

Energisparepotensialer i næringsbygg

David Coll

Master i energi og miljø
Oppgaven levert: Juni 2008
Hovedveileder: Eilif Hugo Hansen, ELKRAFT

Oppgavetekst

Se på utvalgte bygg og finne energisparepotensialer som reduserer driftskostnadene uten at det medfører ulempe for brukerne av områdene.

Oppgaven gitt: 15. januar 2008

Hovedveileder: Eilif Hugo Hansen, ELKRAFT

Sammendrag

Næringsbygg står for en betydelig andel av energibruken i Norge.

Ut fra økonomiske, samfunnsmessige og miljømessige forhold er det i dag et betydelig fokus på å redusere denne energibruken. Denne hovedoppgaven omhandler energisparepotensialer i næringsbygg.

Bygget til Adresseavisen ASA på Heimdalen utenfor Trondheim er blitt brukt som referansebygg da målinger og undersøkelser ble gjort der.

Skal man spare energi bør man også ha opplysninger om hvor energien blir brukt, når den blir brukt, hvor mye og bakgrunnen for forbruket.

Det har også vært ønskelig å kartlegge om det er forskjell i energibruken i kontorlandskaper kontra cellekontorer, og hva som eventuelt er bakgrunnen for denne forskjellen.

Med utgangspunkt i at energibruken skal være behovsprøvd og at energibruken skal reflektere antall brukere som benytter arealene har det her blitt benyttet tre metoder for å innsamle informasjon om energibruken.

1. Logging av effektuttak på sikringer i underfordelingen
2. Tilstedeværelsesdetektering og lysbruk
3. Spørreskjema

Logging av effektuttak ble foretatt på døgn- og ukebasis over ulike gruppesikringer i to forskjellige områder. Det ene området var inndelt i cellekontorer, mens det andre bestod hovedsakelig av åpne kontorlandskap.

For registrering av tilstedeværelse og lysbruk i et område ble det laget utstyr som ble testet og utprøvd, for å se om dette kunne gi verdigfull informasjon omkring lysbruken i områder, og for å avdekke eventuelle forskjeller mellom områdene.

Et spørreskjema delt ut i slutten av måleperioden til et utvalg ansatte for kartlegging deres holdninger og vaner i forhold til eget energibruk.

Målingene som ble foretatt viser at det er en forskjell i hvordan energien ble brukt i de ulike områdene. Cellekontorene hadde et energiforløp som nådde sitt toppunkt midt på dagen, for deretter å reduseres til et lavere og mer stabilt uttak over ettermiddagen, kvelden og natten.

I noen tilfeller var energibruken om kvelden og natten lik, før ny arbeidsdag startet og energiuttaket økte igjen. Fra målingene fikk man inntrykk av at belysningen i fellesarealer og korridorer sto på store deler av døgnet.

Kontorlandskapene hadde et noe annet forløp. Dette var preget av jevnt høyt uttak over store deler av døgnet, kun avbrutt av korte perioder noen netter der effektuttaket sank vesentlig.

Tilstedeværelsesdetekteringen på cellekontorer ga indikasjoner på en brukstid av rommet i underkant av det driftstiden på belysningen var. Differansen mellom disse varierte en del fra kontor til kontor, men det som gikk igjen var at lyset ble slukket da brukerne forlot områdene for dagen. Målingene viste at brukstiden for kontorlandskapene lå opp mot 15 timer i døgnet, mens den på cellekontorene aldri oversteg 7,5 timer i døgnet.

Lystiden var også ulik i de to områdene. På cellekontorene lå lystiden stort sett mellom 7 og 8 timer, mens den for kontorlandskap varierte mer, med flere tilfeller der lyset sto på hele døgnet.

III

Spørreskjemaet bekreftet mye av det målingene viste i forhold til brukstid og vaner. Det var indikasjoner på at brukerne av cellekontorer var flinkere til å slukke lys og utstyr på eget kontor og i områdene rundt, enn det brukerne av kontorlandskap var.

Resultatene fra målingene og undersøkelsene viser at differansen mellom behovet og forbruket av energi mange steder er høyt, og følgelig er også sparepotensialene høye i deler av installasjonen.

Forord

Denne rapporten er et resultat av min masteroppgave som en del av studiet Master of Science in Electric Power Engineering ved NTNU.

Oppgaven er gitt av institutt for elkraftsteknikk i samarbeid med Siemens Trondheim representert ved Øystein Ramsøskar.

Arbeidet startet 15. januar 2008 og ble avsluttet 12.juni 2008.

I forbindelse med gjennomføringen av min oppgave er det noen jeg gjerne vil takke.

I første rekke Siemens Trondheim ved Øystein Ramsøskar, men også elektrikere fra firmaet som har bidratt med hjelp ved feltundersøkelser.

I tillegg vil jeg rette en takk til Elektroansvarlig ved Adresseavisen ASA, Ragnar Stavseng og driftssjef Knut Nilsen.

Jeg vil også takke min veileder Eilif Hugo Hansen for god veiledning underveis.

Trondheim, 12. juni 2008

David Coll

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning.....	1
2.	Energisituasjonen i Norge	2
3.	Energibehov i næringsbygg.....	4
4.	Energistyring	5
4.1.	Energioptimalisering	6
4.2.	Belysning.....	7
4.3.	Betjening av belysningsutstyr	8
4.3.1.	PIR detektor.....	9
4.3.2.	Ultralyd/ mikrobølge detektor	10
4.3.3.	Akustisk detektor.....	10
5.	Adresseavisen ASAs lokaler	11
5.1.	Fordelingssystemet og kursinndelingen	11
5.2.	Undersøkte områder	12
5.2.1.	Cellekontorer	13
5.2.2.	Kontorlandskap	14
6.	Målemetoder og instrumentering	15
6.1.	Trendanalyser	16
6.1.1.	Fluke mod 434 Power Quality Analyser	16
6.2.	Tilstedeværelse og lysbruk.....	17
6.2.1.	Tilstedeværelsesdetektering	19
6.2.2.	Tidsforsinkelse	20
6.2.3.	Lysføler	22
6.2.4.	Resultatbehandling	23
6.3.	Spørreundersøkelse	25
7.	Måleresultater.....	26
7.1.	Trendanalyser	26
7.1.1.	Cellekontorer	26
7.1.2.	Kontorlandskap	28
7.2.	Område- og lysbruk.....	30
7.2.1.	Cellekontorer	31
7.2.2.	Kontorlandskap	36
7.3.	Spørreundersøkelse	40
7.3.1.	Spørsmål 1	40
7.3.2.	Spørsmål 2.....	41
7.3.3.	Spørsmål 3.....	42
7.3.4.	Spørsmål 4.....	43
8.	Energisparetiltak.....	44
9.	Diskusjon.....	46
9.1.	Cellekontorer	46
9.2.	Kontorlandskap	47
9.3.	Sammenligning av områdene	48
9.4.	Validiteten i målingene	49
10.	Konklusjon	51
11.	Kilderegister / henvisninger	52

1. Innledning

Målet med denne oppgaven er å finne mulige sparepotensialer ved det elektriske energibruket i næringsbygg. Målinger og undersøkelser vil bli foretatt ved Adresseavisens lokaler på Heimdal utenfor Trondheim. Dette bygget vil bli brukt som referanse da mesteparten av det praktiske arbeidet vil foregå der.

For å finne energisparepotensialer må man skaffe seg oversikt over hvilket behov og vaner brukerne av området har. Videre må man kartlegge hvor mye energi som kreves til de forskjellige funksjonene som belysning, teknisk utstyr på arbeidsplassen, og energibruk til HVAC funksjoner (heat, ventilation and air conditioning).

Adresseavisens lokaler benytter seg av fjernvarme distribuert fra Trondheim Energi og har et vannbåren varmesystem i byggene sine. Varmebehovet vil derfor ikke bli undersøkt da dette ligger utenfor mitt fagfelt.

En slik oppgave har flere mulige angrepsvinkler, men det jeg vil gjøre i denne oppgaven er å:

- Måle effektuttaket på stigerkurser i underfordelingen for å identifisere hvordan lasten fordeler seg over døgnet.
- Finne egnet utstyr for overvåking av tilstedeværelse og lysbruk.
- Sammenligne ulike kontorområder ut fra hvordan de er inndelt.
- Foreta spørreundersøkelse for kartlegging av brukervaner og holdninger blant brukerne.
- Se på egnede tiltak som bør vurderes ved innføring av energisparetiltak.

Et element i denne oppgaven er å finne egnet utstyr for overvåking av tilstedeværelse og lysbruk i et avgrenset område. Dette utstyret vil bli testet for å se om det kan gi verdifull informasjon om hvor mye arbeidsområdene er benyttet og hvor mye lys som til enhver tid er slått på og hvor lenge det er slått på.

Tiltakene som skal fremkomme av denne oppgaven skal være av en slik karakter at man ikke er låst til noen spesiell leverandør av utstyr til energistyring, da det finnes flere ulike leverandører som leverer utstyr med mye av de samme mulighetene.

2. Energisituasjonen i Norge

Sett i et historisk perspektiv har Norge vært i en særstilling med det å ha vært selvforsynt med elektrisitet fra egne vannkraftverk. Prisene har vært lave fordi tilgangen til kraft generelt har vært større enn forbruket og produsentene forsynte abonnenter som lå innenfor de forskjellige energiselskaperens dekningsområder. Økt konsum ble dekket inn ved utbygging av vassdrag og anlegging av nye kraftverk.

Tidene med større utbygginger av vannkraft i Norge er forbi, og når energibruket øker mer enn produksjonen, må tiltak iverksettes for å dekke inn denne differansen.

I løpet av 90 tallet har det elektriske energiforbruket stadig økt, samtidig som produksjon av elektrisitet har vært på et stabilt nivå. Dette har ført til at Norge nå er avhengig av netto import for å være i balanse [1].

I 1991 bestemte den Norske regjeringen seg for å deregulere det elektrisk energimarkedet. Hovedtrekket var at kundene selv skulle få velge hvem de ville handle elektrisitet av.

Statnett marked AS etablert i 1993 som et organ for å ta seg av denne handelen som i utgangspunktet bare gjaldt det Norske markedet. Dette skulle bidra til å få et mer kostnadseffektivt overføringssystem samtidig som man fikk konkurranse mellom ulike energiselskaper [1,2].

I 1996 startet et samarbeid mellom Norske og Svenske kraftverk om kraftutveksling mellom landene. Statnett marked byttet navn til Nord Pool ASA og ble en kraftbørs hvor utvekslingen ble organisert og gjennomført. I ettertid har land som Danmark, Finland og nå nylig Nederland (mai 2008) knyttet seg opp mot denne kraftbørsen.

Dette fører til at man i Norge kan benytte elektrisitet produsert med andre brenseltyper enn det som har vært vanlig her til lands og prisene vil også være avhengig av flere parametere enn det som har vært tilfelle tidligere. De viktigste parametrene er nedbør, temperatur, pris på fossilt brennstoff, nybygging av kraftverk og overføringslinjer, utfasing av kjernekraft- og kullkraftverk, avgiftspolitik og klimapolitikk [3].

Prisene på kraft i Norge er fremdeles vesentlig lavere enn eksempelvis Danmark, selv om begge landene er koblet opp mot Nord Pool ASA. Grunnen til dette er at man opererer med en felles områdepris som kraftselskapene forholder seg til når de kjøper og selger kraft på Nord Pool ASA. I tillegg opereres det med sonepriser som gjelder i de forskjellige landene og i forskjellige områder internt i landene. Disse soneprisene settes ut fra overføringskapasiteten til linjene, skatter og avgifter for å regulere forbruket slik at dette ikke overstiger overføringskapasiteten til linjene og tilgjengelig energi. Man har da et system der markedet styrer i henhold til tilbud, etterspørsel og overføringskapasitet. Med en slik strukturering av markedet vil man kunne oppleve raske prisendringer på elektrisitet avhengig av påvirkningen fra de regulerende faktorene. Dette opplevde man vinteren 2003 da prisene steg raskt på Nord Pool ASA grunnet kaldt vær over en lengre periode i tillegg til unormal lav fyllingsgrad i Nordiske vannmagasinene grunnet en unormalt tørr sommer.

Om det er knapphet på tilsiget til vannmagasinene i Norden, eller en differanse mellom etterspørsel og tilgang på vannkraft, er det i realiteten bare et alternativ for å dekke inn underskuddet, importering av kullkraft fra Danmark. Siden de har høyere installert effekt enn det de har behov nasjonalt.

De senere årene har det vært en vesentlig økning av levestandarden i den østlige delen av verden (Kina og India), der økende energibehov har blitt dekket inn ved hjelp av utbygging av

kullkraft som har ført til en eskalering av utslipp av CO₂ [4]. I senere tid har en rekke forskere tilknyttet FN's klimapanel slått fast at de menneskeskapte utslippene av CO₂ har ført til en målbar økning av den globale temperaturen [5]. Dette har satt fart på debatten omkring global oppvarming og hvilke konsekvenser den vil ha for kommende generasjoner, og hva som må iverksettes for å redusere dette.

Tiltak som kan iverksettes for å få redusert utslippene er blant annet "klimakvoter", avgiftspolitik, renseteknologi for de store kraftverkene i tillegg til en innsats for å øke menneskers bevissthet rundt eget energiforbruk slik at unyttig energibruk unngås.

Konsekvensene av økt energibruk og knapphet til ren fornybar energi, har ført til at den Norske regjering har satt i gang ulike tiltak for å begrense energibehovet i nybygg.

I 2003 ble Enova SF stiftet for å fremme en miljøvennlig omlegging av energibruk og produksjon i Norge [6]. Foretaket forvalter et fond hvor det er mulig for bygningseiere og utbyggere å søke om støtte til investering i ulike tiltak som vil redusere klimabelastningene dette kan gjelde alt fra utbygging av fjernvarmesentraler og tilhørende distribusjonsnett til ulike mindre tiltak i bygg som på sikt vil føre til at klimabelastningene reduseres.

I senere tid har også Staten, i kraft av Tekniske forskrift (TEK)til plan og bygningsloven, satt klare føringer for hvilke energikrav som stilles til nybygg [7].

Med de nye byggforskriftene av 2007 er forventet energibehov beregnet til å bli redusert med 25 %. Dette oppnåes ved strengere krav til isolasjonstykkelse, bruk av vinduer med lavere U-verdi, det skal også monteres varmegjenvinner på ventilasjonsanlegg. I tillegg er det krav til at minst 50 % av beregnet oppvarmingsbehov (arealer og vann), skal skje med andre kilder enn direktevirkende elektrisitet eller fossilt brensel.

3. Energibehov i næringsbygg

Faktorer som har direkte betydning for et byggs energibruk er geografisk plassering, byggeårstall, byggets utforming og inndelinger, brukstider, tekniske installasjoner, brukernes holdninger med mer.

Ved vurdering av hvor mye energi som går til hva, kan det være fordelaktig å separere de ulike energibehovene inn i grupper slik at man lettere får en oversikt over hvilket forbruk man har og hva ulike tiltak vil medføre av besparelser.

Under er et eksempel med to punkter på hvordan man kan separere energibehovet:

1. Energibruk for opprettholdelse av fysisk komfort.
 - oppvarming,
 - kjøling
 - ventilasjon

2. Tekniske installasjoner:
 - belysning av kontorområder og fellesarealer
 - kontorutstyr som PC, servere, printer, og lignende
 - kjøkkenutstyr som kaffetrakter/maskiner, vannkoker med mer

Generaliseringen i dette tilfellet er tatt med hensyn på hvordan energibehovet i de forskjellige punktene er dekket. Ofte vil energibehovet til elementer under punkt 1 være dekket av en ikke- elektrisk kilde eller en egen stige kabel fra hovedtavlen, og kan dermed sees på som en egen last. I mange tilfeller vil det også være egne styresystemer for slike installasjoner.

Energibruken i punkt 2 kan være fordelt over et større område med energibehovet distribuert via underfordelinger og kurssikringer.

Energibruken i punkt 2 vil også passivt bidra til energibehovene i punkt 1. Energibruk til belysning, drift av dataanlegg, datamaskiner i "skjerm sparemodus" og lignende vil bidra med et varmetilskudd i bygget. Om bygget har behov for netto oppvarming, vil dette føre til en reduksjon i det totale oppvarmingsbehovet sett fra oppvarmingskilden. I varmere perioder vil det bidra med varme, noe som da igjen vil kunne kreve kjøling.

4. Energistyring

Etter en relativt beskjeden innovasjon på området lavspente elektroinstallasjoner over flere år har det de senere årene vært en stor fornying på området kontroll og styresystemer [8].

Teknikken som blir benyttet er tidligere kjent fra datakommunikasjon. Fellesbetegnelsen for disse nye teknikkene er buss-systemer.

Et buss-system er per definisjon et overføringsmedium fra en eller flere kilder til en eller flere sendere. Overføringsmediet som kan benyttes er koaksialkable, tvunnet tråddar, fiberoptisk kabel, elkraftnett eller trådløs kommunikasjon som infrarød eller radiobølger.

Hva som bør velges må vurderes i hvert tilfelle, men ved et eksisterende bygg kan et trådløst system være det mest hensiktsmessige, da dette er lettere å montere i ettertid.

Ulemper med et slikt system kan være påvirkning i form av støy fra andre sendere og mottakere som mobiltelefoner, alarmanlegg, musikkanlegg med mer. I tillegg blir et trådløst system lettere hindret av fysiske barrierer i bygget som etasjeskiller og veggskiller. Disse forstyrrende elementene kan man unngå ved bruk av egnede kabler, men dette krever større ressurser ved installeringen.

I et buss-system er alle funksjoner, bortsett fra ren kraftforsyning, utført med signaler som sendes mellom ulike aktører ved hjelp av bussen. Funksjonene kan være alt fra av og på regulering til større automatiske reguleringer av for eksempel klimaanlegg, ventilasjonsanlegg, lysanlegg, alarmanlegg med mer.

Det er eksempelvis muligheter for å la en føler, en bevegelsessensor montert i et cellekontor, styre flere funksjoner som lys, ventilasjon, alarmanlegg og bestemme modus¹ for rommet. Om detektoren registrerer en bevegelse i rommet kan den aktivisere de ulike funksjonene slik at komforten i rommet ivaretaes. I tillegg gir den tilbakemelding om det ikke er bevegelser der slik at de ulike installasjonene settes i en tilstand der rommet krever et minimum med energi. For gjennomføring av en slik løsning er man avhengig av å ha kommunikasjon mellom de ulike tekniske installasjonene. Man kan enten velge å ha et toppsystem eller et totalitært system. I et toppsystem er det et overordnet program som tar seg av kommunikasjon mellom de ulike funksjonene. Dette er "åpne systemer" der man har muligheten til å kombinere ulike leverandører slik man finner det hensiktsmessig. Systemene blir mer fleksible i den grad at man ikke er låst til en bestemt leverandør av undersystemer i fremtiden. Ulempene kan være driftsproblemer siden man ikke alltid vet hvordan programmene vil fungere sammen på lengre sikt.

Et totalitært system dekker alle funksjonene som f.eks. lysstyring, temperatur, ventilasjon, alarmanlegg, adgangskontroll osv. Et slikt system vil ikke tillate innkobling av komponenter fra andre leverandører. Dette kan være begrensende sett i et lengre perspektiv, men man får et system som er grundig utprøvd og testet og derfor kan dette gi høyere driftssikkerhet.

¹ Med modus menes en forhåndsinnstilt tilstand. Eksempler på dette kan være dagsenkingsmodus eller nattsenkingsmodus. Tilstander rommet blir satt i for å minimere energibehovet om det ikke blir benyttet.

