

Eksempler på elbesparelser ved spændingsstyring i kommunale bygninger

Delrapport til
Elforsk PSO-projekt nr. 343-004

November 2012

Eksempler på elbesparelser ved spændingsstyring i kommunale bygninger

Forfatter: Christina Monrad Andersen, Lokal Energi

November 2012

Indholdsfortegnelse

| | |
|---|----|
| Indholdsfortegnelse..... | 2 |
| Sammenfatning | 3 |
| 1 Introduktion | 4 |
| 2 Bygning 1, administration..... | 5 |
| 3 Bygning 2, rådhus | 7 |
| 4 Bygning 3, gymnasium | 9 |
| 5 Bygning 4, skole | 10 |
| 6 Bygning 5, skole | 12 |
| 7 Bygning 6, hovedbibliotek | 13 |
| Bilag 1. Kort beskrivelse af Elforsk-projekt nr. 343-004: | 15 |

Sammenfatning

Resultaterne i denne eksempelsamling er sammenfattet i tabellerne herunder. Eksemplerne omfatter spændingsstyring i nyere og ældre kommunale ejendomme, hvoraf nogle er renoveret.

| Bygn. nr. | Anvendelse | Alder | Renoveret | Effektred. /sp.ændring |
|------------------|-------------------|--------------|------------------|-------------------------------|
| 1 | Administration | >30 år | Ja | 0,92 |
| 2 | Rådhus | >30 år | Lidt | 1,00 |
| 3 | Gymnasium | <10 år | Ny | 0,20 |
| 4 | Skole | >30 år | Lidt | 0,91 |
| 5 | Skole | >30 år | Ja | 0,59 |
| 6 | Bibliotek | >30 år | Lidt | 1,57 |

Figur 1: Bygningernes anvendelse, alder og grad af renovering

| Bygn. nr. | Investering 1.000 kr. | Aflæst max. effekt, kW | Beregnet TBT, år | Relativ investering, kr./kW |
|------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| 1 | 350 | 200 | 6,2 | 1.750 |
| 2 | 353 | 205 | 4,3 | 1.722 |
| 3 | 271 | 152 | 9,7 | 1.783 |
| 4 | 225 | 150 | 7,6 | 1.500 |
| 5 | 205 | 23 | 14,6 | 8.913 |
| 6 | 280 | 110 | 4,8 | 2.545 |

Figur 2: Økonomi og tilbagebetalingstider

Effektreduktionen i bygningerne har været tæt på 1% pr. procent spændingssænkning, se figur 1 kolonne 5. I bygning 3, gymnasiet, og i bygning 5, en renoveret skole, har den dog været meget lille, formentlig fordi det meste af belysningen er elektronisk styret og elbelastningen derfor ikke påvirkes ret meget af spændingen. Mest spændingsfølsom er elforbruget i bygning 7, biblioteket, med formentlig mange ældre lysanlæg.

Figur 2 viser tilbagebetalingstiden og den relative investering i de seks anlæg. Tilbagebetalingstiden er beregnet på baggrund af de data vi har modtaget fra PSS' intervaltest. Effektreduktionen er opgjort ud fra en antagelse om, at middeleffekterne ved henholdsvis høj og lav spænding er gældende på årsbasis samt en elpris på 1,6 kr./kWh. Investeringerne oplyst af PSS er anvendt. Det ses, at tilbagebetalingstiden ligger meget højt for bygning 5, den renoverede skole.

Spændingsstyringsudstyret har kostet fra 1.500 kr. til 8.900 kr., opgjort pr. kW-maks i den pågældende bygning. Den gennemsnitlige pris har været 3.000 kr.

1 Introduktion

PSS Energy, som er leverandør af udstyr til spændingssænkning, har leveret data for en række bygninger, hvor deres udstyr er installeret.

I det følgende præsenteres oplysninger, som PSS Energy har leveret om bygningerne sammen med data fra intervaltesten, som PSS Energy har foretaget i forbindelse med installationen.

Dataene er efterfølgende blevet analyseret af Lokalenergi. Middelværdierne ved høj og lav spænding er sammenlignet ved hjælp af t-statistik metoden. Med denne metode kan præcisionen af middelværdierne fastlægges indenfor et valgt konfidensinterval. Metoden er nærmere beskrevet i afsnit 9.3 i guidelinen, som er udarbejdet i forbindelse med projektet.

Case materialet repræsenterer et bredt udvalg af bygninger, som har installeret udstyr til spændingssænkning, og der er både "gode" og "dårlige" eksempler i forhold til hvorvidt den forventede besparelse blev opnået.

