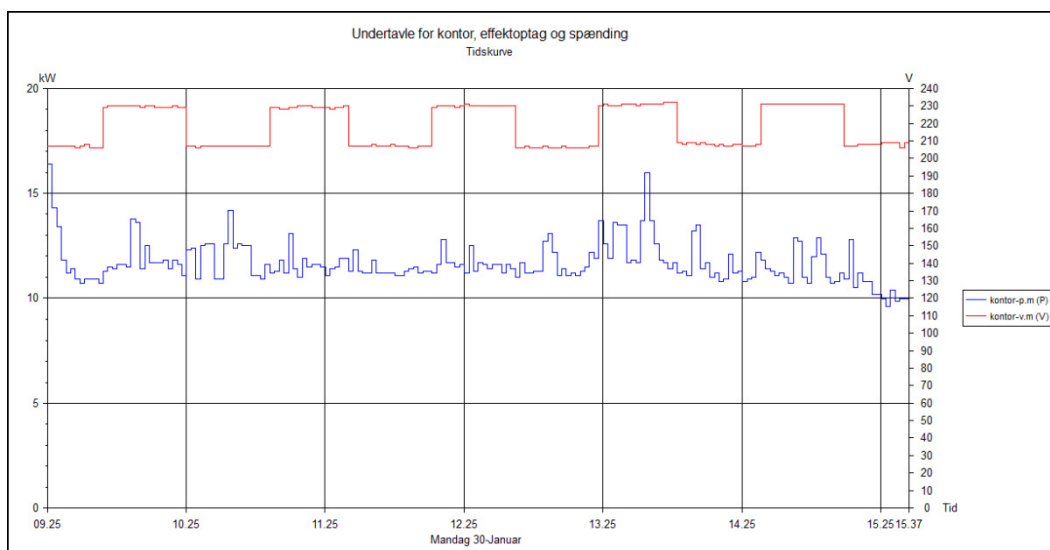
Der er ikke en praksis for, at der tages stilling til spredningen af måleværdierne. Hvis forbruget – af andre grunde end spændingsregulering – varierer meget i løbet af måleperioden vil sikkerheden i opgørelsen af besparelsen være mindre, end hvis der er lille variation i forbruget. Det anbefales at tage dette i betragtning fremadrettet, når besparelsen gøres op, så der bedre kan skelnes mellem tilfældighed på grund af stort udsving i forbrug og den egentlige effekt af spændingssænkningen.

Bilag 1. Undertavler

1. Undertavle for kontor



Figur 5: Effektoptag ("kontor-P.m") og spænding ("kontor-V.m") for kontorundertavle.



Figur 6: Zoom for kontorundertavle. Forbrug i højlastperiode

Højlastperiode, $P > 10$ kW, høj spænding	
Effektoptag P middelværdi	12,2 kW
Relativ præcision	$\pm 1,0$ %
Præcision i kW	$\pm 0,1$ kW

Dvs. middelværdierne for effekterne ved høj spænding er med 99% sandsynlighed 12,2 kW $\pm 0,1$ kW.

Højlastperiode, $P > 10$ kW, lav spænding	
Effektoptag P middelværdi	11,9 kW
Relativ præcision	$\pm 1,0$ %
Præcision i kW	$\pm 0,1$ kW

Dvs. middelværdierne for effekterne ved lav spænding er med 99% sandsynlighed 11,9 kW \pm 0,1 kW.

Grænsen på 10 kW er valgt for at snævre måleområdet ind og dermed øge præcisionen. Hvis vi vælger et bredere område og ser på effektoptag over 4 kW (svarende til de effektoptag vi ser i dagtimerne på hverdage) bliver resultaterne:

Højlastperiode, P>4 kW, høj spænding	
Effektoptag P middelværdi	10,1 kW
Relativ præcision	\pm 3,2 %
Præcision i kW	\pm 0,3 kW

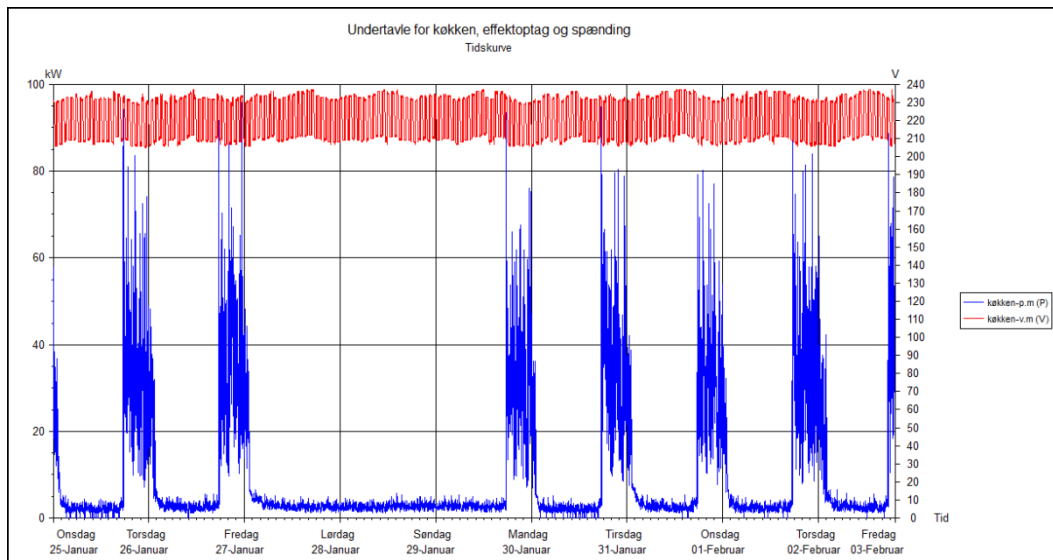
Dvs. middelværdierne for effekterne ved høj spænding er med 99% sandsynlighed 10,1 kW \pm 0,3 kW

