

Laboratoriemålinger af lyskilders spændingsafhængighed

Delrapport til
Elforsk PSO-projekt nr. 343-004

April 2012

**Laboratoriemålinger
af
lyskilders spændingsafhængighed**

Forfattere:

Claus M. Hvenegaard, Teknologisk Institut
Mogens Johansson, Dansk Energi Analyse A/S

April 2012

Indholdsfortegnelse

Sammenfatning	2
1 Indledning	3
2 Måleopstilling	3
3 Data for lyskilderne	6
4 Målinger på forskellige lyskilder	7
4.1 Målinger på 9 x 75 W glødelamper	7
4.2 Målinger på 6 x 36 W lysstofrør med konventionelle forkoblinger	8
4.3 Målinger på 6 x 36 W lysstofrør med HF forkoblinger	9
4.4 Måling på 11 W kompaktlysstofrør med jernkerne transformer	10
4.5 Måling på 3 x 24 W kompaktlysstofrør med konventionelle forkoblinger	11
4.6 Måling på 55 W kompaktlysstofrør med HF forkobling	13
4.7 Måling på 80 W kviksølvdamplampe med konventionel forkobling	14
4.8 Måling på 250 W natriumdamplampe med konventionel forkobling	15
4.9 Måling på 150 W metalhalogenlampe med konventionel forkobling	16
4.10 Måling på 18 W LED lampe	17
5 Lyskilders spændingsafhængighed	18
Bilag 1. Kort beskrivelse af Elforsk-projekt nr. 343-004: Spændingsstyring i erhvervsvirksomheder – værktøj til fastlæggelse af muligheder og besparelspotentiale.	19

Sammenfatning

Som led i Elforsk-projektet "Spændingsstyring i erhvervsvirksomheder – værktøj til fastlæggelse af muligheder og besparelspotentialer" er der hos Teknologisk Institut gennemført målinger på en række lyskilder af deres optagne effekt og belysningsstyrken på gulvniveau.

På baggrund af målingerne er der udarbejdet nedenstående tabel over lyskildernes effektreduktion ved en reduktion i spændingen. Lyskilder og forkoblinger af andre fabrikater og andre typer end dem, der er målt på, kan formentlig have lidt andre værdier.

Lyskilder	Effektreduktion i % pr. % lavere spænding
Glødelamper	1,5
Lysstofrør med konventionel forkobling	2,0
Lysstofrør med elektronisk forkobling	0,0
Kompaktlysstofrør med konventionel forkobling	1,8
Kompaktlysstofrør med elektronisk forkobling	0,0
Kviksølvdamplamper med konventionel forkobling	2,0
Kviksølvdamplamper med elektronisk forkobling	0,0
Højtryksnatriumdamplamper med konventionel forkobling	2,0
Højtryksnatriumdamplamper med elektronisk forkobling	0,0
Metalhalogenlamper med konventionel forkobling	2,0
Metalhalogenlamper med elektronisk forkobling	0,0
LED lyskilder	0,0

Claus M. Hvenegaard
Teknologisk Institut

1 Indledning

Elforsk gav i 2011 tilskud til projektet " Spændingsstyring i erhvervsvirksomheder – værktøj til fastlæggelse af muligheder og besparelspotentialer" (PSO 343-004), der bl. a. har til formål at udvikle et værktøj til vurdering af elbesparelsen ved at sænke spændingen i erhvervsvirksomheder. Projektet udføres af Dansk Energi Analyse A/S, Teknologisk Institut, elselskaberne Lokalenergi og NRGi samt Københavns Lufthavne.

Til brug for udviklingen af værktøjet er der gennemført målinger på Teknologisk Institut af en række lyskilder ved forsynings-/fasespændinger i intervallet 191-254 V.

2 Måleopstilling

Lyskilderne (figur 2.1 og figur 2.2) forsynes vha. en variotransformator (figur 2.3). Spændingsniveauet kan variere fra 0 – 260 V.

Den tilførte effekt til lyskilderne måles vha. et Sparometer udviklet af Elsparefonden (figur 2.4). Sparometret er indsat efter variotransformeren, lige før lysarmaturerne.

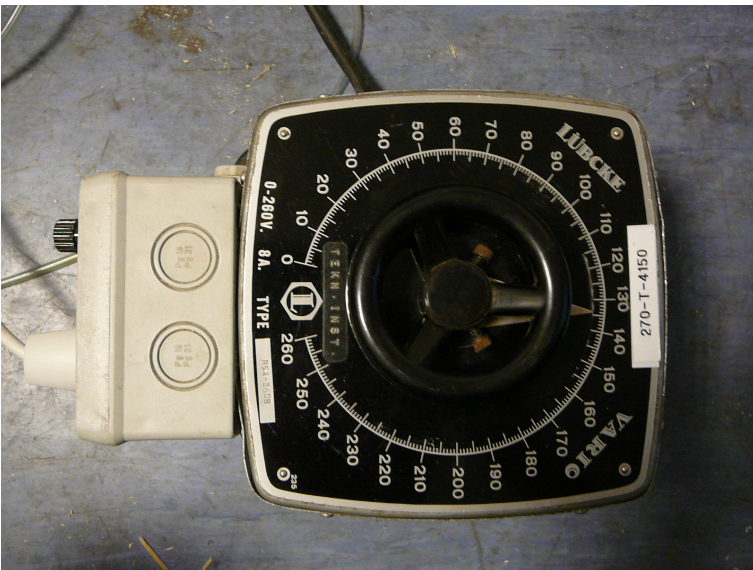
Belysningsstyrken er målt med et luxmeter (figur 2.5). Efter en spændingsændring er der ventet med at måle belysningsstyrke og effekt til, at det kunne konstateres, at belysningsstyrken ikke længere ændrede sig.



Figur 2.1. Måleopstilling med glødelamper og lysstofrør (med konventionelle og elektroniske forkoblinger)



Figur 2.2. Kviksølvdamplampe, højtryksnatriumdamplamper og metalhalogenlampe.



Figur 2.3. Variotransformer til variation af spændingen i området 0 til 260 V.



Figur 2.4. Sparometer til måling af effektoptag



Figur 2.5. Luxmeter til måling af belysningsstyrke

3 Data for lyskilderne

I tabel 3.1 ses data for alle de målte lyskilder samt deres forkoblingsenheder.

