

**Användarprofiler för hyresgästel i kontorsbyggnader
- mätningar från tre moderna kontorshus**

**Finansierat av Staten Energimyndighet
Projekt nr P13530-1**

**Utfört av
Lennart Jagemar och Daniel Olsson
CIT Energy Management AB**

2004-06-29

Innehåll

Sammanfattning	2
Förord	3
1. Syfte	4
2. Bakgrund – tidigare studier	5
3. Metod – principiell uppläggning av mätningarna	6
4. Beskrivning av uppmätta byggnader	8
4.1 Beskrivning – Stora Enso Kvarnsveden Brukskontor	8
4.2 Beskrivning – ABB Business Center Mölndal	9
4.3 Beskrivning – AstraZeneca R&D Mölndal huvudkontor	10
5. Genomförande av mätningar	12
5.1 Mätningar – Stora Enso Kvarnsveden Brukskontor	12
5.2 Mätningar – ABB Business Center Mölndal	12
5.3 Mätningar – AstraZeneca R&D Mölndal huvudkontor	12
6. Mätresultat	14
6.1 Mätresultat – Stora Enso Kvarnsveden Brukskontor	15
6.1.1 Elenergianvändning för hela byggnaden	16
6.1.2 Belysning	16
6.1.3 Uttagseffekt	20
6.1.4 Kopiator och skrivare	21
6.1.5 Helt kontorsplan	22
6.2 Mätresultat – ABB Business Center Mölndal	24
6.2.1 Energianvändning för hela byggnaden	24
6.2.2 Elenergianvändning för kontorsplan	25
6.2.3 Belysning	26
6.2.4 Uttagseffekt	29
6.2.5 Helt kontorsplan	29
6.3 Mätresultat – AstraZeneca R&D Mölndal huvudkontor	31
6.3.1 Elenergianvändning för kontorsplan	31
6.3.2 Belysning	31
6.3.3 Uttagseffekt	34
6.3.4 Helt kontorsplan	35
7. Slutsatser och diskussion	38
7.1 Belysning	38
7.2 Uttagseffekt	38
7.3 Helt kontorsplan	39
7.4 Årlig elenergianvändning för ett helt kontorsplan	39
7.5 Diskussion	39
8. Behov av ytterligare forskning	40
9. Referenser	41
9.1 Svenska arbeten efter publiceringsår	41
9.2 Utländska arbeten efter publiceringsår	42

Detta projekt har finansierats av Statens Energimyndighet,
Projekt nr. P13530-1, Dnr 4210-01-00614

Sammanfattning

Användarprofiler, uttryckta i aktiv timmedeleffekt per golvarea, för tre nyare kontorsbyggnader har uppmätts för kontorsutrustning respektive belysning på arbetsplatsnivå. Genom att sammanlagra fyra till sju arbetsplatser och studera maximum- respektive minimumvärden samt 95% konfidensintervall fås en uppfattning av variationen i användarprofilerna. Samtidigt har användarprofiler och årlig elenergianvändning uppmätts för hela våningsplan. I dessa användarprofiler ingår all elanvändning på planet, d.v.s. kontorsutrustning på arbetsplatserna, all takbelysning, all utrustning i skrivar- och kopieringsrum, pausrum etc. För en av de tre byggnaderna har även uppmätts elanvändningen på byggnadsnivå samt för ett kök tillhörande en stor personalrestaurang och ett apparatrum med luftbehandlingsaggregat och kylmaskiner.

Belysning

För samtliga tre byggnader släcks belysningen på nätter och helger. Den använda medeleffekten sammanlagrad för fyra, sex eller sju arbetsplatser varierar dock. För Stora Enso Kvarnsveden (nära bästa tillgängliga teknik BAT – Best Available Technology) är den installerade belysningseffekten ca 6,5 W/m² medan den utnyttjade medeleffekten är 2 till 3 W/m² beroende på årstid. Utnyttjandegraden är 30% - 50% av den installerade effekten. För den typiska kontorsbyggnaden ABB Business Center Mölndal är den installerade belysningseffekten ca 9 W/m² och den utnyttjade är 5 till 7 W/m². Utnyttjandegraden är alltså 55% - 80%. För den likaså typiska byggnaden AstraZeneca R&D Mölndal är den installerade belysningseffekten 13 W/m². Den utnyttjade är ca 8 W/m², förutom under sommaren då den inte är mer än 4 till 6 W/m². Utnyttjandegraden är således vanligen ca 65% och sjunker ner mot 30% sommardag.

Mätningarna visar att närvaroreglering av belysningen fungerar mycket bra i Stora Enso Kvarnsveden. Även i de andra byggnaderna fungerar regleringen av belysning bra. De manuella väggbrytarna på AstraZeneca R&D Mölndal är ungefär lika effektiva som närvarogivarna på ABB Business Center Mölndal.

Uttagseffekt

Här skiljer sig ABB Business Center Mölndal från de två andra byggnaderna då kontorsutrustningen i rummen stängs av på natten. Baslasten nattetid är endast kring 0,5 W/m². Medeleffekten dagtid är också låg, ca 3 W/m². I de andra två byggnaderna är datorerna på hela dygnet och baslasten nattetid är ca 4 W/m². Medeleffekten dagtid är ca 8 W/m². Skillnaden mellan dag och natt består här främst av att bildskärmarna och skrivarna på arbetsplatserna är påslagna.

För alla tre byggnaderna är baslasten för hela våningsplan under nätter och helger ca 3 W/m². För Stora Enso Kvarnsveden varierar baslasten för våningsplanet med årstiden mellan 2 till 4 W/m², vilket möjligen beror på elkablar i stuprör och under takfönster. Likaså är medeleffekten för våningsplan under arbetsdagar mycket lika för alla tre byggnaderna ca 8 W/m².

För de två mera typiska byggnaderna är den årliga elenergianvändningen för ett helt våningsplan ca 50 kWh/år, m². För BAT-byggnaden Stora Enso Kvarnsveden blir den uppmätta årliga elenergianvändningen endast något lägre, ca 46 kWh/år, m².

Förord

Detta projekt hade inte kunnat genomföras utan praktisk hjälp från många håll.

Ett tack till Håkan Larsson vid Mätcentralen på Chalmers för hans envetna arbete med ett osamarbetsvilligt mätsystem. I ett sent skede av projektet har detta arbete även utförts av Tommy Sundström, CIT Energy Management AB.

För inventering av kontorsutrustningen på Stora Enso Kvarnsvedens brukskontor går ett tack till Maria Edfelt och Anna-Karin Groth. De har även framtagit en stomme till en populärvetenskaplig broschyr för att presentera projektresultaten. Ett tack även till handledaren universitetslektor Göran Bryntse, Högskolan Dalarna i Borlänge.

Montering och demontering av elmätare i de tre uppmätta byggnaderna har kunnat genomföras tack vare följande personer:

- Lars Tallberg och Roger Englund, Stora Enso Kvarnsveden
- Anki Jönsson och Jim Edvinsson, ABB Business Center Mölndal
- Ingvar Nattland, AstraZeneca R&D Mölndal

Göteborg i juni 2004

Lennart Jagemar Daniel Olsson
CIT Energy Management AB

1. Syfte

Projektets syfte har varit att ta fram ”typiska” användarprofiler över dygnet för belysning och kontorsutrustning (vägguttag) samt om möjligt även personnärvaro baserat på korttidsmätningar i nyare kontorshus.

Med användarprofiler avses här timvisa eleffekter för olika slutenergianvändare i kontorshus. Normalt tas användarprofiler fram för takbelysning respektive för vägguttag. I de sistnämnda ansluts kontorsutrustning och platsbelysning. Ytterligare en viktig storhet är hur personbelastningen varierar över dygnet. Denna är svår att mäta då det krävs loggning av närvarodetektorer vid varje arbetsplats. Några sådana mätningar har därför inte kunnat genomföras.

Användarprofiler skulle också tas fram för olika hög sammanlagring:

- enskilda arbetsplatser.
- hela eller delar av våningsplan.
- hela byggnaden (om möjligt).

Denna rapport är att se som en teknisk underlagsrapport för en senare broschyr vilken mer populärt redovisar de framtagna resultaten. En grundstomme för denna populärvetenskapliga broschyr har framtagits som ett examensarbete i Grafisk teknologi vid Högskolan Dalarna i Borlänge. Denna stomme, vars format är särskilt avsett för webbaserad publicering, redovisas i Edfeldt & Groth (2002).

Ursprungligen planerades mätningar i ett tiotal kontorshus, men ett så omfattande mätprojekt gick inte att finansiera. Således begränsades mätningarna till tre byggnader.

2. Bakgrund – tidigare studier

De svenska hittills publicerade mätningar över olika användarprofiler och slutenergianvändningar i kontorsbyggnader är tämligen gamla. De arbeten som finns bygger alla på mätningar som utfördes kring 1990. De viktigaste data finns i de undersökningar som huvudsakligen finansierades av dåvarande Byggeforskningsrådet (nu del av FORMAS) och dåvarande NUTEK (nu Energimyndigheten). Den viktigaste utföraren i dessa projekt var Bengt Dahlgren AB (rapporter av Nilson et al). Dessutom genomfördes inom lokaldelen av Vattenfalls Uppdrag 2000 dels energibesiktningar av ett antal kontorsbyggnader, dels den stora statistiska besiktningstudien över slutenergianvändningen i knappt tusen lokaler, STIL-studien, vilken delvis finansierads av svensk Energi Utveckling AB.

Med delfinansiering från fastighetsägarna (försäkringsbolag) genomfördes energi-besiktningar och mätningar i ett tjugotal kontorsbyggnader av varierande ålder. Av dessa uppmättes för fyra stycken elanvändningen på detaljerad nivå och på timbasis under ett till två år. Dessa mätningar genomfördes som ett Byggeforskningsprojekt. Samtidigt genomfördes mätningar finansierade av BFR på ytterligare en knapp handfull kontorsbyggnader, däribland Skattemyndigheten (kv. Gamen) i Stockholm och dåvarande NUTEK:s byggnader på Liljeholmen i Stockholm.

När det gäller svenska arbeten är rapporterna, listade i referenslistan, tämligen heltäckande, vad som saknas är främst underlagsrapporter till rapporterna Nilson et al 1994, 1996A, 1996B och 1998. Dessa underlagsrapporter återfinns i litteraturlistorna till de aktuella rapporter. De amerikanska referenserna består främst av sammanfattande artiklar från fackpressen. Vissa av artiklarna är sammanfattningar av forskningsarbeten finansierade främst av ASHRAE. Ett resultat från ASHRAE:s forskning är rapporten av Abushakra et al (2001). Denna sammanfattar ett antal projekt där mätningar skett på vånings- eller byggnadsnivå. Eftersom rapporten avser amerikanska förhållanden kan data inte direkt översättas till svenska förhållanden. Dels är den installerade belysningseffekten högre än vad som använts i Sverige, och definitivt högre än nuvarande god praxis, dels har alla byggnader storrumskontor (kontorslandskap) vilka är betydligt persontätare än vad som varit praxis för storrumskontor i Sverige. De senaste årens jakt på lägre lokalkostnader i Sverige har troligen medfört att moderna svenska storrumskontor alltmer liknar de amerikanska vad gäller golvarea per person.

I den amerikanska ASHRAE-standarden 90.1-1989 (uppdaterad 2001) återfinns användarprofiler för bl.a. belysning och vägguttag vilka kan användas vid simulering av kontorsbyggnader energianvändning med hjälp av byggnadsmoduleringsprogram vilka använder timvärden. Jagemar (1996) har dock visat att användandet av dessa amerikanska användarprofiler ger resultat som mycket dåligt överensstämmer med mätdata från svenska byggnader.

3. Metod – Principiell uppläggning av mätningarna

I alla de tre uppmätta byggnaderna användes samma typ av mätutrustning. Denna bestod av elmätare vilka kommunicerade med en koncentrator (uppsamlingsenhet) i byggnaden via övertoner på en av faserna i husets 400 V nät. I en byggnad i Borlänge togs mätdata, i koncentratorn, omhand via ett modem och överfördes via fast telefon till en dator hos Mätcentralen i Göteborg. I de andra två byggnaderna, vilka ligger i Göteborgstrakten, omhändertogs mätdata genom att de ca 1 gång i månaden överfördes till en bärbar dator. Mätdata hamnade slutligen i Excel-format med en timmes data för varje rad. Data kunde sedan bearbetas i Excel.

Generellt installerades elmätare så mätdata var tillgängliga på följande nivåer:

1. Alla vägguttag med kontorsutrustning och platsbelysning för en arbetsplats (kontorsrum) mättes via en 1-fasmätare. Antalet arbetsplatser bestämdes av tillgängligt antal 1-fas elmätare, normalt mättes sex arbetsplatser i varje kontorsbyggnad.
2. Takbelysningen, mättes via en 1-fasmätare, i samma arbetsplatser som för vilka vägguttagen mättes d.v.s. normalt sex arbetsplatser.
3. Elcentraler vilka försörjer delar av, eller ett helt, våningsplan. I en byggnad försörjde en elcentral ett helt våningsplan, medan i de andra två innebar detta att sex respektive nio elcentraler fick mätas med 3-fas elmätare. I den byggnad där elcentralen försörjde hela våningsplanet fick strömtransformatorer användas.
4. Elcentraler till hela byggnaden, storkök samt apparatrum för luftbehandlingsaggregat och vätskekylaggregat. Detta var praktiskt möjligt att utföra i endast en byggnad. Även här fick strömtransformatorer användas för samtliga 3-fas elmätare.

Mätningarna har genomförts så att vinter, sommar och en mellanårstid (vår/höst) ingått i mättiden. Därigenom har eventuellt årstidsberoende i brukarbeteendet i belysningsanvändningen kunnat fångas upp. För kontorsutrustning förväntades inget årstidsberoende annat än att semesterperioder medför lägre närvaro i hela kontorshuset.

I en byggnad har mätningarna genomförts under ett drygt år. I de två andra byggnaderna har mätningar genomförts från sommar via höst till vinter eller från vinter via vår till sommar.

Mätningarna har utförts av underkonsulten Mätcentralen för energiteknisk forskning vid Chalmers tekniska högskola. Mätutrustningen (ägs av CIT Energy management AB), av fabrikat Enermet, har bestått av:

- 1-fas elektroniska elmätare (Y120is) med mätterminal ML10 EK22. Två 1-fasmätare kan kopplas till samma mätterminal, normalt mätarna för belysning och vägguttag för en arbetsplats.
- 3-fas elektroniska elmätare (K420iNNs) med mätterminal ML10 EK22.
- Koncentrator (router & gateway) CM3250/E, vilken kommunicerar med mätterminalerna via en av 0,4 kV nätets tre faser och med LonWorks-teknik. Koncentratorn kan sedan kommunicera med en dator via mobilt eller fast telefonnät, radio, LonWorks Interface eller V24 kort.
- Mjukvara Avalon X-Base för Windows NT på en normal persondator.

Samtliga elmätare har varit av noggrannhetsklass 2 för aktiv eleffekt/energi och uppfyller de metrologiska kraven enligt IEC 1036 (EN 61036).

Mätsystemet är avsett för fjärrmätning inom energibolag. Detta medför att konfigurationen av mätarna egentligen endast skall genomföras en gång när systemet installeras. Denna konfiguration är synnerligen krånglig och kräver specialutbildad personal. Detta medför att mätsystemet inte är särskilt lämpat för denna typ av projekt där mätningarna sker under kortare tid och konfigurationen måste göras om för varje byggnad. Elmätare för samtidiga mätningar i två byggnader införskaffades, d.v.s. trettio 1-fasmätare, trettio 3-fasmätare fyrtio mätterminaler och två koncentratorer.

Ett stort problem, vilket vållat mätdatabortfall, har varit kommunikationen mellan mätterminalerna och koncentratorn via en av elnätets faser. I byggnaden i Borlänge fungerade kommunikationen mycket väl med få mätdatabortfall trots långa ledningar mellan mätterminalerna på översta planet och koncentratorn i källaren. I de två andra byggnaderna fungerade kommunikationen dåligt trots att alla mätterminaler och koncentratorn var på samma våningsplan.