Højlastperiode, P>4 kW, lav spænding	
Effektoptag P middelværdi	10,1 kW
Relativ præcision	\pm 2,9 %
Præcision i kW	\pm 0,3 kW

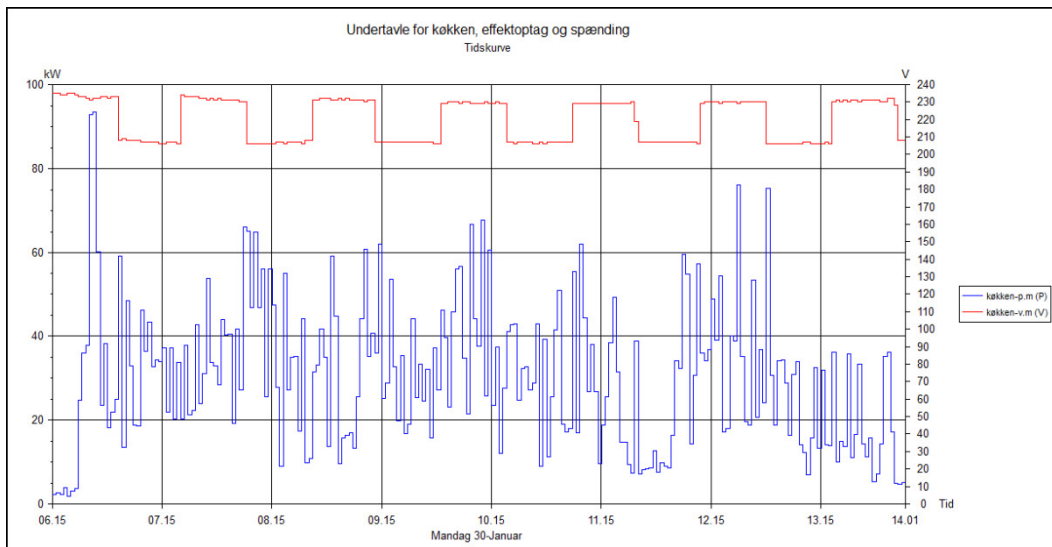
Dvs. middelværdierne for effekterne ved lav spænding er med 99% sandsynlighed 10,1 kW \pm 0,3 kW

Se kortlægning i bilag 2.

2. Undertavle for køkken



Figur 7: Effektoptag ("køkken-P.m") og spænding ("køkken-V.m") for køkkenundertavle.



Figur 8: Zoom for køkkenundertavle. Forbrug i højlastperiode

Højlastperiode, $P > 10$ kW, høj spænding	
Effektoptag P middelværdi	34,5 kW
Relativ præcision	$\pm 4,9$ %
Præcision i kW	$\pm 1,7$ kW

Dvs. middelværdierne for effekterne ved høj spænding er med 99% sandsynlighed 34,5 kW \pm 1,7 kW.

Højlastperiode, $P > 10$ kW, lav spænding	
Effektoptag P middelværdi	33,3 kW
Relativ præcision	$\pm 4,5$ %
Præcision i kW	$\pm 1,5$ kW

Dvs. middelværdierne for effekterne ved lav spænding er med 99% sandsynlighed 33,3 kW \pm 1,5 kW.