4.1. *Energioptimalisering*

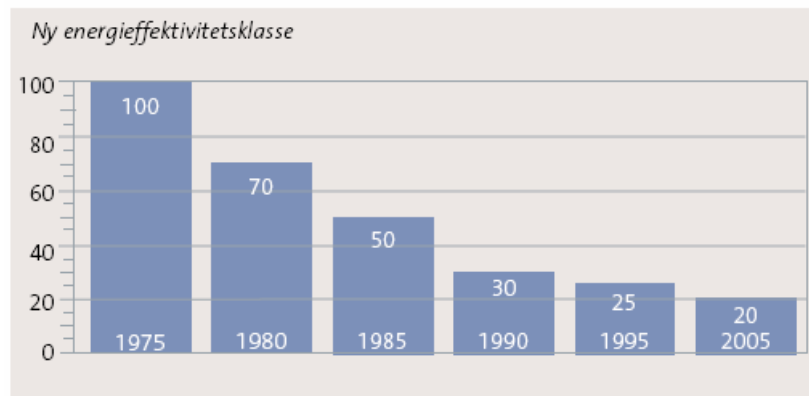
Alt forbruk av energi i et bygg blir registrert av minimum én måler fra energiverket per tilført energikilde, denne registrerer all energi som kunden må betale energileverandøren for.

Om man ønsker å redusere energibruken er det av avgjørende betydning å ha informasjon om hva energien blir brukt til og når den blir brukt. Det er først når man har dannet seg en oversikt over hvilket energibruk som er overflødig at man kan iverksette tiltak for å bedre på dette.

Flere leverandører av styresystemer legger også inn muligheter for å logge energibruken over enkelte komponenter eller områder. Slik logging gjør det mulig å se i etterkant hva som ble brukt av energi, hvor det ble brukt og hvilke kriterier som var utslagsgivende for forbruket.

4.2. Belysning

Det har vært en større utvikling og forbedring av belysningsmateriell både med hensyn på energieffektivitet og fleksibilitet i forhold til styring de senere årene [9].



Figur 1 Armaturers reduserte effektbehov etter teknikkutviklingen [Fagerhult AS].

Figur 1 viser hvordan energibehovet for lysarmaturer har blitt redusert med årene etter hvert som teknologien har blitt forbedret.

Vanligvis har lysrørene blitt tent og driftet ved hjelp av en spole koblet i serie med lysrøret. Denne spolen, også kalt drossel eller reaktor, gir tilstrekkelig høy spenning ved tenning samt at den fungerer som en strømbegrenser under drift. De senere årene har det kommet nytt og mer energieffektivt forkoblingsutstyr hvor det benyttes kraftelektronikk i stedet for konvensjonelle spoler.

I tillegg er det kommet en ny generasjon lysrør (T5), disse forutsetter bruk av elektronisk forkoblingsutstyr. T5 rørene er tynnere (16 millimeter) enn de tradisjonelle T8 rørene (26 millimeter), i tillegg har de en høyere lysytelse per installert effekt.

Med tynnere rør blir det letter å optisk styre lyset i ønsket retning, noe som fører til økt virkningsgrad for armaturen.

Med optimerte armaturer med T5 lysrør er energibehovet redusert med 80 % i forhold til det som var behovet for tilsvarende lysytelse i 1975.

4.3. Betjening av belysningsutstyr

Tradisjonelt har lysstyringen blitt regulert ved hjelp av manuelle brytere plassert nær inngangsdøren til et område. Man har da den enkleste metoden for behovsstyrt lysstyring ved at brukeren skrur på lyset om det er for mørkt i rommet, og skrur av igjen om man forlater rommet. Dette er et ideelt eksempel der det kreves at brukeren av området har en stor grad av bevissthet i forhold til eget energibruk.

De senere årene har bruken av åpne kontorlandskap blitt mer vanlig, både ved nybygg og ved omgjøring av eksisterende kontorer. Med utgangspunkt i at energibruken skal være behovsberettiget, vil et område med høyere tetthet av brukere med ulike behov og vaner kreve en større fokusering på utstyr og hvilke tekniske løsninger som skal benyttes for styring og regulering. Ved nybygging eller omgjøring av eksisterende lokaler er det noen punkter som må analyseres slik at det mest hensiktsmessige utstyret velges.

Disse faktorene er:

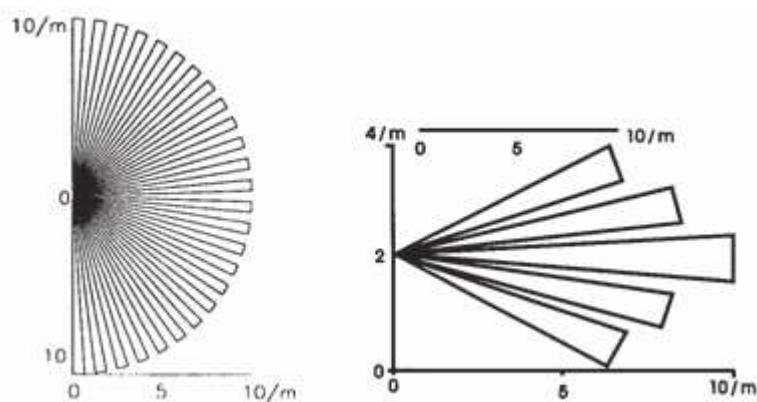
- Typen lokaler (yrkeskategori)
- Rommets utforming (skillevegger/ fysiske skiller)
- Vinduenes orientering og uforming
- Brukstil over døgnet
- Brukernes holdninger og vaner
- Fleksibilitet ved en eventuell senere omgjøring av lokalitetene
- Pris, installasjonskostnader kontra driftskostnader

4.3.1. PIR detektor



Figur 2 PIR detektor [Elko]

En passiv infrarød (PIR) detektor reagerer på varme bevegelige objekter. PIR detektoren består av en linse som er delt inn i ulike sektorer som fanger opp om et varmt objekt beveger seg på tvers av disse [10].



Figur 3 Sektorinndeling PIR- detektor (vannrett og vertikalt) [Elko]

Dess lenger bort fra sensoren objektet kommer jo større avstand må det forflyttes for å krysse sektorlinjene se figur 3. En bevegelse i samme retning som sektorlinjene vil kreve en større bevegelse enn en på tvers. En slik detektor bør plasseres slik at bevegelsene som skal detekteres skjer på tvers av sektorene, og samtidig hindre at detektoren overvåker områder som kan gi utilsiktede registreringer.

Ved benyttelse i områder der brukerne har et stillesittende type arbeid bør man benytte mer følsomme sensorer i tillegg til en tidsforsinkelse ved utkobling slik at man unngår utilsiktede utkoblinger av lyset. Dette for å unngå en forringelse av levetiden til lyskildene og for at det ikke skal oppleves som forstyrrende for brukerne. Slike detekterer fåes i flere utførelser for både tak og veggmontering, og utstyr som er beregnet for buss-systemer slik at de kan inngå i et større styringssystem.

4.3.2. Ultralyd/ mikrobølge detektor



Figur 4 Ultralyddetektor (til venstre) og mikrobølgedetektor (Nortronic AS)

Disse to typene av detektorer har samme funksjonsprinsipp. De sender ut et konstant felt av høyfrekvente trykkbølger som blir reflektert av fysiske gjenstander i rommet.

En bevegelse vil påvirke de reflekterte trykkbølgene slik at de får en ulik frekvens sammenlignet med den opprinnelige refleksjonsfrekvensen (dopplereffekten), dette vil føleren registrere og bli aktivisert.

Ultralydsdetektoren sender ut trykkbølger med en frekvens på ca 40 kHz og har et detekteringsområde på ca 20 x 20 meter [11].

En mikrobølgedetektor bruker trykkbølger i størrelsesordenen 10 GHz og egner seg for større arealer opptil 60 x 60 meter.

Slike detektorer egner seg godt i rom der det er klare fysiske skiller til nærliggende områder og hvor det er flere brukere.

4.3.3. Akustisk detektor

En akustisk detektor gir utslag ved registrering av lydbølger og er i utgangspunktet beregnet for styring av lys [11]. Detektoren aktiviseres av lyd og vil være aktivisert i en forhåndsinnstilt tidsperiode etter at lydbølgene er forsvunnet.

Akustiske følere er ganske sensitive for hvor mye lyd som skal til før de reagerer. At noen tar i et dørhandtak kan være nok for aktivisering, slik at lyset er på omtrent før man kommer inn i området som detekteres. Sensitiviteten er noe man må ta hensyn til slik at uønskede innkoblinger av lys unngås.

Egner seg for montering i korridorer, garasjeanlegg, garderobeanlegg, trappehus osv.

5. Adresseavisen ASAs lokaler

Bygget til Adresseavisen ASA er et kontorbygg på om lag 13 000 m², bestående av kontorlandskaper, cellekontorer og fellesarealer som kantine, korridorer, garderober, vestibyler med mer.

Bygget er satt opp i ulike byggetrinn med flere års mellomrom og en del av områdene har blitt renovert og omstrukturert i nyere tid for å møte på dagens krav til funksjonalitet og plassbehov.

Områdene er delt inn avdelingsvis, alt etter hva slags fagfelt brukerne arbeider med.

Noe av arealene er også leid ut til eksterne bedrifter.

5.1. Fordelingssystemet og kursinndelingen

Energibehovet blir dekket ved hjelp av elektrisitet og fjernvarme.

Det elektriske energibruket går i all hovedsak til drift av lys, produksjon av aviser, ventilasjon og teknisk utstyr lokalisert på de forskjellige arbeidsplassene.

I fjernvarmen inngår radiatorer, oppvarming av tappevann og varmebatterier i ventilasjonsanleggene for oppvarming av friskluft.

De siste tre årene har lokalene hatt et gjennomsnittlig energibehov på om lag 315 kWh/m²år, av dette er ca 68 % dekket av elektrisitet og ca 32 % via fjernvarme [12].

Det elektriske anlegget er et TN-C-S system med 400 volt nominell spenning mellom fasene.

Bygget har i dag inntak fra to sider (ringnett) med summasjonstrafoer på hver side som er koblet opp mot hverandre for registrering av energibruken.

Anlegget er i all hovedsak funksjonelt inndelt, det er benyttet separate kurser til eksempelvis lys, data, stikkontakter/ teknisk osv. Disse er igjen lagt inn under separate gruppesikringer. Dette forenkler valget av hvilke kurser man skal foreta målinger over enklere ved at man vet hva slags type belastning som er på de forskjellige kursene. Man kan ikke garantere for at det ikke finnes elementer fra andre lasttyper inn under for eksempelvis lyskurser, men i tilfelle vil dette være av uvesentlig betydning for det totale energiuttaket gjennom gruppesikringene. Ved spørsmål til de ansvarlige for driften av det elektriske anlegget [13], ble det påpekt at det fra dag en har vært en holdning om å holde seg konsekvent til dette systemet.

5.2. *Undersøkte områder*

Når jeg i denne oppgaven skulle velge områder for overvåking av energibruk og bruksmønster var det ønskelig å ha to arealmessig like områder men med en ulik funksjonsmessig inndeling. De to valgte områdene ligger i samme tilbygg, men i henholdsvis sokkeletasje og 1. etasje. Begge områdene var opprinnelig cellekontorer, men de senere år har det vært en omorganisering i underetasjen slik at den nå framstår med majoriteten av arealene som åpent kontorlandskap.

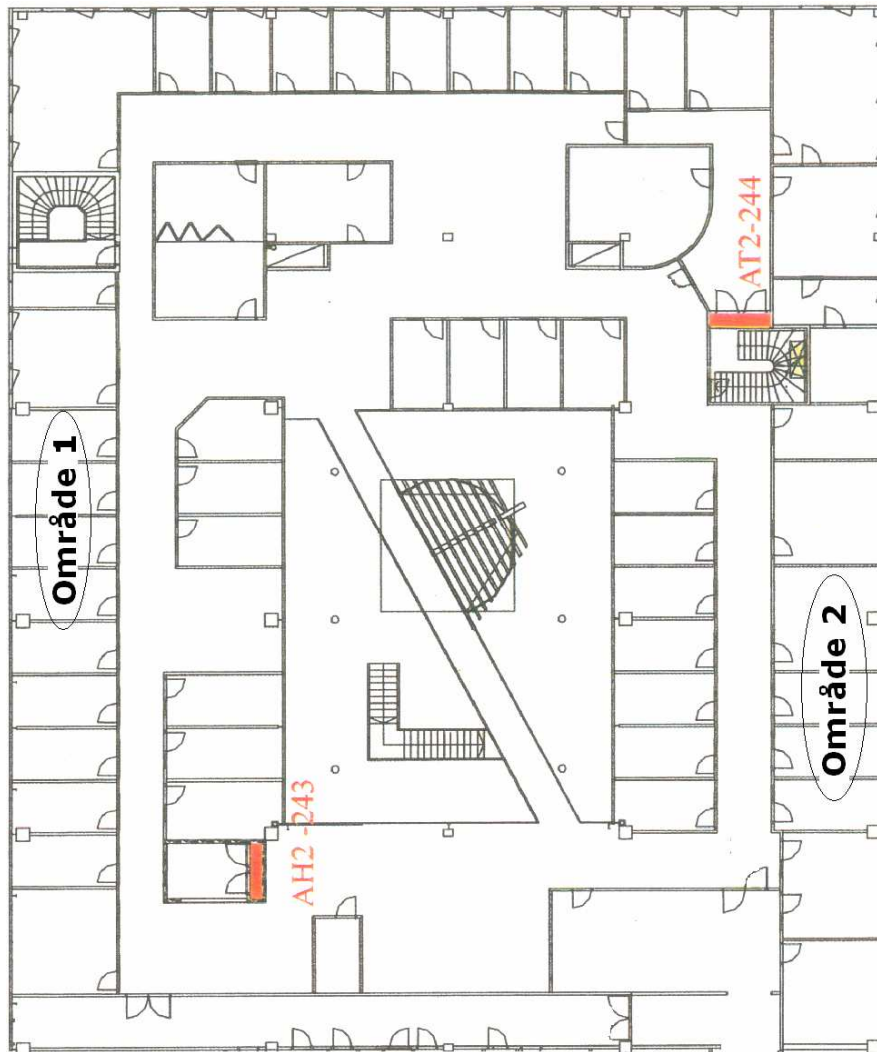
Bakgrunnen for valget var blant annet for å ha områder med så like ytre fysiske forhold som mulig. Områdene er bygget samtidig og med det som utgangspunkt var det ønskelig å undersøke områdene for å se om det er ulikheter som medfører en energiøkonomisk forskjell med det ene alternativet kontra det andre.

Adresseavisens lokaler benytter CENTROL lysstyringssystem i deler av områdene sine. Dette er et sentralisert betjeningsystem for lysanlegg ideelt for lysstyring i større områder. Man seksjonerer lysanlegget slik det er ønskelig og mest hensiktsmessig, og ved hjelp av et CENTROL system kan man betjene lysfunksjonene fra en plass [14].

Adresseavisen ASA har i dag en avtale med et vaktelskap som tar seg av vakt og inspeksjon på kvelds- og nattestid, der deler av rutinene skal være å slukke lyset i områder som ikke blir benyttet.

5.2.1. Cellekontorer

Området med cellekontorer ligger i første etasje i den nordlige delen av bygget. Cellekontorene er av varierende størrelse og kan avvike noe fra inndelingen slik den er vist i figur 5, grunnet at dette er tegninger av litt eldre dato.

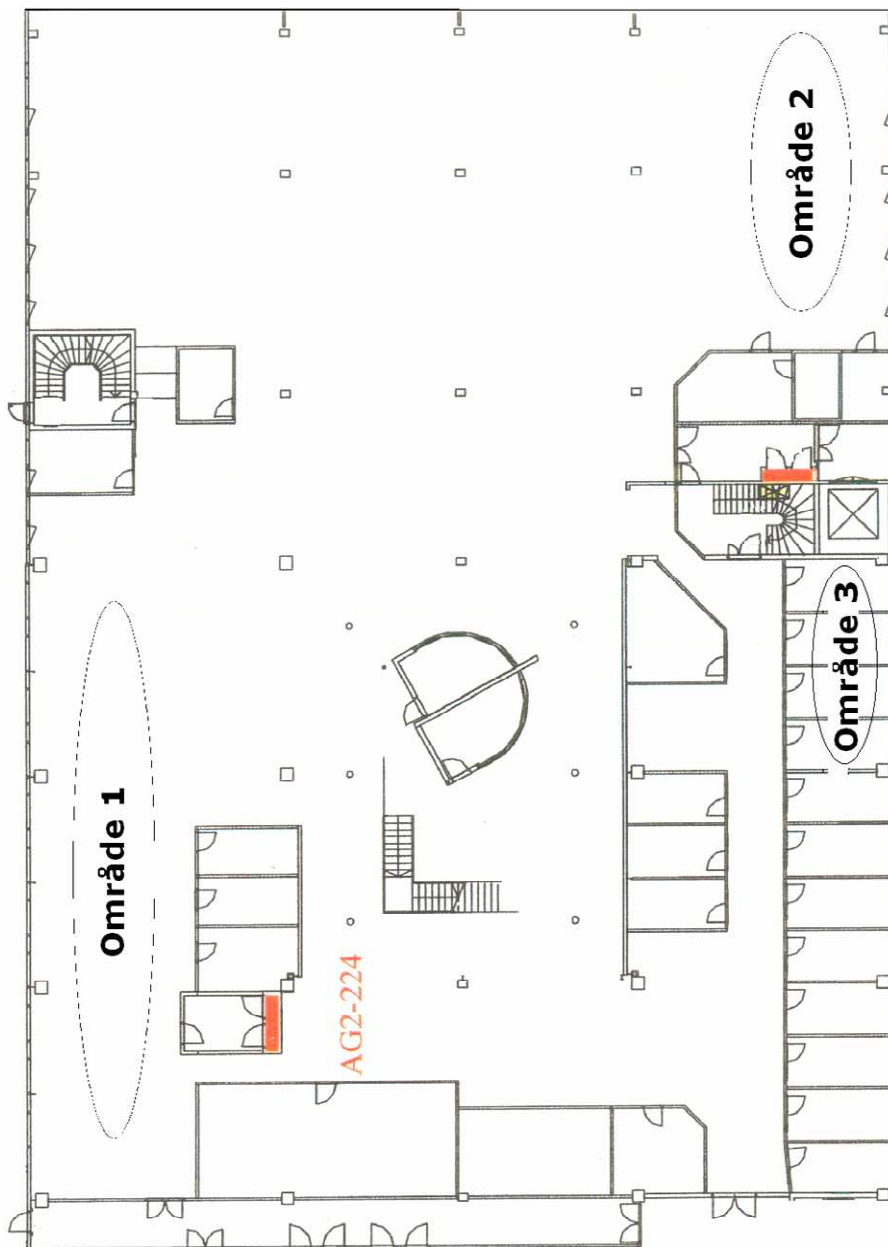


Figur 5 Planskisse over undersøkte områder i første etasje.

Elektrisitetsforsyningen til området blir dekket via to underfordelinger, AH2-243 og AT2- 244. Lysstyringen av området består hovedsakelig av manuelt betjente brytere på kontorene i tillegg til sentraliserte bryterpaneler for lys i fellesarealer og for enkelte kontorer. De undersøkte kontorene ligger plassert i nærheten av de merkede områdene 1 og 2, fig 5. Det er en bruker på hvert kontor og lysstyringen der blir styrt med egen separat lysbryter plassert ved døren.

5.2.2. Kontorlandskap

Området med kontorlandskap ligger i underetasjen i den nordlige delen av bygget. Majoriteten av arealene består av åpent kontorlandskap men med noen cellekontorer slik det er vist i figur 6.



Figur 6 Planskisse over undersøkt kontorlandskap i sokkeletasjen.

Energiltførselen blir dekket via underfordeling AG2-224 og AS2-230 (røde merker). Lysstyringen blir foretatt via CENTROL bryterpaneler som er plassert i kontorlandskapet i nærheten av underfordelingene. De undersøkte områdene inneholder til sammen 28 arbeidsplasser hvorav fire er cellekontorer.

6. Målemetoder og instrumentering

Ved energioptimalisering er det et hovedkriterium som gjelder: Man skal ikke bruke mer energi enn det man til enhver tid har behov for. Det skal foreligge et reelt behov for at man skal kunne tillate energibruk, som at det er mørkt i rommet og man ønsker lys, eller temperaturen er for lav og man ønsker mer oppvarming.