Ursprungligen önskades mätutrustning som kunde mäta kvartstimeffekter, men någon sådan kunde inte Mätcentralen uppbringa. Således mäter den använda utrustningen timmedeleffekter mellan hela klockslag.

4. Beskrivning av uppmätta byggnader

De tre uppmätta byggnaderna valdes för att representera olika nivå på kontorsutrustning och belysning samt olika planlösningar. De tre byggnaderna karakteriseras av:

1. Nära dagens bästa tillgängliga teknik och planlösning med cellkontor.
2. Typisk teknik och planlösning med främst storrumskontor (kontorslandskap).
3. Typisk teknik och planlösning med cellkontor.

4.1 Beskrivning – Stora Enso Kvarnsveden Brukskontor

När det gäller belysning och kontorsutrustning är denna byggnad att anse som nära bästa tillgängliga teknik (Best Available Technology – BAT). Vad gäller utformning av klimathållningssystemet har byggnaden mer typisk teknik. Kontorsrummens värmeöverskott bemästras av ett konstantflödessystem med kyld tilluft.

Huset är på totalt knappt 6.000 m² BTA och byggdes 1999 som brukskontor och utbildningscentrum för Stora Enso Kvarnsveden. Byggnaden har två våningsplan ovan jord och en delvis utgrävd källarvåning. Översta planet innehåller endast kontorsutrymmen för bl.a. bruksledningen. Planlösningen är cellkontor med två korridorer. Mittutrymmet innehåller sammanträdeslokaler, kopierings- och nätskrivarrum samt arkiv, förråd och toaletter. Entréplanet innehåller dels en stor personalrestaurang med kök, dels utbildningslokaler. Källarplanet innehåller arkiv och förråd samt ett apparatrum för luftbehandlingsaggregat och vätskekylmaskiner samt inte minst kylmaskiner för kökskylan.

Belysningssystemet är generellt HF-don med närvarogivare. Armaturerna i kontorsrummen innehåller totalt tre lysrör, två för uppljus och ett för nedljus. Dessa kan tändas och släckas via dragsnören. I alla utrymmen finns närvarogivare för styrning av belysningen, såväl i kontorsrum som i exempelvis toaletter och förråd.



Stora Enso Kvarnsveden, väst och sydfasad

Datorerna och bildskärmarna är av standardtyp. Inga platta bildskärmar fanns i byggnaden under mättiden. Ett fåtal kontorsrum hade en bärbar dator med en lös bildskärm, men de flesta arbetsplatser hade en stationär persondator. De flesta arbetsplatser hade två-tre batterieliminators för telefon, högtalare, radio etc. Skrivare fanns i ett fåtal rum och var då av typen bläckstråleskrivare. Många arbetsplatser hade också en ”gammaldags” räknemaskin samt platsbelysning.

De kaffemaskiner som finns i pausrummen är av en ny modell vilka har låga tomgångsförluster, d.v.s. vattnet värms huvudsakligen via en genomströmningsberedare. I övrigt innehåller pausrummen kylskåp, diskmaskiner och mikrovågsugnar.

Byggnaden har ”dolda elanvändare” i form av värmekablar i stuprör för att förhindra isbildning och under takfönster för att förhindra kallras och kondens. Dessa förklarar delvis en del av den uppmätta årstidsvariationen när hela andra våningen studeras.

4.2 Beskrivning – ABB Business Center Mölndal

Byggnaden uppfördes under 1999 för att ABB skulle samla all verksamhet i Göteborg under ett tak. Huset är på ca 14.000 m², varav ca 4.500 m² utgörs av en envånings verkstadsdel. I verkstaden intrimmas fabriksrobotar och elmotor renoveras. Mellan verkstadsdelen och kontorsdelen ligger en inglasad gata (galleria) vilken främst innehåller en lunchservering. Kontorsdelen på fyra plan innehöll ursprungligen 19 ABB-bolag. Denna del av byggnaden har en triangulär planlösning kring en ljusgård. I entréplanet ligger främst en reception och ett antal möteslokaler. Suterrängvåningen och de två övre planen innehåller en blandning av storrumskontor och cellkontor. Husets bredd medför att det finns en mittkorridor när cellkontor finns mot både ljusgård och fasad. Efter inflyttningen i början av år 2000 har brukarna klagat mycket på storrumskontoren. Detta har medfört att andelen cellkontor har ökat i byggnaden. Byggnaden och dess olika anpassningar beskrivs mer utförligt i Bengtsson (2003). Byggnaden har ett vattenburet klimathållningssystem med tilluftsbaflar.



ABB Business Center Mölndal, västfasad

Under mättiden genomgick ABB en större omstrukturering, vissa dotterbolag såldes och andra gjordes om. Detta innebar att en hel del omflyttning skedde i byggnaden under mättiden, vilket medförde att vissa arbetsplatser blev oanvända under längre tid. Därför kan sådant som i efterhand tolkas som mätdatabortfall i verkligheten innebära en tom arbetsplats.

Belysningen i korridorer styrs via tidur medan belysning över arbetsplatser har närvarogivare vilka släcker belysningen efter att arbetsplatsen varit tom i ca 15 minuter. Belysningen tänds via en strömbrytare på varje skrivbord. Varje armatur har HF-don och totalt tre lysrör, två för uppljus och ett för nedljus, vilka även kan tändas och släckas via dragsnören. Platsbelysning förekom nästan inte alls.

De flesta arbetsplatserna hade stationära persondatorer med bildskärmar. Då vissa dotterbolag hade en stor andel säljare fanns ibland en hög andel bärbara datorer med dockningsstationer. Inga platta skärmar förekom på mätplanet under mätperioden. Skrivare fanns endast på ett fåtal rum och var då blandat små laserskrivare respektive bläckstråleskrivare. Batterieliminators fanns endast i begränsad utsträckning för telefonladdare.

Kring ljusgården fanns pausrum med kaffemaskiner, kylskåp, diskmaskiner och mikrovågsugnar.

4.3 Beskrivning – AstraZeneca R&D Mölndal huvudkontor

Byggnaden, i åtta plan ovan mark samt två källarplan, uppfördes 1998 som huvudkontor för AstraZeneca R&D Mölndal. Åt norr finns en stor triangulär inglasad gård, placerad mellan gafflarna i ett Y. Från ljusgården är planlösningen Y-formad med en dubbelkorridor i Y:ets gafflar och enkelkorridor i skaftet. Entréplanet innehåller främst reception, toaletter och mötesrum.



AstraZeneca R&D Mölndal huvudkontor, nordfasad

Belysningsarmaturerna har HF-don. Varje kontorsrum har två armaturer, en med tre lysrör över arbetsplatsen och en med ett kompaktlysrör över den inre delen av rummet. Armaturen över arbetsplatsen har dragsnören för varje lysrör. Alla armaturer manövreras via väggbrytare, inga närvarosensorer förekommer.

Nästan alla arbetsplatser har en stationär persondator med skärm, ett fåtal har en bärbar dator med dockningsstation och separat skärm. Nästan alla rum på mätplanet hade en egen skrivare, vanligen en mindre laserskrivare. Tämligen många arbetsplatser hade platsbelysningen samt en eller två batterieliminators. Från datoravdelning hade brukarna order om att inte stänga av datorerna nattetid eftersom man då uppdaterade programvaror och viruskydd. Alltså kan man utgå från att alla datorer är på dygnet runt medan bildskärmen kan vara avstängd (manuellt eller automatiskt).

I utrymmet mellan de två korridorerna finns främst arkiv och förråd men även rum med nätskrivare och kopiatorer. Våningen innehåller även ett pausrum med kaffemaskiner, kylskåp, diskmaskiner och mikrovågsugn. Dessutom fanns ytterligare ett par kaffemaskiner på våningsplanet.

5 Genomförande av mätningar

Mätningarna har genomförts så likartat som möjligt mellan de tre byggnaderna. Emellertid var det praktiskt möjligt att genomföra elmätningar på byggnadsnivå endast för Stora Enso Kvarnsveden. För de andra två byggnaderna finns sammanlagring på högst våningsplansnivå.

5.1 Mätningar – Stora Enso Kvarnsveden Bruksskontor

Mätningarna genomfördes i sex kontorsrum på övre planet. I dessa mättes all kontorsutrustning och platsbelysning med en 1-fasmätare och takbelysningen med en annan 1-fasmätare. Elmatningen skedde via vägguttag i fönsterbänken vilket innebar att all utrustning kopplades via en elmätare. Vid val av rum intervjuades personal så att rum där någon normalt arbetade valdes. Dessutom mättes ett par olika nätskrivare med en 1-fasmätare.

Vidare mättes hela övre våningsplanets elanvändningen genom nio 3-fasmätare på de olika elcentralerna. I elrummet i källaren mättes total inkommande el till huset via en 3-fasmätare med strömtransformatorer samt elanvändningen för personalrestaurangens kök och för apparatrummet med luftbehandlingsaggregat och kylmaskiner. Även dessa två elmätare hade strömtransformatorer.

Då brukskontoret ingår i hela det stora papperbruket i Kvarnsveden finns inga separata mätningar på byggnadens värmeenergianvändning. Däremot finns en högspänningsmätare på en transformator som försörjer brukskontoret och ytterligare några elanvändare. En rimlighetskontroll visar att dess årliga elenergi är något högre än den uppmätta lågspända elenergin som går in i byggnaden. Skillnaden är större än vad transformatorförlusterna kan förklara, vilket beror på att även andra mindre elanvändare nära brukskontoret försörjs från samma transformator.

5.2 Mätningar – ABB Business Center Mölndal

Fyra arbetsplatser på plan 4 i både cellkontor och storrumskontor mättes. Även här mättes samtidigt vägguttag och belysning via två 1-fasmätare. Dessutom mättes via sex 3-fasmätare de elcentraler som försörjer hela plan 4. Genom ABB Facility Managements driftpersonal finns tillgång till tre års uppmätt värme- och elenergianvändning för hela byggnaden: verkstads- och kontorsdel samt inglasad gata.

5.3 Mätningar – AstraZeneca R&D Mölndal huvudkontor

Mätningarna genomfördes i sju kontorsrum på plan 4. Även här mättes all kontorsutrustning med en 1-fasmätare och takbelysningen med en 1-fasmätare. Dessutom mättes via en 3-fasmätare med strömtransformatorer den elcentral som försörjde hela plan 4.

Genom att byggnaden är en liten del av AstraZeneca R&D Mölndals stora industriområde finns ingen tillgång till uppmätt årlig elenergi- eller värmeenergi för hela byggnaden.

6. Mätresultat

Mätdata för de olika byggnaderna har samlats in för olika tidsperioder och typer av elanvändare. Vissa kortare mätbortfallsperioder finns för de olika byggnaderna, dessa har ersatts av estimerade värden. Mätbortfallsperioderna är för Stora Enso byggnaden och för ABB byggnaden dock inte längre eller fler till antalet än att de är obetydliga i sammanhanget. För AstraZenecas byggnad i Mölndal finns emellertid inte tillräckligt sammanhängande mätdata för att månatligen redogöra för aktuell energianvändning eftersom sådan statistik bygger på kontinuerliga mätningar. Övrig statistik för den byggnaden presenteras dock. Resultaten bygger på loggade timmedeleffekter (Wh/h) för mätperioden. Timmedeleffekten avser den använda elenergin under den aktuella timmen, dvs. för timme 1 avses tiden mellan kl. 00:00 och 01:00.

I ett fall har personaltäthet, närvaro och utnyttjandegrad av olika anledningar varierat. Detta inverkar självfallet på mätresultaten men är inte något som kan påverkas, dessutom återspeglar dessa förändringar verkligheten i många fall då kontorsbyggnader med hyresgästförändringar är vanligt.

De olika sammanställningar av mätdata som här presenteras är alla givna i relation till golvarean m^2 , detta för att ge enkla och användbara nyckeltal vid jämförelse med andra byggnader.

6.1 Mätresultat – Stora Enso Kvarnsveden Brukskontor

För denna byggnad finns mätdata från perioden oktober 2001 t.o.m. april 2003. Vald period för sammanställning är januari – december 2002. Den främsta orsaken till denna period är att 3-fas mätarna i ställverket installerades under julhelgen 2001. Vad som här mätts och sammanställts redogörs för nedan:

- Belysning i kontorsrum – lysrörsarmaturer
- Eluttag i kontorsrum – dator med bildskärm, två eller tre batterieliminators för telefoner, någon radio samt ibland bläckstråleskrivare
- Ett eluttag i kopieringsrum – kombinerad kopieringsmaskin och nätskrivare med effektiv lågeffektläge funktion” samt en pyjamaspappersskrivare
- 3-fas för kontorsplan, plan 2 (summan av nio mätare) - belysning i kontorsrum, korridor och sammanträdesrum etc., eluttag, elvärme i takfönsterbrunnar, frysskyddskablar i stuprör samt pentry, mikrougnar, kylskåp och kaffemaskiner
- 3-fas i ställverk till fläktrum – fläktar, pumpar, kylaggregat för kökskyla, spetsvärme till tappvarmvattenberedaren, styr- och reglerutrustning samt belysning i fläktrum
- 3-fas i ställverk till kök – stekbord, kokgrytor, ugnar, diskutrustning, belysning i kök, mindre kylskåp och frys
- 3-fas i ställverk totalt till huset Vad som nämnts ovan samt datorrum, hiss, kylaggregat (komfortkyla till konferensrum), utomhusbelysning motorvärmare vintertid för internpostens bil samt övrigt vad som kan finnas i huset

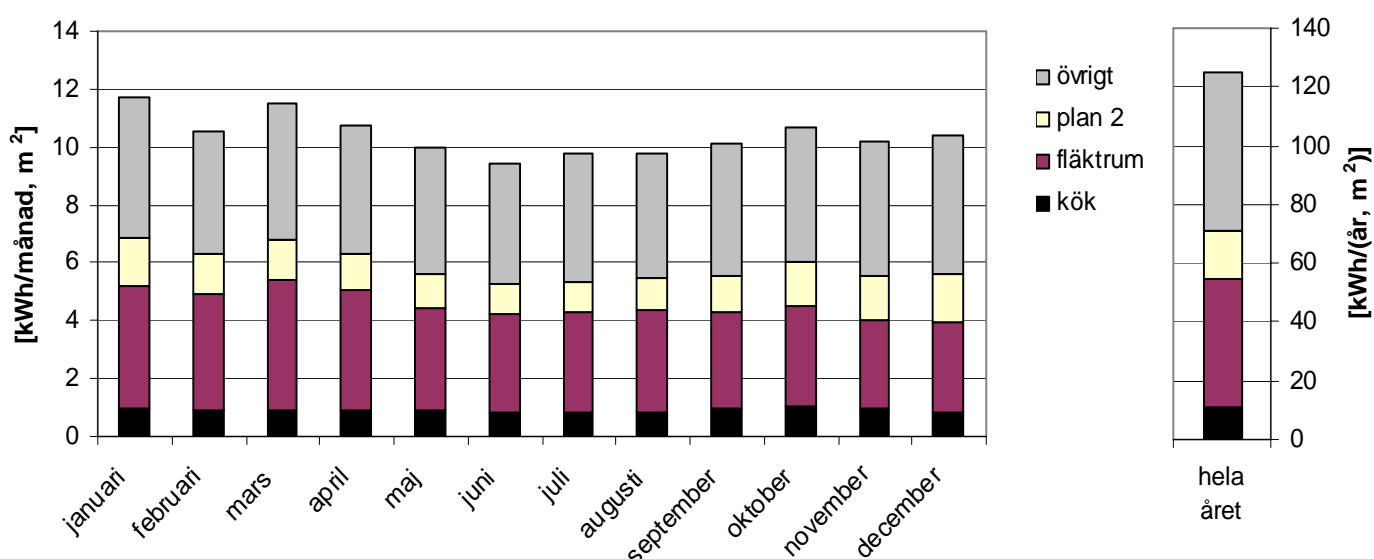
Aktuella golvareor, uppmätta på ritningar i skala 1:200, i byggnaden är fördelade enligt nedan:

- Kontorsrum 88 m² (6 st á 14,7 m², innanför väggarna)
- Kontorsplan 1990 m² BRA (borträknat ytterväggar, schakt etc.)
- Hela huset 5756 m² BTA (utanför ytterväggar)
 - källare 1461 m²
 - entréplan 2184 m²
 - kontorsplan, plan 2 2110 m²

6.1.1 Elenergianvändning för hela byggnaden

Elenergianvändningen för hela byggnaden är uppmätt. Övriga uppmätta enheter är 3-fas mätarna för kök, plan 2 och fläktrum. Genom att dra bort de sist nämnda enheterna från byggnadens totala elanvändning, fås kategorin; övrigt.