Grænsen på 10 kW er valgt for at snævre måleområdet ind og dermed øge præcisionen. Hvis vi vælger et bredere område og ser på effektoptag over 5 kW (svarende til de effektoptag vi ser i dagtimerne på hverdage) bliver resultaterne:

Højlastperiode, $P > 5$ kW, høj spænding	
Effektoptag P middelværdi	30,5 kW
Relativ præcision	$\pm 5,6$ %
Præcision i kW	$\pm 1,7$ kW

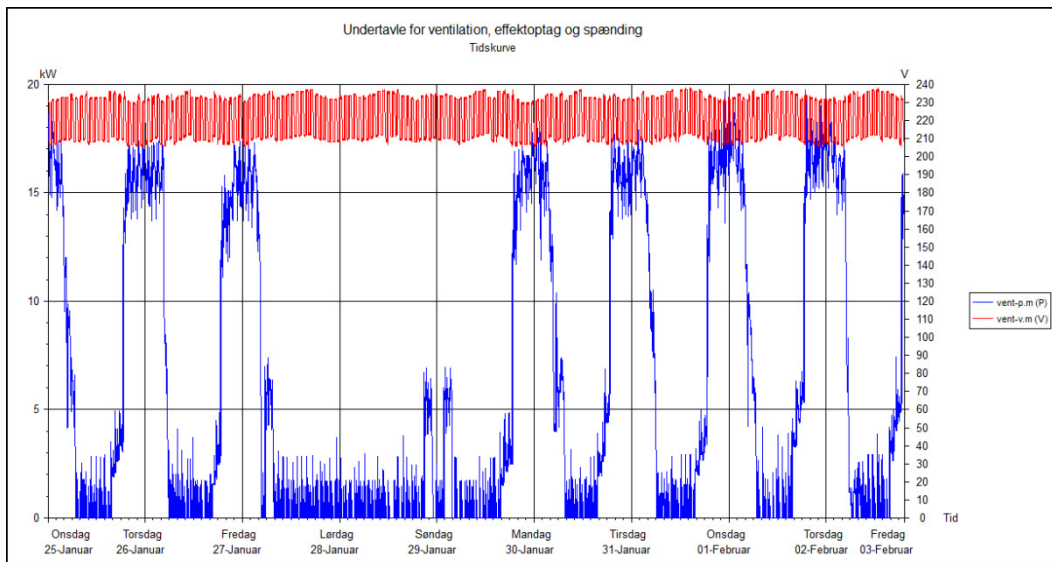
Dvs. middelværdierne for effekterne ved høj spænding er med 99% sandsynlighed 30,5 kW \pm 1,7 kW

Højlastperiode, $P > 5$ kW, lav spænding	
Effektoptag P middelværdi	30,0 kW
Relativ præcision	$\pm 5,2$ %
Præcision i kW	$\pm 1,5$ kW

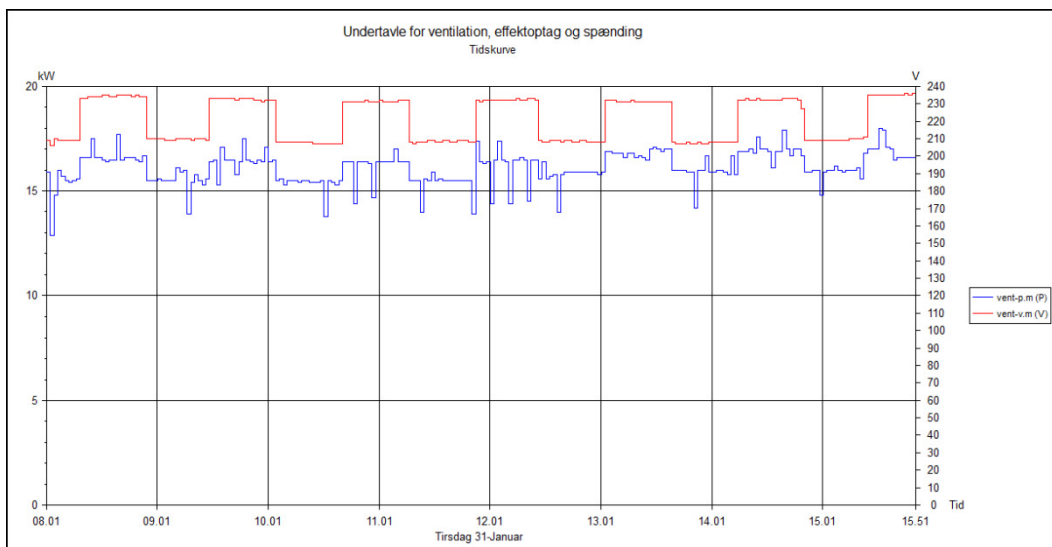
Dvs. middelværdierne for effekterne ved lav spænding er med 99% sandsynlighed $30,0 \text{ kW} \pm 1,5 \text{ kW}$

Se kortlægning i bilag 2.

3. Undertavle for ventilation



Figur 9: Effektoptag ("vent-P.m") og spænding ("vent-V.m") for ventilationsundertavle.



Figur 10: Zoom for ventilationsundertavle. Forbrug i højlastperiode

Højlastperiode, P>11 kW, høj spænding	
Effektoptag P middelværdi	16,1 kW
Relativ præcision	±0,8 %
Præcision i kW	±0,1 kW

Dvs. middelværdierne for effekterne ved høj spænding er med 99% sandsynlighed 16,1 kW ±0,1 kW.