I Norge har det ikke vært lange tradisjoner for at man konsekvent skrur av utstyr når man forlater rommet for kortere perioder. Det har vært tilgang på rimelig energi og derfor har det ikke vært fokusert mye på betydningen av slike vaner og holdninger.

Ved kartlegging av energisparetiltak og hvilke potensialer som ligger i disse, er det av stor betydning å ha tilgang til informasjon om hva energien brukes til, når den brukes og hva som er bakgrunnen for forbruket. Dette for lettere å kunne påvise hvor energien blir brukt unødig og hvilke tiltak som kan treffes for å redusere dette.

Med dette som utgangspunkt er det blitt foretatt følgende målinger og undersøkelser:

1. Trendanalyse.
 - Målinger på utvalgte kurser i underfordelingene for å kartlegge når og hvor mye energi som blir brukt og hva den brukes til.
2. Tilstedeværelse og lysbruk.
 - Registrering av tilstedeværelse i rommet og lysbruk ved hjelp av detektorer og lysfølere.
3. Spørreskjema
 - For å kartlegge brukernes vaner og holdninger til energibruk og energisparing.

Trendanalysene er foretatt for å danne seg et bilde av hvordan energibruken fordeles på døgn- og ukebasis. Med utgangspunkt i at energibruken skal være behovsprøvd vil man kunne danne seg et inntrykk av om energibruken er slik eller ei, tatt i betraktning informasjon om bruksmønster og hvordan den elektriske installasjonen er gjennomført.

Etter trendanalysene er det foretatt kartlegging av tilstedeværelse og lysbruk i på mindre områder. Disse undersøkelsene skal avdekke eventuelle differanser mellom lysbruk og tilstedeværelse og størrelsen på dette.

Utstyret som ble brukt for innsamlingen av måledata er måleutstyr som er tilgjengelig ved service- laben ved institutt for elkraftsteknikk, heretter service- laben.

I etterkant av alle målingene ble det foretatt en spørreundersøkelse der brukerne av de undersøkte områdene ble stilt noen spørsmål angående holdninger, vaner og rutiner i forhold til sitt eget energibruk på arbeidsplassen. Spørsmålene er delvis hentet fra en tidligere studie angående kartlegging av energieffektivitet for kontorbelysning [15].

6.1. Trendanalyser

Grunnleggende tankegang er å anta at energibruken vil være avhengig av antall brukere som er tilstede i lokalet. Når brukerne ikke er tilstede vil energibruken være på sitt laveste, mens den vil øke etter hvert som de ankommer kontorene, for deretter å reduseres igjen til nivået det var før de ankom. Trendanalysene vil gi et inntrykk av hvordan energibruken fordeler seg over døgnet og brukstiden på deler av installasjonen.

Dataene som fremkommer av analysene må videre sammenlignes med flere faktorer for å gi økt forståelse for hvorfor bruken er som det er.

Trendanalysene ble foretatt på ulike gruppesikringer i underfordelingen.

6.1.1. Fluke mod 434 Power Quality Analyser

Fluke mod 434 Power Quality Analyser er et instrument for logging av hendelser og forløp i elektriske systemer. Instrumentet er klassifisert for målinger på systemer med en nominell spenning på opptil 1000 volt² [16].

Instrumentet kan benyttes til målinger over tre-, to- og en fase effekter, alt etter hva slags laster det er og hvilket fordelingssystem som blir benyttet i installasjonen.

I Fluke mod 434 er det et bibliotek med ulike konfigurasjoner alt etter som hva som skal registreres og hva det skal måles på.

Ved konfigurering og oppsetting for målinger er det tre punkter som må man vite før man kan starte målingene:

1. Hva skal målingene foretas på, antall faser og spenningssystem.
2. Velge tilsvarende spenningssystem på instrumentet.
3. Velge hvilke funksjoner instrumentet skal logge.

I denne oppgaven er Power & Energy funksjonen benyttet. Ved denne innstillingen måler instrumentet aktiv, reaktiv og tilsynelatende effekt over hver fase, i tillegg til de resulterende verdiene. For avlesing av måleresultater kan man enten bruke instrumentet direkte og lese av på skjermen, eller man kan sende dataene over til en PC for avlesing der.

Ved overføring til PC benyttes Flukeview, det tilhørende dataprogrammet for kommunikasjon mellom apparat og PC. Videre har man mulighetene til å se dataene som grafer eller man kan ta ut tallmaterialet bak og transportere disse inn i andre behandlingsprogrammer, eksempelvis Excel [17].

² Referert 1000 V CAT III / 600 V CAT IV ANSI/ISA S82.01

6.2. *Tilstedeværelse og lysbruk*

Bruken av kontorområder kan være ulik avhengig av hva slags virksomhet bedriften driver. I en del tilfeller vil det være mer eller mindre monotont, med en hovedvekt av tilstedeværelse innenfor normal arbeidsdag (08.00 til 16.00). I andre tilfeller kan brukstiden variere fra dag til dag avhengig av brukerens plikter og vaner. I områder der noen brukere er involvert i en skiftrotasjon kan man oppleve en større brukstid enn det som innbefatter en normalarbeidsdag. Andre bedrifter igjen kan ha en skiftende brukstid med perioder som over mens i andre perioder blir kontorarealene mindre benyttet.

Ulikheter i brukstid kan medføre en økt kostnad for bedrifter ved at områder som ikke er i bruk styres under områder som er i bruk eller at utstyr ikke skrur av når det ikke blir benyttet. Ved undersøkelser av lysbruk og tilstedeværelse var det ønskelig å få tilbakemelding på hvordan benyttelsen av områdene var i forhold til lysbruken i områdene.

Kriteriene som ble satt opp i forbindelse med hva slags utstyr en trengte og hvilke spesifikasjoner utstyret måtte ha, var følgende:

- Følere/ sensorer for registrering av brukere i et definert område
- Følere/ sensorer for registrering av lysbruk i samme området
- Minimere provisoriske tilkoblinger på den elektriske installasjonen
- Enkelt å innhente måledata etter endt måleperiode
- Enkelt å montere og demontere
- Bestillingstid fra leverandør
- Pris

Det var to tilfeller som skulle registreres og ønskelig at disse sensorene/ følerne sto i nærheten av hverandre. Slik at overføring av data enkelt kunne formidles til datalogger og senere til PC. Det finnes flere ulike alternativer for hvordan man kan registrere slike forhold, ser man på lysbruk alene vil dette kunne detekteres på flere måter.

Man kunne ha overvåket strømbruket til belysning over et området og registrert strømmen i tidsintervaller ved hjelp av strømtenger sluttet rundt tilførselsledningene. Et annet alternativ kunne vært benytting av en overvåking av lysintensitetsnivået i lokalet, etter samme prinsipp som ei fotocelle.

For å få tilbakemelding på om det er brukere tilstede i et område eller ei er det flere metoder som kan benyttes. Slik situasjonen er i et kontorbygg vil brukerne sitte mye foran en PC når de er på arbeide. Dette setter større krav til en eventuell detektering i og med at de kan sitte i ro i lengre perioder og følgelig vil flere detektorer kanskje ha problemer med å registrere at de er tilstede.

Et annet aspekt var at utstyret som skulle brukes for overvåking skulle brukes både i områder med flere brukere i nærheten av hverandre og i cellekontorer med bare en bruker. Dette legger begrensninger for hvilke type detektorer man kunne velge i og med at de fysiske skillene rundt områdene vil være forskjellige.

Datainnsamlingen var også et viktig punkt, i dette tilfellet var det to kriterier som skulle overvåkes i hvert tilfelle og det var ønskelig å foreta registreringer på flere områder ulike. Metoder som ble vurdert var bruk av trådløs forbindelse mellom måleinstrumentene og datalagringsenhet, og tradisjonell oppkobling med kabelforbindelser.

Man ønsket å unngå provisoriske tilkoblinger på det elektriske anlegget og det ble besluttet å bruke separat lavvoltsutstyr med egen strømforsyning.

Fordelen med å velge slikt utstyr er at man kan sette kriterier for hva slags signal man vil ha ut, slik at man kan benytte måleutstyr som allerede er i sortimentet til service- laben. Etter vurderinger ble det videre samarbeidet med Bård Almaas, avdelings ingeniør ved service- laben, med å gjøre forsøk på benyttning av utstyr for innbruddsikring for detektering av tilstedeværelse. Utstyret er rimelig ved anskaffelse og lett tilgjengelig, har derfor mindre praktisk betydning om utstyret ble modifisert slik at det ikke kan benyttes i de funksjonene som utstyret egentlig er beregnet for. Bakdelene er usikkerheten rundet resultatene og validiteten i disse.

For innsamlingen av måledata fra tilstedeværelse og lysbruk ble Agilent 34970A valgt.

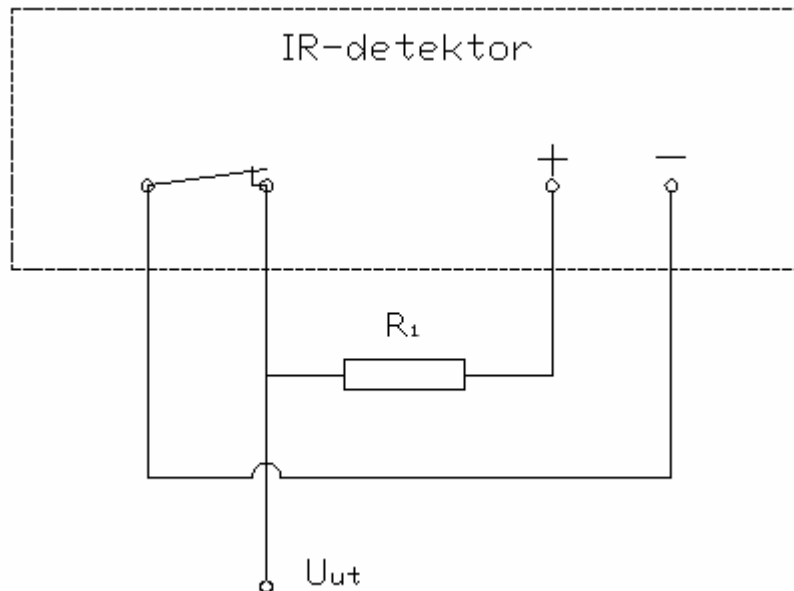
Dette instrumentet kan måle temperatur, AC/ DC spenning, frekvens, strøm og resistans på inntil 100 kanaler om gangen avhengig av hva slags modul som brukes [18].

Apparatet logger de aktuelle tilstandene, inntil 50 000 målepunkter, i brukerdefinerte tidsintervaller. Spenningsområdet instrumentet kan måle over er begrenset oppad til 300 Volt.

6.2.1. Tilstedeværelsesdetektering

Detektoren som ble benyttet er en passiv infrarød innbrudds detektor med navn PIR-9038W. Den har et detekteringsområde på 90° og en dekningsavstand på opptil 12 meter [19]. Detektoren benytter 12 Volt driftsspenning og er av typen der overvåkingsbryteren ligger normalt lukket, dvs. når den detekterer bevegelse vil kontakten legge ut og overvåkingsløyfen blir brutt.

Det var ønskelig å logge et signal som var avhengig om det var bevegelse eller ei. For å få denne funksjonen ble det satt inn en resistans mellom positiv del på spenningsforsyningen og den ene bryterkontakten i detektoren. Man får da et spenningspotensial over bryteren i åpen posisjon og et lavt spenningsignal når den er lukket.



Figur 7 Prinsippkisse for bevegelsesdetektoren med resistans for uttak av signal ved bevegelse.

I figur 7 vises tilkoblingen vist slik den ble foretatt.

Spenningen blir påtrykt ved pluss- og minustegnet i detektoren.

R_1 fungerer både som en spenningsdeler og strømbegrensende motstand på grunnlag at ved en slik oppkobling der man fører detektorens driftsspenning gjennom alarmbryteren er man avhengig av å ha en strømbegrensende motstand for å hindre at sikringer i kretsen skal ryke eller unngå skade på utstyret

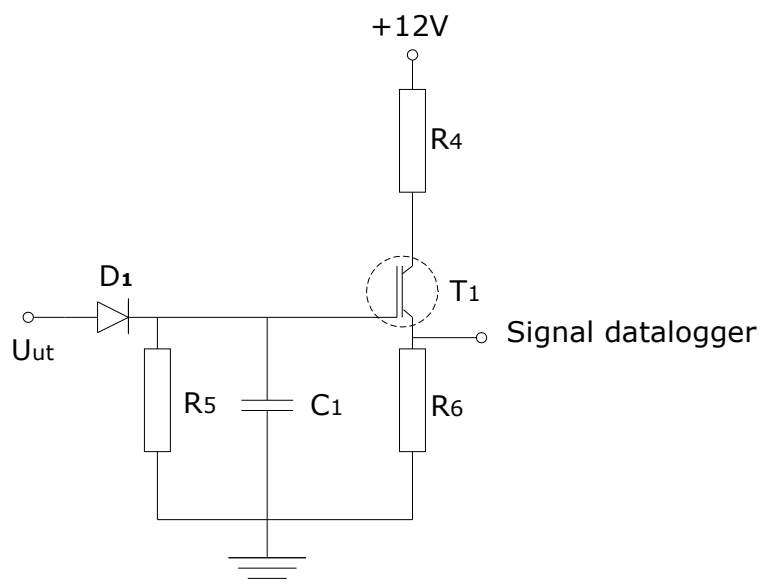
Spenningssignalet til dataloggeren hentes ut fra U_{ut} og vil være spenningspotensialet over bryteren som vil variere mellom en spenning lik null og påtrykt spenning i kretsen avhengig av bryterens posisjon. Slik det er skissert i figur 7 vil man ha et spenningsignal i en kort periode ved bevegelse innenfor detektorens område før bryteren legger inn igjen.

6.2.2. Tidsforsinkelse

Siden dataloggeren registrer signalet i tidsintervaller, vil dette kunne føre til at man ikke registrerer signal i perioder hvor det nylig har vært signal. Denne usikkerheten i målingene var det ønskelig å redusere. I utgangspunktet var det tenkt å bruke et tidsrelè med 12 volt driftsspenning. Dessverre var ikke slikt utstyr tilgjengelig på servicelaben og det ble derfor lagd en enkel utgave, bestående av en MOSFET- transistor.

Denne får sin gatespenning via en kondensator som blir ladet opp av spenningssignalet fra utgangen på detektoren. Kondensatoren vil da etter opplading bidra med en spennings på gateporten i etterkant av detektert bevegelse, i praksis blir dette en tidsforsinkelse der varigheten av denne er avhengig av tidskonstanten til kondensatoren. Spenningspotensialet over R_6 blir tatt ut og registrert ved hjelp av dataloggeren.

I figur 8 er det vist en tegning for hvordan en slik ble bygget.



Figur 8 Kretskorttegning for tidsforsinkelsen.

Når det blir påtrykt et signal fra U_{ut} fra detektoren vil det gå gjennom dioden D_1 , og sørge for at kondensatoren C_1 vil bli ladet opp. Tiden det tar fra kondensatoren får spenning til den er fullt oppladet vil i dette tilfellet være avhengig av tidskonstanten, τ_1 , som R_1 danner i serie med C_1 .

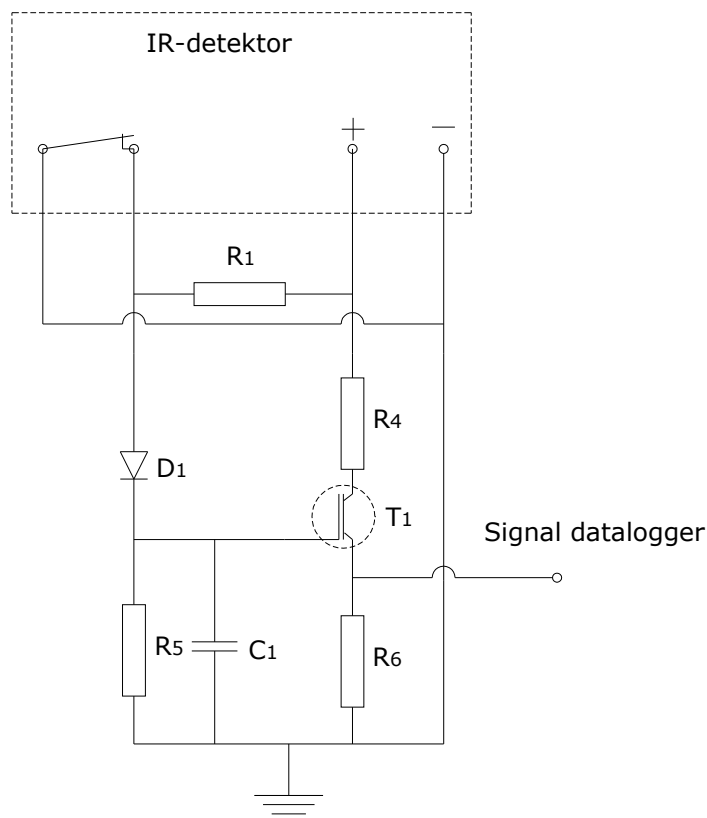
$$\tau = R[\Omega] \times C[F]$$

Formel Tidskonstanten for en RC- krets [20].

Med tidskonstant menes den tiden det tar for en kondensator å gå fra null volt og opp til 63% av påtrykt spenning og beregnes etter formel 1.

Etter 5 tidskonstanter regnes kondensatoren som fulladet og vil ha samme spenningspotensial som påtrykt spenning [21].

For utfyllende opplysninger om de enkelte komponentenes størrelse og verdi, se vedlegg 1. I dette tilfellet vil man ha to ulike tidskonstanter, en for opplading og en for utlading avkondensator. Dette kommer av at kondensatoren lades opp via en krets, mens den lades ut over en annen. Dioden er satt inn for å hindre at kondensatoren lader seg ut over spenningsforsyningen, noe som vil føre til at den lades ut nesten umiddelbart etter at bryteren på detektoren har lagt seg inn igjen.



Figur 9 Bevegelsesføler med tidsforsinkelse.

Med en tidskonstant ved opplading, $\tau_1=0,0044s$, vil kondensatoren være ladet opp ca 22ms etter at bryteren på detektoren legger ut og spenningspotensialet over bryteren stiger til påtrykt spenning. MOSFETen, T_1 , vil få en spenning inn på gaten som fører til at den vil lede strøm gjennom kollektor og emitter. Dette gir et spenningspotensial over R_6 som blir registrert av dataloggeren. Når bryteren på detektoren legger inn igjen vil den lagrede energien i kondensatoren sørge for at MOSFETen vil fortsette å lede strøm i en periode som er begrenset av tidskonstanten som C_1 danner i serie med R_5 . Tidskonstanten, τ_2 , er på 54s, noe som vil føre til at man vil registrere et spenningspotensial over resistansen R_6 i en periode på $5 \tau_2$, noe som tilsvarer om lag 4,5 minutter. Om detektoren registrerer flere bevegelser etter hverandre vil kondensatoren bli ladet opp på nytt ved hver registrering. Dette betyr at spenningssignalet som er koblet til dataloggeren vil være ulik hvilespenningen i 4,5 minutter etter siste detektering. Spenningssignalet som registreres av dataloggeren vil variere i størrelse avhengig av tiden som har gått etter forrige oppladning.