Type	Fabrikat	Type-betegnelse	Effekt [W]	Spænding [V]	Forkoblingsudstyr
Glødelampe	Osram	-	75	230	-
Lysstofrør	Philips	Master TL-D 36 W/830	36	230	Konventionel forkobling – VS LN 36.172, EEI = B2
	Philips	Master TL-D 36 W/830	36	230	HF forkobling – Osram Quicktronic Professional QT P8, EEI = A2
Kompakt- lysstofrør	Philips	PL-S 11W/827	11	230	Jernkerne transformer
	Osram	Dulux L 55 W/827 (4 pin)	55	230	HF forkobling – QTP DL 55 W
	AL Lighting	FLL – 24 W/6500 K (4 pin)	24	230	Konventionel forkobling – TZ2 – P26D, EEI = B2
Kviksølv- lampe	Philips	HPL-N	80	230	Konventionel forkobling - BHL 50/80 L407
Højtryks- natriumlampe	Philips	SON-T	250	230	Konventionel forkobling – BSN 250 L 427 ITS
Metal- halogenlampe	Philips	Mastercolor CDM-TD	150	230	Konventionel forkobling – SN 58 T15
LED lyskilde	Philips	Master LEDspot	18	230	Intet (E27 fatning)

Tabel 3.1. Mærkedata for målte lyskilder

Som det ses i tabel 3.1, kan 4 pin kompaktlysstofrør både være forsynet med konventionelle og HF forkoblinger.

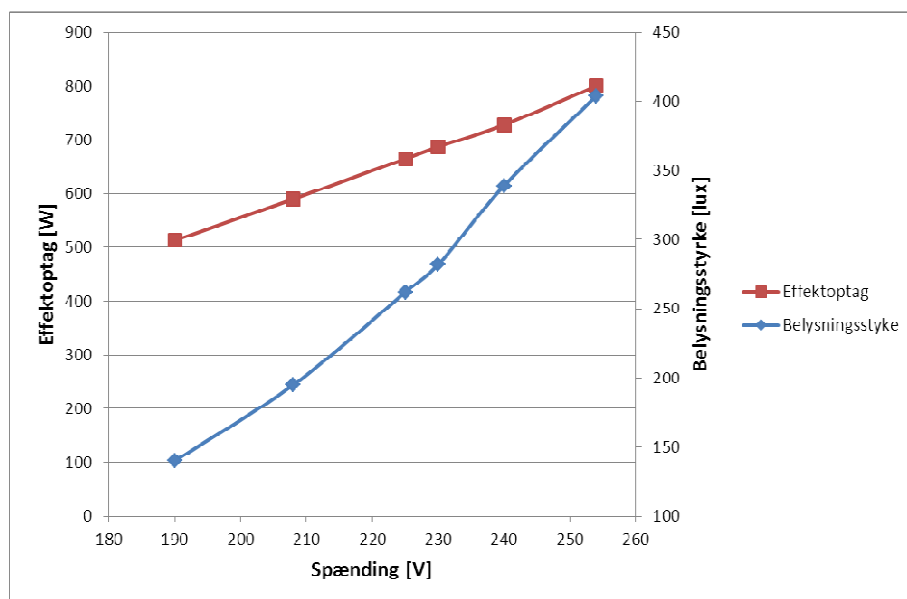
4 Målinger på forskellige lyskilder

4.1 Målinger på 9 x 75 W glødelamper

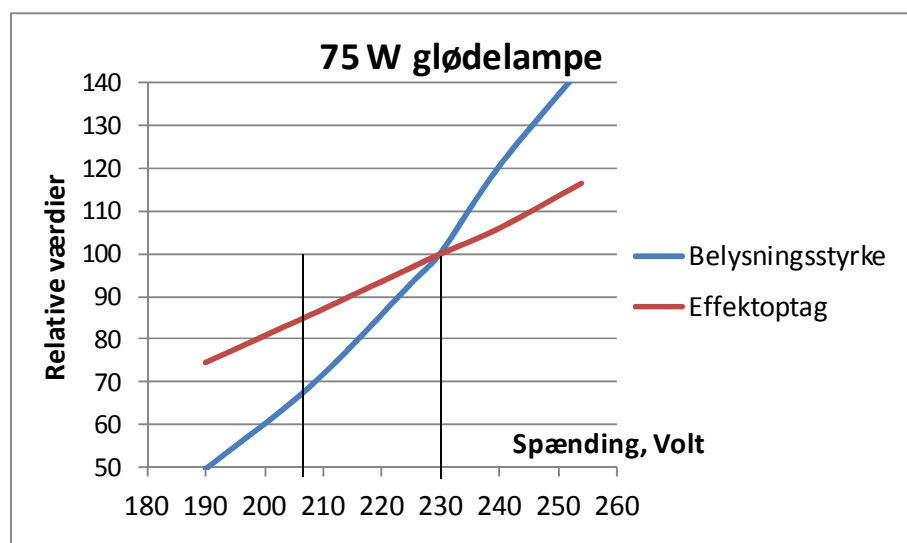
I figur 4.1 ses, ved forskellige spændinger, effektoptag og belysningsstyrke for et belysningsanlæg bestående af 9 x 75 W glødelamper. Figur 4.2 viser de relative værdier, idet effektoptaget og belysningsstyrken ved 230 V er sat til værdien 100.

Der er en tydelig sammenhæng mellem effektoptaget og spændingen. Effektoptaget reduceres således med 15% når spændingen reduceres fra 230 V til 207 V. Det svarer til ca. 1,5 % for hver % spændingen reduceres.

Belysningsstyrken, målt på gulvniveau, reduceres med ca. 3,0 % for hver % spændingen reduceres.



Figur 4.1. Effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et belysningsanlæg bestående af 9 x 75 W glødelamper



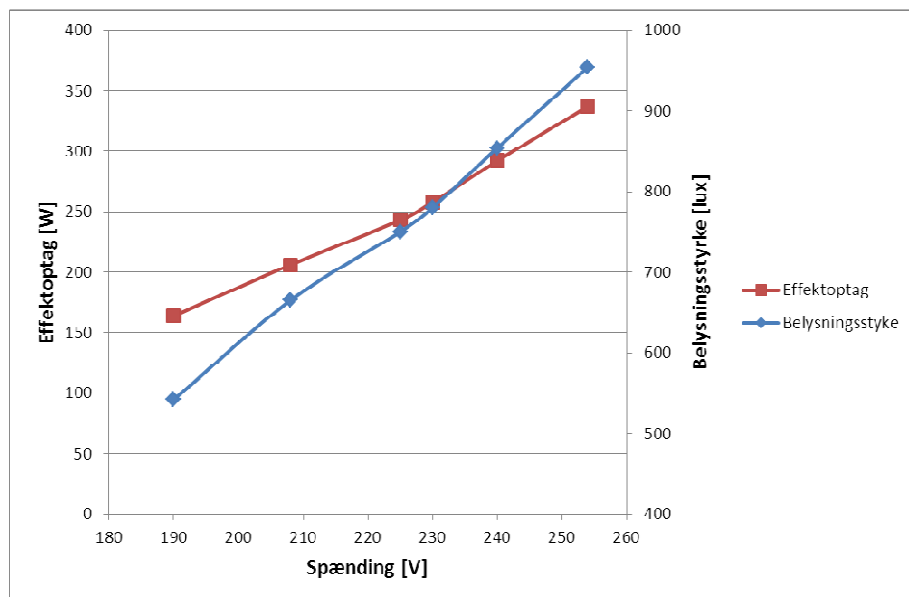
Figur 4.2. Relative værdier af effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et belysningsanlæg bestående af 9 x 75 W glødelamper