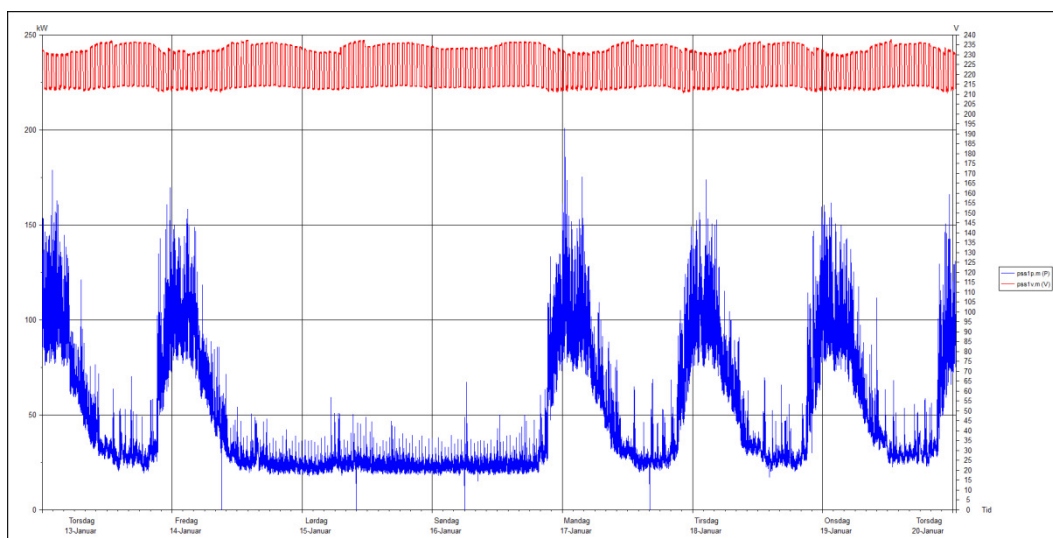
Alfa-værdien, som er opgjort i skemaet for hver bygning, er et udtryk for i hvor høj grad der forventes en effektreduktion i bygningen på baggrund af en indledende kortlægning af udstyr i bygningen.

2 Bygning 1, administration

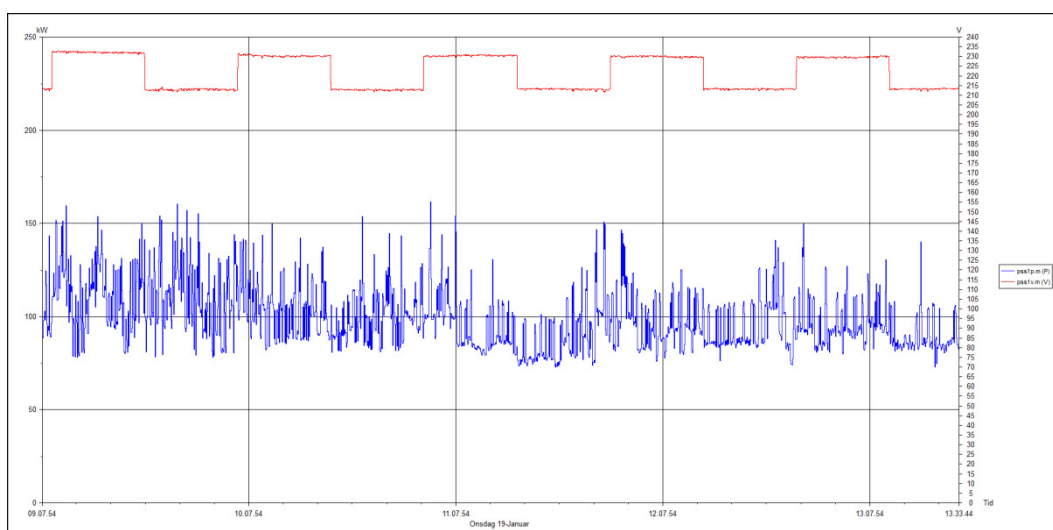
| Bygningstype | Alder | Renoveret indenfor 10 år | Investering |
|----------------|--------|--------------------------|-------------|
| Administration | >30 år | Ja | 350.000 kr. |

| Tilbagebetalingstid | Alfa-Værdi | Lovet besparelse | Opnået |
|---------------------|------------|------------------|--------|
| 5,4 år | 54 % | 6,38 % | 8,4 % |

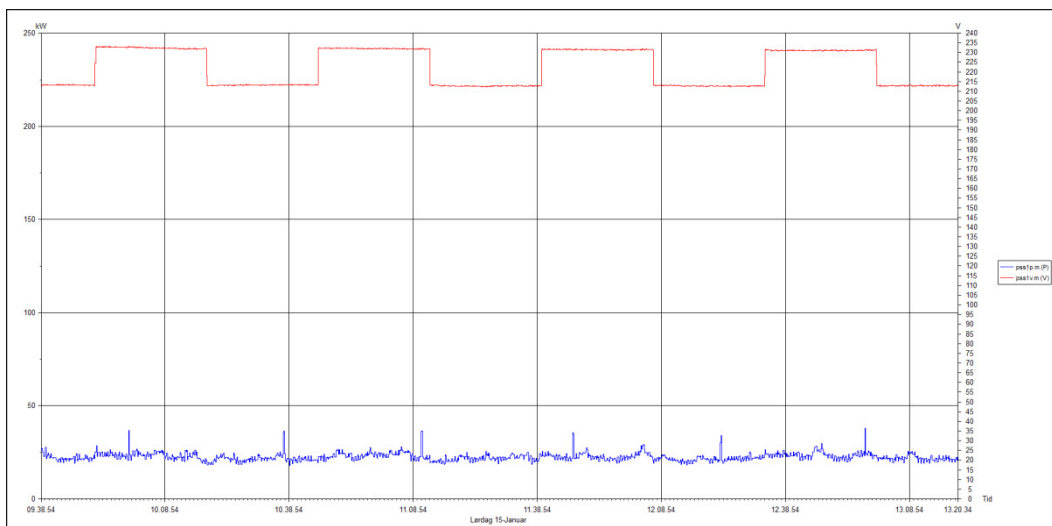
Ovenstående oplysninger om bygningen og installationer er givet af PSS Energy