6.2.3. Lysføler

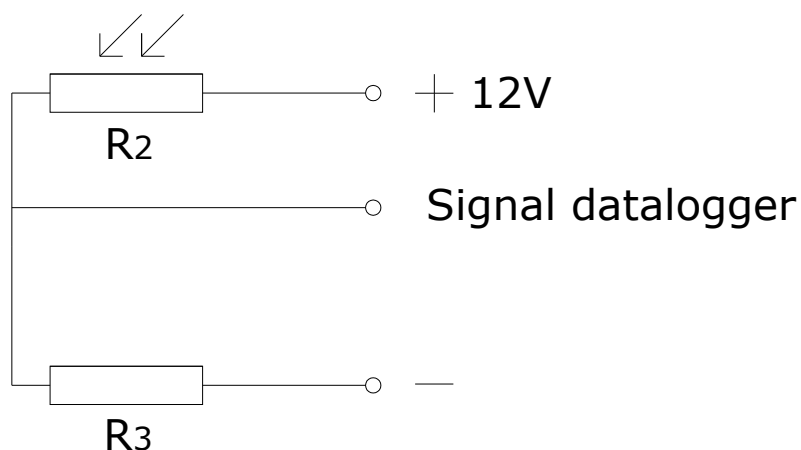
I tillegg til en tilstedeværelsesregistrering var det også ønskelig med lysdetektering for å få tilbakemelding på om lyset er på eller ei.

Med utgangspunkt i at man allerede hadde en bevegelsesdetektor med egen strømforsyning, var det ønskelig å integrere mest mulig til allerede eksisterende utstyr.

Etter søk i datablad og i sortimentet ved service- laben ble det gjort forsøk for å se om en LDR (light depending resistor) kunne benyttes for registrering av om lyset er på eller ei.

En LDR består av halvledermateriale og fungerer slik at jo høyere lysinnstråling det er på overflaten, dess lavere vil resistansen gjennom den være [22].

Spenningsforsyningen i bevegelsesføleren ble brukt for å lage en spenningsdeler med LDRen i serie med en fast motstand.



Figur 10 Lysføler med signalutgang til datalogger

Integrert i en krets slik det er vist i figur 10, vil spenningspotensialet over den faste motstanden endres ettersom hvor mye motstand det er gjennom LDRen.

Spenningspotensialet over R₃ vil da øke etter hvert som innstrålt lys på den lysavhengige resistansen øker. Ved inn-/ utkobling av belysningen vil dette føre til et sprang i resistansen i LDRen og følgelig et påfølgende sprang i spenningen til dataloggeren som da kan avleses i de registrerte dataene. Lysføleren integrert i bevegelsesdetektoren er vist i vedlegg 1.

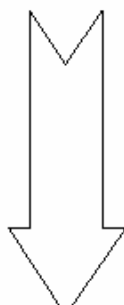
6.2.4. Resultatbehandling

Fra detektoren til dataloggeren går det to signaler, et for tilstedeværelse og et for lysnivå. Ved overføring til PC har dataene blitt transformert over i et Excel regneark der man kan redigere og legge inn funksjoner slik at dataene fremstår mer ryddig og enklere å lese, alt ut fra hva man ønsker å bruke dataene til. Slik måledataene blir vist i Excel arket etter overføring er det vanskelig å få noe spesifikt ut av det.

Tallmaterialet blir avlest fra detektoren i arabiske tall.

Det som derimot ønskes er tilstandsverdier i form av binære tall. Enten er det brukere tilstede eller lyset på, (høy=1), eller ikke(lav=0).

101(Time stamp)	101(Seconds)	101(VDC)	102(Time stamp)	102(Seconds)	102(VDC)
18.04.2008 12:40	0.018	+1.193271E+01	18.04.2008 12:40	0.076	+5.294029E+00
18.04.2008 12:45	300.003	+2.204458E+00	18.04.2008 12:45	300.060	+5.573939E+00
18.04.2008 12:50	600.003	+1.960627E+00	18.04.2008 12:50	600.061	+5.580000E+00
18.04.2008 12:55	900.003	+1.958860E+00	18.04.2008 12:55	900.060	+5.614201E+00
18.04.2008 13:00	1200.003	+1.959207E+00	18.04.2008 13:00	1200.060	+5.598980E+00
18.04.2008 13:05	1500.003	+3.077592E+00	18.04.2008 13:05	1500.060	+5.604404E+00
18.04.2008 13:10	1800.003	+1.961779E+00	18.04.2008 13:10	1800.061	+5.595781E+00



	Detektor 1					
	Tilstede			Beregnet	Lys	
	Målt	Redigert	Kriterium		Redigert	Målt
18.04.2008 12:40	11,93	1,00	1,00	1,00	1,00	5,29
18.04.2008 12:45	2,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,57
18.04.2008 12:50	1,96	0,00	1,00	1,00	1,00	5,58
18.04.2008 12:55	1,96	0,00	1,00	1,00	1,00	5,61
18.04.2008 13:00	1,96	0,00	0,00	0,00	1,00	5,60
18.04.2008 13:05	3,08	1,00	1,00	1,00	1,00	5,60
18.04.2008 13:10	1,96	0,00	1,00	1,00	1,00	5,60

Figur 11 Redigering av måleresultater fra dataloggeren, her er det vist to kanaler.

Ser man på tallmaterialet i andre og syvende kolonnen i figur 11, som er de målte verdiene for henholdsvis bevegelse og lysbruk, varierer disse i verdi fra rad til rad.

Spenningen på bevegelsesdetekteringen vil variere fra en verdi tilnærmet driftsspenning og ned til en stasjonær verdi etter at kondensatorene er fullt utladet. Alle verdier ulike den stasjonære verdien, pluss en liten sikkerhetsmargin på 0,02 volt, blir satt til verdien en (Se kolonne 3, nederste del). Den stasjonære spenningen må kartlegges i hvert tilfelle da disse er ulike grunnet ulike lengder på kablene fra spenningsforsyningen til detektoren og tilbake til dataloggeren og forskjellig kvalitet på de loddede kontaktpunktene.

Ved automatisk lysregulering ved bruk av tilstedeværelsesdetektorer legges det ofte inn en tidsforsinkelse på utkobling av lys i etterkant av detekterte bevegelse. Dette er dels for å for å unngå for hyppige ut og innkoblinger som kan redusere levetiden på utstyret [23], men også for å unngå å forstyrre brukerne av området.

Dette kriteriet er også inkludert av den grunn at man ikke ønsker å registrere om brukerne er utenfor området for kortere perioder.

Kriteriet er lagt inn i den 4. kolonnen i den nederste delen av figur 11. Dette tar da utgangspunkt i den binære tilstanden til tilstedeværelsesmelderen, og de to forrige tilstandene i radene over. For at signalet skal bli null må den nåværende verdien i tillegg til de to forrige tilstandene i den tredje kolonnen være null. Man har da et kvarters forsinkelse før den vil bli lav.

I den 5. kolonnen er det foretatt en sammenligning mellom tilstandene i 4. og 6. kolonne. Kriteriet som gjelder for at verdien i denne kolonnen skal bli en, er at lyset må være på samtidig som tilstedeværelsesdetektoren har registrert bevegelse. Dette er da brukstiden av området samtidig som lyset er på. Kolonnene blir avslutningsvis delt opp på døgnbasis før verdiene i de forskjellige kolonnene blir summert og dividert på antall målepunkter per døgn. Man får da ut hvor mange timer lyset sto på og hvor mange timer brukeren var tilstede i løpet av døgnet.

6.3. Spørreundersøkelse

I tidligere studier og undersøkelser har det blitt antydnet at åpne kontorlandskaper kan ha en høyere energikostnad enn cellekontorer (Antonsen 2005).

Det pekes også på at økt tettet av brukere kan ha en negativ effekt på brukernes bevissthet ovenfor eget energibruk ved arbeidsplassen (Dusée, 2004). Det kan være vanskeligere å definere ansvarsområde til hver enkelt bruker om det er flere som benytter seg av samme område. Siste mann som forlater området slukker ikke alltid lyset fordi man kanskje tror det kan være flere brukere igjen i området Andre elementer som kan være avgjørende kan være hvordan den tekniske installasjonen er utført, om den er lett tilgjengelig og om den har klare skiller mellom ulike seksjoner slik at man ikke slukker lyset der det fremdeles er brukere tilstede.

I en tidligere hovedoppgave, (Antonsen, 2005), var problemstillingen å finne en metode for vurdering av energieffektiviteten til kontorbelysningen. I den anledning ble det foretatt en spørreundersøkelse blant brukerne i de involverte byggene.

Undersøkelsen gikk på holdninger og vaner de ulike brukerne hadde i forhold til sitt eget energibruk på arbeidsplassen. Noen av spørsmålene fra denne undersøkelsen er også stilt til et utvalg av brukerne ved Adresseavisen ASA. Spørsmålene skal i første rekke avdekke om det er noen holdningsforskjeller mellom brukere av ulike kontortyper.

Et viktig element er å se hvorfor holdningene og vanene er som de er og hva som er bakgrunnen for at de er slik. Elementer i dette kan være forskjellige bruksmønstre av områdene, instruksjoner fra ledelsen, eller praktiske hindringer ved den elektriske installasjonen. Spørreundersøkelsen ble gjennomført i slutten av arbeidet for å påse at ikke resultatene på de forskjellige måleinstrumentene skulle bli påvirket som følge av undersøkelsen.

Spørreskjemaet er gjengitt i vedlegg 2.

7. Måleresultater

7.1. Trendanalyser

De ulike grafene i figurene representerer hver sin effekt. Den som blir vektlagt i denne oppgaven er den resulterende effekten som er representert ved den sorte grafen.

Tiden representeres langs X-aksen og effektuttaket langs Y-aksen. Tidsområdet som de forskjellige målingene går over vil variere litt i lengde. Dette fører til at oppløsningen langs X-aksen vil være noe forskjellige. Tidsinndelingen på grafen står oppgitt i underkant på hver figur og vil da stå som tidsrom per dekode, (h=time, d=dag, w=uke).

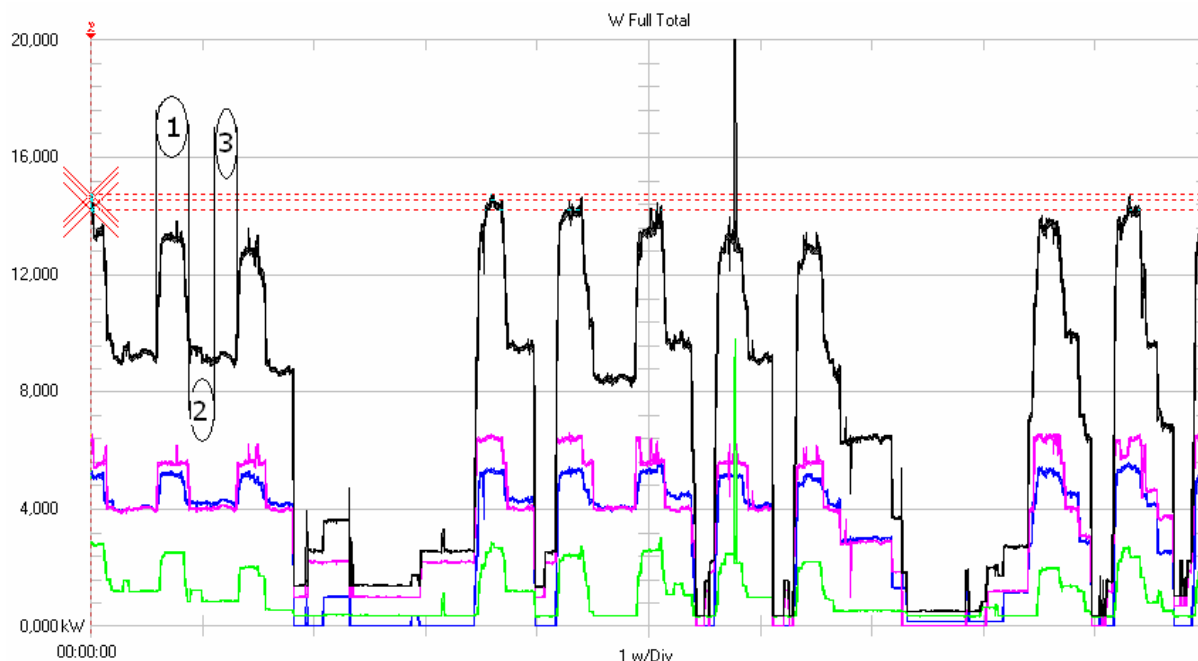
7.1.1. Cellekontorer

Effektuttaksmålinger for områder med cellekontorer i 1. etasjen referert til figur 5.

Målingen som er vist i figuren under er tatt i underfordeling AH2-243 i perioden fra onsdag 09.04.2008 klokken 10:35, til og med tirsdag 22.04.2008 klokken 08:20.

De ulike fasene er representert som følger: L1= blå, L2= fiolett, L3= grønn.

Den resulterende effekten er den sorte.



Figur 12 Energibruk underfordeling AH2-243 1.etasjen kurs F1.

Ser man på forløpet til den kurven i figur 12, kan man antyde at det er et mønster i den. Effektuttaket varierer fra verdier på opp mot 14 kW som er det høyeste på dagtid, og ned

under 2 kW som det laveste om natten og helgen. Er et unntak med en toppverdi på om lag 20 kW av ukjent grunn, men denne er av kort varighet.

Effektuttaket kan på bakgrunn av figuren deles inn i tre tilstander med ulikt effektuttak. Disse tre delene er referert til tallene vist til venstre i figur 12.

1. Normalarbeidsdagen: Brukerne ankommer områdene sine og effektuttaket øker raskt opp til maksimalverdi, før det synker igjen mot slutten av arbeidsdagen. Denne perioden starter i normalt i tidsrommet mellom 06 og 07 på morgenen og varer vanligvis til mellom 16 og 17 på virkedagene.

2. Ettermiddag/ kveld: Effektuttaket ligger i området 9-10 kW. Varigheten av denne er referert til som etter arbeidsdagens slutt og fram til midnatt.

3. Natt/ helg: Effektuttaket er på sitt laveste og varer til brukerne ankommer områdene sine igjen. Størrelsen på effektuttaket varierer en del, men ligger vesentlig lavere enn de to andre tilfellene.

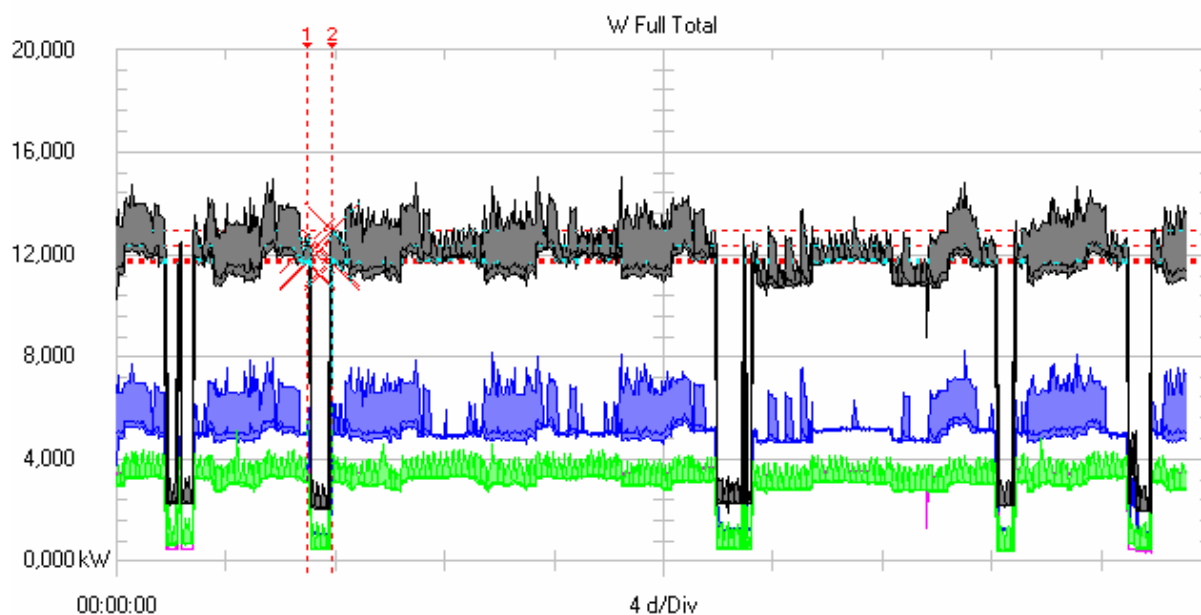
Tilfellet som er referert som punkt 1. er det scenarioet som inntreffer hver virkedag. Varigheten av punkt 2 og om dette går over i punkt 3 er mer usikkert fra dag til dag. Hva som er årsaken til at effektuttaket ikke synker hver natt kan være en følge at de ikke har slukket lysene i fellesarealene.

7.1.2. Kontorlandskap

Målinger ble utført i underfordeling AS-230 på gruppesikringen for lys i kontorlandskap i sokkeletasjen i perioden fra mandag 18.02.2008 klokken 15:40, til og med tirsdag 26.02.2008 klokken 13:00. Energiforløpet vises i figur 13.

De ulike fasene er representert som følger: L1= blå, L2= fiolett, L3= grønn.

Den resulterende effekten er den sorte.



Figur 13 Energibruk underfordeling AS-230 sokkeletasje kurs F1.

Ser man på utviklingen av grafen i figur 13, forløper effektuttaket på et forholdsvis stabilt nivå gjennom hele måleperioden. Det er kun korte perioder hvor man ser vesentlige reduksjoner i energibruken. De røde tallene i grafen (1 og 2) viser perioder der energibehovet til lys er redusert vesentlig. Dette forløpet inntreffer fem gjennom måleperioden og skjer i tidsrommet mellom midnatt og 01:00. Varigheten av disse reduksjonene er noe ulik, men ligger i området fra 3 til 5,5 timer i denne grafen. Fra omtrent en fjerdedel inn i måleperioden og fram til den fjerde dagen ser man at energiuttaket endrer seg lite over døgnet. Dette tyder på at belysningen i området har blitt stående på hele døgnet i hele denne perioden.

Effektforløpet for gruppesikring for lys i underfordeling AG2-224 kan sees i vedlegg 3. Dette forløper seg forholdsvis likt sammenlignet med AS2-230, men verdiene for effektuttak ligger generelt på et lavere nivå. Disse målingene er foretatt i ulike tidsperioder og følgelig blir det heller ikke riktig å sidestille disse to. Det man ser fra disse to målingene er at energiforbruket varierer forholdsvis lite i de periodene hvor uttaket er høyt, og det er kun for kortere perioder hvor effektuttaket synker vesentlig.

Uttaket på sikring F2 i underfordeling AS2-230, som dekker "data"- kurser, ble også målt og resultatene fra disse viser et veldig lavt uttak fra denne. Årsak for dette er antagelig bruk av kurser tilknyttet andre gruppesikringer i underfordelingen.

Gruppesikringen F3 (teknisk) i AS2-230, forsyner ulike kurser med forskjellige behov. Effektuttaket over måleperioden som er vist i vedlegg 4, viser en grunnlast som ligger i underkant av 3 kW med innslag av kortvarige effektuttakstopper som vanligvis ligger på mellom 5 og 6 kW med noen få tilfeller av topper opp mot og over 8 kW. Årsaken til grunnlasten kan være kurser som går til kjølemaskin og egne kurser til områder der det er behov for strøm hele døgnet (RadioAdressa).

7.2. Område- og lysbruk

Dataene innsamlet fra bevegelsesdetektoren og lysføleren danner grunnlaget for tabellene og diagrammene som fremkommer i denne delen. De sammenlignede områdene har en ulik inndeling både arealmessig og hvordan lyset styres. De åpne kontorlandskapene benytter CENTROL- anlegg, mens cellekontorene som oftest styres med manuelle brytere plassert på hvert enkelt rom, unntaket er noen få tilfeller der flere cellekontorer er betjent via CENTROL-anlegget.

Detektorene er nummerert med tall fra en til fire og representerer ulike deler av de undersøkte områdene. I noen tilfeller vil lysbruken være lik for alle de undersøkte områder i en måleperiode. Dette kommer av felles lysstyring, mens bevegelsesfølere har registrert tilstedeværelse på mindre soner i dette området. Lysbruken vil da være representert med en søyle, mens de ulike bevegelsesdetektorene vil være representert individuelt.

I de tilfellene bevegelsesdetektoren og lysføleren har stått i egne områder med individuell lysstyring, vil de være nummerert med samme tall.