4.2 Målinger på 6 x 36 W lysstofrør med konventionelle forkoblinger

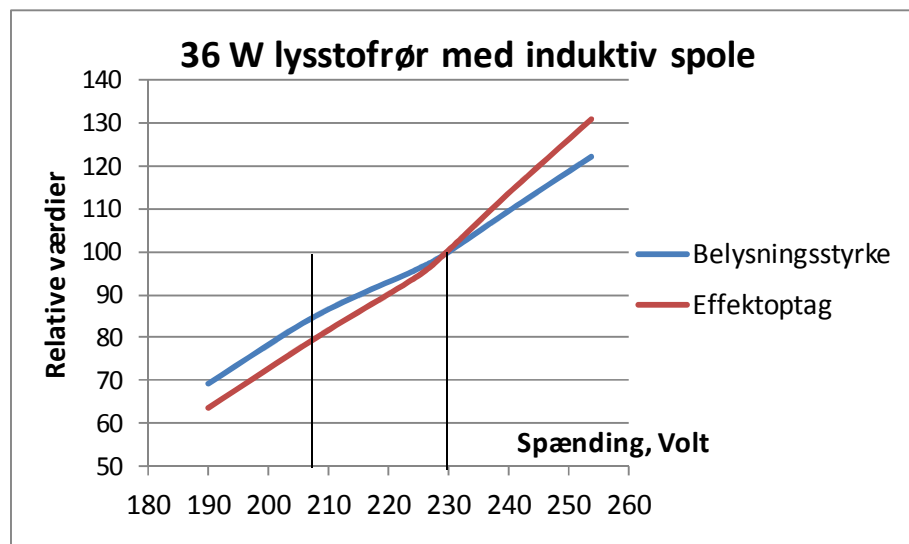
I figur 4.3 ses, ved forskellige spændinger, effektoptag og belysningsstyrke for et belysningsanlæg bestående af 6 x 36 W lysstofrør med konventionelle forkoblinger (energimærke B2). Figur 4.4 viser de relative værdier af effektoptaget og belysningsstyrken.

Der er en tydelig sammenhæng mellem effektoptaget og spændingen. Effektoptaget reduceres således med 21% når spændingen reduceres fra 230 V til 207 V. Det svarer til ca. 2,1 % for hver % spændingen reduceres.

Belysningsstyrken, målt på gulvniveau, reduceres med ca. 1,7 % for hver % spændingen reduceres.



Figur 4.3. Effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et belysningsanlæg bestående af 6 x 36 W lysstofrør med konventionelle spoler



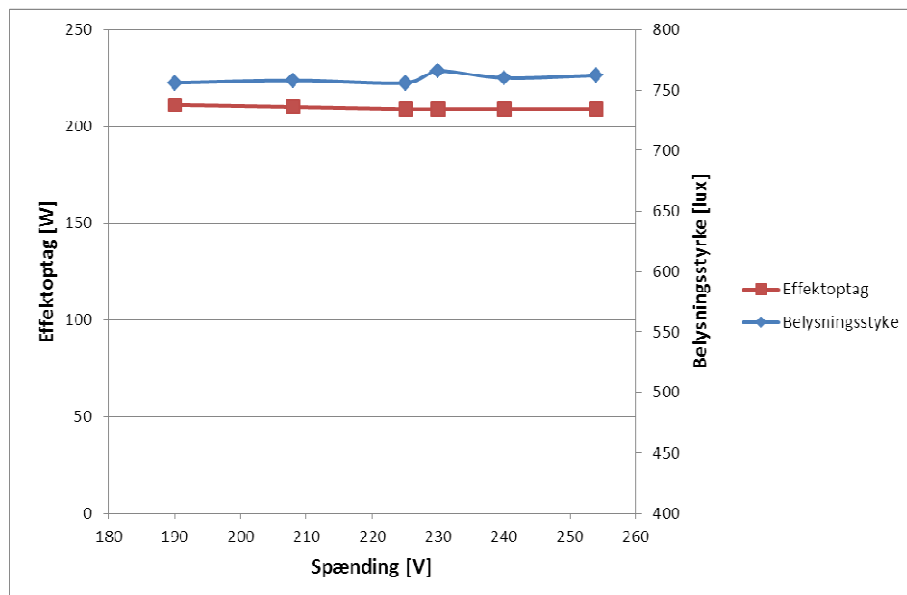
Figur 4.4. Relative værdier af effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et belysningsanlæg bestående af 6 x 36 W lysstofrør med konventionelle spoler

4.3 Målinger på 6 x 36 W lysstofrør med HF forkoblinger

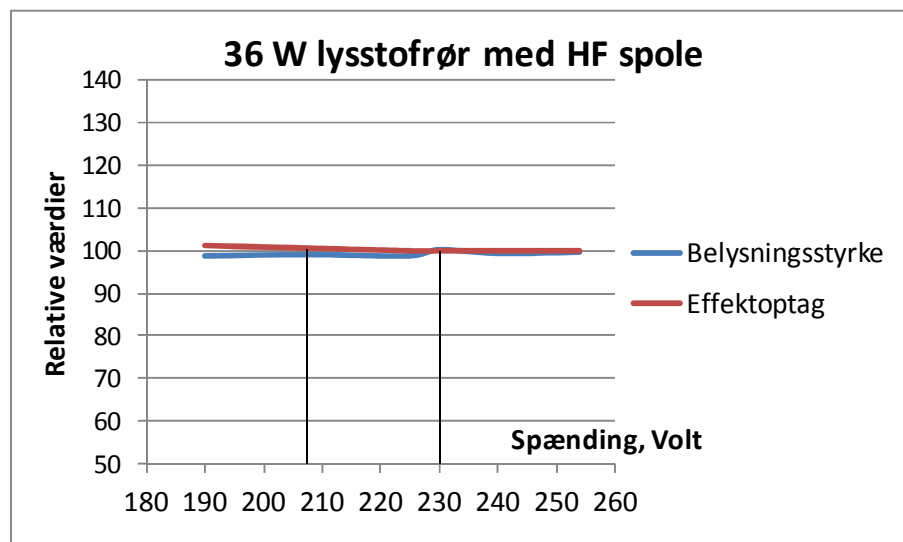
I figur 4.5 ses, ved forskellige spændinger, effektoptag og belysningsstyrke for et belysningsanlæg bestående af 6 x 36 W lysstofrør med højfrekvens forkoblinger. Figur 4.6 viser de relative værdier af effektoptaget og belysningsstyrken.