Det bör noteras att nyckeltalet elenergi/areaenhet blir lite speciellt eftersom elenergin till plan 2 endast avser detta plan, medan övriga gäller för den totala byggnaden. Eftersom detta gäller för alla månader är en månatlig jämförelse ändå relevant. Elenergianvändningen har divideras med byggnadens totalarea (BTA) om 5756 m². Den vänstra delen av figuren nedan visar månadsvärde, den högra delen representerar hela året sammanlagt.



Figur 1 Elenergianvändning för hela byggnaden under ett år baserat på BTA

Figur 1 visar ett trendbrott för elenergianvändningen i fläktrum mellan april och maj. Detta beror på att den 25 april infördes tidsstyrning av fläktarna, vilket leder till reducerad elanvändning för dessa.

6.1.2 Belysning

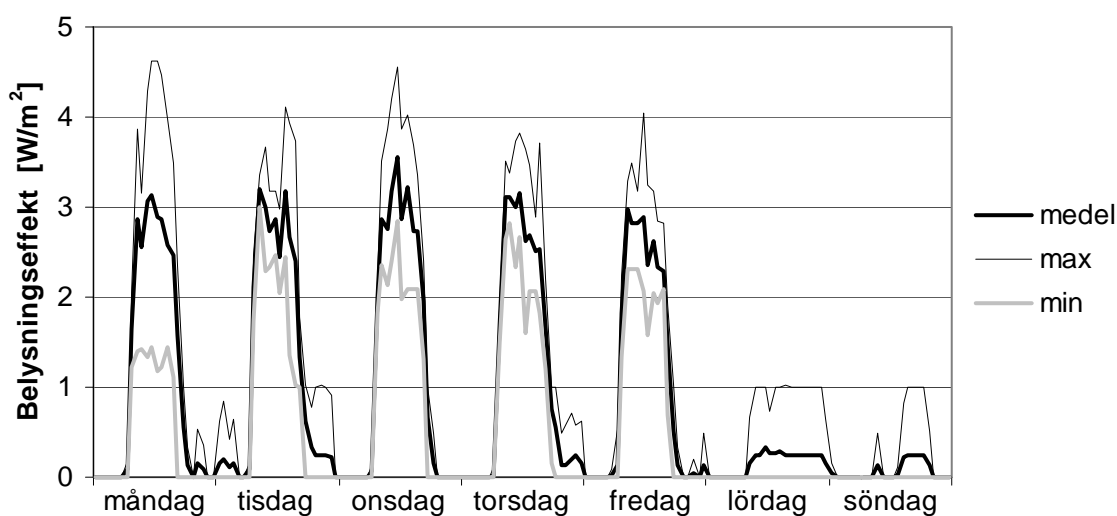
För att undersöka hur belysningen i kontorsrummen varierar över året, veckan och dygnet, sammanställs här mätningar av den sammanlagrade belysningseffekten för kontorsrummen. Först presenteras hur belysningen varierar över en typisk vecka för olika årstider. Tanken är att ge en bild av hur dagsljusstillgängligheten påverkar behovet av artificiell belysning. För att få representativa värden för de olika årstiderna har fyra veckor för respektive årstid analyserats. De valda tidsperioderna ligger kring vår/höstdagjämningarna och vinter/sommarsolstånden. För varje loggad timme har de fyra veckorna i perioden jämförts med varandra. Utifrån dessa värden har sedan ett medelvärde räknats ut och ett max respektive min värde registreras. Installerad belysningseffekt i kontorsrummen är 6,5 W/m². Detta är mycket lågt värde, klart under BELOK:s krav om < 10W/m² för kontorsrum av den studerade storleken.

Kontorsrummens belysning består av lysrörsarmaturer med närvarostyrning.

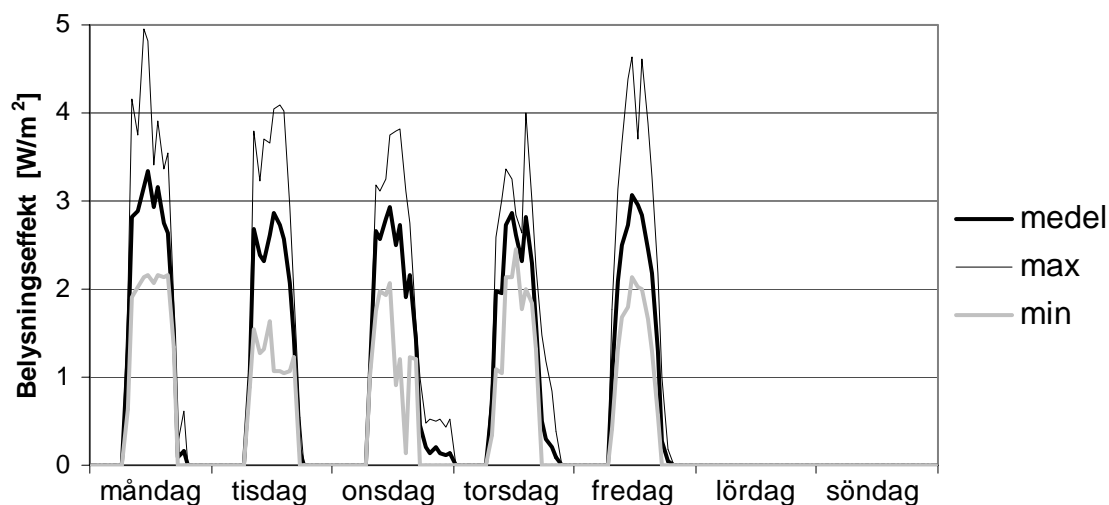
De perioder som använts som representanter för respektive årstider visas nedan. För att undvika helgdagar och i möjligaste mån ledigheter, semesterar samt mätbortfall har slika dagar tagits bort, därav de till synes något märkligt valda tidsperioderna.

vår	25/2 – 24/3 2002
sommar	13/5 – 19/5, 3/6 – 6/6, 28/6, 4/7 – 5/7, 22/6 – 23/6 2002
höst	2/9 – 29/9 2002
vinter	25/11 – 22/12 2002

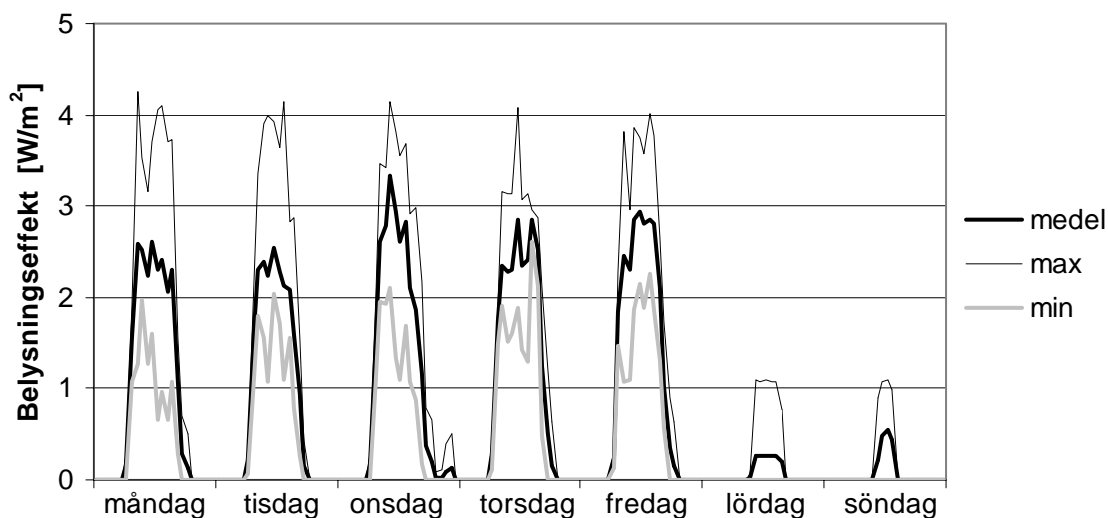
Belysningsvecka



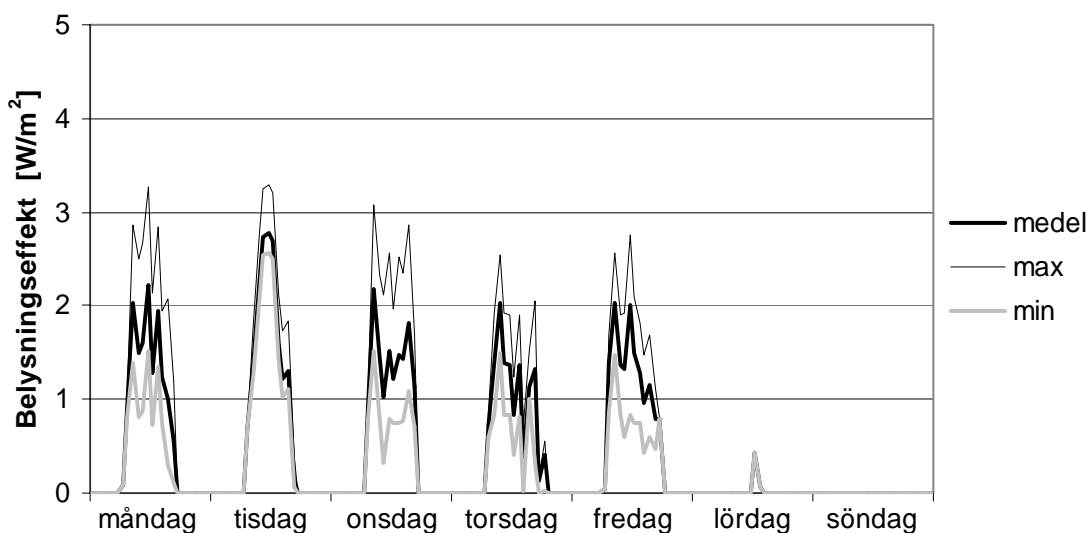
Figur 2 Sammanlagrad belysningseffekt för sex kontorsrum en typisk arbetsvecka våren 2002, baserat på rumsarea



Figur 3 Sammanlagrad belysningseffekt för sex kontorsrum en typisk arbetsvecka under sommaren 2002, baserat på rumsarea



Figur 4 Sammanlagrad belysningseffekt för sex kontorsrum en typisk arbetsvecka under hösten 2002, baserat på rumsarea



Figur 5 Sammanlagrad belysningseffekt för sex kontorsrum en typisk arbetsvecka under vintern 2002, baserat på rumsarea

Av Figur 2 till 5 framgår att närvarostyrningen är effektiv. Nästan ingen belysning är tänd nattetid och endast i något enstaka rum under helger. Studeras enskilda rum under några veckor framgår även att ljusets släcks under lunchtid. Mer om det senare.

Figur 2 till 5 visar vår och sommar har de högsta belysningseffekterna i denna byggnad. Detta strider mot att den generella dagsljusställigheten är större än vintertid. Varför sommaren har högst belysningsanvändning kan delvis förklaras av den solavskärmning som det utstickande taket utgör. Solen står som högst på sommaren och skärmas då av som mest, något som kan medföra att inomhusbelysningen används. Övriga årstider står solen lägre och taket skärmar då inte längre av i samma utsträckning, något som kan leda till lägre belysningsanvändning. Detta förklarar dock inte skillnaden mellan vår och höst. Älgjakten skulle kunna vara en sådan skillnad eftersom man vet att den på många

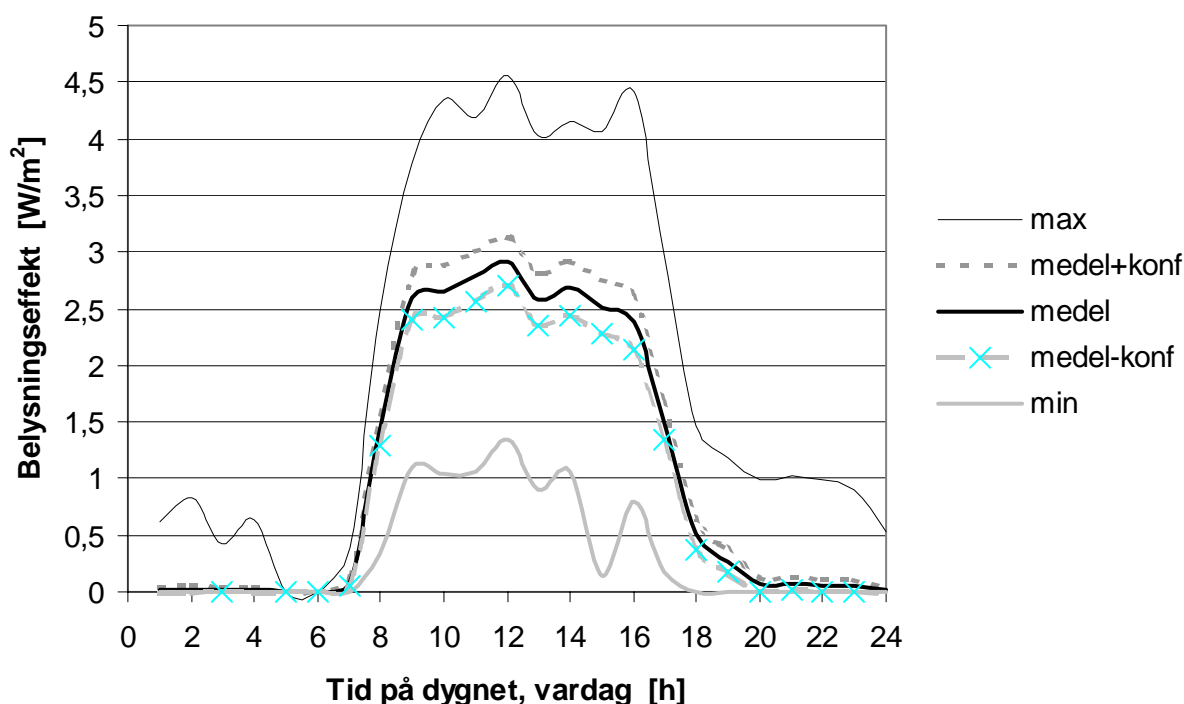
företag menligt påverkar närvarograden. Men i Borlänge börjar älgjakten först i mitten på oktober, varför den teorin kanske faller, såvida inte många av de anställda åker längre upp i Dalarna för att jaga, där älgjakten startar redan i början av september.

Vinterns låga belysningseffekt är svår att förklara. Kanske finns ett behov bland de anställda av dämpad belysning i adventstider. Men troligtvis beror årsvariationerna till viss del på att endast 6 av 42 kontorsrum uppmätts på kontorsplanet. Härigenom får den slumpmässiga frånvaron ett större genomslag än om hela belysningseffekten för kontorsplanet varit möjlig att mäta.

Belysningsdag

Uttagen belysningseffekt under vardagar redovisas genom en sammanställning av tisdagar, onsdagar och torsdagar från årstidsperioderna ovan. Figur 5 nedan visar, förutom ett medel, max och min värde som räknats ut för belysningsveckan ovan, också ett konfidensintervall. Detta intervall anger gränserna inom vilka 95 % av de uppmätta värdena återfinns.