I diagrammene som fremkommer vil bevegelsesdetektoren og lysføleren være referert som henholdsvis detektor 1, og lysbruk 1, siden LDREN er montert på bevegelsesdetektoren.

Det er også laget tabeller der total detektert brukstid og lystid for de forskjellige områdene er summert sammen for hele måleperioden. I tabellene vil eksempelvis *detektor 1*, være fellesbetegnende for både bevegelsesføler nummer 1 og den tilhørende lysføleren.

Brukstiden er trekt fra lystiden slik at man får fram differansene mellom disse. Disse er da angitt i både timer og prosent for hvert enkelt tilfelle.

Det registrerte sparepotensialet vil være lystiden subtrahert med brukstiden og vil betegne den tiden hvor lyset har stått på i mer enn 15 minutter uten at det er registrert brukere i områdene.

7.2.1. Cellekontorer

Cellekontorene det har blitt foretatt målinger på er referert som område 1 og 2 i figur 5, og område 3 i figur 6. Arealene på kontorene varierer noe og følgelig også den installerte lyseffekten i rommene. Lyset i område 1 og 2 referert figur 5, betjenes med en manuell betjent brytere, mens område 3 i fig 6 blir styrt felles via CENTROL- anlegget. Felles for kontorene er at det er en bruker per kontor.

Område 1

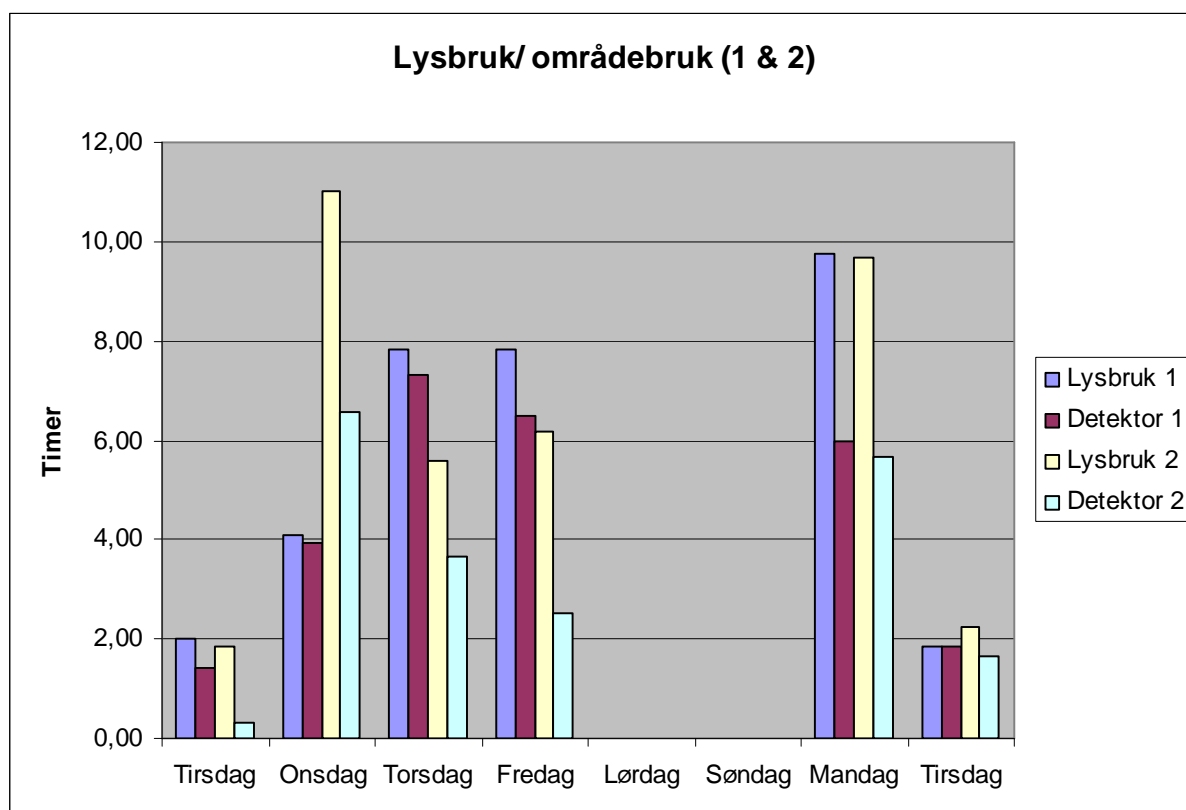


Diagram 1 Lysbruk cellekontorene 1 & 2, referert til område 1 i figur 5

Målingene som er presentert i diagram 1 og 2 ble startet tirsdag 01.04.2008 klokka 13:50 og avsluttet tirsdag 08.04.2008 klokka 09:47. Ser man på de to kontorene som her er representert ved nummer en og to, registrerer man at det er en differanse mellom tilstedeværelsesdetekteringen og lysmålingene fra dag til dag. Den største differansen på mellom lysbruk 1 og detektor 1 er på 3,75 timer og finner sted på mandagen. Mens for lysbruk 2 og detektor 2 er det to dager der differansen er forholdsvis høy, onsdagen med 4,4 timer og mandagen med 4 timer.

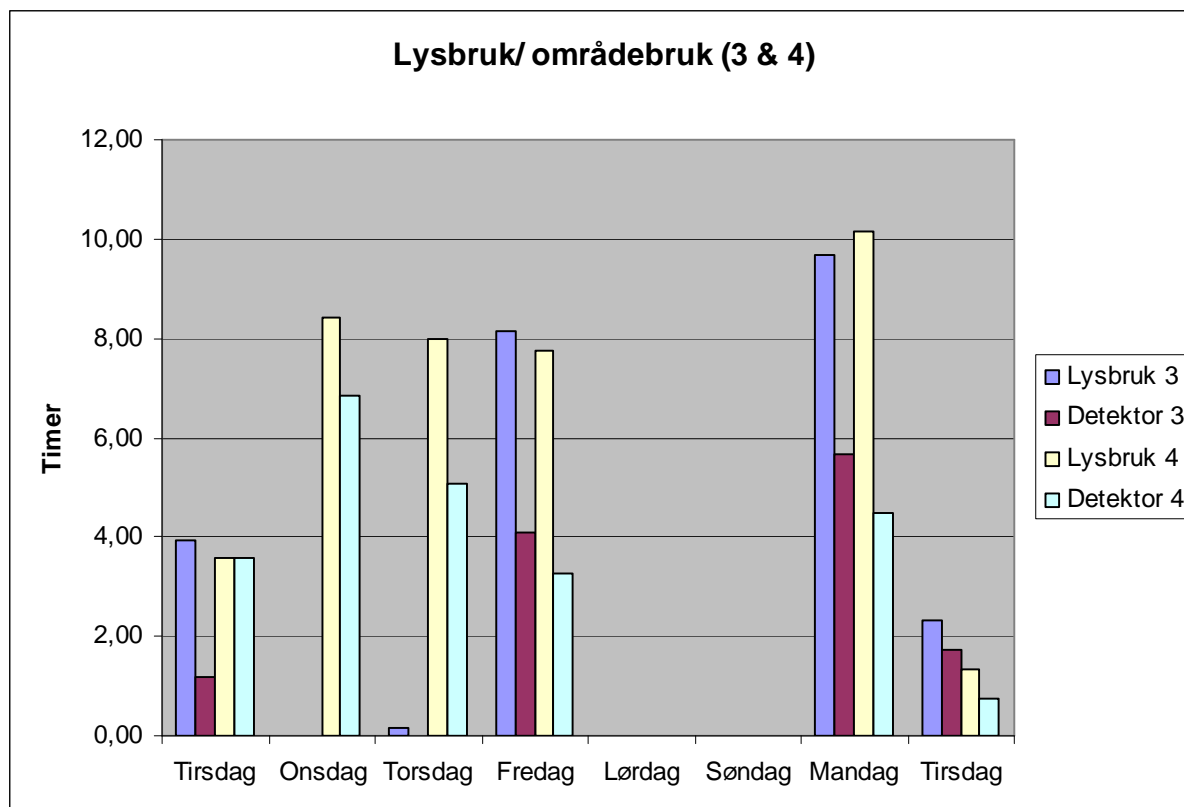


Diagram 2 Lysbruk cellekontorene 3 & 4 i 1. etasje, referert til område 1 i figur 5

Resultatene for detektor 3 og 4 viser en varierende lysbruk og varighet av oppholdet i rommet. For detektor 1 er det en differanse mellom lysbruk og områdebruk som ligger i området en time og opptil 4 timer. Detektor 2 har større differanser, fra ingen forskjell den dagen målingene startet til i overkant av 5 timer på mandagen.

Under er lystiden for og brukstiden for hele måleperioden summert sammen og differansen mellom områdebruk og lysbruk er regnet ut.

	Detektor 1			Detektor 2			Detektor 3			Detektor 4		
	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid
Timer	27	6,3	33,3	20,4	16,1	36,5	12,7	11,6	24,2	24	15,2	39,2
Prosent	81	19		55,9	44,1		52,3	47,7		61,2	38,8	

Tabell 1 Total brukstid og lystid for underøkt område 1 referert til figur 5 for måleperioden vist i diagram 1 & 2.

Fra tabell 1 ser man at tidene varierer en del fra detektor til detektor.

Brukstiden for kontorene ligger i området fra 52,3 % og opptil 81 % der 100 % er referert som totalt lysbruk for hele måleperioden.

Område 2

Målingene i dette området er referert som område 2, i figur 5. Målingene ble foretatt i perioden fra onsdag 16.04.2008 klokken 15 og avsluttet fredag 25:04.2008 klokken 10:09. Den første og siste dagen er utelukket fra presentasjonen i diagram 5 og 6 siden varigheten disse dagene var av kortere varighet. Likevel er dataene inkludert i tabell 2, siden de har betydning for total lystid og brukstid.

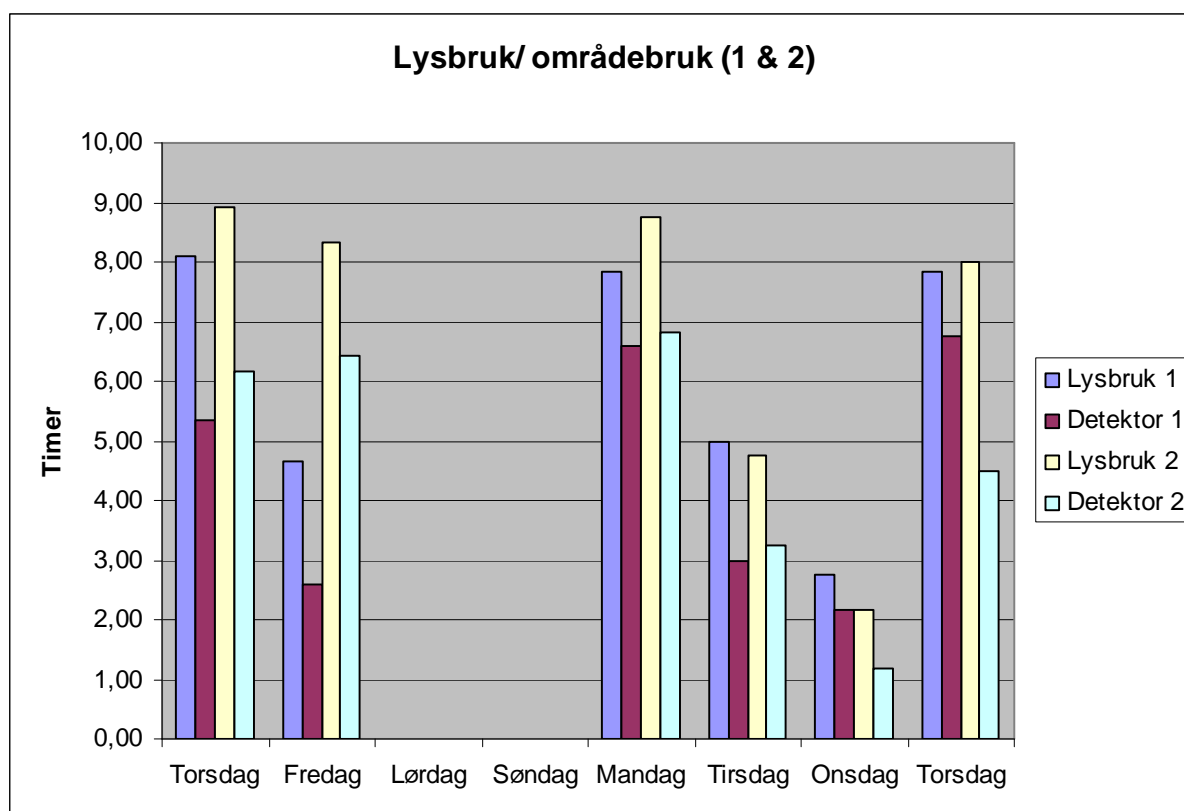


Diagram 3 Lysbruk cellekontorene 1 & 2 i 1. etasje, referert til område 2 i figur 5.

Differansen mellom lysbruk 1 og detektor 1 i diagram 3, varierer i størrelse fra dag til dag. Den ligger i området innenfor begrenset oppad til 2,75 timer. For detektor 2 og lysbruk 2 er den største differansen på 3,5 timer. Dette er da ekstremalverdier for de dagene da lyset sto lengst på i forhold til registrert benyttelse av rommet. Tiden det er lysbruk i begge områdene varierer fra 2-3 timer og opptil nesten 9 timer.

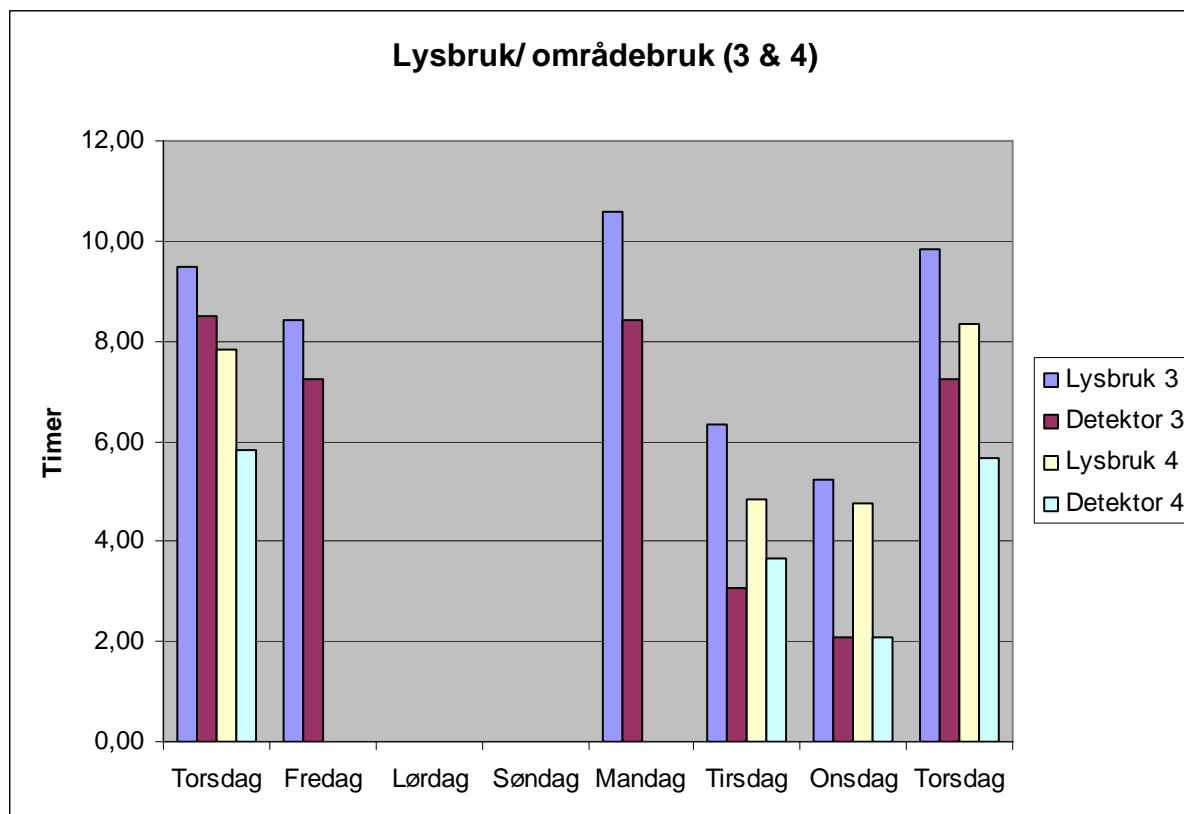


Diagram 4 Lysbruk cellekontorer 3 & 4 i 1. etasje referert til område 2 i figur 5.

Lysbruken og områdebruken for de to områdene som er vist i diagram 4, varierer en del fra dag til dag i likhet med måleresultatene som er presentert i diagram 3.

Differansen mellom områdebruk og lysbruk varierer noe og ligger i området mellom 0,25 og 3,5 timer for hele måleperioden.

	Detektor 1			Detektor 2			Detektor 3			Detektor 4		
	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid
Timer	34,4	10,5	44,9	33,7	16,2	49,8	40,7	15,0	55,7	23,6	12,8	36,3
Prosent	76,6	23,4		67,6	32,5		71,4	28,6		64,9	35,1	

Tabell 2 Total brukstid og lystid for underøkt område referert til diagram 3 og 4.

Tabell 2 viser registrert tilstedeværelse i forhold til lysbruk for hele måleperioden. Denne ligger i området mellom 64,9 % og 76,6 %.

Område 3

Siste området med cellekontorer som er undersøkt er område 3 referert til figur 6. I dette området er lyset styrt via CENTROL- anlegg og er felles for alle de undersøkte kontorene.

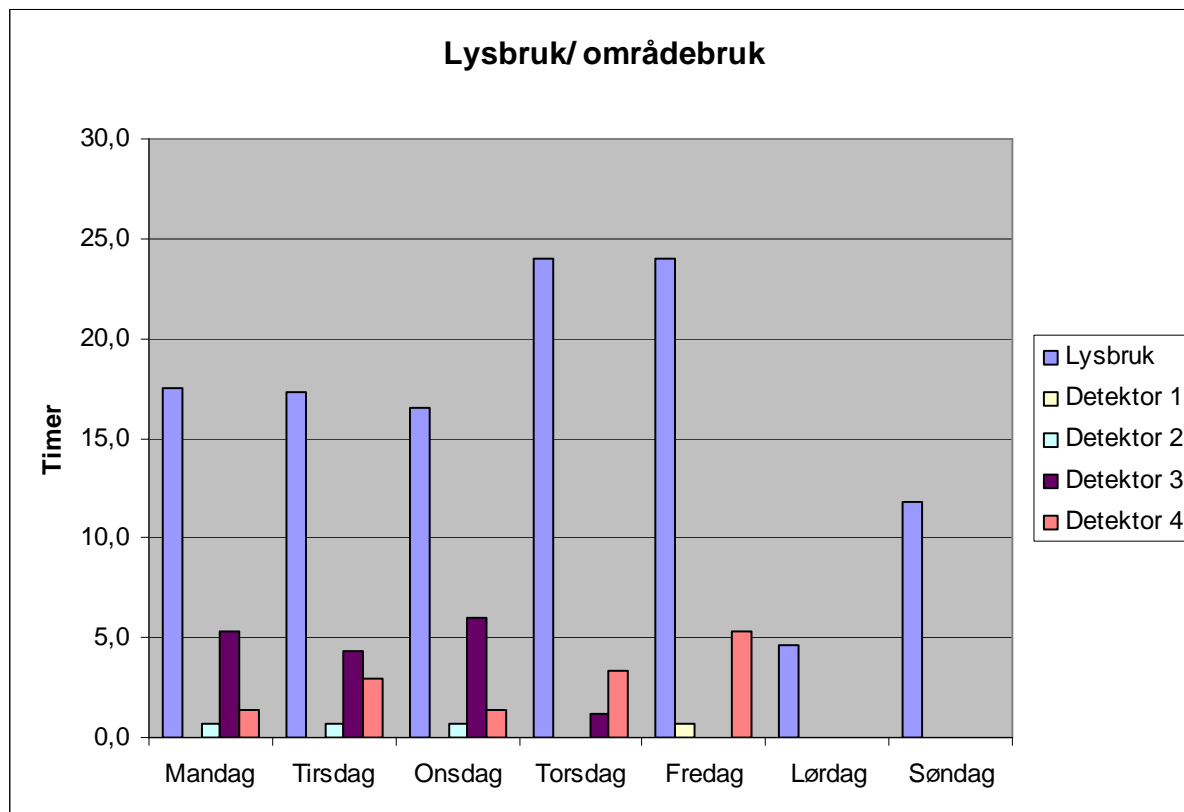


Diagram 5 Lysbruk og områdebruk for område 3, referert figur 6

I diagram 5 er det vist målinger for fire kontorer som ligger i samme del som kontorlandskapet i sokkeletasjen. Målingene som blir presentert startet mandag 10.03.2008 klokken 00:00, og varte til søndag den 16.03.2008, 24:00. Brukerne av området arbeider som sportsjournalister og var i måleperioden mye borte fra kontoret.