Effektoptaget er uafhængigt af spændingen.

Belysningsstyrken, målt på gulvniveau, er ligeledes uafhængig af spændingen.



Figur 4.5. Effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et belysningsanlæg bestående af 6 x 36 W lysstofrør med HF forkoblinger



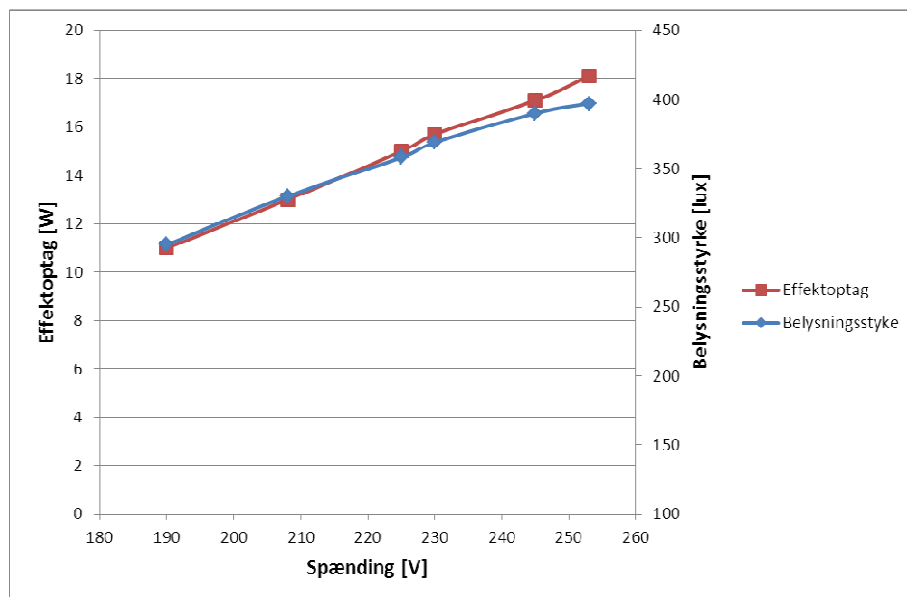
Figur 4.6. Relative værdier af effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et belysningsanlæg bestående af 6 x 36 W lysstofrør med HF forkoblinger

4.4 Måling på 11 W kompaktlystofrør med jernkerne transformer

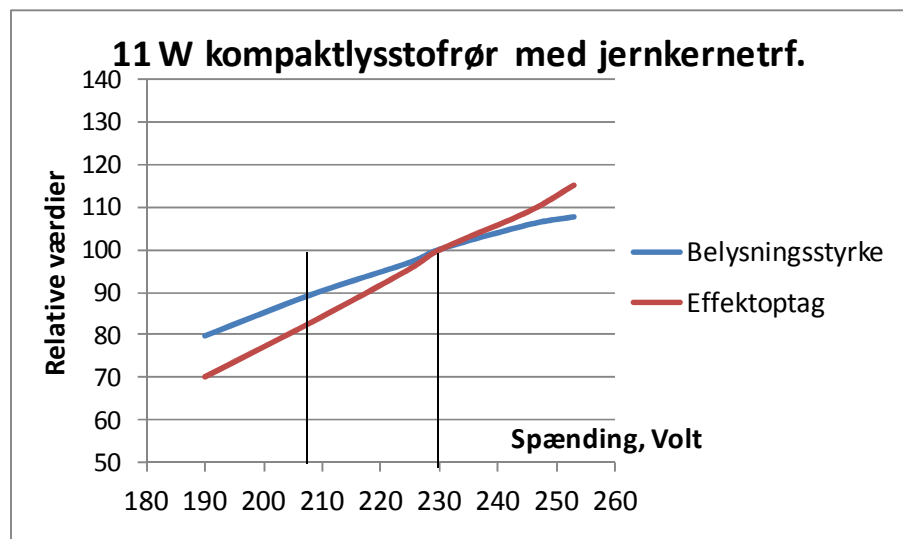
I figur 4.7 ses, ved forskellige spændinger, effektoptag og belysningsstyrke for et armatur med et 11 W kompaktlystofrør med jernkerne transformer. Figur 4.8 viser de relative værdier af effektoptaget og belysningsstyrken.

Der er en tydelig sammenhæng mellem effektoptaget og spændingen. Effektoptaget reduceres således med 18% når spændingen reduceres fra 230 V til 207 V. Det svarer til ca. 1,8 % for hver % spændingen reduceres.

Belysningsstyrken, målt på gulvniveau, reduceres med ca. 1 % for hver % spændingen reduceres.



Figur 4.7. Effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et armatur med et 11W kompaktlystofrør



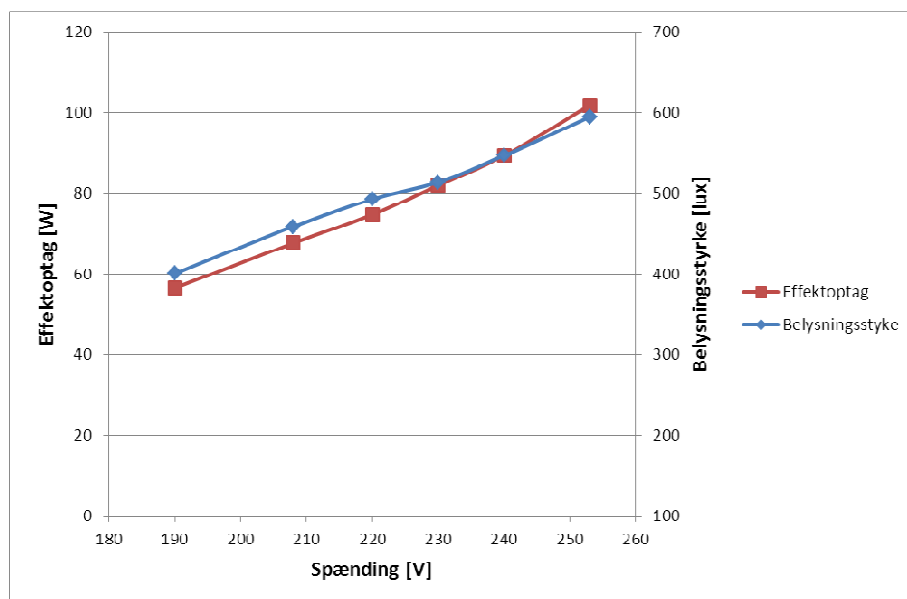
Figur 4.8. Relative værdier for effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et armatur med et 11W kompaktlystofrør