Højlastperiode, P>11 kW, lav spænding	
Effektoptag P middelværdi	15,3 kW
Relativ præcision	±0,8 %
Præcision i kW	±0,1 kW

Dvs. middelværdierne for effekterne ved lav spænding er med 99% sandsynlighed 15,3 kW ±0,1 kW.

Grænsen på 11 kW er valgt for at snævre måleområdet ind og dermed øge præcisionen. Hvis vi vælger et bredere område og ser på effektoptag over 4 kW (svarende til de effektoptag vi ser i dagtimerne på hverdage) bliver resultaterne:

Højlastperiode, P>4 kW, høj spænding	
Effektoptag P middelværdi	13,8 kW
Relativ præcision	±2,5 %
Præcision i kW	±0,3 kW

Dvs. middelværdierne for effekterne ved høj spænding er med 99% sandsynlighed 13,8 kW ±0,3 kW

Højlastperiode, P>4 kW, lav spænding	
Effektoptag P middelværdi	12,8 kW
Relativ præcision	±2,5 %
Præcision i kW	±0,3 kW

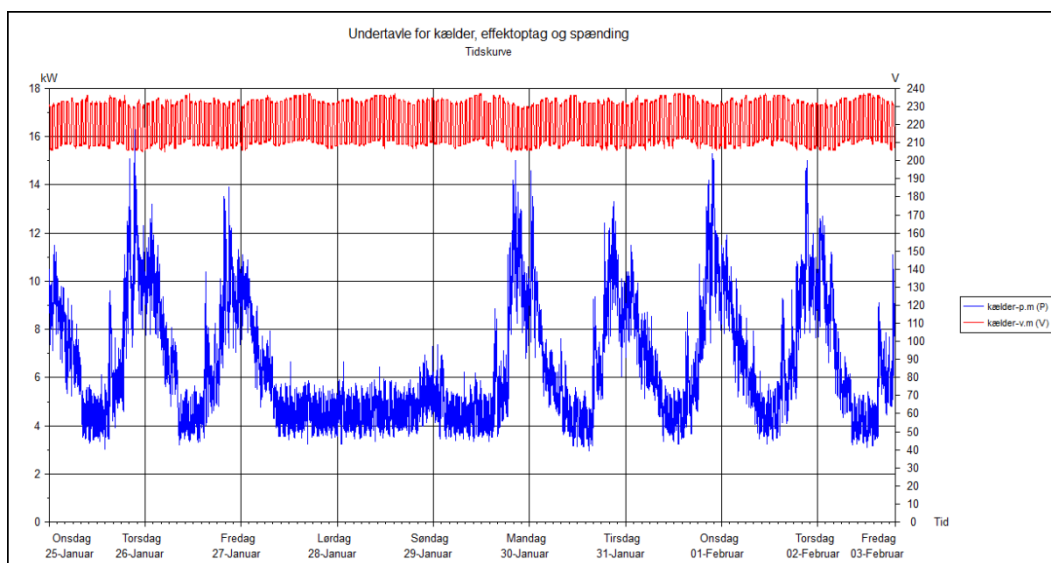
Dvs. middelværdierne for effekterne ved høj spænding er med 99% sandsynlighed 12,8 kW ±0,3 kW

I det grove interval med mindst præcision, dvs. effekter > 4 kW, kan vi således med stor sikkerhed dokumentere, at besparelsen ligger mellem 0,4 - 1,6 kW.

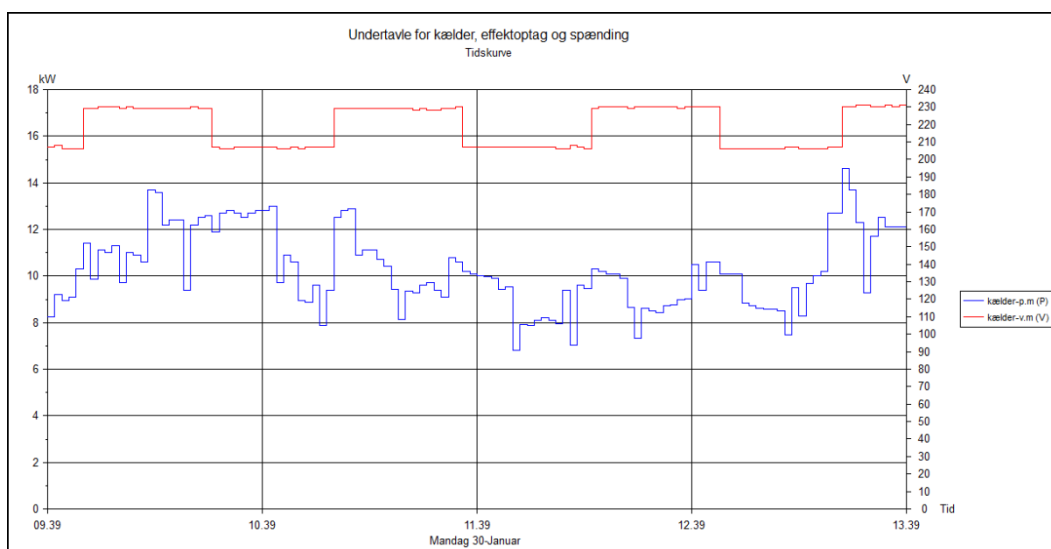
Hvis vi tager udgangspunkt i måleintervallet med bedre præcision, dvs. effekter > 11 kW, kan vi afgrænse det yderligere til 0,6 - 1,0 kW.