Eleffekterna är sammanlagrade för alla uppmätta kontorsrum (6 st rum á 14,7 m²). Ett enskilt rum kan således oftare använda max eller inget av den installerade belysningskapaciteten på 6,5 W/m² än vad det sammanlagrade diagrammet indikerar.



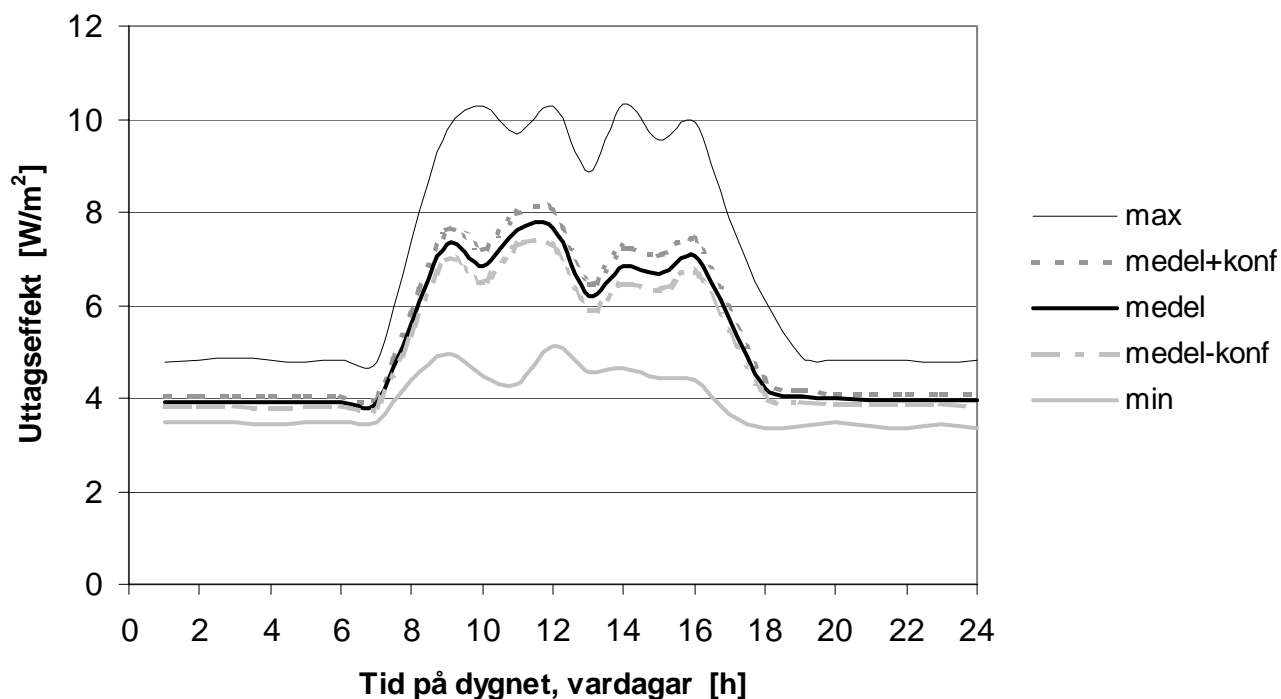
Figur 6 Sammanlagrad uttagen belysningseffekt, för sex kontorsrum vardagar år 2002, baserat på rumsarea. 95% konfidensintervall

Notabelt i Figur 6 är den låga utnyttjandegraden av tillgänglig belysningseffekt. Uttagen medeleffekt ligger strax under hälften av den installerade belysningseffekten om 6,5 W/m².

6.1.3 Uttagseffekt

Det finns ingen anledning att tro att kontorsrummens uttagseffekt har årstidsrelaterade variationer annat än inflytande av semestrar och helger. Därför redovisas här endast hur uttagen eleffekt varierar över en arbetsdag, oavsett årstid. Även här har används tisdagar, onsdagar samt torsdagar för årstidsperioderna givna ovan.

Eluttagen i kontorsrummen försörjer; dator med bildskärm, två eller tre batterieliminatörer för telefoner, någon radio samt ibland en bläckstråleskrivare eller mindre laserskrivare.

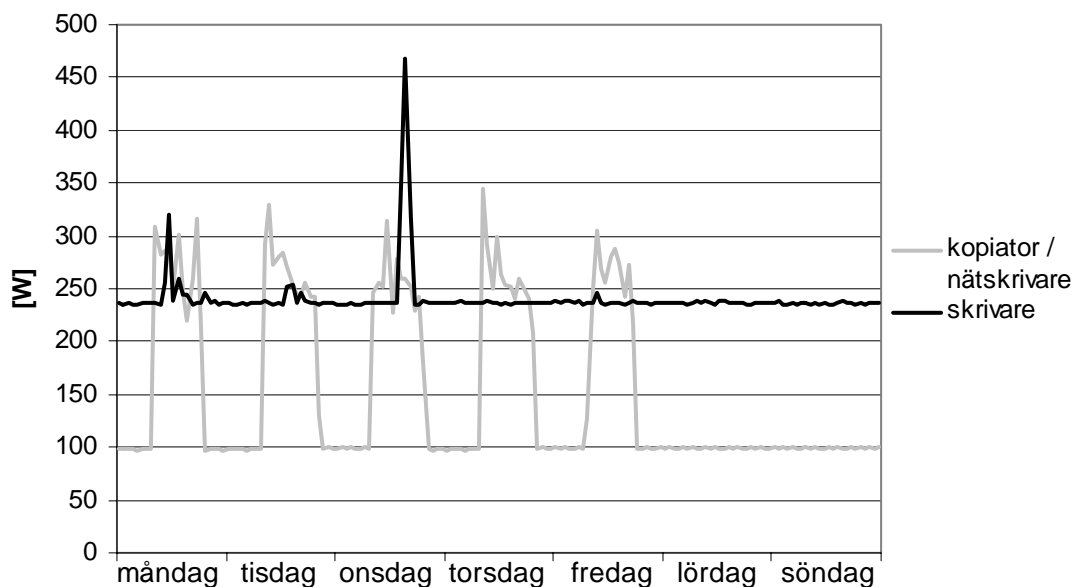


Figur 7 Sammanlagrad uttagseffekt, för sex kontorsrum vardagar år 2002 , baserat på rumsarea. 95 % konfidensintervall

Figur 7 visar att en baslast finns dygnet runt. Denna last orsakas delvis av batterieliminatörer som alltid drar ström oavsett om de används eller ej. Den huvudsakliga förklaringen är att datorerna inte stängs av under icke arbetstid då det finns centrala order från dataavdelningen att datorerna måste vara på nattetid så att centrala uppdateringar av antivirusprogram etc. kan ske. För övrigt kan konstateras att den populäraste lunchtiden på Stora Enso tycks vara någon gång mellan kl 12 och kl 14. Figuren ovan visar tydligt hur bildskärmarna går över i energisparläge då de inte använts på ett tag. Fikaraster på för- och eftermiddag kan också iakttas.

6.1.4 Kopiator och skrivare

På kontorsplanet finns tre rum med kopiatorer, nätskrivare, faxar etc. En elmätare har först placerats på en kombinerad nätskrivare/kopiator under hösten 2001 och därefter på en äldre pyjamaspappersskrivare för liggande A4-papper med perforerad kant. Denna skrivare används av ekonomiavdelningen endast under några per år men är alltid igång.



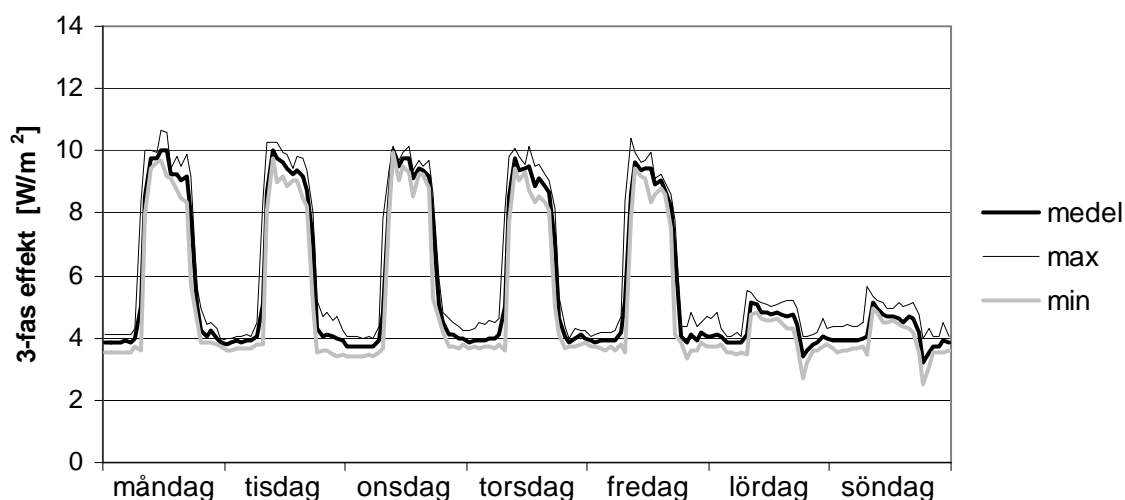
Figur 8 Uttagen eleffekt för en pyjamaspappersskrivare respektive kopiator/nätskrivare

Kopiatorn är modern och energisnål. Av Figur 8 framgår hur den går ner till ett vänteläge på ca 100 W, för att snabbt gå upp i användarläge, 250-350 W. Pyjamaspappersskrivaren däremot är gammal och har en baslast på nästan 250 W. När den används har den en timmedeleffekt på nästan 500 W.

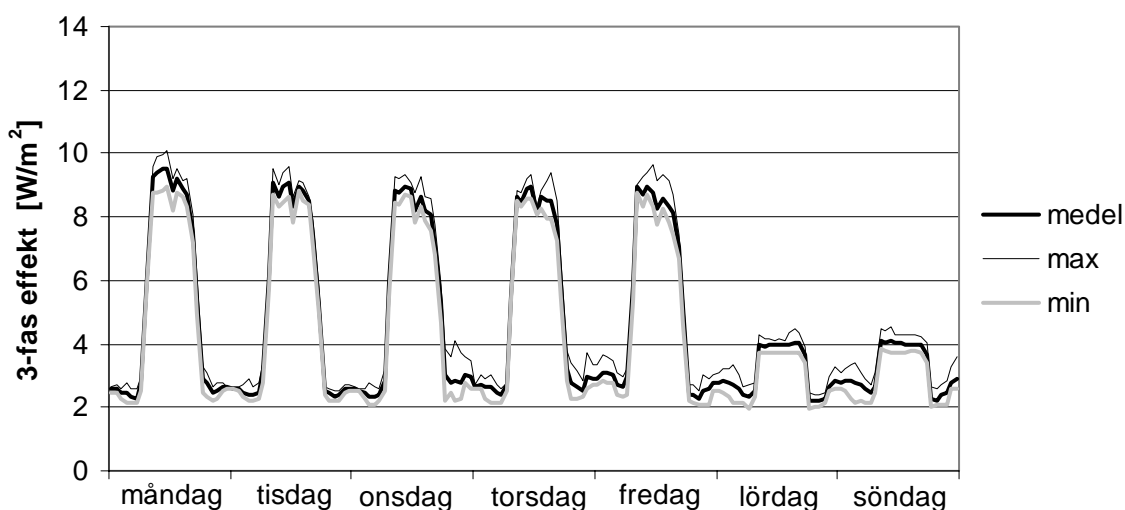
6.1.4 Helt kontorsplan

3-faselanvändningen för hela kontorsplanet redovisas som typiska veckor för respektive årstid. Dessas tidsperioder är samma som för belysningsfallet.

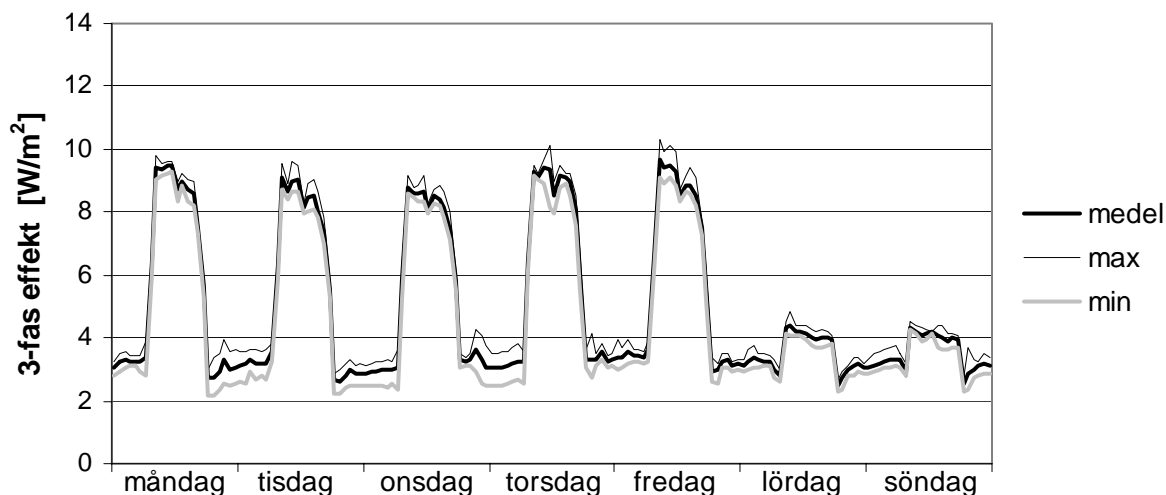
Kontorsplanets elenergianvändning består av belysning i kontorsrum, korridor och sammanträdesrum etc., eluttag, elvärme i takfönsterbrunnar och frysskyddskablar i stuprör samt pentry, mikrougnar, kylskåp och kaffemaskiner. Totalt för året fås en elenergianvändning på 46 kWh/år, m² BRA med avseende på hela kontorsplanets golvarea.



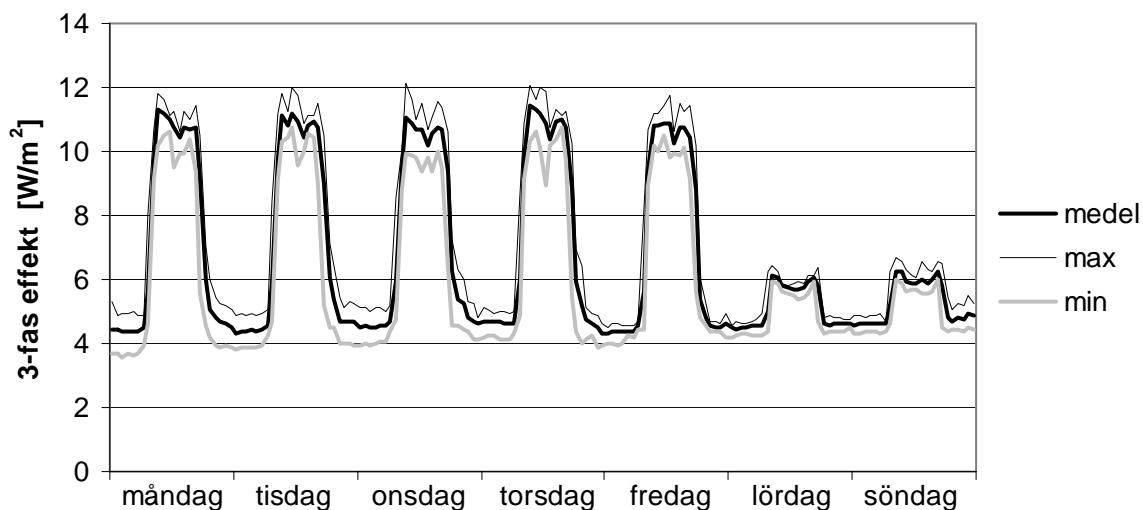
Figur 9 Uttagen eleffekt för hela kontorsplanet våren 2002, baserat på BRA



Figur 10 Uttagen eleffekt för hela kontorsplanet sommaren 2002, baserat på BRA



Figur 11 Uttagen eleffekt för hela kontorsplanet hösten 2002, baserat på BRA



Figur 12 Uttagen 3-fas eleffekt för hela kontorsplanet vintern 2002, baserat på BRA

En jämförelse mellan Figur 9 – 12 visar att medeluttageeffekten för hela planet under arbetsdagar under 2002 varierar med årstiderna. Lägst värden fås under sommaren och högst värden under vintern. Elvärmen i takfönsterbrunnarna och frysskyddskablarna i stuprören kan delvis förklara den högre baslasten vinter/vår.