4.5 Måling på 3 x 24 W kompaktlysstofrør med konventionelle forkoblinger

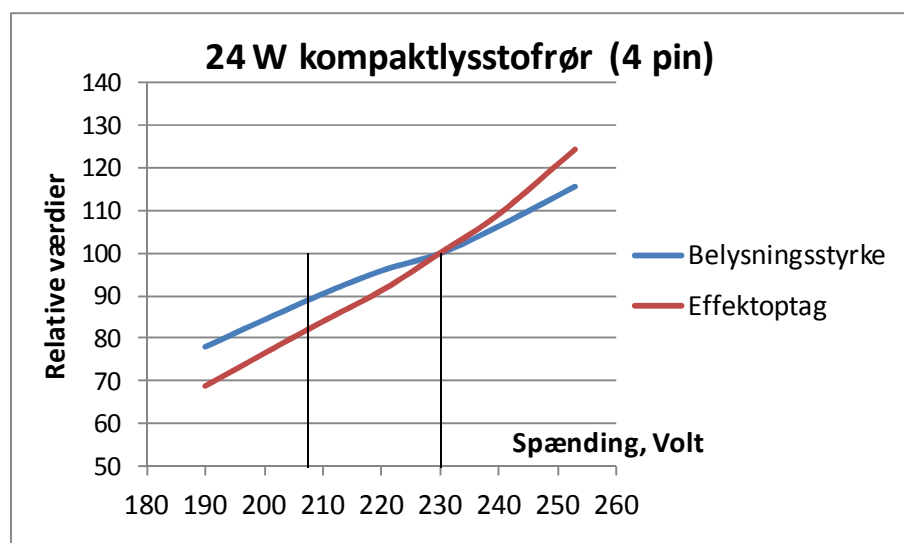
I figur 4.9 ses, ved forskellige spændinger, effektoptag og belysningsstyrke for et armatur med 3 x 24 W kompaktlysstofrør med konventionelle forkoblinger. Figur 4.10 viser de relative værdier af effektoptaget og belysningsstyrken.

Der er en tydelig sammenhæng mellem effektoptaget og spændingen. Effektoptaget reduceres således med 18% når spændingen reduceres fra 230 V til 207 V. Det svarer til 1,8 % for hver % spændingen reduceres.

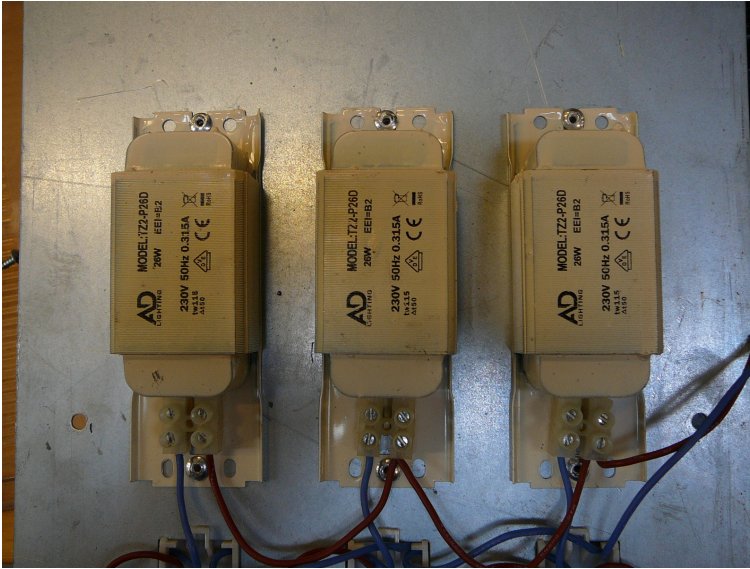
Belysningsstyrken, målt på gulvniveau, reduceres med ca. 1,1 % for hver % spændingen reduceres.



Figur 4.9. Effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et armatur med 3 x 24W kompaktlysstofrør



Figur 4.10. Effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et armatur med 3 x 24W kompaktlysstofrør



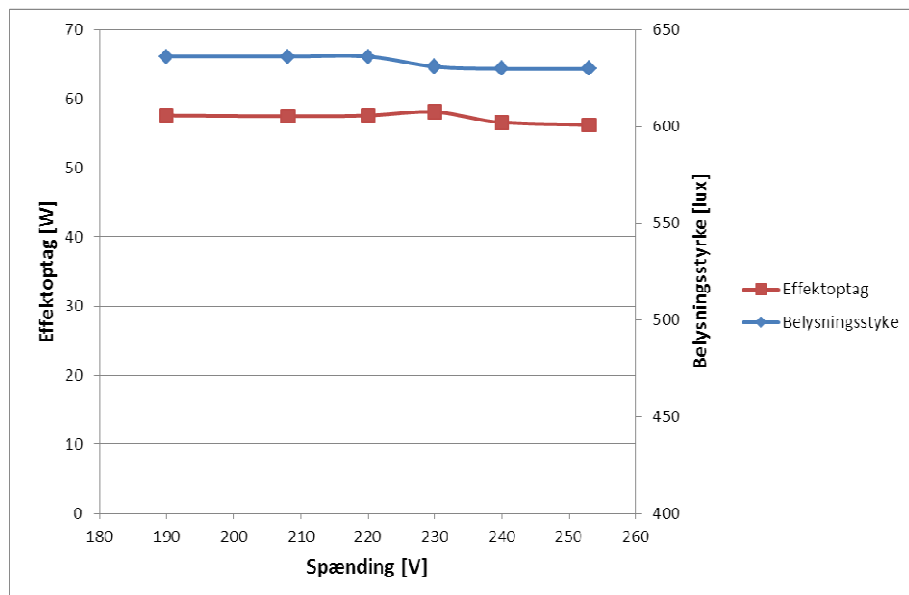
Figur 4.11. Konventionelle forkoblinger til armatur med 3 x 24 W kompaktlystofrør (4 pin).

