

Sammanfattning av projekt 11451

Metoder att klassificera och utvärdera byggnaders energieffektivitet

2007-09-25

NCC Teknik

Umeå Universitet

Jan-Ulric Sjögren

Thomas Olofsson

08-58553036

090 7866710

Bakgrund

Medlemsländerna inom EU har enats om att införa energideklarationer för att byggnaderna i Europa ska bli mer energieffektiva. Som ett led i samma strävan har Boverket nyligen infört ändrade och i praktiken skärpta regler för energianvändning i nyproduktionen av bostäder och lokaler. Det är en mycket stor omställning och utmaning för branschen att övergå till att försöka beräkna den verkliga energianvändningen med tillhörande krav på verifiering efter två år. Behovet av kompletterande utvärderings och klassificeringsmetoder för energiprestanda har därför fått en allt större aktualitet. Den aktuella klimatdebatten har ytterligare förstärkt behovet av att begränsa utsläpp av växthusgaser och därmed energianvändningen.

Syfte

Syftet med projektet är att utveckla och implementera en metod för att utvärdera byggnaders energiprestanda baserat på befintliga data samt även studera metodens känslighet. Metoden jämförs med det vedertagna prestandabegreppet kWh/m²,år. Vidare har olika byggnadsrelaterade parametrars (klassificeringsdata) påverkan (förklaringsgrad) på energianvändningen studerats med hjälp av multivariat analys, i första hand för att identifiera de parametrar som har störst påverkan. Detta är av stort intresse då resultaten kan ge idéer om vilka åtgärder som kan utföras för att reducera energianvändningen. Även möjligheten att prediktera energianvändningen, baserat på signifikanta parametrar, är av stort intresse för att större fastighetsinnehav ska kunna analyseras översiktligt på ett kostnadseffektivt sätt. Kunskapsuppbyggnad och implementering inom området energiprestanda är av stor vikt för bygg och fastighets branschen.

Databas

Studien är den första som är baserad på data från Energimyndighetens projekt eNyckeln www.enyckeln.se som är ett verktyg för insamling av statistik och jämförelser av energianvändning i byggnader (flerbostadshus och lokaler) och som fritt kan nyttjas av fastighetsägare och andra intresserade. eNyckeln omfattar idag ca 5,5 miljoner m² och är i sin storlek och detaljeringsgrad unik i världen. Syftet är även att underlaget ska kunna användas för forskning. I eNyckeln registreras data avseende el, värme och vattenanvändning samt ett antal parametrar om byggnadens installationer (typ av uppvärmning, ventilationssystem, återvinning etc.) och byggnadskonstruktion (ålder, lokalisering förbättringsåtgärder etc.) Förutom de rent tekniska parametrarna finns även uppgifter om driftorganisation, typ av ägare samt några åldersrelaterade parametrar. Samtliga parametrar har bedömts ha påverkan på energianvändningen och är av typen "inte för svåra att identifiera" för en professionell driftorganisation. Sammanlagt finns ca 50 parametrar angivna för varje byggnad. eNyckeln kommer successivt att ersätta SCB:s årliga enkät till Sveriges fastighetsägare och finns från år 2007 som komplement. Energimyndigheten och Boverket har nyligen beslutat att eNyckeln även kan utgöra underlag för energideklarationerna. Författarna av denna rapport har deltagit i uppbyggnaden av eNyckeln genom medverkan i projektets styrgrupp.

Genomförande etapp 1

Av underlaget från den första etappen av eNyckeln har 114 st fastigheter (kallade byggnader) med byggår mellan år 1900 och 1996 valts ut för vidare studier. Samtliga studerade

byggnader är av kategorin flerbostadshus då de tillgängliga uppgifterna i databasen bäst ansågs beskriva flerbostadshus. Areauppgifterna i databasen utgörs av den uthyrningsbara arean, lokalarea (LOA) och bostadsarea (BOA) och den sammanlagda arean för de 114 byggnaderna är ca 1 150 000 m². Ett urvalskriterium för byggnaderna var att andelen BOA skulle utgöra minst 90 % av summan av BOA + LOA, då lokalarea ofta kan innebära mycket skiftande verksamhet och vars användning av energi och vatten kan ha stor påverkan på statistiken. Endast fjärrvärmeanslutna byggnader har valts ut då verkningsgrader på olika typer av pannor var okänt. Samtliga utvalda fastigheter har kompletta förbrukningsdata på månadsnivå (inklusive avläsningsdag) för värme, kallvatten och fastighetsel samt i begränsad omfattning uppgifter om tappvarmvatten. Klimatdata i form av varje månads medeltemperatur har hämtats från SMHI. De flesta byggnaderna är belägna i Storstockholm.