Figur 3: Effektoptag og spænding fra intervaltest



Figur 4: Zoom for forbrug i højlastperiode



Figur 5: Zoom for forbrug i lavlastperiode

| Høj spænding | |
|---------------------------------------|----------|
| Gennemsnitligt spændingsniveau | 234 V |
| Effektoptag P middelværdi | 48,1 kW |
| Relativ præcision | ±0,6 % |
| Præcision i kW | ±0,29 kW |

Dvs. middelværdien for effekter ved høj spænding er med 90 % sandsynlighed 48,1 kW ±0,29 kW.

| Lav spænding | |
|---------------------------------------|----------|
| Gennemsnitligt spændingsniveau | 213 V |
| Effektoptag P middelværdi | 44,1 kW |
| Relativ præcision | ±0,61 % |
| Præcision i kW | ±0,27 kW |

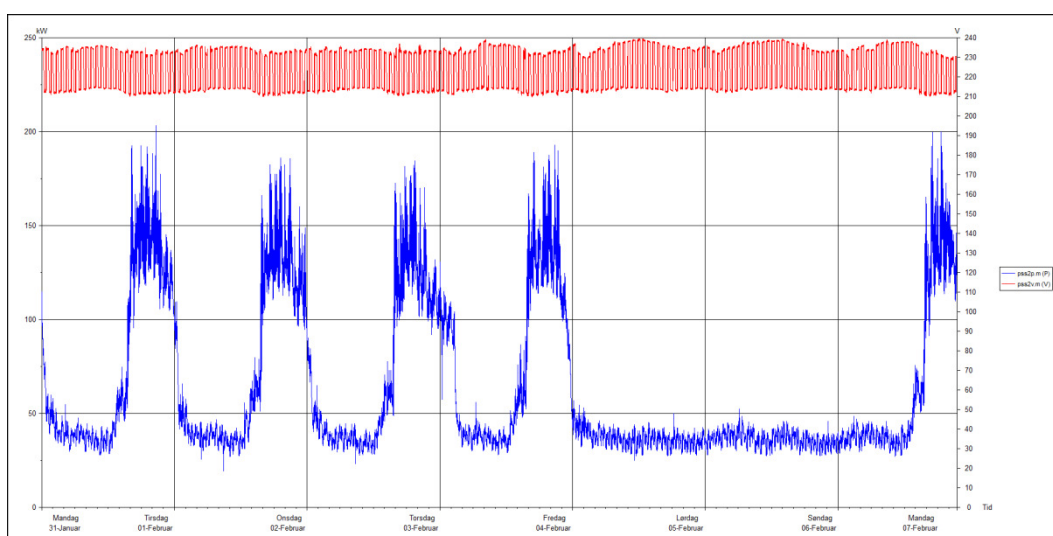
Dvs. middelværdien for effekter ved lav spænding er med 90 % sandsynlighed 44,1 kW ±0,27 kW.

3 Bygning 2, rådhus

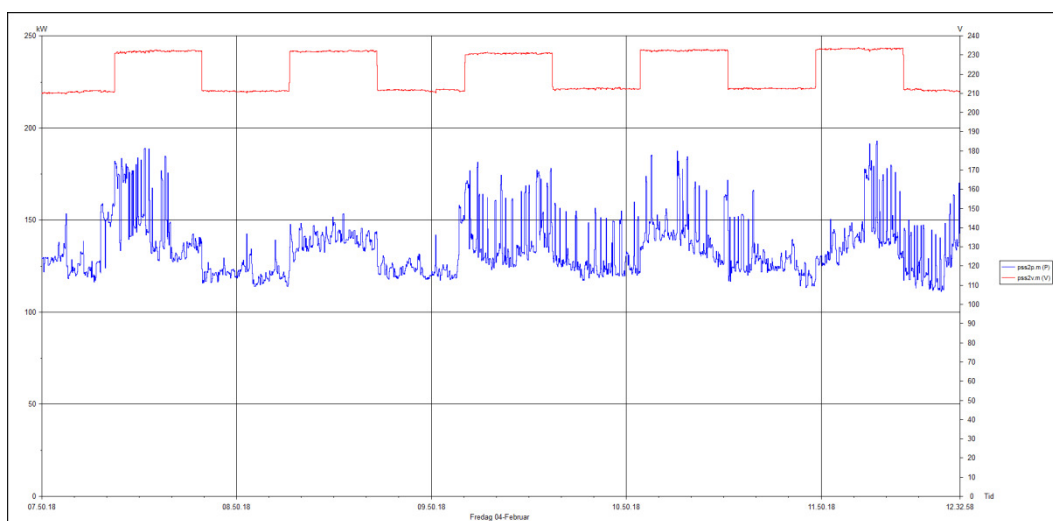
| Bygningstype | Alder | Renoveret indenfor 10 år | Investering |
|---------------------|------------------|---------------------------------|--------------------|
| Rådhus | >30 år | Delvis | 353.000 |