	Detektor 1			Detektor 2			Detektor 3			Detektor 4		
	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid
Timer	0,7	115,2	115,8	2	109,5	111,5	16,8	100	116,8	14,3	100	114,3
Prosent	0,6	99,5		1,8	98,2		14,4	85,6		12,5	87,5	

Tabell 3 Total brukstid og lystid for underøkt område 3 referert til figur 6 for måleperioden vist i diagram 5

Ser man på benyttingen av rommet mens lyset var skrudd på ligger dette på et nivå mellom 0,6 % og 14,4 %. I praksis har nesten ikke kontoret som ligger under detektor 1 vært i bruk i det hele tatt. Det er kun detektor 3 som har en forholdsvis jevn bruk i måleperioden, med en tilstedeværelse rundt 5 timer de første tre dagene.

Lyset har også ved to anledninger har stått på gjennom hele døgnet.

7.2.2. Kontorlandskap

Område 1

De fire benyttete detektorene har overvåket et området hver seg bestående av 4 arbeidsplasser. Lyset i dette området er seksjonert i større deler og betjenes via CENTROL-anlegget. Brukerne av arbeidsplassene er tilknyttet avdeling for sportsjournalistikk og tiden de tilbringer ved arbeidsplassen kan variere både i varighet og når på døgnet den blir benyttet.

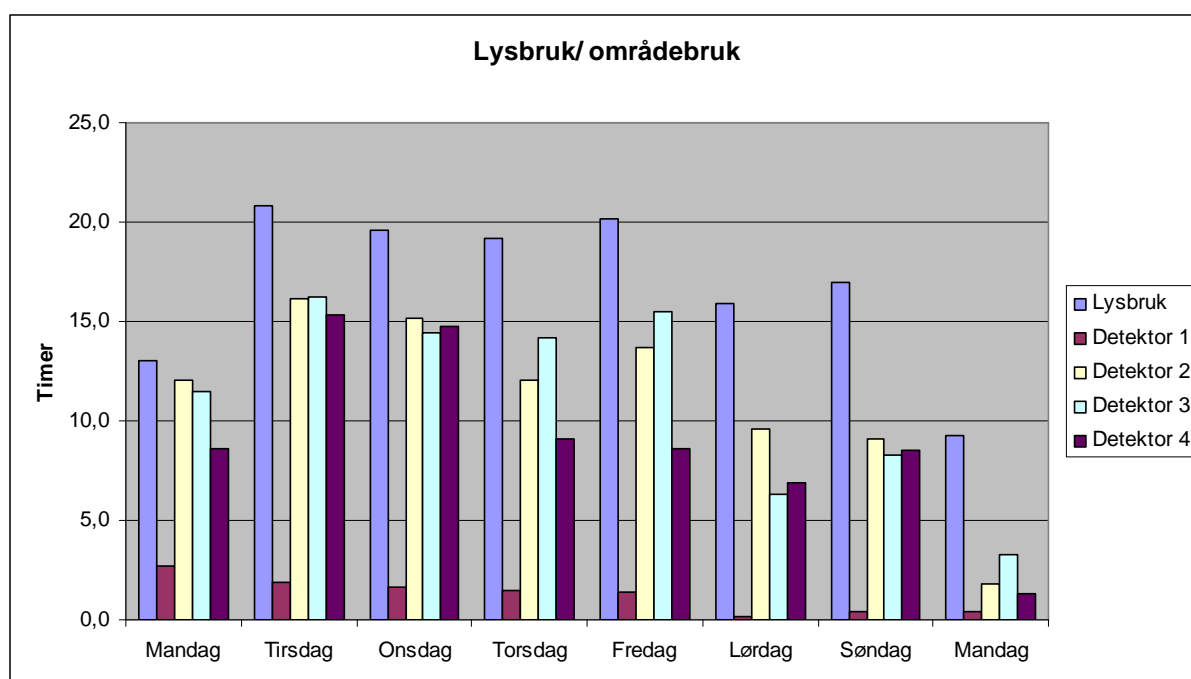


Diagram 6 Lysbruk og områdebruk for område 1, referert figur 6

Målingene startet mandag 28.04.2008 klokka 11:00 og avsluttet mandagen uka etter klokka 09:00.

Lysbruken de forskjellige dagene varierer lite og ligger i området rundt 20 timer i døgnet fra tirsdag til fredag. Benyttelsen av områdene var noe lavere enn lysbruket. Detektor 1 skiller deg ut ved en lav brukstid i hele måleperioden, dette skyldes omrokninger på arbeidsplassene slik at disse ikke ble benyttet i like stor grad som de andre.

	Detektor 1			Detektor 2			Detektor 3			Detektor 4		
	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid
Timer	10,2	124,8	134,9	89,7	45,3	134,9	89,7	45,3	134,9	73,1	61,8	134,9
Prosent	7,5	92,5		66,5	33,5		66,5	33,5		54,2	45,8	

Tabell 4 Total brukstid og lystid for underøkt område 1 referert til figur 6 for måleperioden vist i diagram 6.

I tabell 4 er den totale brukstiden og lystiden for hvert enkelt område summert sammen for hele måleperioden. Brukstiden for de områdene som ble benyttet til kontorformål i den perioden målingene foregikk ligger mellom 54,2 % og 66,5 %. Den totale brukstiden for detektor 2 og 3 er lik for hele perioden, hva som er årsakene til dette vites ikke.

Område 2

Område 2 består av 8 kontorplasser der en detektor detekterer 2 kontorplasser.

Brukerne av dette området er fotografer som har et bruksmønster som kan variere fra dag til dag avhengig av hva de skal dekke.

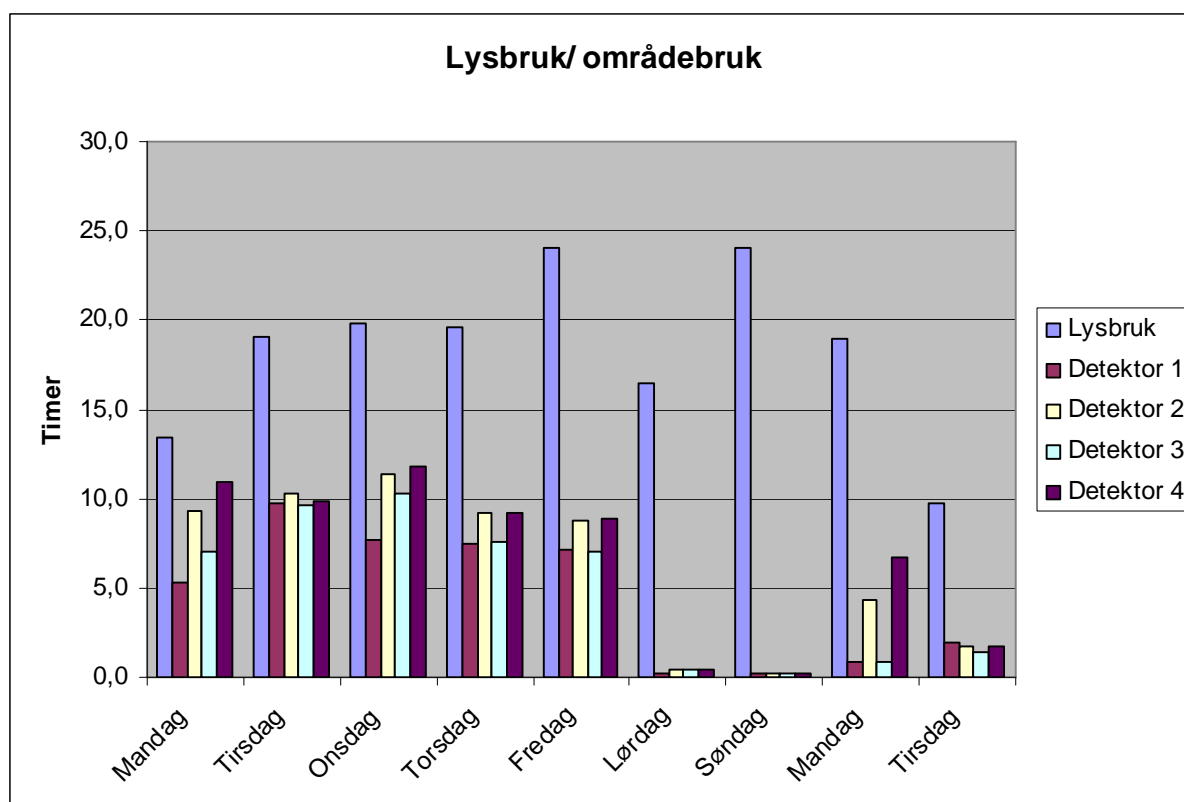


Diagram 7 Lysbruk og områdebruk for område 2, referert figur 6

Målingene som er presentert i diagram 2 er lagd på bakgrunn fra data innsamlet i perioden mellom mandag den 05.05.2008 klokka 10:38 til og med tirsdag den 13.05.2008 klokken 09:43. Lysbruken i området varierer forholdsvis lit fra dag til dag om man ser bort fra dagen da målingene ble startet og avsluttet, ligger i den perioden i området mellom 15 og 20 timer med to tilfeller der lyset har stått på hele døgnet.

Benyttelsen av de forskjellige områdene varierer noe fra dag til dag med nesten ingen benyttelse lørdagen og søndagen. Mandagen var en offentlig fridag med en noe lavere benyttelse av områdene.

	Detektor 1			Detektor 2			Detektor 3			Detektor 4		
	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid
Timer	40,6	124,5	165,1	55,5	109,6	165,1	44,5	120,6	165,1	59,7	106,4	165,1
Prosent	24,6	75,4		33,6	66,4		27	73		36,1	63,9	

Tabell 5 Total brukstid og lystid for underøkt område 2 referert til figur 6 for måleperioden vist i diagram 7

Den prosentvise utnyttelsen av områdene er en sum av total lystid og brukstiden for hver enkelt tilstedeværelsesdetektor i hele måleperioden. Brukstiden for de forskjellige områdene er noe ulik og ligger i området fra 24,6 % til 36,1 % der 100 % er referert som den tiden lyset er på, tabell 5.

I dette tilfellet sto også lyset på hele helgen uten at det var noe nevneverdig bruk av området. Det er verdt å merke seg at selv om brukeren ikke er tilstede, vil det gi et utslag på målingene om en bruker fra et annet område går gjennom et overvåket område. En slik passering vil utgjøre 15 minutter med de kriteriene som er lagt til i redigeringen av dataene. Ser man i diagram 7 kan det se ut som det er et slikt tilfelle som har inntruffet den helgen.

	Detektor 1			Detektor 2			Detektor 3			Detektor 4		
	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid	Brukstid	Diff	Lystid
Timer	40,6	84	124,6	54,9	69,7	124,6	44,1	80,5	124,6	59,3	65,3	124,6
Prosent	32,6	67,4		44,1	55,9		35,4	64,6		47,6	52,4	

Tabell 6 Lystid og brukstid for område referert til tabell 5, ved eliminering av lørdag og søndag.

I tabell 6 ligger de samme kriteriene til grunn som for tabell 5, men siden det nesten ikke var brukere tilstede i områdene lørdagen og søndagen er disse blitt ekskludert fra denne tabell 6. Brukstiden vil da øke noe slik at brukstiden i områdene med lys på ligger mellom 32,6 % og 47,6 %.

Totalt sett har område 2 en lavere brukstid enn område 1. Det er færre brukere av de detekterte områdene, noe som i dette tilfellet gir gitt en lavere brukstid. Lysbruken for de to områdene skiller seg litt fra hverandre ved at det ikke ble registrert noen tilfeller av 24 timers drift for lysanlegget i område 1, mens det for område 2 ble registrert to tilfeller.

7.3. Spørreundersøkelse

Hensikten med å foreta en spørreundersøkelse blant brukerne av området var for å danne seg et inntrykk av hvilke holdninger og vaner som er blant brukerne.

Totalt antall deltagere i undersøkelsen er 27 der 16 er brukere av kontorlandskap og 11 har cellekontor. Spørsmålene har primært blitt stilt til brukere av de undersøkte områdene i sokkel- og 1. etasje. Brukerne er i denne undersøkelsen delt inn etter hva slags kontortype de disponerer.

7.3.1. Spørsmål 1

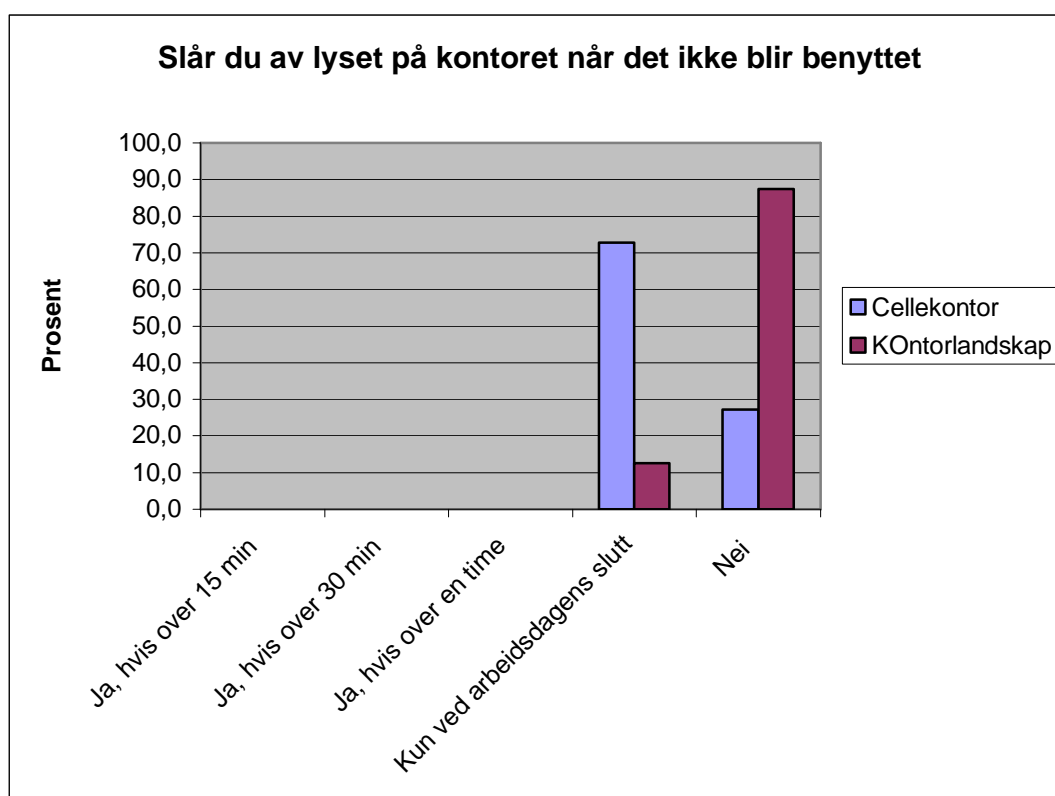


Diagram 8 Vaner i forhold til slukking av lys på eget kontor.

Tilbakemeldingene på hva slags rutiner brukerne har i forhold til slukking av belysningen er gjengitt i diagram 8. Det som er verdt å merke seg her, er den andelen brukere som oppgir nei, dette gjelder både for brukere av cellekontorer og kontorlandskaper. Bakgrunnen for dette kan være rutiner for slukking av lys i fellesområder, kontorlandskaper og cellekontorer med CENTROL- styring, som utføres av vaktsselskap når de foretar inspeksjoner i løpet av kvelden.

Ser man på brukerne av cellekontorer sier 72,7 % at de slukker lyset ved arbeidslutten. De resterende 27,3 % er brukere av cellekontor med sentralt betjeningsystem for lyset og disse svarte nei. Det var ingen brukere av cellekontorer med egen bryter som oppga at de ikke slukket lyset ved arbeidslutten.

7.3.2. Spørsmål 2

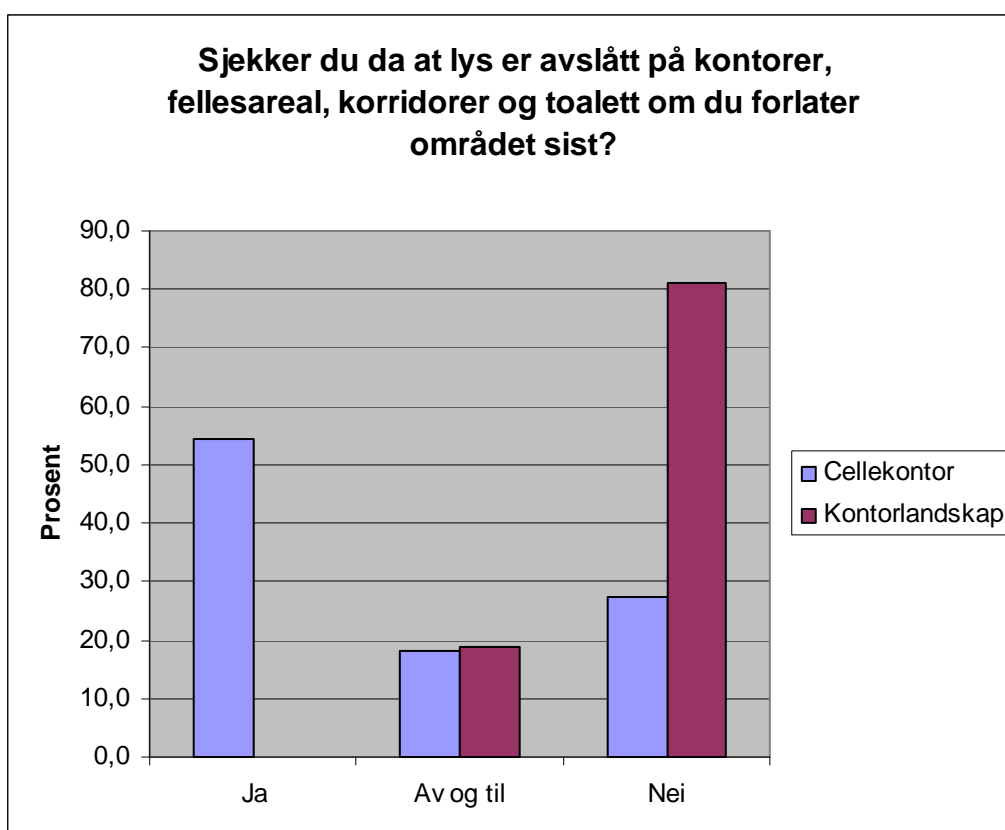


Diagram 9 Rutiner og vaner for slukking av lys.

81,3 % av brukerne lokalisert i kontorlandskap sier at de aldri sjekker at lyset er avslått i andre områder om de forlater området sist, se diagram 9. Til sammenligning sier 54,5 % av brukerne lokalisert i cellekontorer at de pleier å gjøre det, mens ingen fra kontorlandskaper sier at de gjør det. Fordelingen av de som gjør det av og til er ganske lik for begge.