Se kortlægning i bilag 2.

4. Undertavle for kælder



Figur 11: Effektoptag ("kælder-P.m") og spænding ("kælder-V.m") for kælderrundertavle.



Figur 12: Zoom for kælderrundertavle. Forbrug i højlastperiode

Højlastperiode, $P > 10$ kW, høj spænding	
Effektoptag P middelværdi	11,5 kW
Relativ præcision	$\pm 1,4$ %
Præcision i kW	$\pm 0,16$ kW

Dvs. middelværdierne for effekterne ved høj spænding er med 99% sandsynlighed 11,5 kW $\pm 0,2$ kW.

Højlastperiode, $P > 10$ kW, lav spænding	
Effektoptag P middelværdi	11,1 kW
Relativ præcision	$\pm 1,4$ %
Præcision i kW	$\pm 0,16$ kW

Dvs. middelværdierne for effekterne ved lav spænding er med 99% sandsynlighed 11,1 kW \pm 0,2 kW.

Grænsen på 10 kW er valgt for at snævre måleområdet ind og dermed øge præcisionen. Hvis vi vælger et bredere område og ser på effektoptag over 6 kW (svarende til de effektoptag vi ser i dagtimerne på hverdage) bliver resultaterne:

Højlastperiode, P>6 kW, høj spænding	
Effektoptag P middelværdi	9,0 kW
Relativ præcision	\pm 1,6 %
Præcision i kW	\pm 0,14 kW

Dvs. middelværdierne for effekterne ved høj spænding er med 99% sandsynlighed 9,0 kW \pm 0,14 kW

Højlastperiode, P>6 kW, lav spænding	
Effektoptag P middelværdi	8,6 kW
Relativ præcision	\pm 1,5 %
Præcision i kW	\pm 0,13 kW

Dvs. middelværdierne for effekterne ved høj spænding er med 99% sandsynlighed 8,6 kW \pm 0,13 kW

Besparelsen ligger dermed i intervallet 0,4 - 0,7 kW.
Se kortlægning i bilag 2.

Bilag 2. Kortlægninger

Registreringsskema		Sag:		Område: Total optælling		Rådgiver: CMA					
		Køkken, Jægergården i Aarhus									
lokale	Drifts timer	Effekt forbrug		Drifts timer		Forbrug ialt kWh/år:					
		kW enhed	Ar enhed	Tir dag	Da år	Ar driftimer	kWh pr. år	Reg. metode			
		10	2	20,00	4	220	880	17600	22,0	Effekt ca. 20 kW. Men belastning varierer meget. Vurderet gennemsnitlig effekt i driftsiden	
Køkken	Rational ovn										
	Gram køleskabe	0,3	5	1,50	24	365	8760	13140	16,4		
	Disk køleskabe	0,3	4	1,20	12	220	2640	3168	4,0		
	Kogeplader		5	1	5,00	4	220	880	4400		5,5
	Emrhætte	0,3	2	0,60	6	220	1320	792	1,0		
	Industriopvaskemaskine, drift	8	1	8,00	4	220	880	7040	8,8		
	Industriopvaskemaskine, parat til stand	2	1	2,00	8	220	1760	3520	4,4		
	Kølerum 1 og 2 (komp. på tag)	1	1	1,00	7	365	2555	2555	3,2		
	Frostum i kælder (komp. på tag)	3	1	3,00	7	365	2555	7665	9,6		
	Mikroovn	2	1	2,00	1	100	100	200	0,3		
	Røremaskine, kaffebryggere mv.	6	1	6,00	4	220	880	5280	6,6		
	Sparepærer	0,013	48	0,62	10	220	2200	1372,8	1,7		
	Lysstolter m. elektronisk forbobling	0,018	54	0,97	10	220	2200	2138,4	2,7		
				0,00			0	0	0,0		
				0,00			0	0	0,0		
				0,00			0	0	0,0		
				0,00			0	0	0,0		
				0,00			0	0	0,0		
				0,00			0	0	0,0		
				0,00			0	0	0,0		
				0,00			0	0	0,0		
Sum total		27,931	120	51,896				68.871	8,6		