| Tilbagebetalingstid | Alfa-Værdi | Lovet besparelse | Opnået |
|----------------------------|-------------------|-------------------------|---------------|
| 4,9 år | 58 % | 8,58 % | 9,1 % |

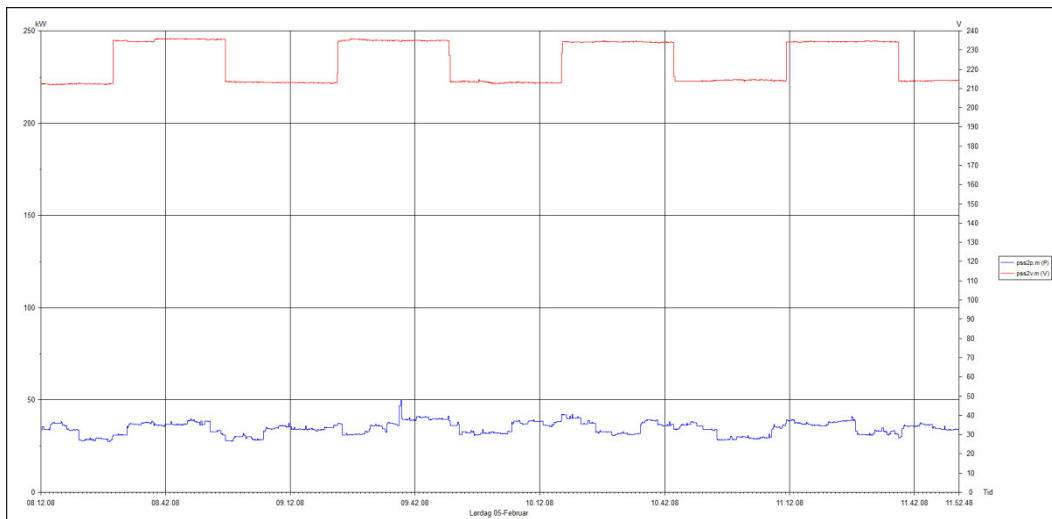
Ovenstående oplysninger om bygningen og installationer er givet af PSS Energy



Figur 6: Effektoptag og spænding fra intervaltest



Figur 7: Zoom for forbrug i højlastperiode



Figur 8: Zoom for forbrug i lavlastperiode

| Høj spænding | |
|---------------------------------------|----------|
| Gennemsnitligt spændingsniveau | 234 V |
| Effektoptag P middelværdi | 64,3 kW |
| Relativ præcision | ±0,61 % |
| Præcision i kW | ±0,39 kW |

Dvs. middelværdien for effekter ved høj spænding er med 90 % sandsynlighed 64,3 kW ±0,39 kW.

| Lav spænding | |
|---------------------------------------|----------|
| Gennemsnitligt spændingsniveau | 213 V |
| Effektoptag P middelværdi | 58,5 kW |
| Relativ præcision | ±0,61 % |
| Præcision i kW | ±0,35 kW |

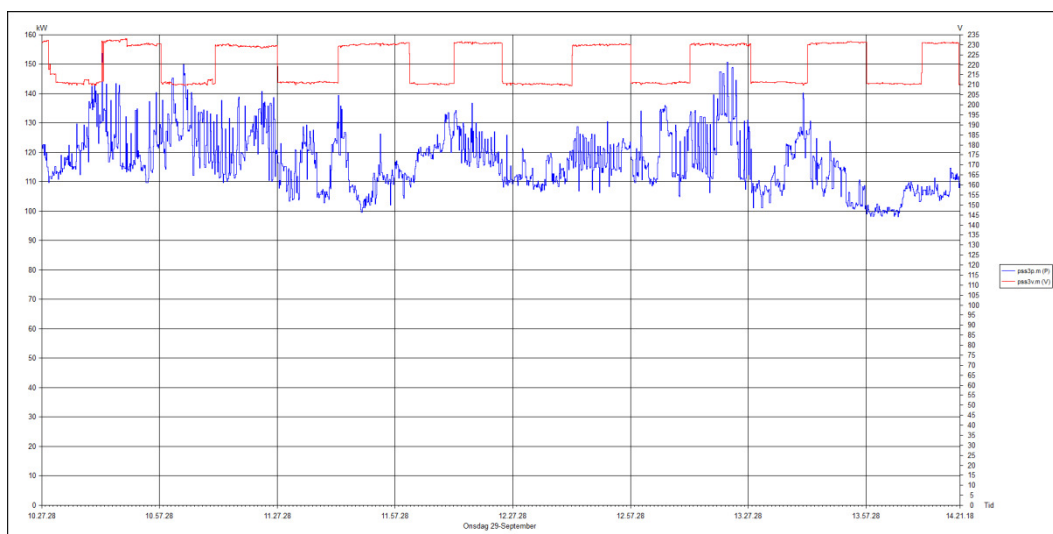
Dvs. middelværdien for effekter ved lav spænding er med 90 % sandsynlighed 58,5 kW ±0,35 kW.