Saknade och antagna data

Data saknas för hushållsel och där har el-profiler från några olika elleverantörer (Göteborg Energi, Umeå Energi samt Elverksföreningen) använts i beräkningarna. Data för hushållsel är som regel svårt att få tag på då tillstånd krävs från abonnenten. Uppgifter om inomhustemperaturer saknas i databasen och olika antaganden har gjorts. Tappvarmvatten har mätts i en mindre del (ca 100 000m²) av byggnaderna och dessa data har använts för övriga byggnader. Orientering (väderstreck) och fönsterarea saknas i databasen. Där soldata har ingått i beräkningarna har de hämtats SMHI. Personbelastning har beräknats med hjälp av närvaro och aktivitetsmönster från Institutionen Tema, Teknik och social förändring vid Linköpings Universitet som kombinerats med SCB statistik om antal boende i flerbostadshus. Slutligen har de olika aktiviteterna översatts till effekt och energi med hjälp av VVS data.

Studie av mått på energiprestanda

Som jämförande mått på byggnadens energiprestanda har valts "den sammanlagda värmeförlustfaktorn" (K_{tot}). Den del av fjärrvärmens som behövs för byggnadens uppvärmning summeras tillsammans med övriga delposter (personvärme och hushållsel) för att uppnå en given inomhustemperatur tex. +22°. Personvärmens ger ett tillskott på ca 1° grad. Med tanke på de ingående byggnadernas storlek bedömer vi att genomsnittliga el-profiler för hushållsel samt statistisk personbelastning kan användas i beräkningarna. Den energimängd som används för tappvarmvatten ingår således inte. Byggnadens genomsnittliga behov av energi för att uppnå en given inomhustemperatur har beräknats för varje månad under perioden oktober – mars, för att undvika inverkan av sol. Ett rätlinjigt samband som är unikt för varje byggnad fås med hjälp av en linjär regression. Linjens lutning är ett mått på byggnadens "sammanlagda förlustfaktor" som anges på formen W/K och för att kunna jämföra olika byggnader, med normering av antalet m².

I Fig. 1 nedan visas förlustfaktorn för fjärrvärme inklusive tappvarmvatten (blå linje) för en godtyckligt vald byggnad i databasen. Linjen baseras på medeleffekten per dag för de 6 månaderna.

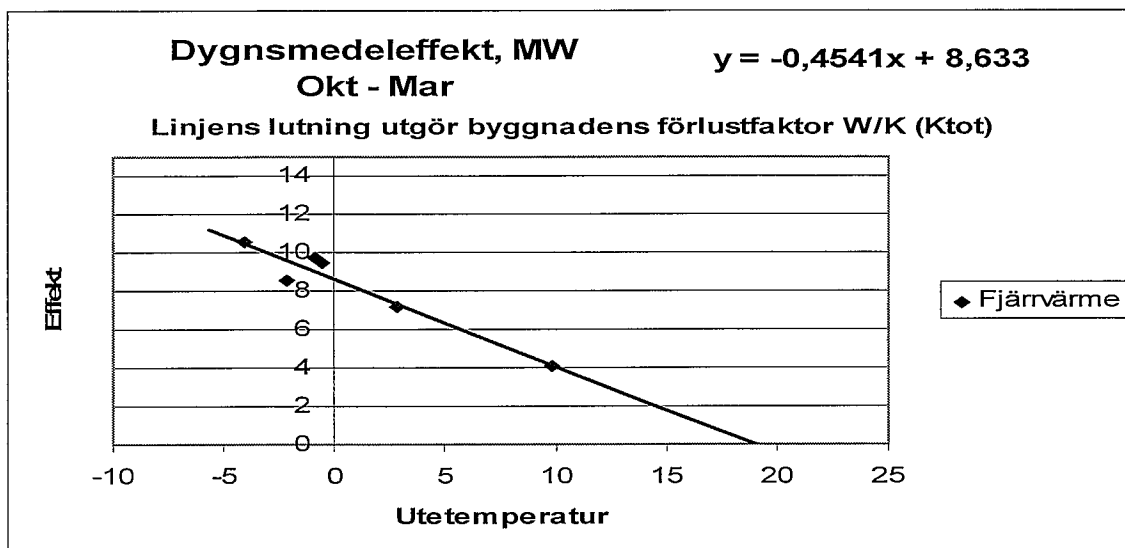


Fig 1.