Skillnaden dag/natt är ungefär lika för alla årstiderna. Figurerna åskådliggör hur en baslast ständigt drar el. Baslasten tycks vara lika stor för helger som för vardagar, dock varierar den med årstiderna. Baslasten är som lägst under sommaren och som högst under vintern.

6.2 Mätresultat – ABB Business Center Mölndal

För denna byggnad finns kompletta mätdata för kontorsarbetsplatserna under perioden september 2002 t.o.m. februari 2003. Utöver detta finns data för kontorsplanet totala elanvändning för perioden maj 2002 t.o.m. april 2003. Detta gör att elenergianvändningen ges för hela året samtidigt som belysnings, uttags och 3-fas effekt bara ges för perioden september 2002 t.o.m. februari 2003. Anledningen till att perioderna är olika för arbetsplatserna respektive planet är dels mätbortfall och dels omflyttningar.

Vad som här uppmätts och sammanställts redogörs för nedan:

- Belysning i kontorsrum – lysrörsarmaturer
- Eluttag i kontorsrum (summan av sex mätare) – dator med bildskärm, en eller två batterieliminators för telefoner och någon radio
- 3-fas för kontorsplan – belysning i kontorsrum, korridor och sammanträdesrum etc., kopieringsmaskiner, skrivare eluttag, pentry, mikrougnar, diskmaskin, kylskåp samt kaffemaskin

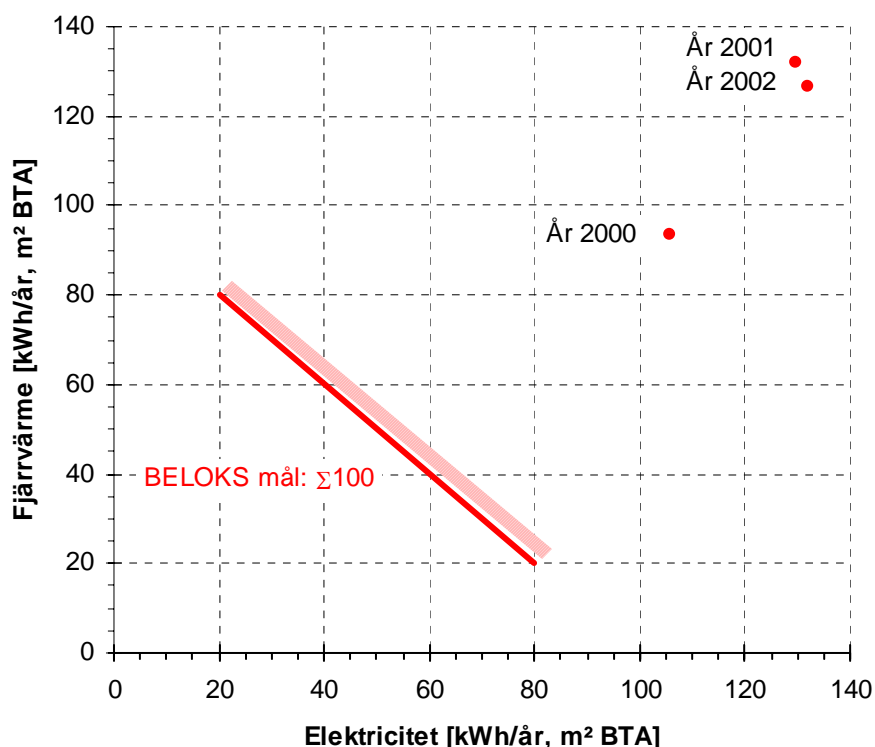
Aktuella ytor i byggnaden, uppmätta på ritningar, är fördelade enligt nedan:

- Kontorsrum 42,4 m² (4 st á 10,6 m²)
- Hela kontorsplanet 2037 m² BRA (innanför ytterväggar, exkl. ljusgård, schakt)

6.2.1 Energianvändning för hela byggnaden

Elenergi- och värmeenergianvändning för hela byggnaden med verkstadsdel, inglasad gata och kontorsdel har varit möjligt att få via ABB:s mätare för åren 2000 till 2002. Det har inte varit meningsfullt att dela upp den på månader då verksamheten har ändrats hela tiden i byggnaden. Figur 13A visar den årliga el- och värmeanvändningen per bruttoarea (BTA). Dessutom är inlagt det mål som Energimyndighetens Beställargrupp Lokaler (BELOK) har för nya lokalbyggnader, totalt 100 kWh/år, m² BTA.

ABB Buisness Center, Mölndal
Kontor- och verkstadsdel

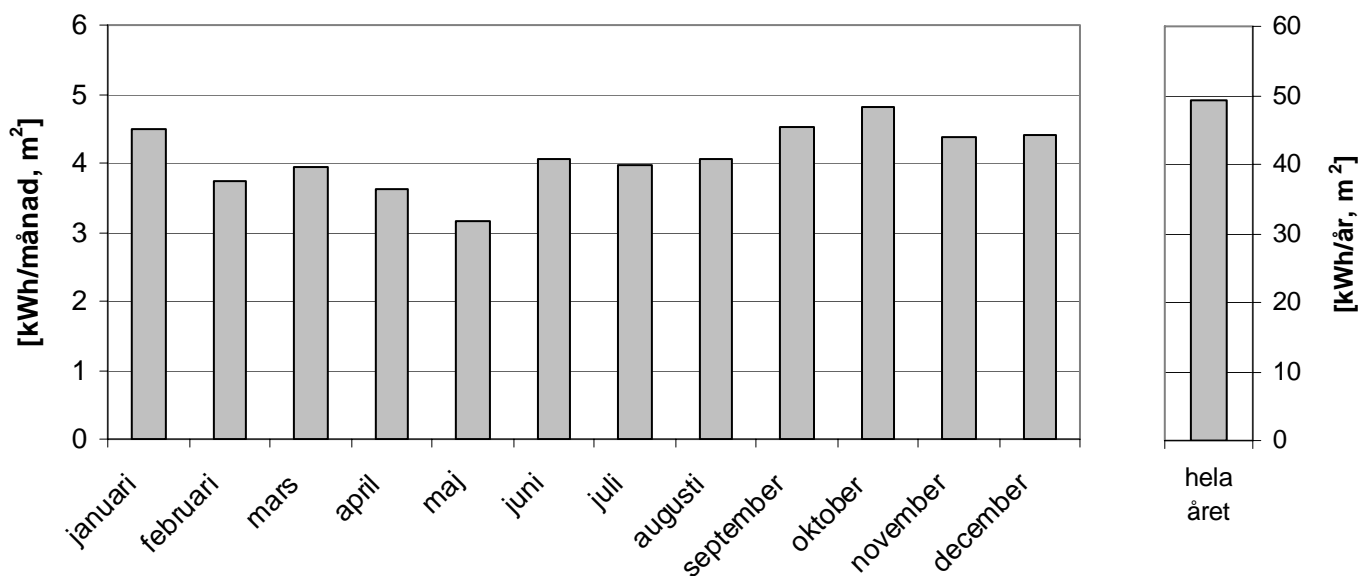


Figur 13A Uppmätt årlig elenergi och värmeenergi per bruttoarea för hela ABB-byggnaden: verkstads- och kontorsdel samt inglasad gata.

Av Figur 13A framgår att såväl el- som värmeanvändningen ökade under 2001 och 2002 jämfört med år 2000. Ökningen kan delvis förklaras med att inflyttning skedde under åtminstone första halvåret av år 2000. För alla tre åren gäller att el- och värmeanvändningarna varit nästan lika, till skillnad från moderna kontorshus där elanvändningen dominerar totalt. Detta kan troligen förklaras med att verkstadsdelen och den inglasade gatan ingår för vilka värmeanvändningen dominerar.

6.2.2 Elenergianvändning för kontorsplan

Elenergianvändningen för kontorsplanet, plan 4, är summan av 3-fas mätarna. Planets totalarea är 2037 m² (BTA), det är med denna area respektive elenergianvändning dividerats. Den vänstra delen av figuren nedan visar månadsvärde, den högra delen representerar hela året sammanlagt.



Figur 13B Elenergianvändning i ABB för kontorsplanet, plan 4 baserat på BTA.
Maj – december är för år 2002 och januari – april är för år 2003

Figur 13B visar att energianvändningen minskar under maj. Detta beror på att man då hade stora personalomflyttningar på kontorsplanet.

6.2.3 Belysning

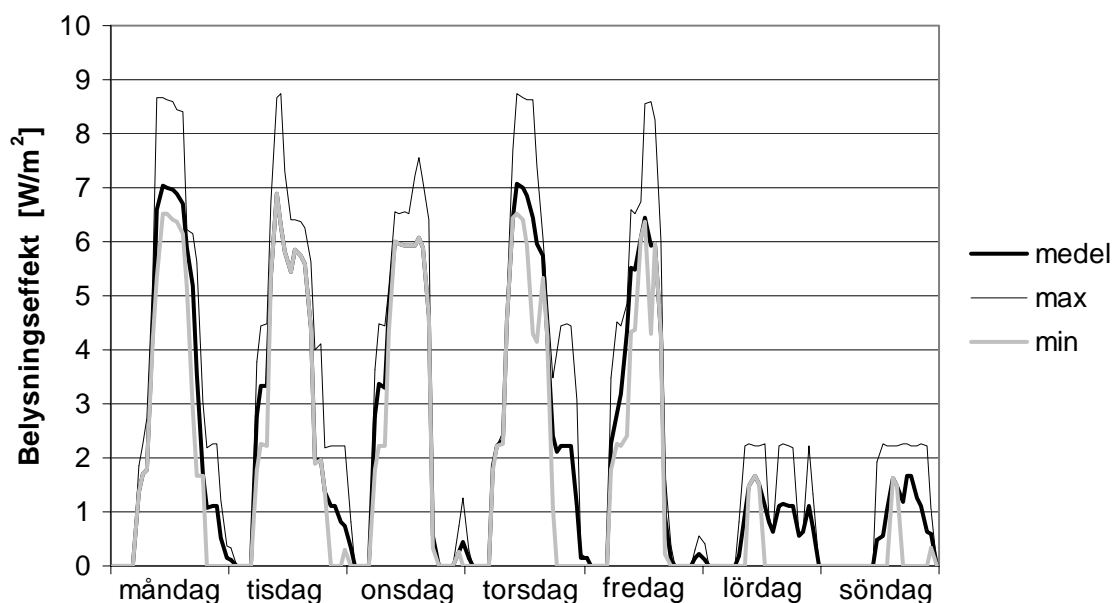
För att se hur takbelysningen i kontorsarbetsplatserna rummen varierar över året, veckan och dygnet, sammanställs här mätningar i likhet med mätningarna på Stora Ensos byggnad. Maximal (installerad) effekt i kontorsarbetsplatserna är 9 W/m².

Kontorsarbetsplatsernas belysning består av lysrörsarmaturer som styrs med närvarostyrning. Varje armatur har 3 st. rör á 32 W. Bordsarmaturer används ej. All belysnings släcks om nätterna.

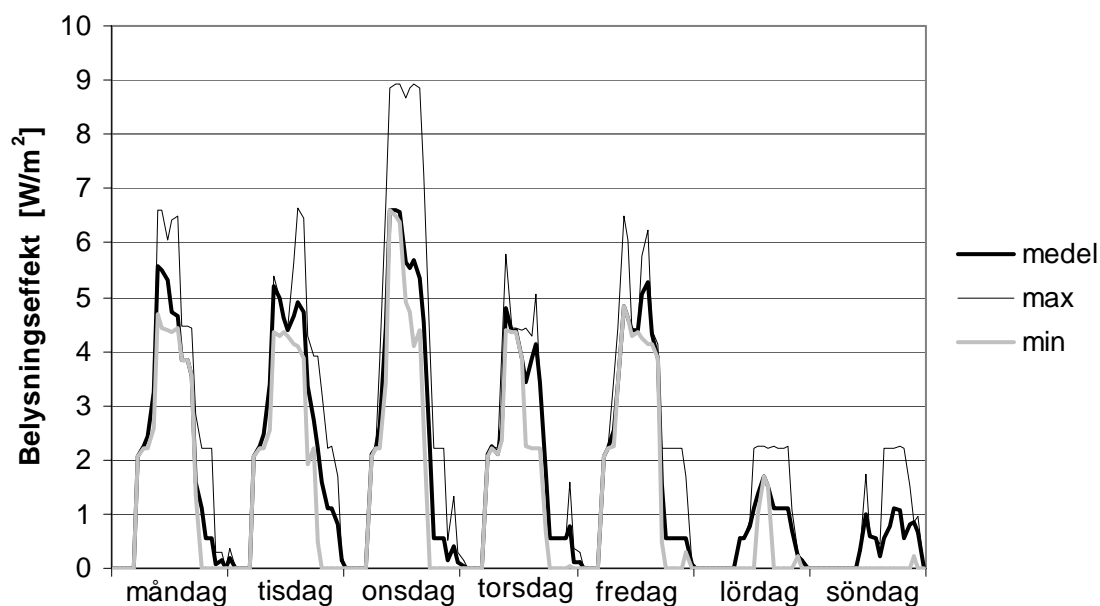
De perioder som använts som representanter för respektive årstider visas nedan. För att undvika helgdagar och i möjligaste mån ledigheter, semestrar samt mätbortfall har såna dagar tagits bort.

höst	2/9 – 29/9 2002
vinter	13/1 – 9/2 2003

Belysningsvecka



Figur 14 Sammanlagrad uttagen belysningseffekt från fyra kontorsrum en typisk arbetsvecka under hösten 2002, baserat på rumsarea



Figur 15 Sammanlagrad uttagen belysningseffekt från fyra kontorsrum en typisk arbetsvecka under vintern 2003, baserat på rumsarea

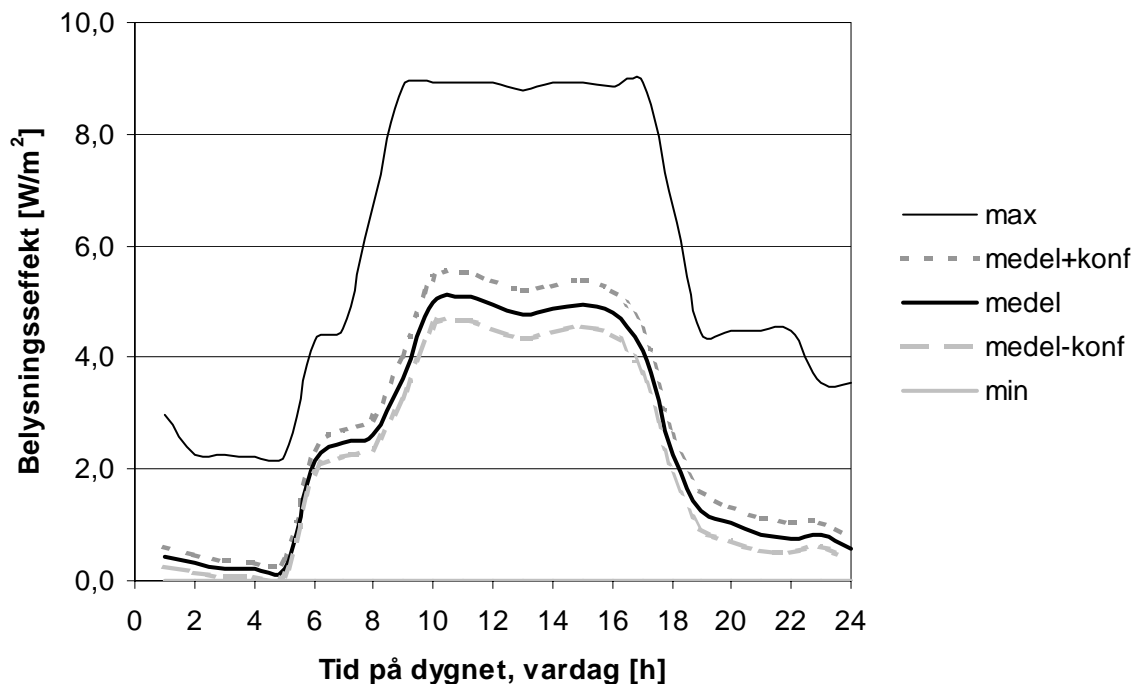
Figur 14 och 15 visar att uttagen belysningseffekt är något högre under perioden som definierats som höst än för motsvarande vinterperiod. Hösten har en medeleffekt på lite drygt 6 W/m² under arbetsdagar, under det att vintern har en medeleffekt på ca 5,5 W/m². Med tanke på det begränsade antal uppmätta rum som ingår i denna studie, kan

några slutsatser inte dras mer än att förhållandena inte ändras nämnvärt. Det tycks som om närvaron i stort sett alltid är densamma för höst och vinter samt att användning av belysningen också är av samma mått över året.