4 Bygning 3, gymnasium

| Bygningstype | Alder | Renoveret indenfor 10 år | Investering |
|---------------------|--------------|---------------------------------|--------------------|
| Gymnasium | < 10 år | Ny | 271.000 kr. |

| Tilbagebetalingstid | Alfa-Værdi | Lovet besparelse | Opnået |
|----------------------------|-------------------|-------------------------|---------------|
| 5,1 år | 32 % | 6,74 % | 1,7 % |

Ovenstående oplysninger om bygningen og installationer er givet af PSS Energy



Figur 9: Effektoptag og spænding fra intervaltest

| Høj spænding | |
|---------------------------------------|----------|
| Gennemsnitligt spændingsniveau | 230 V |
| Effektoptag P middelværdi | 118 kW |
| Relativ præcision | ±0,52 % |
| Præcision i kW | ±0,61 kW |

Dvs. middelværdien for effekter ved høj spænding er med 90 % sandsynlighed 118 kW ±0,61 kW.

| Lav spænding | |
|---------------------------------------|----------|
| Gennemsnitligt spændingsniveau | 211 V |
| Effektoptag P middelværdi | 116 kW |
| Relativ præcision | ±0,55 % |
| Præcision i kW | ±0,63 kW |

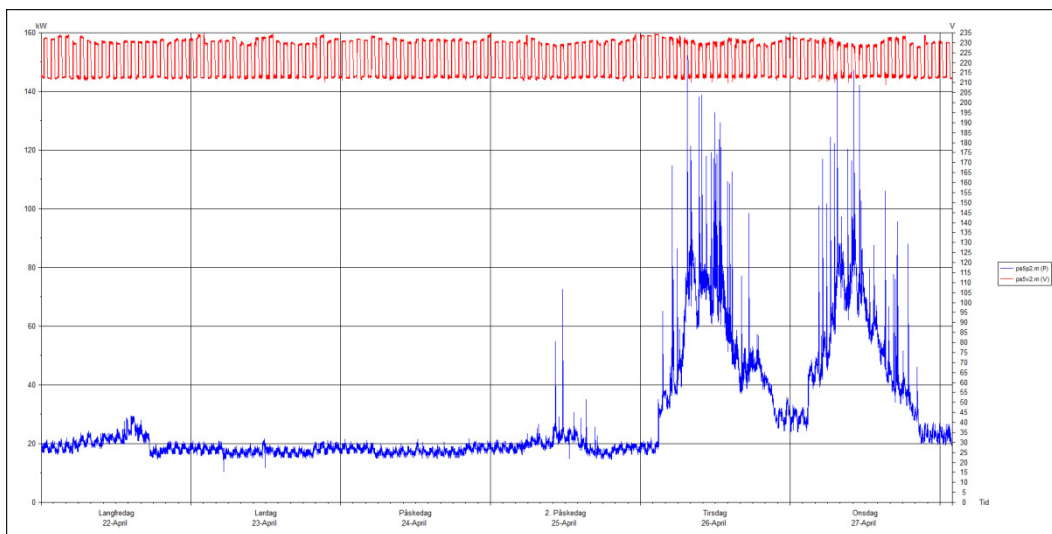
Dvs. middelværdien for effekter ved lav spænding er med 90 % sandsynlighed 116 kW ±0,63 kW.