Registreringsskema		Sag:		Område: Total optælling				Rådgiver: CMA			
		Ventilation, Jæggergården i Aarhus									
lokale	Effekt forbrug	Driftstimer		Forbrug ialt kWh/år:		Reg. metode					
		Opst. kW pr. enhed	Påtry. PÅtry.	Årlig driftstimer	pr. år kWh		% total				
	enhed	enhed	Årlig driftstimer	pr. år kWh	% total	Reg. metode					
VE01, udsugningsventilator	0,380	0,45	1	0,38	1140	2,5	Ej frekvensreguleret				
VE01, indblæsningsventilator	1,860	2,2	1	1,86	5580	12,4	Frekvensreguleret				
VE01, udsugningsventilator	1,860	2,2	1	1,86	5580	12,4	Frekvensreguleret				
UPS pumpe ved VE01	0,030	0,03	1	0,03	90	0,2	Trin 1				
UP pumpe ved APV varmeveksler til brugsvand	0,075	0,075	1	0,08	225	0,5					
VE02, udsugningsventilator	2,000	2	1	2,00	6000	13,3	Frekvensreg.				
VE02, indblæsningsventilator	2,000	2	1	2,00	6000	13,3	Frekvensreguleret				
UPS pumpe ved VE02	0,045	0,045	1	0,05	135	0,3	Trin 2				
VE03, udsugningsventilator	0,930	1,1	1	0,93	3000	6,2	Frekvensreguleret				
VE03, indblæsningsventilator	0,930	1,1	1	0,93	3000	6,2	Frekvensreguleret				
UPS pumpe til VE03	0,050	0,05	1	0,05	150	0,3	Frekvensreguleret				
UPS pumpe til VE03	0,045	0,045	1	0,05	3000	135	0,3	Trin 2			
UPS pumpe til VE03	0,065	0,065	1	0,07	3000	195	0,4	Trin 2			
VE05 indblæsningsventilator	1,300	1,5	1	1,30	3900	8,7	Frekvensreguleret				
VE05 udsugningsventilator	1,300	1,5	1	1,30	3900	8,7	Frekvensreguleret				
UPS pumpe til VE05	0,060	0,06	1	0,06	3000	180	0,4	Trin 3			
VU04	0,380	0,45	1	0,38	3000	1140	2,5	Ej frekvensreguleret			
VE04 indblæsningsventilator	1,900	2,2	1	1,90	5700	12,7	Frekvensreguleret				
VE04 udsugningsventilator	1,900	2,2	1	1,90	5700	12,7	Frekvensreguleret				
UPS pumpe til VE04	0,045	0,045	1	0,05	3000	135	0,3	Trin 2			
Exhausto punktudsug	0,200	0,4	1	0,20	600	1,3	Ej frekvensreguleret				
Udsugningsventilator til atriumgård	2,500	5	1	2,50	3000	7500	16,7	Ej frekvensreguleret			
Lys, 36W, med elektronisk forkobling	0,036	0,036	30	1,08	54	0,1					
Udsugning fra køkken	0,220	0,6	1	0,22	3000	660	1,5	Ej frekvensreguleret			
				0,00	0	0,0					
				0,00	0	0,0					
				0,00	0	0,0					
sum total	19,731		52	21,155	60.279	134					

Sag: Område: Total optælling Rådgiver: CMA

Kælder, Jægergården i Aarhus

Registreringsskema

lokale	Effekt forbrug				Driftstimer				Forbrug ialt kWh/år				Reg. metode
	kWh	enhed	antal	kWh	Tir	Da	år	drifttimer	pr. år	kWh	%	total	
Kælder													
Pumper	0.5	11	5.50	15	365	5475			30112.5	54.8			
Sparepærer	0.013	30	0.39	10	220	2200			858	1.6			
Små lysstofrør med elektronisk forkobling	0.018	36	0.65	10	220	2200			1425.6	2.6			
Lysstofrør uden elektronisk forkobling	0.036	60	2.16	10	220	2200			4752	8.6			
PC'er og kontorudstyr, estimeret	1	1	1.00	10	220	2200			2200	4.0			
Elevatører	7.5	2	15.00	4.5	220	990			14850	27.0			Beregnet ved hjælp af KONE quick Energy
Vaskemaskine			0.00			0			1000	1.8			Estimat
Pappresse			0.00			0			3000	5.5			Estimat
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
			0.00			0			0	0.0			
sum total	8.567	129	24.698						58.198	106			