Belysningsdag

Uttagen belysningseffekt under vardagar ges av en sammanställning av tisdagar, onsdagar samt torsdagar perioden september 2002 t.o.m. februari 2003. Givet i diagrammet nedan är, förutom ett medel, max och min värde som räknats ut som för belysningsveckan ovan, också ett konfidensintervall. Detta anger gränserna inom vilka 95 % av de uppmätta värdena återfinns.

Värdena är sammanlagrade för alla uppmätta arbetsplatser (4 st rum á 10.6 m²). Ett enskilt rum använder följaktligen oftare max eller inget av den installerade belysningen på 9 W/m² än vad det sammanlagrade diagrammet och texten nedan indikerar.



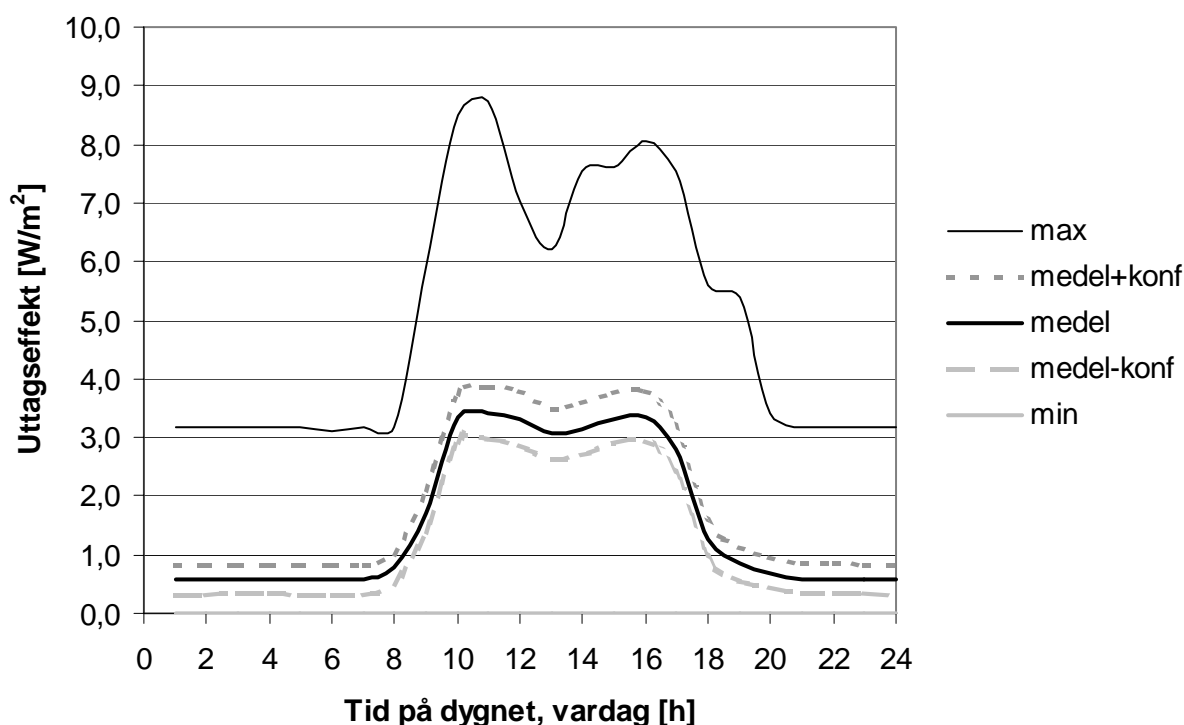
Figur 16 Sammanlagrad uttagen belysningseffekt i fyra kontorsrum vardagar hösten 2002 och vintern 2003, baserat på rumsarea. 95% konfidensintervall.

Figur 16 visar att man nästan aldrig använder mer än lite drygt hälften av installerad belysningseffekt på 9 W/m². Detta kan delvis bero på att omflyttning under mättiden medfört att vissa arbetsplatser ibland är tomma under längre tider. Belysningen hålls mer eller mindre konstant under hela dagen, oavsett om det är rast eller ej, vilket är att förvänta då närvarostyrning saknas.

6.2.4 Uttagseffekt

Det finns, liksom i fallet med Stora Ensos byggnad, ingen anledning att tro att kontorsrummens uttagseffekt har årstidsrelaterade variationer annat än sådana påverkade av semestrar, helger etc. Därför visas här bara hur uttagen eleffekt varierar över en arbetsdag, oavsett årstid. Även här har använts tisdagar, onsdagar samt torsdagar för perioden september 2002 t.o.m. februari 2003.

Uttagen i kontorsrummen försörjer; dator med bildskärm, en eller två batterieliminators för telefoner samt någon radio.



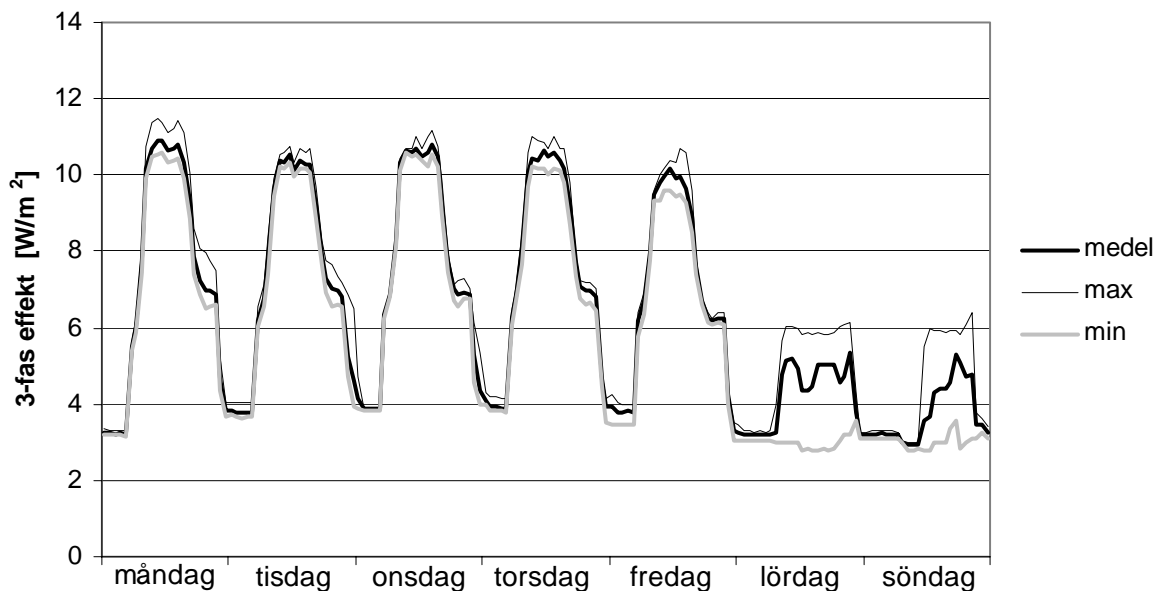
Figur 17 Sammanlagrad uttagseffekt i fyra kontorsrum, baserat på rumsarea, vardagar hösten 2002 och vintern 2003 för uppmätta kontorsrum. 95 % konfidensintervall

Denna mätning visar att baslasten inne i kontoren är låg. Detta tyder på att datorerna stängs av under icke arbetstid. En orsak är att flera rum har bärbara datorer med duckningsstation där datorn tas hem på kvällarna. Likaså använder inte alla rummen batterieliminators. Av Figur 17 framgår också att bildskärmarna går ner i väntläge under lunchen.

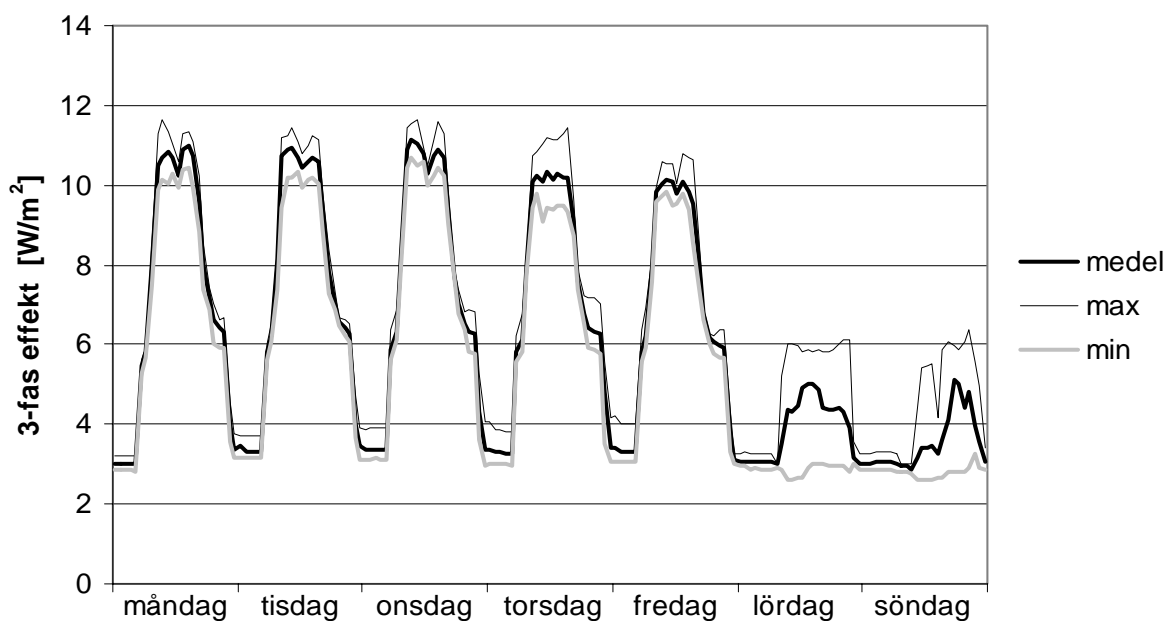
6.2.5 Helt kontorsplan

3-fas elanvändningen för hela kontorsplanet redovisas som typiska veckor för respektive årstid. Dessas tidsperioder är samma som för belysningsfallet.

Kontorsplanets elenergianvändning består av belysning i kontorsrum, korridor och sammanträdesrum etc., eluttag med datorer, kopieringsmaskiner och skrivare samt pentry, mikrougnar, kylskåp och kaffemaskiner.



Figur 18 Uttagen eleffekt för hela kontorsplanet hösten 2002, baserat på BRA



Figur 19 Uttagen eleffekt för hela kontorsplanet vintern 2003, baserat på BRA

En jämförelse mellan Figur 18 - 19 visar att kontorsplanets totala 3-fas elanvändning i stort inte skiljer mellan höst och vinter. Man ser också hur en baslast ständigt drar el. Baslasten tycks vara lika stor för helger som för vardagar.

6.3 Mätresultat – AstraZeneca R&D Mölndal huvudkontor

För denna byggnad finns mätdata för kontorsarbetsplatserna under perioden juni 2003 t.o.m. första halvan av mars 2004. Utöver detta finns data för kontorsplanet totala elanvändning för merparten av perioden augusti 2003 t.o.m. början av mars 2004. Mätbortfall är anledningen till att perioderna är olika för arbetsplatserna respektive planet.

Vad som här uppmätts och sammanställts redogörs för nedan:

- Belysning i kontorsrum – lysrörsarmaturer
- Eluttag i kontorsrum (summan av sex mätare) – dator med bildskärm, en eller två batterieliminators för telefoner, skrivare, bordslampa och i något fall en radio
- 3-fas för kontorsplan – belysning i kontorsrum, korridor och sammanträdesrum etc., kopieringsmaskiner, skrivare eluttag, pentry, mikrougnar, diskmaskin, kylskåp samt kaffemaskiner

Aktuella ytor i byggnaden, uppmätta på ritning, är fördelade enligt nedan:

- Kontorsrum 91 m² (7 st á 13 m²)
- Hela kontorsplanet 1396 m² BRA (innanför ytterväggar)

6.3.1 Energianvändning för kontorsplan

Elenergianvändningen för kontorsplanet, plan 4, är summan en 3-fas mätarens värden. Planets totalarea är 1396 m² (BRA), det är med denna area elenergianvändning dividerats. Mätbortfall gör att månadsvärden inte går att redovisa. Ett medelvärde per månad och år räknas ut till 4,1 kWh/(m², månad), interpolering ger en årlig användning på 48,9 kWh/(m², år).

Energistatistiken bygger på mätvärden från lejonparten av perioden 2003-08-11 t.o.m. 2004-03-11.

6.3.2 Belysning

Takbelysningens variation för kontorsarbetsplatserna redovisas på samma sätt som för de två tidigare byggnaderna. Maximal (installerad) effekt i kontorsarbetsplatserna är 13 W/m².

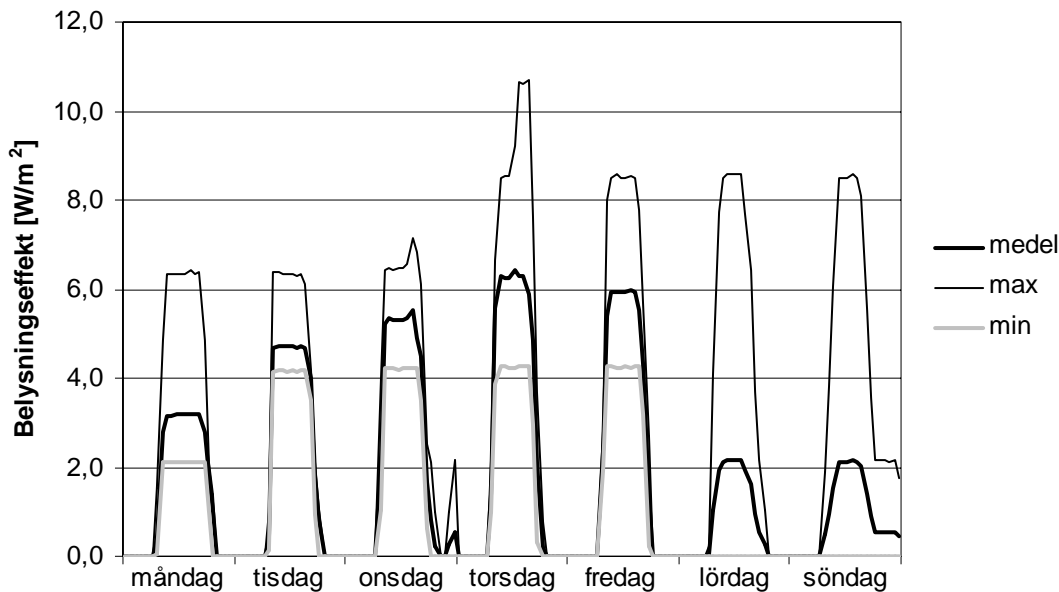
Kontorsarbetsplatsernas belysning består av två lysrörsarmaturer per rum. En av armaturerna har tre stycken lysrör à 36 W, den andra armaturen har ett kompaktlysror på 55 W. I båda fallen är det HF-drivdon. All belysning släcks om nätterna.