4.6 Måling på 55 W kompaktlysstofrør med HF forkobling

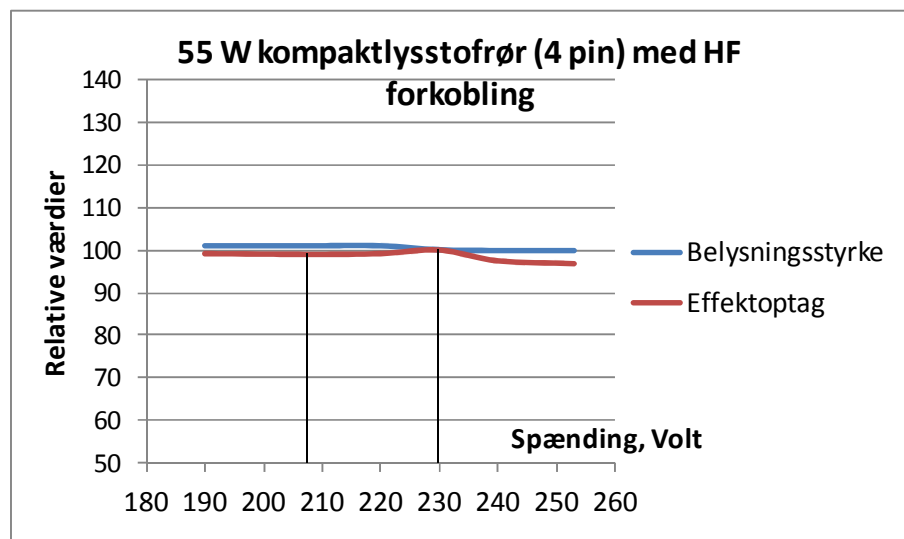
I figur 4.12 ses, ved forskellige spændinger, effektoptag og belysningsstyrke for et armatur med et 55 W kompaktlysstofrør med elektronisk forkobling. Figur 4.13 viser de relative værdier af effektoptaget og belysningsstyrken.

Effektoptaget er uafhængigt af spændingen.

Belysningsstyrken, målt på gulvniveau, er ligeledes uafhængig af spændingen.



Figur 4.12. Effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et armatur med et 55W kompaktlysstofrør og HF forkobling



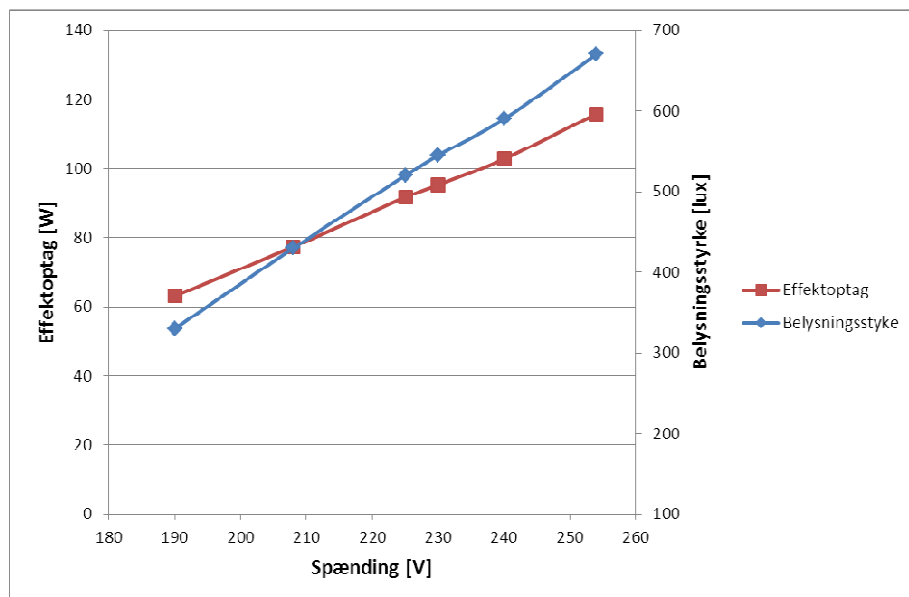
Figur 4.13. Relative værdier for effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et armatur med et 55W kompaktlysstofrør og HF forkobling

4.7 Måling på 80 W kviksølvdamplampe med konventionel forkobling

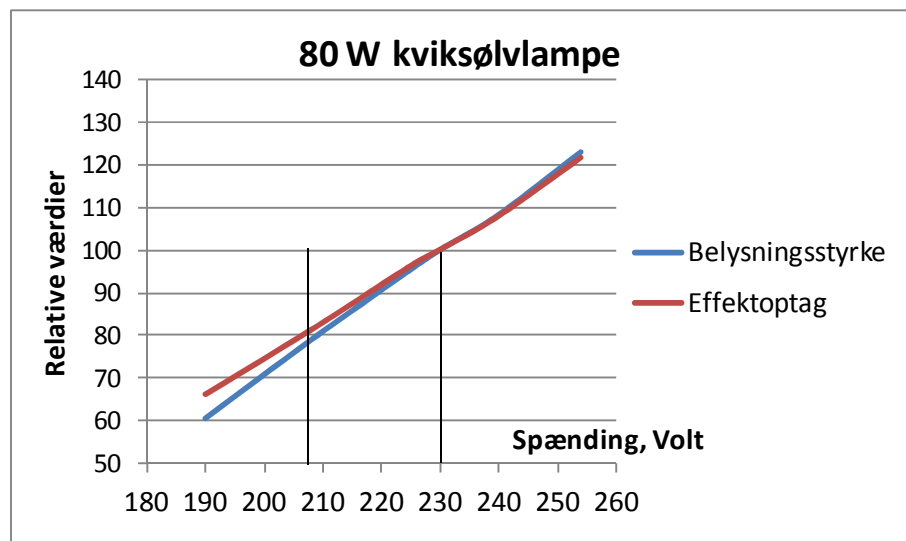
I figur 4.14 ses, ved forskellige spændinger, effektoptag og belysningsstyrke for et armatur med et stk. 80 W kviksølvdamplampe med konventionel forkobling. Figur 4.15 viser de relative værdier af effektoptaget og belysningsstyrken.

Der er en tydelig sammenhæng mellem effektoptaget og spændingen. Effektoptaget reduceres således med 20% når spændingen reduceres fra 230 V til 207 V. Det svarer til 2,0 % for hver % spændingen reduceres.

Belysningsstyrken, målt på gulvniveau, reduceres med ca. 2,2 % for hver % spændingen reduceres.