7.3.3. Spørsmål 3

I samtaler med ansvarlige ved IT- avdelingen ved Adresseavisen ASA ble det oppgitt at det ikke forelå noen instruksjoner derfra om hva brukerne skulle slå av maskinene eller la den være på gjennom natten [25]. Derfor ville det vært interessant å se hva slags vaner de hadde i forhold til dette.

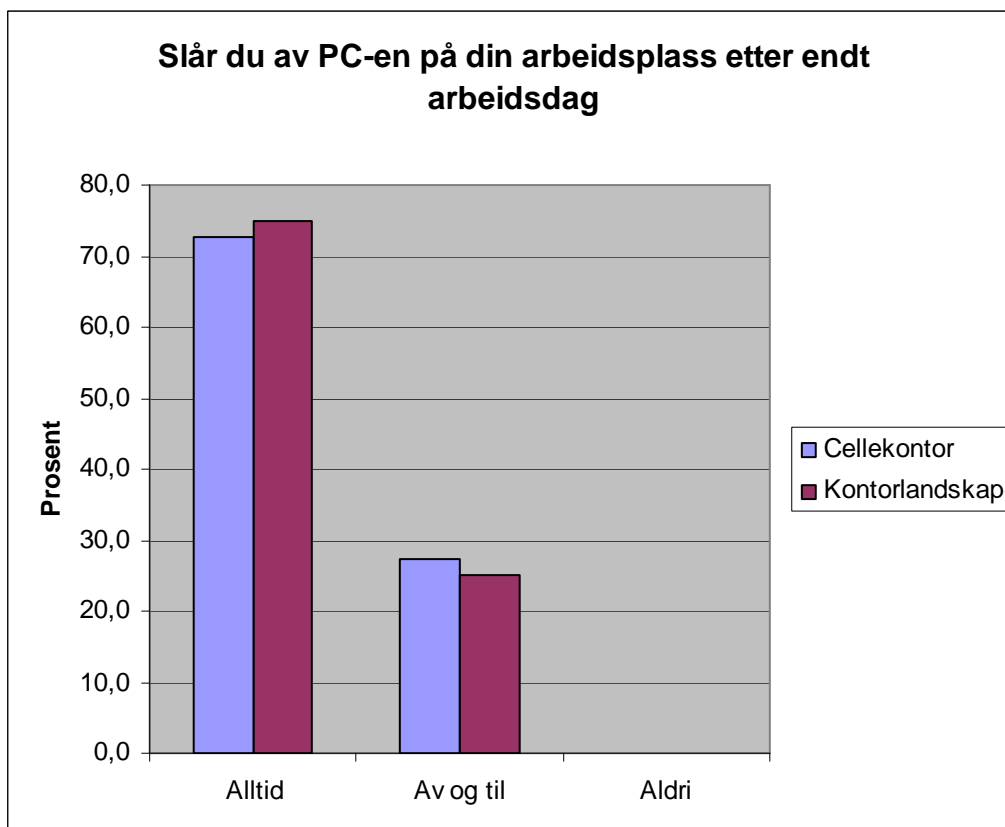


Diagram 10 Rutiner og vaner i forhold PC- bruk.

Ser man i diagram 10 oppgir 72,7 % og 75 % av brukerne for henholdsvis cellekontorer og kontorlandskap at de skruer av datamaskinen etter endt arbeidsdag. Den resterende delen oppgir å gjøre det av og til.

7.3.4. Spørsmål 4

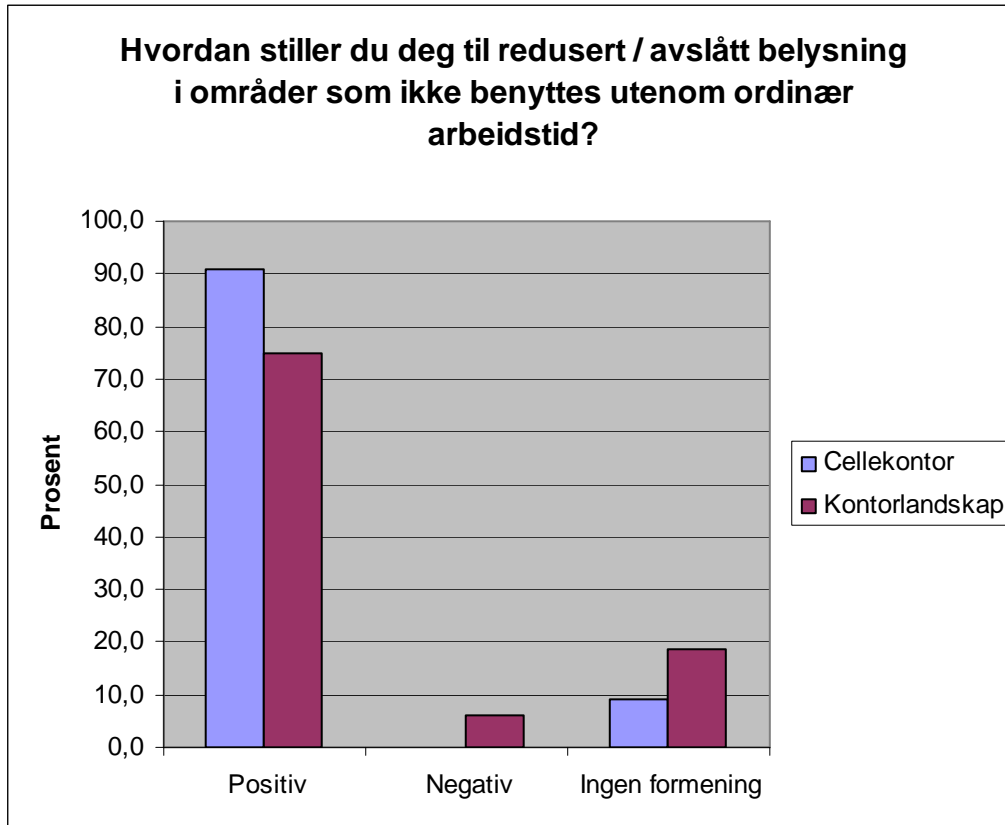


Diagram 11 Holdninger i forhold til redusert belysning.

Holdningene i forhold til redusert eller avslått belysning er ganske like for brukere av begge områdetyper, ifølge diagram 11.

Andelen som er positiv til slike tiltak ligger på 90,9 % og 75 % for henholdsvis cellekontor og kontorlandskap. Det er også brukere som er negative til slike tiltak av ulike grunner.

8. Energisparetiltak

Det som er ønskelig med hensyn på energibruk er at det gjenspeiler bruken av områdene. Slik det er ved Adresseavisen ASA sine lokaler er hovedtyngden av brukere tilstede i perioden som er definert som normalarbeidsdagen. På kveldstid er det langt færre brukere som benytter områdene og om natten er dette redusert til et minimum.

Målingene viser en energibruk som ikke alltid gjenspeiler dette. Tiltak som vil være aktuelle for Adresseavisen ASAs og for bygget med tilsvarende behov og bruksmønster er:

- Oppfordre brukerne til å slå av elektrisk utstyr i og nær sin egen kontor plass ved arbeidsslagets slutt.
- Lysbrytere på hvert cellekontor.
- Bedre seksjonering av belsningen i kontorlandskap.
- Redusert belsning i fellesarealer på kvelds-/ nattetid.
- Redusert belsning i områder der brukernes behov er lavere.
- Utnyttelse av dagslys.

Tar man utgangspunkt i cellekontorene og de områdene rundt, viser effektuttaksmålingene på lyskursene et effektuttak over døgnet som gjenspeiler antall brukere på stedet til en viss grad. De periodene den ikke gjør det er på kveldstid og av og til om natten. Det er disse uttakene som er ønskelig å redusere. Alternativer for hvordan man skal redusere dette energiforbruket er flere, og det samme er kostnadsnivåene.

En økt bevisstgjøring kan i mange tilfeller redusere energibruken. Det kan resultere i at brukerne blir flinkere til å skru av annet utstyr i og nær arbeidsplassen om dette står på unødig. Ser man på cellekontorene i 1. etasje viste målinger der en forholdsvis ”normal” bruk av energi for belsning med ingen tilfeller der lyset sto på om natten, noe de av og til gjorde i områder som hadde felles lysstyring.

Satser man på en økt bevisstgjøring blant brukerne bør man også legge forholdene til rette for dette rent elektroteknisk, med blant annet lysbetjening på hvert cellekontor og en bedre oppløsning på lysinndelingen i større områder, med ulike soner og ulik lysintensitet avhengig av tid på døgnet og brukere til stedet.

Er det mange brukere av et område kan det være ønskelig å dele opp lysstyringen i mindre seksjoner, tilpasset de forskjellige behovene. Jo finere inndeling man har på områdene jo mer kan man tilpasse behovene til de enkelte brukerne og også nyttiggjøre seg andre faktorer.

Om det er flere brukere i et område kan det være utfordrende å få et manuelt betjeningssystem som er godt tilpasset de ulike behovene og bruksmønstrene og ikke minst at det blir betjeningsvennlig. Hvordan de ulike funksjonene skal betjenes er en avveining som må gjøres med omhu både med hensyn på nåværende behov og fremtidige behov.

Skal det være et helautomatisk eller ett delvis automatisk system. Et helautomatisk aktiviserer eller deaktiviserer de ulike installasjonene i forhold til forutbestemte kriterier, som at en bevegelsesdetektor registrerer bevegelse i området og setter på nødvendig utstyr, og slukker det etter at kriteriene er borte. Med delvis automatisert system menes eksempelvis at brukeren

gir en fysisk beskjed om ønsket handling, deretter sørger systemet for deaktivering etter en gitt tid.

I arealer med fast brukstid kan ur-styring være et bra alternativ, dette kan brukes i andre områder for å sette installasjonen i ulike moduser avhengig av tid på døgnet. Som eksempel korridorer og fellesarealer der man kan ha ulik lysintensitet avhengig av tid på døgnet.

Har man dagslystilgang kan det i noen tilfeller være fornuftig å nyttiggjøre seg dette ved å dimme armaturene og da spesielt de som er nærmest vinduene.

9. Diskusjon

Et hovedkriterium ved energibruk er at den skal være behovsprøvd. Det skal foreligge et reelt behov for energi for at man skal kunne legitimere bruken. Dette var utgangspunktet da jeg startet oppgaven. Ønsket da å finne utstyr slik at jeg kunne detektere om brukerne var tilstede eller ei. Det kunne vært flere alternativer som hadde blitt overvåket parallelt med tilstedeværelse, men de som inngår innenfor fagfeltet mitt og som brukerne hadde muligheten til å styre selv var i realiteten bare lys i dette tilfellet. PC-bruk, ventilasjon, kjøling og utstyr, er elementer man kan finne ut av ved å spørre forskjellige brukere og ansvarlige for driften ved bygget. Det som også må påpekes er de funksjonene i bygget som kan reguleres etter tilstedeværelse, der en redusert benytting av områdene vil kunne redusere energibruk i installasjoner som ikke har annen tilknytning til mitt fagfelt enn at det er energikilden. Videre i diskusjonen vil jeg kommentere de ulike resultatene og utstyret som er benyttet.

9.1. Cellekontorer

Resultatene som fremkommer av målingene og undersøkelsene i områder der cellekontorer er den dominerende inndelingen, viser at denne inndelingen har sine energiøkonomiske fordeler. Trendanalysene som ble foretatt viste et mønster i effektuttaket som var lett å kjenne igjen fra dag til dag. På bakgrunn av den kurven kan det være nærliggende å tro at energibruken på cellekontorene er behovsberettiget. På spørreundersøkelsen som ble foretatt sier 72,7 % av brukerne at de slukker lyset kun etter endt arbeidsdag. De resterende svarer nei og dette grunner i at de er lokalisert i sokkeletasjen der lysstyringen er sentralisert.

Ved detektering av tilstedeværelse og lysbruk viste disse målingene at lyset stort sett ble skrudd av innen en tidsperiode på 8- 10 timer. I tillegg var ikke differansen mellom lysbruk og tilstedeværelse store om man sammenligner med tilfellene for kontorlandskap. Unntaket her er område 3 i sokkeletasjen, der journalistene var mye ute og reiste i den perioden som målingene foregikk og det faktum at lysstyringen blir betjent av et sentralisert bryterpanel der flere kontorer styres samtidig. Dette viser at det kan være ugunstig å ha en slik lysstyring på cellekontorene.

Den gjennomsnittlige bruksutnyttelsen i forhold til lystiden for cellekontorene i 1. etasje lå i området fra 52,3 % til 81 %, der 100 % er referert som den totale lysbruken for de forskjellige områdene.

Ser man på effektuttaket på kveldstid og nattestid er dette litt forskjellig fra kveld til kveld og fra natt til natt. Årsaken til dette vites ikke, men det er nærliggende å anta at lyset står på i fellesarealene til ulikt tidspunkt, i noen tilfeller hele natten. I spørreskjemaet ble det spurt om brukerne sjekket om lyset var slukket i andre områder om de forlot lokalene sist. 55 % svarte ja og 18 % svarte av og til, mens de resterende oppga nei. I overkant av halvparten oppga at de så etter om lys var slukket i andre områder om de forlot områdene sist.

Når halvparten av brukerne sier de sjekker belysningen i andre områder og det i tillegg er et vaktelskap som skal slukke lys om kvelden, burde energiuttaket om kvelden og natten vært på et minimum i forhold til belysning. Når dette effektuttaket likevel er så høyt som det er, er det elementer som peker på at det er noe som ikke fungerer optimalt. Det vil være vanskelig å peke på eksakte årsaker til hvorfor situasjonene er som de er, i og med at de også kan variere

fra dag til dag. Det kan i slike tilfeller være hensiktsmessig med en enda større fokusering på å slukke lysene i de områdene som ikke blir benyttet, eller et overordnet styringssystem som tar seg av lysstyringen.

Ved spørsmål til brukerne om de skrudde av PC etter endt arbeidsdag oppga 72,7 % at de gjorde dette hver dag, mens de resterende svarte av og til. Lokalisering av energibruk til data har vist seg litt vanskelig i forhold til målingene foretatt i underfordelingene. I hver underfordeling er det en gruppesikring som heter "data" og som er beregnet for uttak til dette. Ved målinger på disse kursene kom det fram at energiuttaket gjennom disse sikringene var særdeles lavt. Hvorfor det er slik er usikkert, men et scenario og det mest sannsynlige er at dette uttaket blir tatt ut fra andre stikkontakter som går fra andre gruppesikringer.

For å få en 100 % oppslutning på avslåing av PC etter endt arbeidsdag, kan man enten prøve å oppfordre brukerne til å slå den av ved arbeidshagens slutt eller endre på oppsettet slik at den slår seg av om den ikke blir benyttet innen en forhåndsinnstilt tid.

Om det også er en holdningsforskjell eller ulik praksis mellom brukerne av stasjonære eller bærbare PCer kan godt være. Brukere med bærbare PCer tar ofte disse med seg når de forlater kontoret, noe som antageligvis fører til at de slår den av på slutten av arbeidshagen uansett.

Det siste spørsmålet ble stilt med utgangspunkt i at et alternativ kan være styre lys i fellesområder etter andre kriterier enn det som blir brukt nå. 90 % av de spurte stilte seg positive til en slik ordning, mens de resterende hadde ingen formening om temaet, det var ingen som var negative.

9.2. Kontorlandskap

Trendanalysene som ble foretatt på gruppesikringene i underfordelingene i denne delen viser at en stor del av energien i dette området går til belysning.

Ser man på effektuttaket over gruppesikring F3 (teknisk) i underfordeling AS2-230 ser man at denne varierer en del i størrelse over døgnet (se vedlegg 4). Det som er verdt å merke seg er grunnlasten på denne sikringen ligger i området mellom 2,6 og 3 kW. Dette er et nivå den aldri går under. Det er også tilfeller der effektuttaket er vesentlig høyere, opptil 8,6 kW. Elementer som kan forklare grunnlasten er kjøler i telematikkrom og tilførsel til arbeidsplasser til RadioAdressa. Områder og utstyr som antagelig vil kreve energi over en stor del av døgnet. De høye amplitudeverdiene i grafen kan forklares ved at denne sikringen forsyner kjøkkenutstyr som kaffetraktere og komfyrer som vil ha høyt effektbehov over kortere perioder.

Målinger foretatt over gruppesikringene for lys i begge underfordelingene viser de samme tendensene. Det som går igjen er et mer eller mindre stabilt effektuttak over normalarbeidsdagen og kveldene. Om natten blir enten effektuttaket redusert vesentlig, eller så forholder det seg tilnærmet likt det uttaket som er om dagen. Ser man på senere målinger utført på lyskurs F1, AS2-230, forekommer det lignende tendenser, se vedlegg 5. Dette sannsynliggjør at effektuttaket som er målt også vil være lignende i andre perioder av året, med tilfeller om natten der effektuttaket går vesentlig ned.

Registreringen av tilstedeværelse og lysbruk viser mye av det samme som trendanalysene på lyskursene sier. Brukstiden for lyset i kontorlandskapet varierer mellom 17 og 24 timer i døgnet. Dataene for detektering av tilstedeværelse viser verdier i området opp til 15 timer. Tiden som er registrert vil variere fra område til område, avhengig av hvor mange som har arbeidsplass innenfor detektorens dekningsområde. De områdene der det er to brukere innenfor detektorens område er det lavest brukstid med et gjennomsnitt på mellom 24,1-36,1 %, der 100 % er referert som total brukstid på belysningen.

Ser man på områdene der det er 4 brukere innenfor detektorens område ligger gjennomsnittet på mellom 54,5-66,5 %. Dette kan forklares med at de ulike brukerne kan ha ulik arbeidstid og overlapper hverandre i bruken av områdene.

Svarene som kom inn på spørreskjemaet som ble utlevert kan forklare noe av hvorfor bruken er som den er. Kun 12,5 % av de spurte svarte at de slukket lyset i områdene om de var sistemann som forlot dette, mens de resterende svarte nei. Bakgrunnen for dette kan være flere, mulig de ikke tenker på det, eller ikke kjenner til plassering eller at de tenker at det er vekternes ansvarsområde.

Sitter det en bruker igjen vil antageligvis ikke noe av lyset bli slukket da oppdelingen av lyset i hele området er litt uoversiktlig og lite brukervennlig om man ikke kjenner anlegget godt.

Videre svarte 81,3 % at de aldri sjekket lyset i andre områder om de er siste person som forlater området, de resterende 18,7 % svarte av og til.

75 % av brukerne sa at de alltid skrudde av datamaskinen før de forlot arbeidsplassen, og de resterende 25 % sa de gjorde det av og til. Dette er ganske likt i forhold til brukere av cellekontorer.

Holdninger til redusert belysning i områder er også litt annerledes enn for brukere av cellekontorer. 75 % var positive, mens 6 % var negative og de resterende hadde ingen formening om temaet. Det som skiller seg ut her er andelen som er negative til reduksjon/slukking av belysningen i områder som ikke blir benyttet.

En negativ holdning i forhold til redusert/ avslått belysning i ubenyttede områder kan jo bunne i så mangt. Noen føler kanskje ubehag ved å sitte i områder der kun din egen plass er opplyst. Majoriteten av brukerne stiller seg likevel positive til en slik ordning og eventuelle tiltak må tilpasses slik at det blir mest praktisk og hensiktsmessig for alle parter.

9.3. Sammenligning av områdene

Sammenligner man områdene på de ulike punktene er det en forskjell, både med hensyn på effektuttakskurvene, brukstid for områdene, holdningene og vanene til brukerne.

Det som er verdt å legge merke til er amplitudeverdien på effektuttakene i de forskjellige underfordelingene i forhold til inndelingen av områdene. Cellekontorene har en høyere toppverdi på effektuttaket enn det kontorlandskapene har. Det som likevel gjør at energiforbruket er høyere ved kontorlandskapene er lang brukstid på armaturene og tidvis manglende slukking av belysningen om kvelden og natten.