Motorenes mærkeeffekt kW	Belastnings- grad i %	Antal	Periode 1			Periode 2			Periode 3			Sum periode 1-3				
			Belastning kW	Driftstid h/år	Eforbrug kWh/år	Besparelse kWh/år	Belastning kW	Driftstid h/år	Eforbrug kWh/år	Besparelse kWh/år	Belastning kW	Driftstid h/år	Eforbrug kWh/år	Besparelse kWh/år	Eforbrug kWh/år	Besparelse kWh/år
0-10	0-5				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0-5				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0-5				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6-15				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6-15				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6-15				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	16-40				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	16-40				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	16-40	1		0,60	3000	1.800	130	0	0	0	0	0	0	0	1.800	130
	40-	2		0,45	3000	2.700	56	0	0	0	0	0	0	0	2.700	56
	40-	1		0,03	3000	90	2	0	0	0	0	0	0	0	90	2
	40-	1		0,08	3000	225	5	0	0	0	0	0	0	0	225	5
	40-	4		0,05	3000	540	11	0	0	0	0	0	0	0	540	11
40-	1		0,07	3000	195	4	0	0	0	0	0	0	0	195	4	
40-	1		0,06	3000	180	4	0	0	0	0	0	0	0	180	4	
40-	1		0,40	3000	1.200	25	0	0	0	0	0	0	0	1.200	25	
1,1-4	0-5				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0-5				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0-5				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6-15				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6-15				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6-15				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	16-40				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	16-40				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	16-40	1		2,50	3000	7.500	77	0	0	0	0	0	0	0	7.500	77
	40-					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40-					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40-					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sum af motorer		13			14.430	313								14.430	313

Watt	Periode 1				Periode 2				Periode 3				Sum periode 1-3	
	Antal	Driftstid h/år	Eforbrug kWh/år	Besparelse kWh/år	Antal	Driftstid h/år	Eforbrug kWh/år	Besparelse kWh/år	Antal	Driftstid h/år	Eforbrug kWh/år	Besparelse kWh/år	Eforbrug kWh/år	Besparelse kWh/år
18			0	0			0	0			0	0	0	0
18			0	0			0	0			0	0	0	0
18			0	0			0	0			0	0	0	0
18			0	0			0	0			0	0	0	0
18			0	0			0	0			0	0	0	0
36	30	50	68	14			0	0			0	0	68	14
36			0	0			0	0			0	0	0	0
36			0	0			0	0			0	0	0	0
36			0	0			0	0			0	0	0	0
36			0	0			0	0			0	0	0	0
58			0	0			0	0			0	0	0	0
58			0	0			0	0			0	0	0	0
58			0	0			0	0			0	0	0	0
58			0	0			0	0			0	0	0	0
58			0	0			0	0			0	0	0	0
Sum	30		68	14	0		0	0	0		0	0	68	14

Lysstofør,
konv. forkobling

Bilag 3. Kort beskrivelse af Elforsk-projekt nr. 343-004:

Spændingsstyring i erhvervsvirksomheder –værktøj til fastlæggelse af muligheder og besparelspotentiale

Formålet med projektet

Projektets formål har været at vurdere, i hvilket omfang der kan spares elenergi ved at sænke spændingen. Det har endvidere været formålet at udvikle et værktøj til energirådgivere og virksomheder til vurdering af, om en konkret virksomhed med fordel vil kunne reducere spændingsniveauet. Desuden har erfaringerne skullet formidles, så spændingsstyring kan vælges der, hvor det er teknisk-økonomisk optimalt.

Aktiviteter

Ved projektets start var der en del usikkerhed om, hvad en lavere spænding betyder for elmotorers elforbrug. Der er derfor hos Teknologisk Institut gennemført laboratorie-undersøgelser af asynkronmotorers spændingsafhængighed. Der er målt på fem direkte forsynede motorer samt på en motor, forsynet fra frekvensomformer og motorer med usymmetrisk spændingsforsyning.

Lyskildernes spændingsafhængighed var bedre kendt, da projektet startede, men der manglede pålidelige tal for størrelsen denne afhængighed. Teknologisk Institut har derfor målt på en række forskellige lyskilde med forskellige forkoblinger ved spændinger i intervallet 190-254 V.

Med de to laboratorieundersøgelser som grundlag er der udarbejdet et værktøj til vurdering af besparelsemulighederne i konkrete installationer. Værktøjet er bl. a. afprøvet i den århusianske kontorejendom Jægergården, der anvender spændingssænkende udstyr, og i Københavns Lufthavne i Kastrup, hvor spændingen er sænket med brug af 10/0,4 kV transformernes trinkoblere. Erfaringerne med værktøjet har været, at det er nemt at bruge og at brugervejledningen (guiden) er nyttig.

Projektets resultater er løbende formidlet gennem en serie rapporter, foredrag og artikler. Projektet påbegyndtes i marts 2011 og afsluttedes november 2012.

Værktøjet

Der er udarbejdet et regnearks-baseret værktøj til fastlæggelse af muligheder og besparelspotentialer ved spændingsstyring i en konkret virksomhed eller et bygningsområde. For lyskilder, der påvirkes af en spændingssænkning, skal man opgøre antal lyskilder og drifts-tiden pr. type og wattage. For direkte forsynede asynkronmotorer, der er lavt belastede, skal motorernes effektoptag og driftstid opgøres. De samme to oplysninger – effektoptag og

driftstid – skal opgøres for de elvarmelegemer, hvis elforbrug er spændingsafhængigt. Ud fra disse oplysninger beregner værktøjet elbesparelsen og økonomien ved den planlagte spændingssænkning.