5 Bygning 4, skole

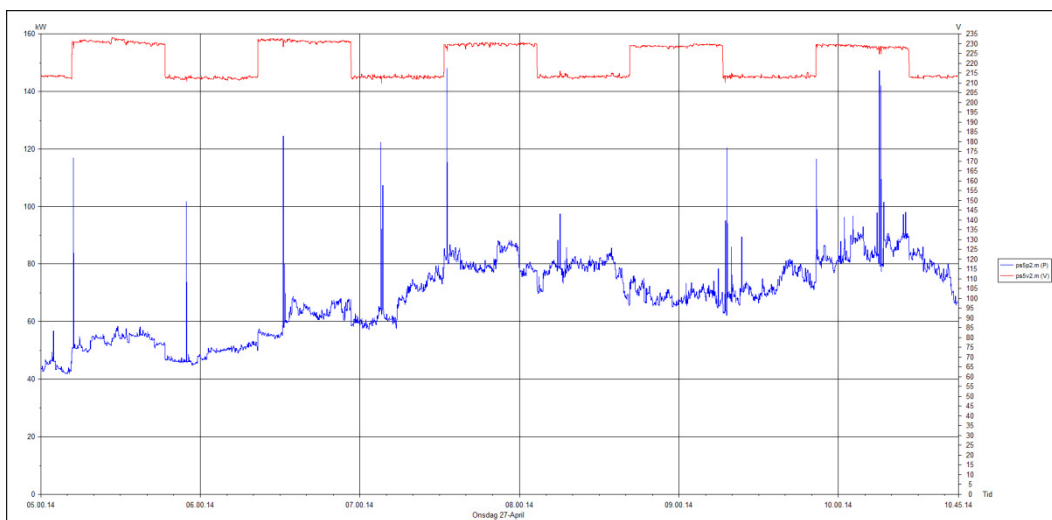
| Bygningstype | Alder | Renoveret indenfor 10 år | Investering |
|--------------|--------|--------------------------|-------------|
| Skole | >30 år | Begrænset | 225.000 kr. |

| Tilbagebetalingstid | Alfa-Værdi | Lovet besparelse | Opnået |
|---------------------|------------|------------------|--------|
| 5,8 år | 63 % | 7,2 % | 7,8 % |

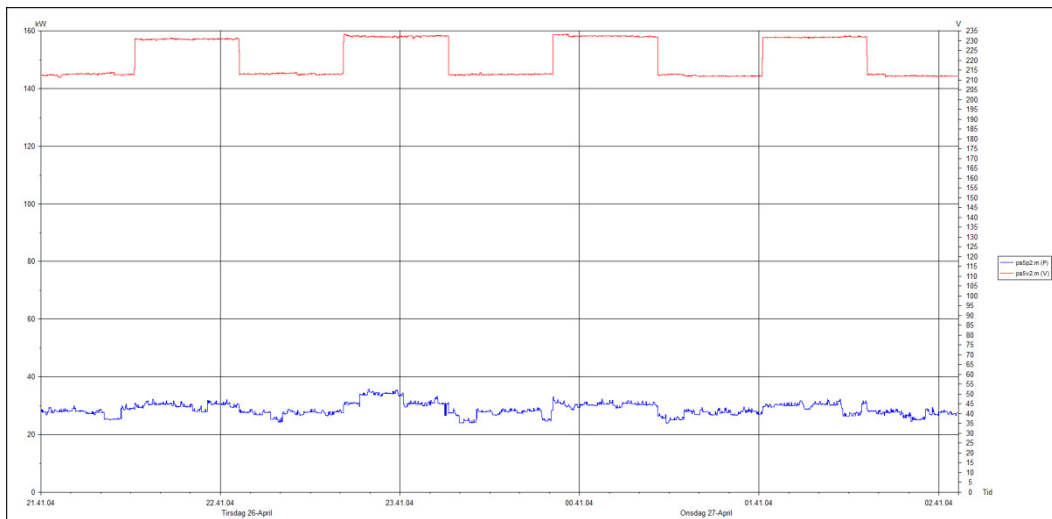
Ovenstående oplysninger om bygningen og installationer er givet af PSS Energy



Figur 10: Effekttag og spænding fra intervaltest



Figur 11: Zoom for forbrug i højlastperiode



Figur 12: Zoom for forbrug i lavlastperiode

| Høj spænding | |
|---------------------------------------|---------|
| Gennemsnitligt spændingsniveau | 231 V |
| Effektoptag P middelværdi | 26,8 kW |
| Relativ præcision | ±0,37 % |
| Præcision i kW | ±0,1 kW |

Dvs. middelværdien for effekter ved høj spænding er med 90 % Sandsynlighed 26,8 kW ±0,1 kW.

| Lav spænding | |
|---------------------------------------|----------|
| Gennemsnitligt spændingsniveau | 213 V |
| Effektoptag P middelværdi | 24,7 kW |
| Relativ præcision | ±0,37 % |
| Præcision i kW | ±0,09 kW |

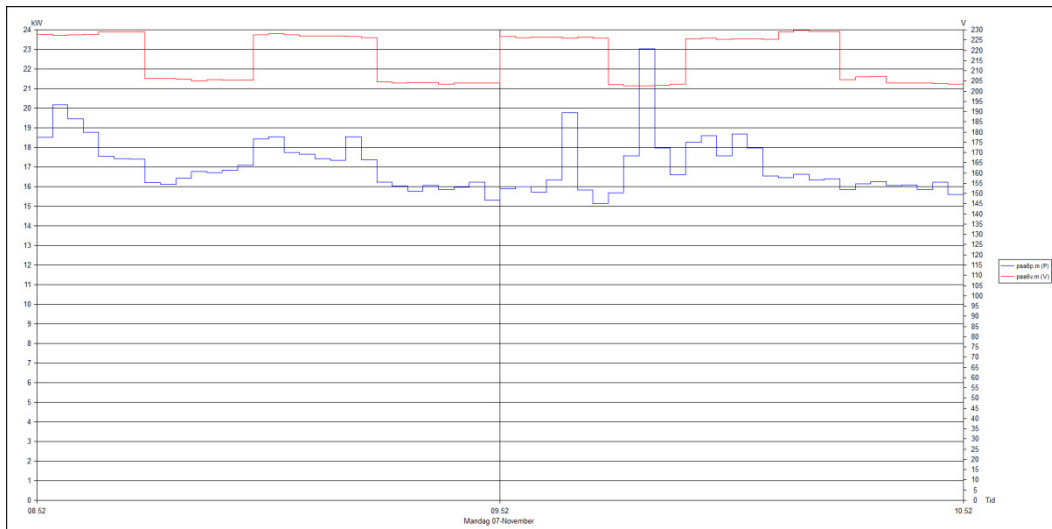
Dvs. middelværdien for effekter ved lav spænding er med 90 % sandsynlighed 24,7 kW ±0,09 kW.