Figur 4.14. Effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et armatur med et stk. 80 W kviksølvdamplampe med konventionel spole



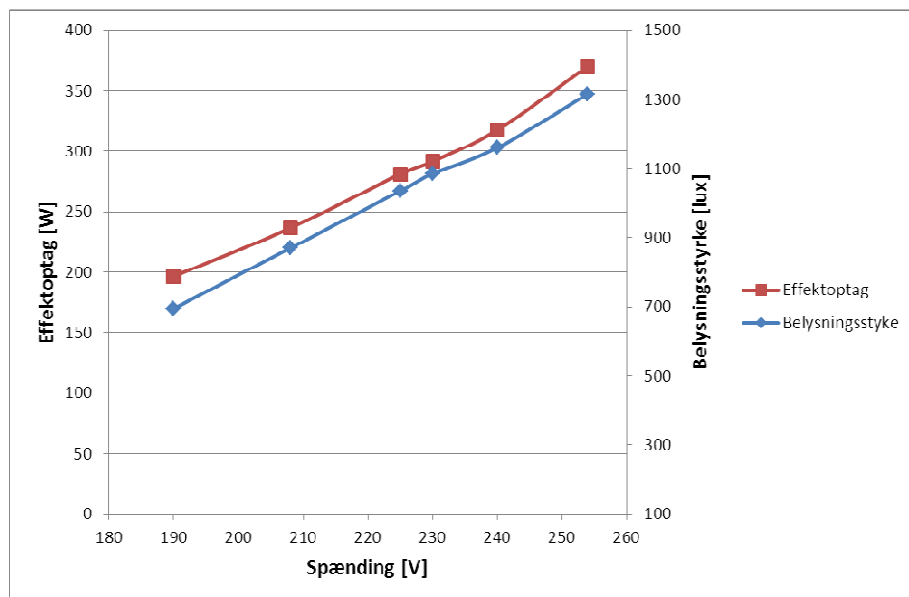
Figur 4.15. Relative værdier for effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et armatur med et stk. 80 W kviksølvdamplampe med konventionel spole

4.8 Måling på 250 W natriumdamplampe med konventionel forkobling

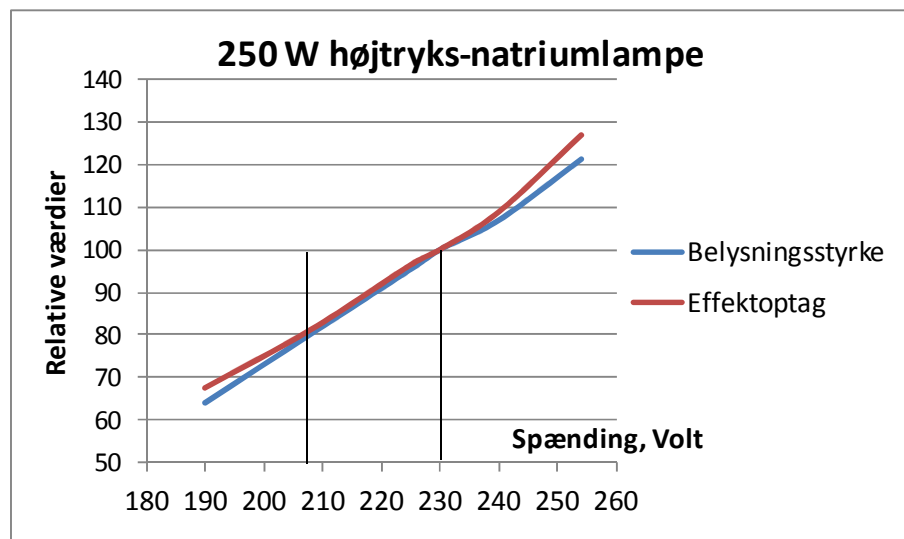
I figur 4.16 ses, ved forskellige spændinger, effektoptag og belysningsstyrke for et armatur med et stk. 250 W natriumdamplampe med konventionel forkobling. Figur 4.17 viser de relative værdier af effektoptaget og belysningsstyrken.

Som det ses er der en tydelig sammenhæng mellem effektoptaget og spændingen. Effektoptaget reduceres således med 20% når spændingen reduceres fra 230 V til 207 V. Det svarer til 2,0 % for hver % spændingen reduceres.

Belysningsstyrken, målt på gulvniveau, reduceres med ca. 2 % for hver % spændingen reduceres.



Figur 4.16. Effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et armatur med et stk. 250 W højtryksnatriumdamplampe med konventionel spole



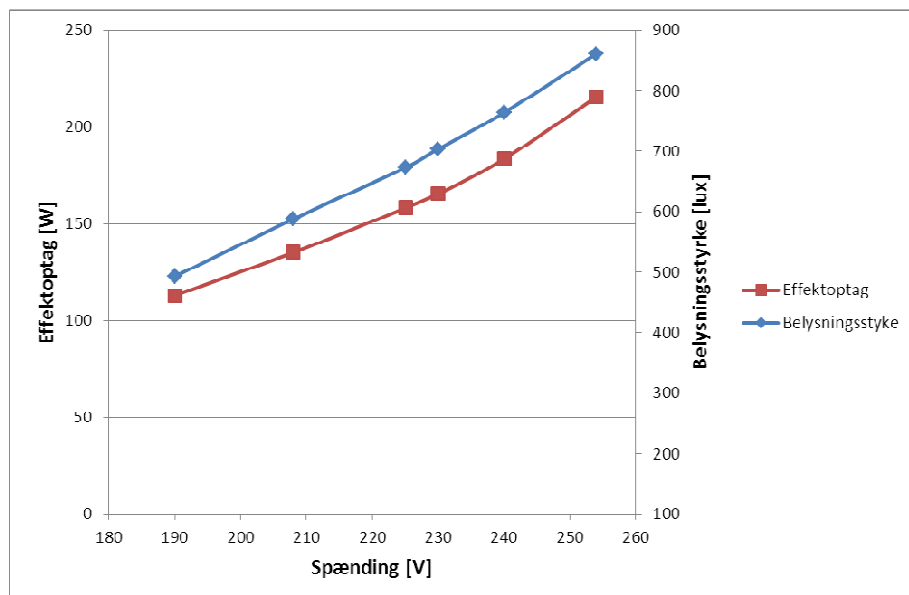
Figur 4.17. Relative værdier for effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et armatur med et stk. 250 W højtryksnatriumdamplampe med konventionel spole

4.9 Måling på 150 W metalhalogenlampe med konventionel forkobling

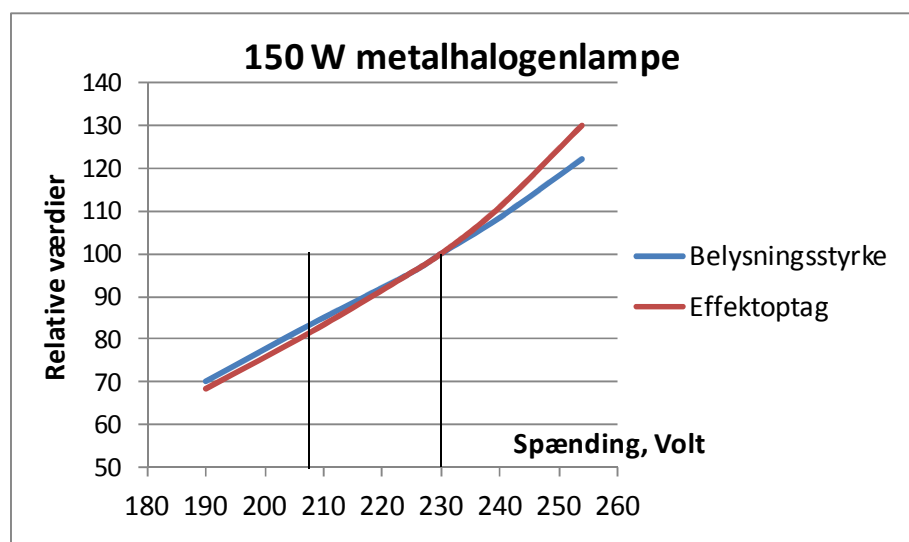
I figur 4.18 ses, ved forskellige spændinger, effektoptag og belysningsstyrke for et armatur med et stk. 150 W metalhalogenlampe med konventionel forkobling. Figur 4.19 viser de relative værdier af effektoptaget og belysningsstyrken.