De fyra veckorsperioder som använts för respektive årstider visas nedan. För att undvika mätbortfall har vissa dagar inom mätperioderna tagits bort. Antalet kontorsrum med mätdata varierar under perioderna med mellan 4 – 7 st rum à 13 m². Uttagseffekten

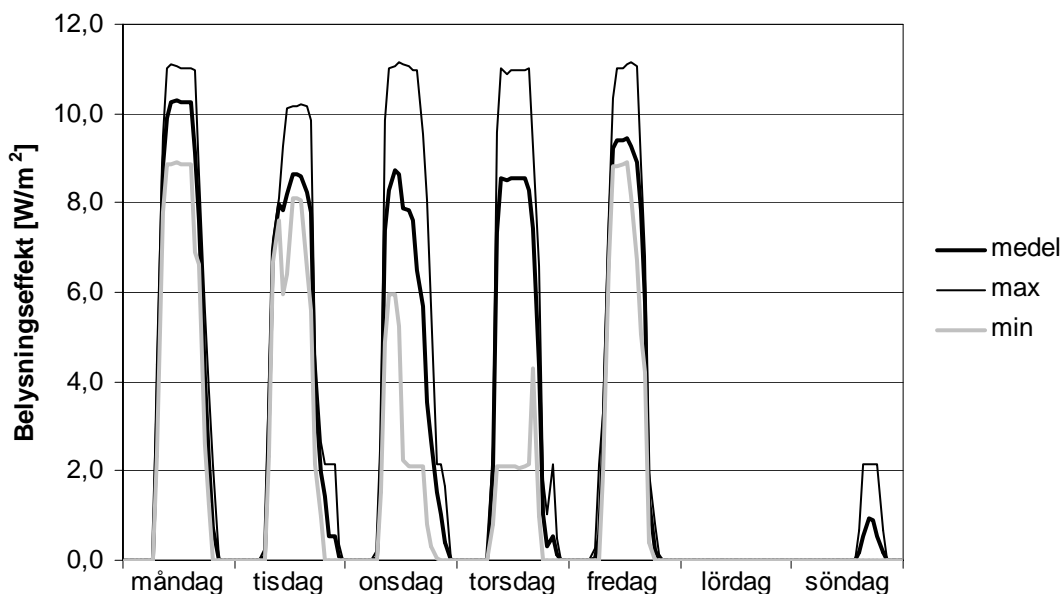
beräknas dock hela tiden för den aktuella kontorsrumsarean, dvs. tar hänsyn till olika tillgängliga areor.

sommar 24/6 – 30/6 respektive 11/8 - 30/8 2003
 höst 29/9 – 12/10 respektive 3/11 – 16/11 2003
 vinter 14/11 – 28/11 2003 respektive 22/2 – 11/3 2004

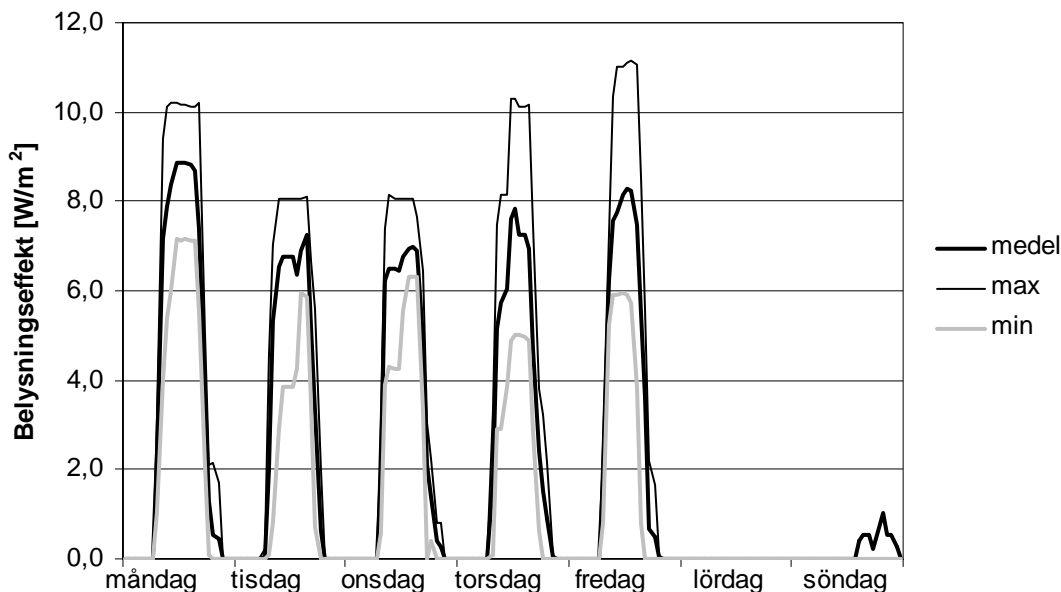
Belysningsvecka



Figur 20 Sammanlagrad uttagen belysningsseffekt i kontorsrum en typisk arbetsvecka under sommaren 2003, baserat på rumsarea



Figur 21 Sammanlagrad uttagen belysningsseffekt i kontorsrum en typisk arbetsvecka under hösten 2003, baserat på rumsarea



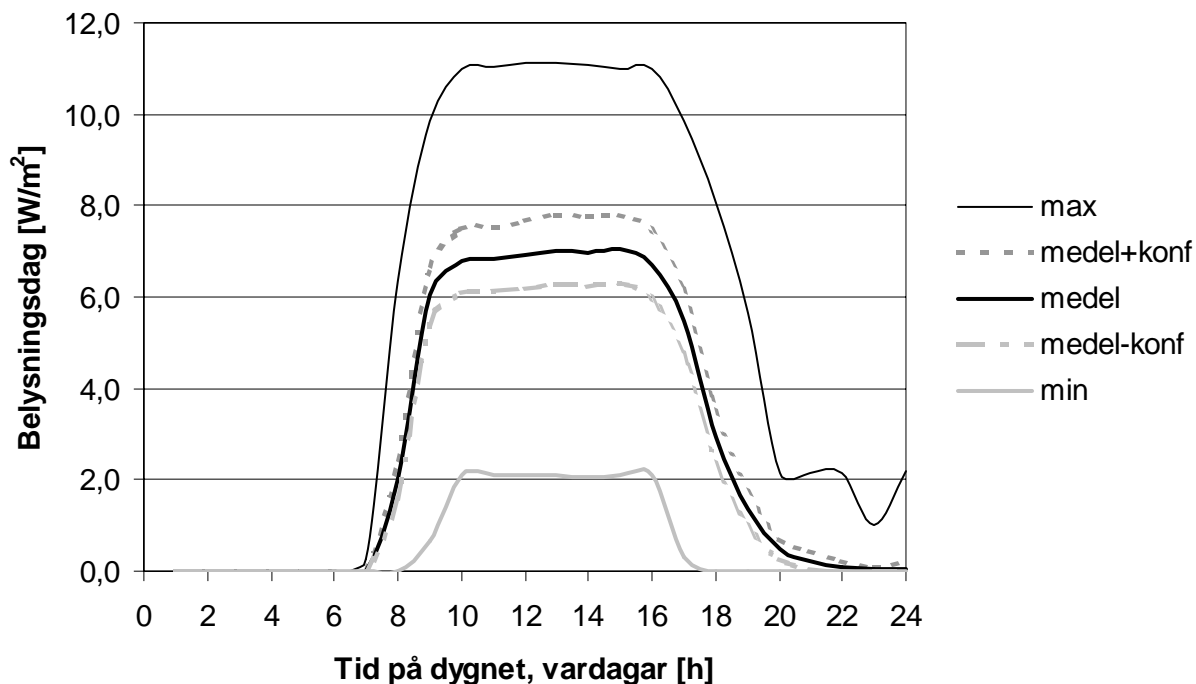
Figur 22 Sammanlagrad uttagen belysningsseffekt i kontorsrum en typisk arbetsvecka under vinter 2003 - 2004, baserat på rumsarea

Figur 20 till 22 visar att uttagen belysningsseffekt är högre under perioden som definierats som höst respektive vinter än för sommarperioden. Sommaren har en medeleffekt på lite drygt 5 W/m^2 under arbetsdagar, under det att hösten har en medeleffekt på 9 W/m^2 och nästan 8 W/m^2 på vintern. Skillnaden mellan sommar och höst – vinter förklaras med tillgången till dagsljus. Den relativt lilla skillnaden mellan höst och vinter kan antas bero på skillnad i närvaro.

Belysningsdag

Uttagen belysningsseffekt under vardagar ges av en sammanställning av tisdagar, onsdagar samt torsdagar från de tre tidsperioderna angivna ovan. Åskådliggjort i diagrammet nedan är, förutom ett medel, max och min värde som räknats ut som för belysningsveckan ovan, också ett konfidensintervall. Detta anger gränserna inom vilka 95 % av de uppmätta värdena återfinns.

Värdena är sammanlagrade för alla uppmätta arbetsplatser (4 – 7 st rum á 13 m^2). Ett enskilt rum använder således oftare max eller inget av den installerade belysningen på 13 W/m^2 än vad det sammanlagrade diagrammet och texten nedan indikerar.



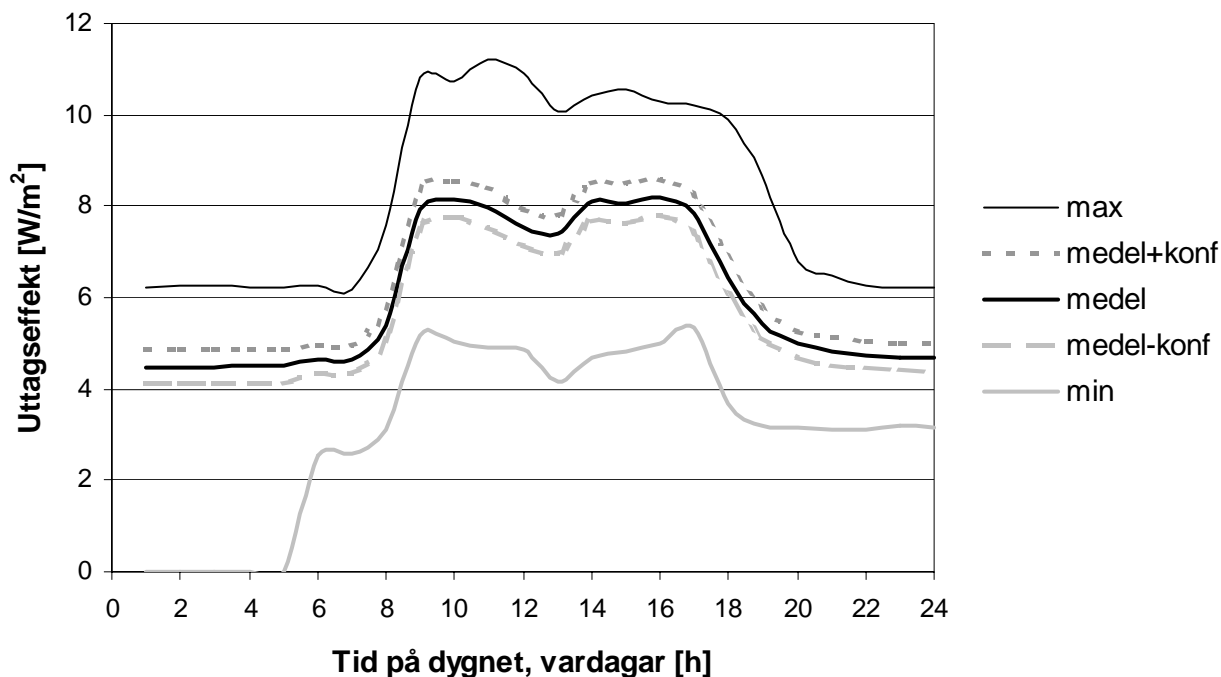
Figur 23 Sammanlagrad uttagen belysningseffekt i fyra kontorsrum vardagar sommar, höst och vinter 2003/2004, baserat på rumsarea. 95% konfidensintervall.

Figur 23 visar att man nästan aldrig använder mer än lite drygt hälften av installerad belysningseffekt på 13 W/m^2 . Detta kan delvis bero på att omflyttning under mättiden medfört att vissa arbetsplatser ibland är tomma under längre tider. Belysningen hålls mer eller mindre konstant under hela dagen, oavsett om det är rast eller ej, vilket är att förvänta då närvarostyrning saknas.

6.3.3 Uttagseffekt

Som för de tidigare byggnaderna finns ingen anledning att tro att kontorsrummens uttagseffekt har årstidsrelaterade variationer annat än sådana påverkade av semester, helger etc. Därför visas här bara hur uttagen eleffekt varierar över en arbetsdag, oavsett årstid. Statistiken bygger på 13 st av varje dag, dvs. 13 tisdagar, 13 onsdagar och 13 torsdagar för perioden juni 2003 t.o.m. mars 2004.

Uttagen i kontorsrummen försörjer; dator med bildskärm, en eller två batterieliminators för telefoner samt någon radio.



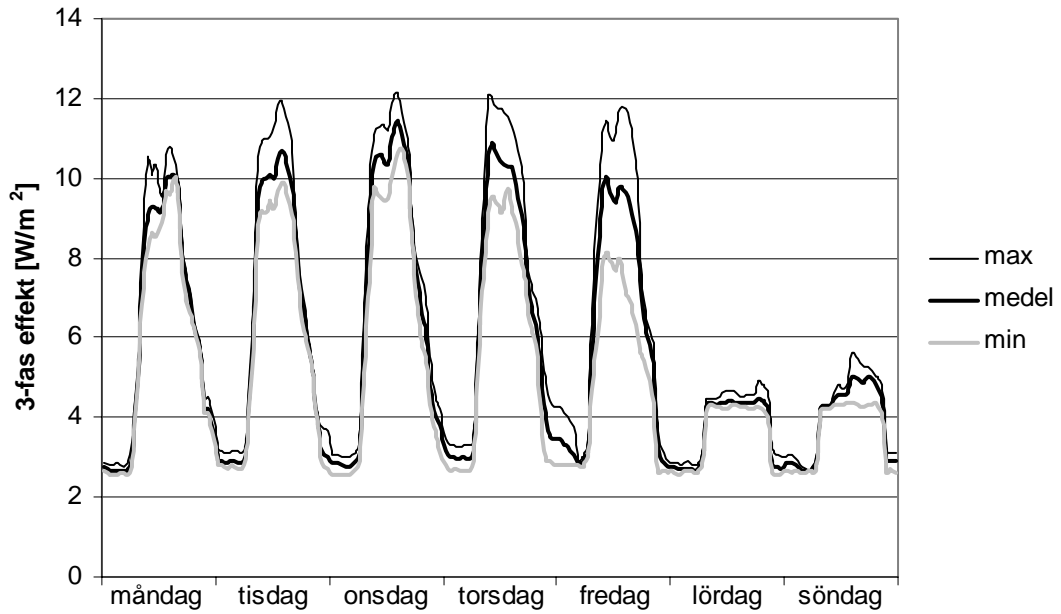
Figur 24 Sammanlagrad uttagseffekt i fyra kontorsrum, baserat på rumsarea, vardagar sommar, höst och vinter 2003/2004 för uppmätta kontorsrum. 95 % konfidensintervall

Denna mätning visar att baslasten inne i kontoren är knappa 5 W/m^2 under det att topplasten arbetstid ligger på ungefär 8 W/m^2 . Av Figur 24 framgår också att bildskärmarna går ner i väntläge under lunchtid.