6 Bygning 5, skole

| Bygningstype | Alder | Renoveret indenfor 10 år | Investering |
|--------------|--------|--------------------------|-------------|
| Skole | >30 år | Ja | 205.000 kr. |

| Tilbagebetalingstid | Alfa-Værdi | Lovet besparelse | Opnået |
|---------------------|------------|------------------|--------|
| 8,2 år | 42 % | 6,4 % | 5,7 % |

Ovenstående oplysninger om bygningen og installationer er givet af PSS Energy



Figur 13: Effektoptag og spænding fra intervaltest

| Høj spænding | |
|--------------------------------|----------|
| Gennemsnitligt spændingsniveau | 227 V |
| Effektoptag P middelværdi | 17,5 kW |
| Relativ præcision | ±2,08 % |
| Præcision i kW | ±0,37 kW |

Dvs. middelværdien for effekter ved høj spænding er med 90 % sandsynlighed 17,5 kW ±0,37 kW.

| Lav spænding | |
|--------------------------------|----------|
| Gennemsnitligt spændingsniveau | 205 V |
| Effektoptag P middelværdi | 16,5 kW |
| Relativ præcision | ±2,6 % |
| Præcision i kW | ±0,44 kW |

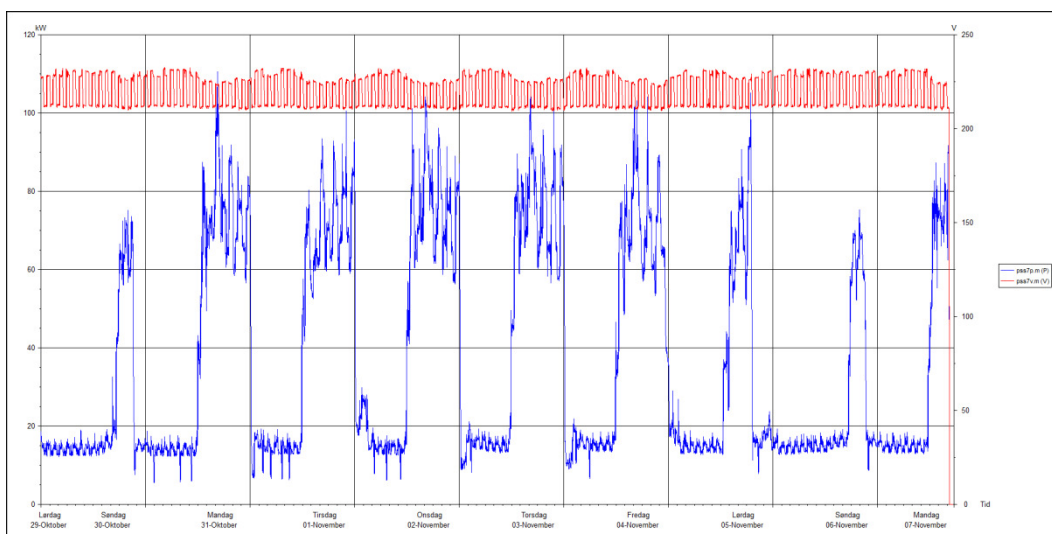
Dvs. middelværdien for effekter ved lav spænding er med 90 % sandsynlighed 16,5 kW ±0,44 kW.