Lysbruken i de undersøkte områdene varierer en del fra hverandre. I de undersøkte cellekontorene forekom det aldri at lyset ikke ble slukket om kvelden, forutsatt at de hadde muligheten til det. For kontorlandskapene var det annerledes, der varierte brukstiden for lyset mye fra dag til dag og lå stort sett et godt stykke over brukstiden for områdene.

Denne informasjonen kommer til en viss grad også fram i spørreskjemaet som ble utdelt der brukerne av de forskjellige områdene svarer ganske forskjellig fra hverandre på akkurat det med slukking av lys på kontorplassen og områdene rundt, årsakene til dette kan være flere.

Der brukerne selv styrer sin egen belysning er de mer konsekvente med å slukke lyset ved arbeidshagens slutt og til en viss grad også i områdene i nærheten, enn i områder som ikke er styrt slik. En slik løsning i et kontorlandskap vil kanskje ikke være aktuell, i den utstrekningen som ved et cellekontor, men en grovere oppløsning der man styrer de ulike gruppene hver for seg kan være hensiktsmessig. Ut fra de målingene som ble foretatt var det ingen områder i kontorlandskapene som hadde en brukstid på mer enn 15 timer. Likevel kan det tenkes at den totale brukstiden for noen ikke undersøkte områder kan komme opp i det ved noen anledninger om noen jobber om natten. En seksjonering av belysningen der kun områder som blir benyttet er opplyst vil kunne spare mange driftstimer for lysanlegget i løpet av året, forutsatt at forløpet for resten av året er slik det har blitt målt nå.

Et annet alternativ kan være en seksjonering av brukerne alt etter når på døgnet de er på jobb. I dagens jobbsituasjon, der mesteparten av arbeidet foregår foran en PC, er det ikke tekniske løsninger det står på i forhold til en slik løsning. Fordelen med slike soneinndelinger, er at man da kan slukke alt unødvendig utstyr som står på i områdene rundt slik at kun utstyr der det sitter brukere blir benyttet.

Tettheten på brukerne av områdene vil i mange tilfeller være høyere for et kontorlandskap enn for et cellekontor. Sammenligner man område 1 i figur 5, og tilsvarende areal i etasje rett over, figur 6, er det 13 cellekontorer i 1. etasje ifølge tegningen, (muligens færre), mens for kontorlandskapet er tallet om lag 20 plasser. Man får en høyere tetthet av brukere, dette vil være fordelaktig om man har et godt styringssystem for belysningen som ivaretar at ikke belysningen blir stående på om det ikke er brukere tilstede.

9.4. Validiteten i målingene

Utstyret som ble valgt for tilstedeværelsesdetektering er i utgangspunktet ikke beregnet for formålet det har blitt benyttet til i dette prosjektet. Det avgjørende for valget var tilgjengeligheten og prisen. Modifikasjoner på utstyret måtte til, både i form av en tidsforsinkelse som gjorde at signalet ut fra bevegelsesmelderen fikk en lengre varighet, men også den manuelt redigerte tidsforsinkelsen som sammenlignet de to foregående målingene i tillegg til den "nåværende" målingen. I teorien skulle man da få et kvarters forsinkelse fra siste detektering til signalet ble lavt.

Tidskonstanten til de ulike kondensatorene τ_2 er på om lag 4,5 minutter mens målingene ble samlet hvert femte minutt. Her er det en usikkerhet i og med at detektoren i teorien kan registrere en bevegelse innen et halvt minutt etter hver registrering til dataloggeren med påfølgende lavt signal ved neste registrering. Sannsynligheten for at dette skal inntreffe tre målinger på rad ser jeg derimot på som mindre, forutsatt at tidskonstanten er 4,5 minutter.

Innbruddssikringsutstyr har en noe tregere reaksjonsevne enn det konvensjonelle bevegelsesdetektorer for lysstyring har. Inndelingen av sektorene ut fra linsen og hvor mange sektorer som må krysses før detektoren aktiviseres er ulikt, siden innbruddssikringsutstyr

nødvendigvis ikke trenger den sensitiviteten som styringsutstyr krever. Dette setter strengere krav til plassering av detektoren i forhold til brukerne av området.

Noen brukere sitter forholdsvis stille mens andre er mer ”urolige på stolen”. Noen har arbeidsoppgaver som fører til større aktivitet eks. oppslag i permer, henting av dokumenter, telefonbruk osv. Dette er momenter som vil være i overkant ressurskrevende å innhente da man likevel ikke er sikker på sensitiviteten til detektoren. Skulle man i dette tilfellet hatt en kvalitetssikring av måleresultatene utover de tiltak som allerede er gjort med en redigert tidsforsinkelse, måtte man overvåket områdene med kamera evt. manuell overvåking. Noe som neppe hadde vært populært blant brukerne.

Ved plassering av lys- og bevegelsesdetektoren var det to hensyn som måtte ivaretas. Det ene var å komme tett nok oppi brukeren(e) for å sikre god tilstedeværelsesdetekteringen, det andre å unngå at lysføleren ble påvirket av innstrålt lys fra omgivelsene. På cellekontorene var dette en utfordring da skilleveggene mot fellesarealene i noen tilfeller var av glass, og vindusarealene på yttervegger var store og slipper inn mye lys. Dette vil nok ha en innvirkning på cellekontorene som kan medføre at detektert tilstedeværelse ikke er helt i samsvar med faktisk brukstid. Noe som også er antagelig for kontorlandskapene.

Deltagelsene i spørreundersøkelsen var høy, med nærmere 100% tilbakemelding, men antallet totalt i forhold til brukere på bygget er en begrensning i forhold til validiteten i den. Antallet deltakere utgjør nok ikke mer enn snaue 10 % av totalt brukere av bygget. Det som var avgjørende var å se hvordan svarene fordelte seg i forhold til hvilket område de arbeidet i.

Det var også ønskelig å få en indikasjon på om resultatene fra tilstedeværelses- og lysdetekteringen stemte i forhold det brukerne oppga. Det som kom var at de pekte i samme retning i forhold til rutiner ved lysslukking.

10. Konklusjon

Basert på de målingene og undersøkelsens som er foretatt ved Adresseavisen ASAs lokaler er det en del momenter som peker på at det er et sparepotensial ved det elektriske forbruket.

Det er også grunnlag for å anta at det er forskjellige holdninger og bevissthet i forhold til eget energibruk avhengig av hva slags kontorform de benytter.

Hva slags tiltak som velges blir en økonomisk avveining mellom kostnader og sparemulighetene som ligger i de ulike tiltakene.

Det er flere alternativer som kan bidra med en reduksjon ved det elektriske energibruket, det som bør gjøres er å foreta:

- En seksjonering av lyset i kontorlandskapet, slik at man styrer mindre områder på en bryter.
- Redusere belysningen i fellesarealer etter ordinær kontortid
- Bidra til en økt bevisstgjøring blant de ansatte omkring eget energibruk på jobb.

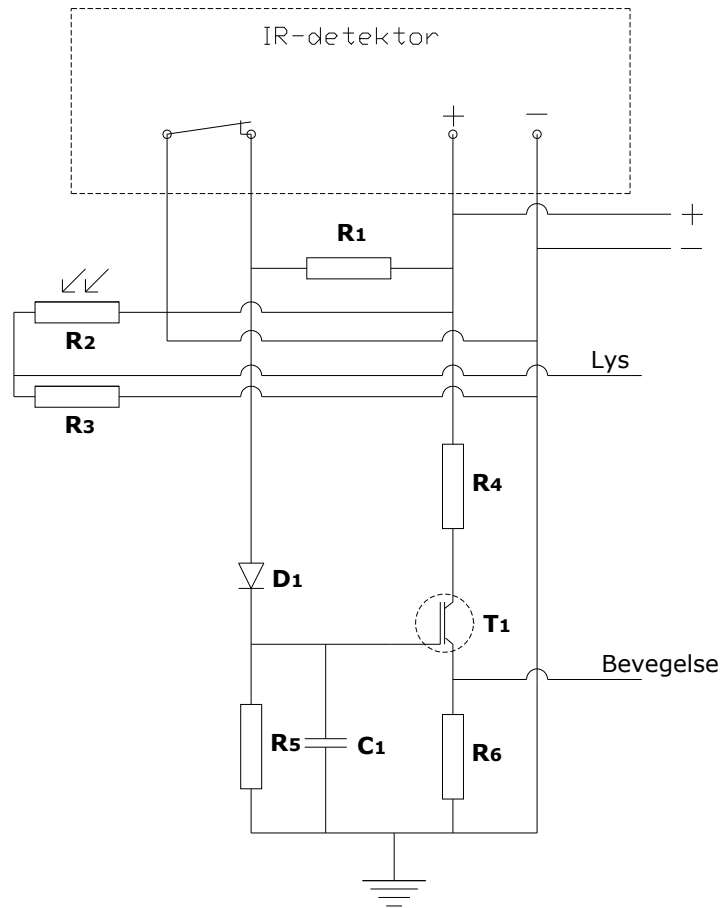
Dette er tiltak som også bør vurderes i andre bygg med kontorlandskaper og som har lang brukstid på deler av områdene sine.

11. Kilderegister / henvisninger

1. www.nordpool.no/
2. www.regjeringen.no/
3. www.nve.no
4. www.globalis.no/Statistikk/Energi-og-ressurser/Energiforbruk-per-innb
5. <http://www.worldwatch.org/>
6. www.enova.no
7. www.lovdatabank.no
8. Hansen E. H. Elektroinstallasjoner. Classica 2002,172-173s
9. www.fagerhult.no
10. www.elko.no
11. www.nortronic.biz
12. Referert samtaler med driftssjef Knut Nilsen våren 2008
13. Referert samtaler med Ragnar Stavseng våren 2008.
14. www.centrol.no
15. Antonsen L. M. Metode for vurdering av energieffektivitet for kontorbelysning, NTNU 2005
16. www.fluke.no/comx/show_product.aspx?pid=35669&product=PHASE3&type=3&locale=nono
17. Tilhørende instruksjonsmanual til Fluke 434 Power Quality Analyser
18. <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5965-5290EN.pdf>
19. www.clasohlson.no/Product/Product.aspx?id=23380388
20. Haugen J. Formler og tabeller. Bekkestua 2002, 82s
21. http://no.wikipedia.org/wiki/Kondensator_%28elektrisk%29#Tidsforsinkelse
22. www.snl.no/article.html?id=653056
23. <http://www.extronic.se/narvaro/1f.-slutet-garage-med-akustisk-detektor.html>
24. Rinto Dusée. Energy saving in office buildings. Eindhoven University for Technology 2004, s1-45
25. Referert samtaler med Paul Lundquist, IT-avd Adresseavisen ASA

Vedlegg 1

Tilstedeværelsesdetektor med integrert lysføler



$$R1 = 2,2 \text{ k}\Omega$$

R2 = lysavhengig motstand

$$R3 = 2,7 \text{ k}\Omega$$

$$R4 = 100\Omega$$

$$R5 = 27 \text{ M}\Omega$$

$$R6 = 2,7\text{M}\Omega$$

$$C1 = 2 \text{ }\mu\text{F}$$

T1 = MOSFET 2N5457 538

D1 = diode

Bevegelsessensor med integrert lysføler.



Spørreundersøkelse

Denne undersøkelsen er en del av en masteroppgave som har som målsetning å finne energisparepotensial i næringsbygg.

Noen av spørsmålene vil ikke være relevante for alle, men ønskelig at dere likevel svarer på de med det alternativet som ligger nærmest det dere mener.

1. Hva slags kontortype er det du benytter?

1.2 Kontorlandskap

1.2 Cellekontor

2. Slår du av lyset på kontoret når dette ikke blir benyttet?

2.1 Ja, hvis over 15 minutter.

2.2 Ja, hvis over 30 minutter.

2.3 Ja, hvis over en time.

2.4 Kun på slutten av arbeidsdagen

2.5 Nei

3. Sjekker du da at lys er avslått på kontorer, fellesareal, korridorer og toalett om du forlater området sist?

3.1 Ja

3.2 Av og til

3.3 Nei

4. Hvordan stiller du deg til redusert / avslått belysning i områder som ikke benyttes utenom ordinær arbeidstid? (Korridorer, kontorlandskaper, og lignende)

4.1 Positiv

4.2 Negativ

4.3 Ingen formening

5. Slår du av PC-en på din arbeidsplass etter endt arbeidsdag?

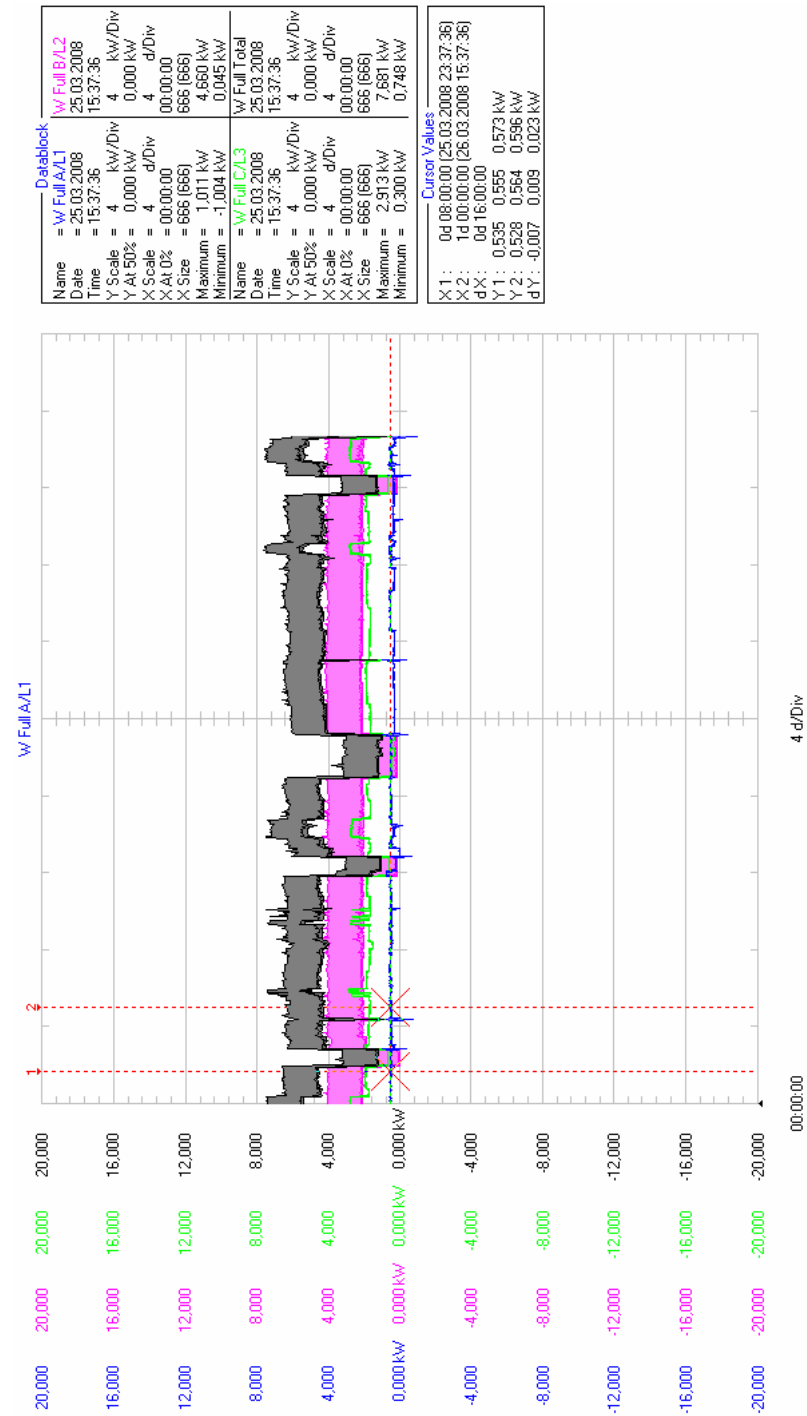
5.1 Alltid

5.2 Av og til

5.3 Aldri

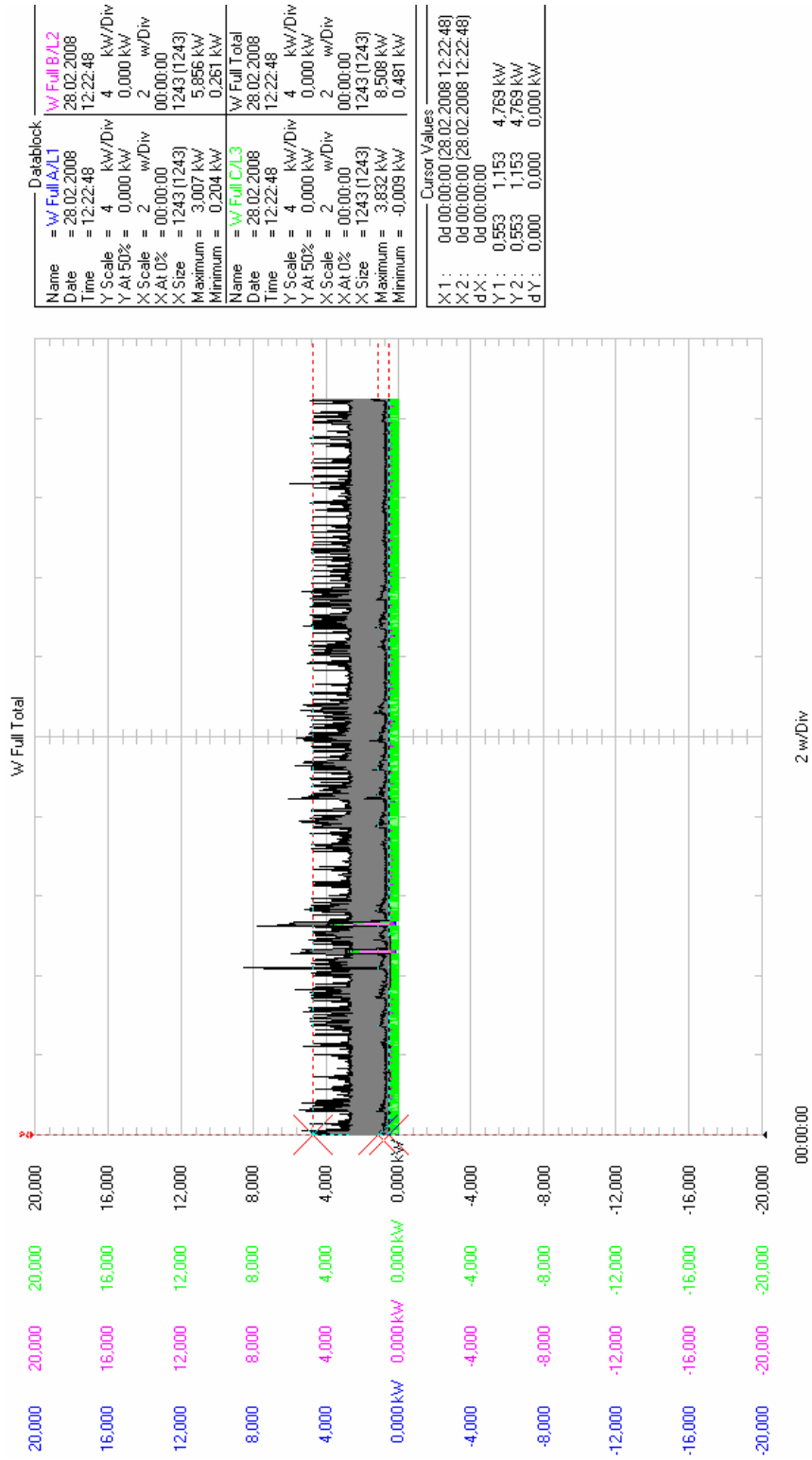
Vedlegg 3

Underfordeling AG2-224 F1 lys fra 25.03.2008 til 01.04.2008



Vedlegg 4

AS2-230 F3 teknisk



Vedlegg 5

Underfordeling AS2-230. kurs F1 lys, i perioden 02.05.2008 til 13.05.2008