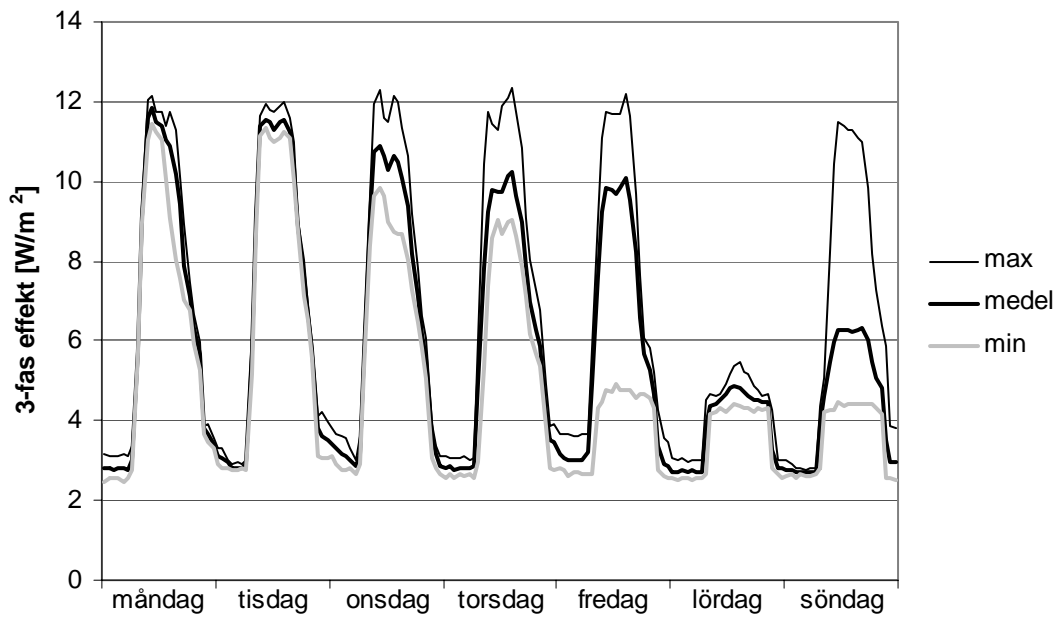
6.3.4 Helt kontorsplan

3-fas elanvändningen för hela kontorsplanet redovisas som typiska veckor för respektive årstid vilkas tidsperioder är samma som för belysningsfallet.

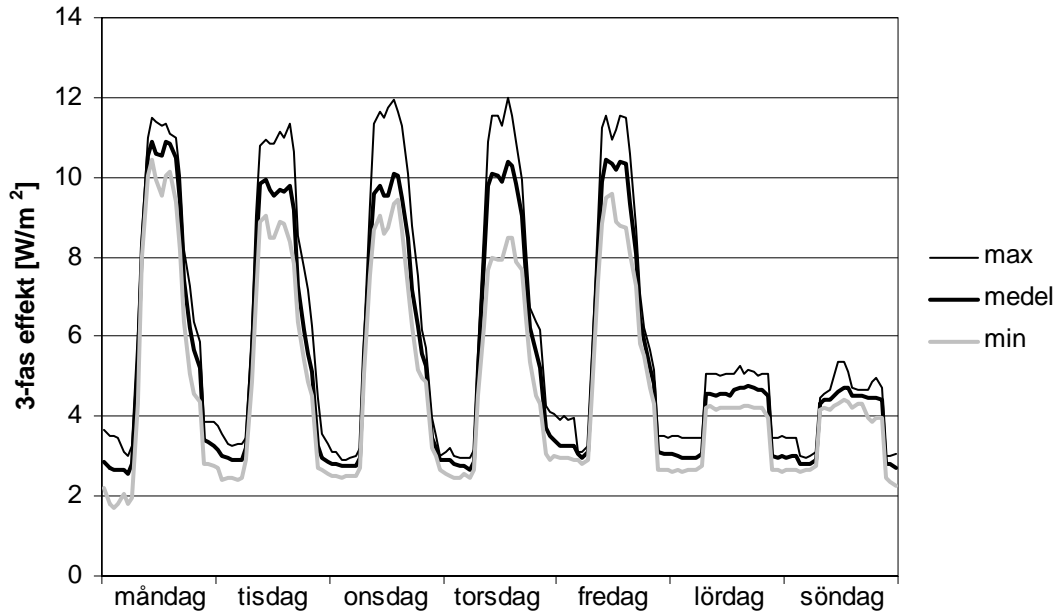
Kontorsplanets elenergianvändning består av belysning i kontorsrum, korridor och sammanträdesrum etc., eluttag med datorer, kopieringsmaskiner och skrivare samt pentry, mikrougnar, kylskåp och kaffemaskiner.



Figur 25 Uttagen eleffekt för hela kontorsplanet sommaren 2003, baserat på BRA



Figur 26 Uttagen eleffekt för hela kontorsplanet hösten 2003, baserat på BRA



Figur 27 Uttagen eleffekt för hela kontorsplanet vintern 2003/2004, baserat på BRA

En jämförelse mellan Figur 25 - 27 visar att kontorsplanets totala 3-fas elanvändning i stort inte skiljer under året. Belastningen under arbetstid ligger på ca 10 – 11 W/m^2 för de tre årstiderna. Baslasten tycks vara ca 3 W/m^2 för helger och vardagar.

7. Slutsatser och diskussion

Trots att mätmaterialiet för sammanlagring av belysning respektive kontorsutrustning är begränsat till fyra till sju arbetsplatser i var och en av de tre byggnaderna, totalt sjutton arbetsplatser, är tendenserna tämligen likartade. När det gäller hela våningsplan blir likaså resultaten likartade trots att framförallt belysningssystemen skiljer mellan de tre byggnaderna

7.1 Belysning

För samtliga tre byggnader släcks belysningen på nätter och helger. Den använda medeleffekten sammanlagrad för fyra, sex eller sju arbetsplatser varierar dock.

För BAT-byggnaden Stora Enso Kvarnsveden är den installerade belysningseffekten ca 6,5 W/m² medan den utnyttjade medeleffekten är 2 till 3 W/m² beroende på årstid. Utnyttjningsgraden är inte mer än knappt hälften av den installerade effekten.

För den typiska ABB byggnaden är den installerade belysningseffekten ca 9 W/m² och den utnyttjade är 5 till 7 W/m².

För den likaså typiska AstraZeneca byggnaden är den installerade belysningseffekten 13 W/m². Den utnyttjade är ca 8 W/m², förutom under sommaren då den inte är mer än 4 till 6 W/m².

Mätningarna visar att närvaroregleringen av belysningen fungerar mycket väl i Stora Enso Kvarnsveden. Även i de andra byggnaderna fungerar regleringen av belysningen bra. De manuella väggbrytarna på AstraZeneca är ungefär lika effektiva som närvarogivarna på ABB huset.

7.1 Uttagseffekt

Här skiljer sig ABB byggnaden från de två andra byggnaderna då kontorsutrustningen i rummen stängs av på natten. Baslasten nattetid är endast kring 0,5 W/m². Medeleffekten dagtid är också låg, ca 3 W/m². I de andra två byggnaderna är datorerna på hela dygnet och baslasten nattetid är ca 4 W/m². Medeleffekten dagtid är ca 8 W/m². Skillnaden mellan dag och natt består här av att bildskärmarna och skrivarna på arbetsplatserna är påslagna.

7.3 Helt kontorsplan

För alla tre byggnaderna är baslasten under nätter och helger ca 3 W/m². För Stora Enso Kvarnsveden varierar baslasten med årstiden mellan 2 till 4 W/m², viket möjligen beror på elkablar i stuprör och under takfönster. Likaså är medeleffekten under arbetsdagar mycket lika för alla tre byggnaderna, ca 8 W/m².

7.4 Årlig elenergianvändning för ett helt kontorsplan

För de två mera typiska byggnaderna är den totala årliga elenergianvändningen för ett helt våningsplan ca 50 kWh/år, m². För BAT-byggnaden Stora Enso Kvarnsveden blir den uppmätta årliga elenergianvändningen något lägre, ca 46 kWh/år, m².

7.5 Diskussion

Erfarenheterna från mätningarna är att det använda mätsystemet inte var helt lämpat för projekt av denna typ. Det är avsett för fast fjärravläsning av elbolag och kräver därmed en omständlig och svårbemästrad konfigurering för varje ny byggnad det installeras i. För ett elbolag är detta ett mindre problem, medan det försvårar mätutrustningens användande i forskningsprojekt där installationen är kortvarig och olika för varje byggnad..

Likaså förefaller kommunikationen, via en av lågspänningsnätets faser, mellan elmätarnas mätterminaler och koncentratorn osäker,. Märkligt nog fungerade kommunikationen bäst i den byggnad som låg längst från Göteborg, och med störst avstånd mellan mätterminaler och koncentrator, medan de närbelägna byggnaderna, där elmätarna och koncentratorn satt på samma plan, haft många mätdataavbrott.

För eventuella framtida projekt måste dels konfigureringen förenklas och kommunikationen mellan elmätarna och koncentratorn säkras. Om detta är möjligt med befintlig mätutrustning är oklart.

Genom mätdataavbrott har den tid som varit möjlig att analysera blivit kortare än förväntat vilket medfört att projektet dragit ut på tiden för att överhuvudtaget få analyserbara datamängder.

8. Behov av ytterligare forskning

Detta projekt omfattar endast tre nyare kontorsbyggnader. När det gäller analys och sammanlagring av belysning respektive kontorsutrustning på arbetsplatsnivå har endast sjutton arbetsplatser uppmätts. Resultatet av denna studie kan därför ses som indikationer på hur användarprofilerna för enskilda arbetsplatser ser ut men materialet är för litet för att kunna behandlas statistiskt. Således föreligger behov av att mäta belysning och kontorsutrustning på arbetsplatsnivå i ytterligare kontorsbyggnader för att med någon säkerhet kunna ange medelvärden och typiska variationer kring detta.

När det gäller sammanlagring för hela kontorsplan (all belysning och kontorsutrustning samt kopiatorer, pausrum etc.) ger de tre olika byggnader tämligen likartade resultat, både vad gäller användarprofilen som den årliga elenergianvändningen. Detta kan vara en slump och ytterligare mätningar på våningsplansnivå i fler kontorsbyggnader är också önskvärda..

Den använda mätutrustningen har inte fungerat som förväntat och inför eventuella framtida projekt bör markanden undersökas nog för att finna utrustning som är lättare att hantera och som fungerar säkrare. Med tanke på den stora utbyggnad av fjärravlästa elmätare som för närvarande pågår har förhoppningsvis tekniken utvecklats och nya produkter lanserats.

9. Referenser

Bengtsson, M. 2003. *Brukarnas uppfattning av inomhusmiljön – En fältundersökning i en modern kontorsbyggnad*. Dokument D 2003:1, Institutionen för installationsteknik, Chalmers tekniska högskola. Göteborg

Edfeldt, M. & A-K Groth. 2002. *Broschyr om användarprofiler*. Examensarbete E2402GT, Grafisk Teknologi, Högskolan Dalarna. Borlänge.

Jagemar, L. 1996. *Design of Energy Efficient Buildings – Applied on HVAC Systems in Commercial Buildings*. Document D34:1996, Department of Building Services Engineering, Chalmers University of Technology. Gothenburg, Sweden.

9.1 Svenska arbeten efter publiceringsår

Sundbom, L., A. Nilson, K. Munther. 1987. *Energisparpotentialen i lokaler – Energieffektivisering av fem kontorsbyggnader genom energiteknisk upprustning*. Rapport R27:1987. . Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm. ISBN 91-540-4675-0

Göransson, P. & B. Qvist. 1990. *Elanvändning i ett kontorshus – Mätning och analys, kv. Gamen, Stockholm*. Rapport R62:1990. Byggforskningsrådet, Stockholm.

Kamjou, P. & R. Jung. 1991. *Mätning och analys, kv. Rosteriet*. Rapport R57:1991. Byggforskningsrådet, Stockholm.

Nordling, B. 1991. *Elanvändning i kontors- och laboratorielokaler - Mätning och analys, Borås*. Rapport R61:1991. Byggforskningsrådet, Stockholm.

Göransson, A., U. Lindahl, G. Forsman, C. Hedenström. 1992. *Lokalerna och energihushållningen – Rapport från STIL-studien inom Uppdrag 2000*. Rapport U 1991/70. Vattenfall AB, Vällingby

Nilson, A. & C. Hjalmarsson. 1992. *Kv. Rosteriet, Stockholm – En jämförelse mellan uppmätt och simulerad el- och värmeenergianvändning i ett kontorshus*. Byggforskningsrådet, Stockholm. (1992-01-22)

Wickman, P. 1992. *Stockholmsprojektet, kv. Bodbetjänten – Kontor, bostäder och glasgårdar i energiteknisk samverkan*. Rapport R24:1992. Byggforskningsrådet, Stockholm.

Nilson, A. & C. Hjalmarsson. 1993. *Elanvändning i fyra kontorsbyggnader – Mätningar, analyser och erfarenheter*. Rapport R56:1993. Byggforskningsrådet, Stockholm.

Nilsson, P.-E. 1994. *Besparing av elenergi med hjälp av skärmavstängare för datorer. – En fältstudie hos Volvo Data AB, Göteborg*. CIT Energiteknisk Analys AB. NUTEK, Stockholm.

Nilsson, P.-E. *Elförbrukning hos kopiatorer*. CIT Energiteknisk Analys AB. NUTEK, Stockholm.

Nilson, A., C. Hjalmarsson & R Uppström. 1996A. *Energianvändning och inomhusklimat i kontorsbyggnader*. Anslagsrapport A14:1996. Byggeforskningsrådet, Stockholm.

Nilson, A., R. Uppström & C. Hjalmarsson. 1996B. *Energieffektivisering i kontorsbyggnader – en vinst inte bara för miljön!* T10:1996. Byggeforskningsrådet, Stockholm.

Nilson, A., C. Hjalmarsson & K. Wåhlin. 1998. *Elbelastningsfaktorer för kommersiella byggnader - Förstudie*. Elforsk rapport 98:16B. Elföretagens forsknings- och utvecklings AB & Byggeforskningsrådet, Stockholm.

Norlén, C. 1997. *Typical Load Shapes for Six Categories of Swedish Commercial Buildings*. LUTMDN/(TMVK-5279). Institutionen för värme- och kraftteknik, Lunds tekniska högskola, Lund.

9.2 Utländska arbeten efter publiceringsår

Norford, L. K., A. Rabel, J. P. Harris, J. Routier. 1989. "Electronic Office Equipment: The Impact of Market Trends and Technology on End-Use Demand for Electricity." *Electricity – Efficient End-Use and New Generation Technologies and their Planning Implications*. Lund University Press, Lund.

Wilkins, C. K., R. Kosonen, T. Laine. 1991. "An Analysis of Office Equipment Load." *ASHRAE Journal*, September 1991, pp 38-44. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers; Atlanta, GA, USA.

Wilkins, C. K. & N. McGaffin. 1994. "Measuring Computer Equipment Loads in Office Buildings". *ASHRAE Journal*, August 1994, pp 21-24. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers; Atlanta, GA, USA.

Komor, P. 1997. "Space Cooling Demands from Office Plug Loads." *ASHRAE Journal*, December 1997, pp 41-44. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers; Atlanta, GA, USA.

CIBSE. 1998. *Energy Demands and Targets for Heated and Ventilated Buildings – CIBSE Building Energy Code 1*. The Chartered Institute of Building Services Engineers. London, UK.

Wilkins, C. K. & M. H. Hosini. 2000. "Heat Gain from Office Equipment." *ASHRAE Journal*, June 2000, pp 33-43. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers; Atlanta, GA, USA.

Abushakra, B, A. Sreshthaputra, J.S. Haberl, D.E. Claridge. 2001. *Compilation of Diversity Factors and Schedules for Energy and Cooling Load Calculations – ASHRAE Research Project 1093-RP Final report*. Energy Systems Laboratory, Texas Engineering Experimental Station at Texas A&M University, College Station, TX, USA.