7 Bygning 6, hovedbibliotek

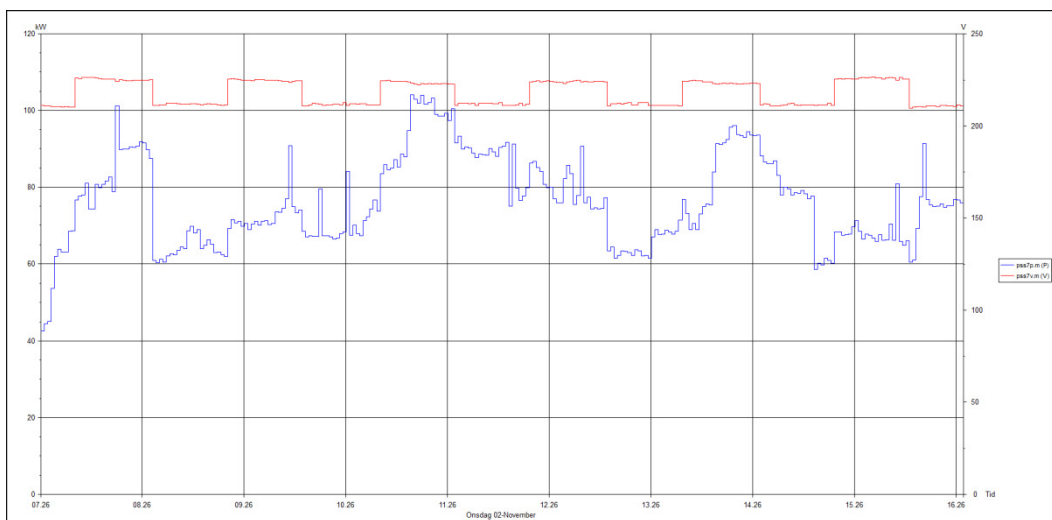
| Bygningstype | Alder | Renoveret indenfor 10 år | Investering |
|----------------|--------|--------------------------|-------------|
| Hovedbibliotek | >30 år | Begrænset | 280.000 kr. |

| Tilbagebetalingstid | Alfa-Værdi | Lovet besparelse | Opnået |
|---------------------|------------|------------------|--------|
| 6,5 år | 57 % | 9,5 % | 11 % |

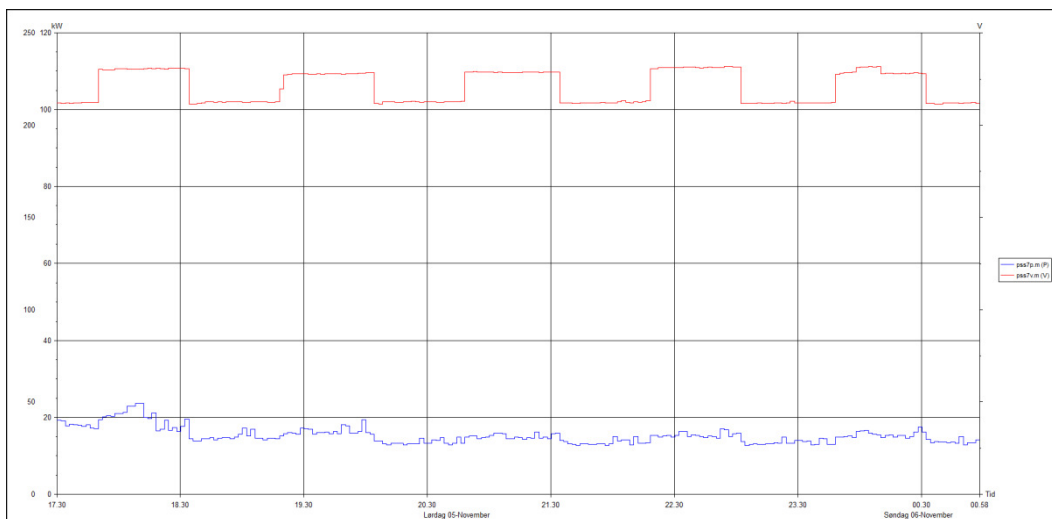
Ovenstående oplysninger om bygningen og installationer er givet af PSS Energy



Figur 14: Effektoptag og spænding fra intervaltest



Figur 15: Zoom for forbrug i højlastperiode



Figur 16: Zoom for forbrug i lavlastperiode

| Høj spænding | |
|---------------------------------------|----------|
| Gennemsnitligt spændingsniveau | 228 V |
| Effektoptag P middelværdi | 38,1 kW |
| Relativ præcision | ±2,28 % |
| Præcision i kW | ±0,87 kW |

Dvs. middelværdien for effekter ved høj spænding er med 90 % sandsynlighed 38,1 kW ±0,87 kW.

| Lav spænding | |
|---------------------------------------|----------|
| Gennemsnitligt spændingsniveau | 212 V |
| Effektoptag P middelværdi | 33,9 kW |
| Relativ præcision | ±2,29 % |
| Præcision i kW | ±0,78 kW |

Dvs. middelværdien for effekter ved lav spænding er med 90 % sandsynlighed 33,9 kW ±0,78 kW.

Bilag 1. 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 laboratorieundersøgelser 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 lyskilder 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 Jærgergården, 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 besparelspotentiale ved spændingsstyring i en konkret virksomhed eller et bygningsområde. For lyskilder, der påvirkes af en spændingssænkning, skal man opgøre antal lyskilder og driftstiden 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

Eksempler på elbesparelser ved spændingsstyring i kommunale ejendomme. November 2012

ger 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.
Effekttaget 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-lysstofrør, kviksølvdamplamper, 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 besparelsmulighederne 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 besparelsmuligheder, 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 effekttaget 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 optag-

ne 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 besparelsepotentialet 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 |