Vejledningen til værktøjet findes i værktøjet selv samt i rapporten "Guide til spændingsstyring i erhvervsvirksomheder". Den nyeste version af værktøjet kan hentes fra www.elforsk.dk under projekt nr. 343-004.

Rapporter

Laboratiemålinger af asynkronmotorers spændingsafhængighed. Januar 2012.

Rapporten beskriver målinger, der hos Teknologisk Institut er gennemført på en række motorer. Målingerne omfatter optagen effekt og motortab samt øvrige elektriske data ved seks spændingsniveauer i intervallet 330 – 440 V (fasespænding 191 – 254 V). Målingerne er udført på tre nye motorer på 1,1, 5,5 og 18,5 kW samt på to ældre på 5 og 18,5 kW, alle direkte forsynede. Der er endvidere målt på en 4 kW motor, forsynet via frekvensomformer. Målingerne er udført med symmetriske spændinger, og for 4 kW samt 5,5 kW motoren er der også målt ved usymmetrisk spænding.

Laboratiemålinger af lyskilders spændingsafhængighed. April 2012. Effektoptaget og belysningsstyrken er målt for en række lyskilder ved spændinger fra 190 V til 254 V. Målingerne er udført af Teknologisk Institut og har omfattet lysstofrør, kompakt-lystofrør, kviksløvdampplamper, højtryksnatriumlamper og metalhalogenlamper, alle med dels konventionelle forkoblinger, dels elektroniske forkoblinger. Desuden er der målt på en LED lyskilde samt på en glødelampe.

Guide til spændingsstyring i erhvervsvirksomheder. November 2012. Guiden beskriver i tekst og ved rutediagram, hvordan besparelsesmulighederne analyseres og kortlægges med brug af værktøjet. Herunder beskrives også vurderingen af den mulige spændingssænkning. I guidens del II er der en generel beskrivelse af spændingssænkning og hvordan besparelsen kontrolleres. Der omtales en række vigtige forhold ud over økonomien. Desuden omtales alternative besparelsesmuligheder, og der gives en række gode råd.

Effekten af spændingssænkning i Jægergården, Aarhus. November 2012

Der er foretaget målinger på den kommunale ejendom Jægergården i Aarhus. I lavlastperioder er effektoptaget ikke afhængigt af spændingsniveauet. I højlastperioder er der opnået en besparelse på 2%. Målingerne er foretaget efter, at en del af lysinstallationen er fornyet med rør med elektroniske forkoblinger, hvor der ikke spares noget.

Eksempler på elbesparelser ved spændingsstyring i kommunale bygninger. November 2012

Rapporten beskriver elbesparelsen og økonomien i seks bygninger, hvor der er installeret spændingssænkende udstyr. Elbesparelsen er opgjort ved målinger – udført af PSS Energy – af bygningernes optagne eleffekt med det spændingssænkende udstyr skiftevis indkoblet og udkoblet.

Spændingsregulering. Københavns Lufthavne. November 2012

Københavns Lufthavne startede i 2010 med at sænke det generelle spændingsniveau. Der afprøvedes flere typer spændingssænkende udstyr, men det valgtes at sænke spændingen til ca. 220 Volt med brug af transformernes trinkobler. Pr. august 2012 er spændingen sænket for ca. 60% af lufthavnens elforbrug, og besparelsen opgøres til ca. 3% af lufthavnens samlede elforbrug. Rapporten beskriver erfaringerne og analyserer de opnåede elbesparelser i to butikker i lufthavnens shoppingcenter og i et parkeringshus. Desuden analyseres besparelspotentialer i Hilton hoteller, hvor spændingen endnu ikke er sænket.

Artikel

Sænk spændingen og spar på elektriciteten. HVAC nr. 3. 2012.

Projektgruppe

Dansk Energi Analyse A/S	Mogens Johansson (projektleder)
Københavns Lufthavne A/S	Hans Andersen
	Jesper Siegmann
Kuben Management	Søren Juul Hansen (fra april 2012) Jesper Hansson (til marts 2012)
Lokalenergi	Christina Monrad Andersen (fra januar 2012) Jonas Lassen (til december 2011)
Teknologisk Institut	Claus Hvenegaard J. C. Sørensen

Følgegruppe

Leverandører	Finn Christensen, Wattguard Kristoffer L. Bech, ABB Jørgen Nielsen, PSS Energy Morten Nyholm, TecPartnering Torben Steen Jensen, Mariendal electrics
Elnet	Niels Chr. Nordentoft, Dansk Energi Stig Kortsen, DONG Energy
Rådgivere	Henning Højte Hansen, Balslev Kenneth Søgaard, Moe & Brødskov
Elforsk	Jørn Borup Jensen, Dansk Energi