Der er en tydelig sammenhæng mellem effektoptaget og spændingen. Effektoptaget reduceres således med 19% når spændingen reduceres fra 230 V til 207 V. For området 253-207 V er det ca. 2,0 % for hver % spændingen reduceres.

Belysningsstyrken, målt på gulvniveau, reduceres med ca. 2 % for hver % spændingen reduceres.



Figur 4.18. Effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et armatur med et stk. 150 W metalhalogenlampe med konventionel spole



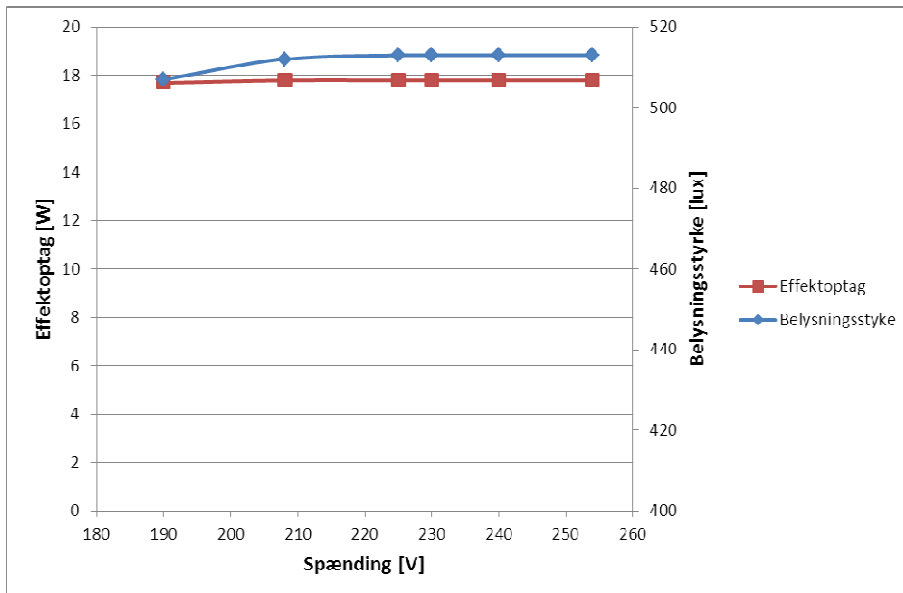
Figur 4.19. Relative værdier for effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et armatur med et stk. 150 W metalhalogenlampe med konventionel spole

4.10 Måling på 18 W LED lampe

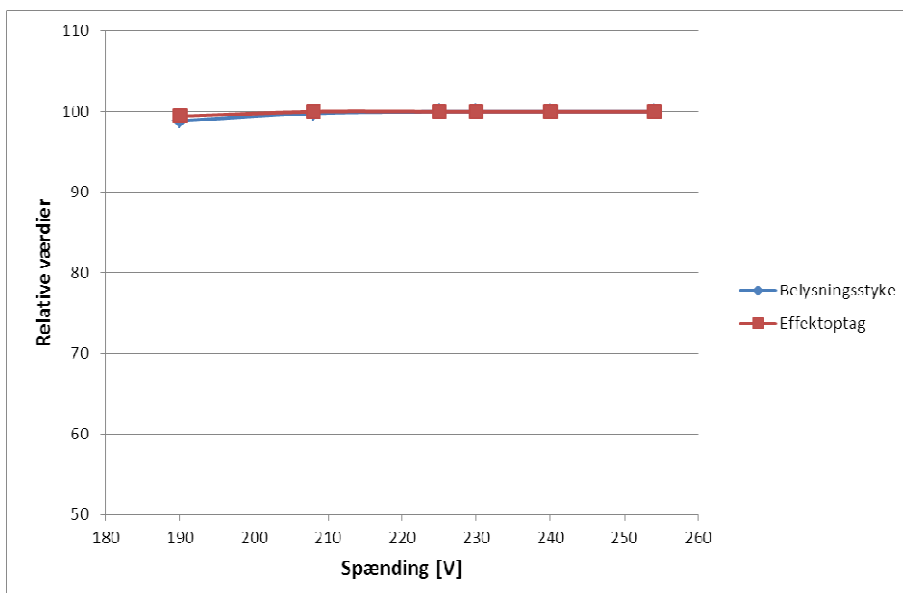
I figur 4.20 ses, ved forskellige spændinger, effektoptag og belysningsstyrke for et armatur med et stk. 18 W LED lampe. Figur 4.21 viser de relative værdier af effektoptaget og belysningsstyrken.

Effektoptaget er uafhængigt af spændingen.

Belysningsstyrken, målt på gulvniveau, er ligeledes uafhængig af spændingen.



Figur 4.20. Effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et armatur med en 18 W LED lampe



Figur 4.21. Relative værdier for effektoptag og belysningsstyrke som funktion af spændingen for et armatur med en 18W LED lampe

5 Lyskilders spændingsafhængighed

De udførte målinger er sammenfattet i tabel 5.1. Det må forventes, at effektreduktionen for lyskilder og armaturer af andre fabrikater og typer kan afvige noget fra tabellens værdier.

Lyskilder	Effektreduktion i % pr. % lavere spænding
Glødelamper	1,5
Lysstofrør med konventionel forkobling	2,0
Lysstofrør med elektronisk forkobling	0,0
Kompaktlysstofrør med konventionel forkobling	1,8
Kompaktlysstofrør med elektronisk forkobling	0,0
Kviksølvdamplamper med konventionel forkobling	2,0
Højtryksnatriumdamplamper med konventionel forkobling	2,0
Metalhalogenlamper med konventionel forkobling	2,0
LED lyskilder	0,0

Tabel 5.1. Lyskilders spændingsafhængighed

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 elmotors 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 Jærgård, der anvender spændingssænkende udstyr, og i Københavns Lufthavn 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 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 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.

Laboratiormålinger 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, 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 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 optagne effekt 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 besparelsespotentiallet 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