I fig 2 nedan visas de olika delposterna för att uppnå en given inomhustemperatur. Lutningen på den gröna linjen motsvarar av byggnadens sammanlagda förlustfaktor (K_{tot})

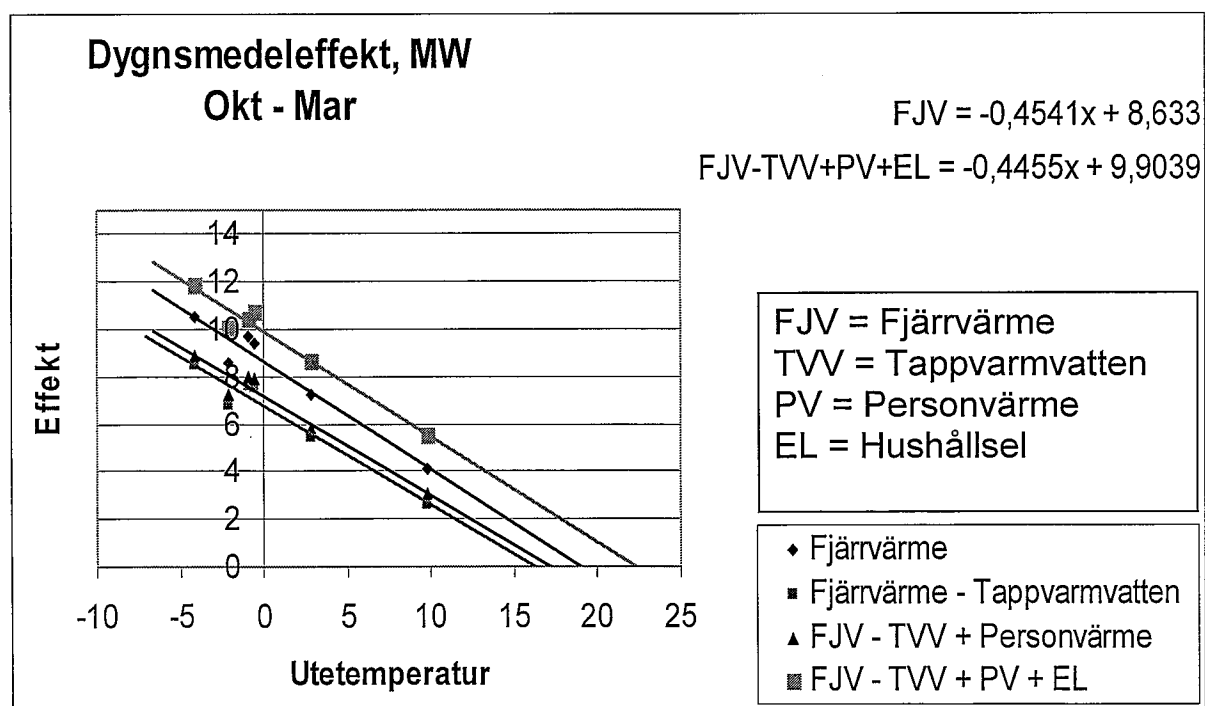


Fig 2

Det kan konstateras att det finns en stor likhet i lutningen för den blå linjen (inköpt fjärrvärme) som ju ofta är den energiuppgift som finns tillgänglig i förvaltningen och den gröna linjen. Vid olika inomhustemperaturer parallellflyttas linjerna varför prestandamåttet inte förändras.

Känslighetsanalys

Förlustfaktorns känslighet har sedan studerats genom att variera nedanstående, delvis saknade parametrar. Perioden oktober till mars har studerats för att minimera inverkan av solen.

- Hushållsprofil: 3 olika
- Inomhustemperaturen: 3 olika: +20°, +22°, +24°
- Tappvarmvattentemperaturen: 2 olika: +55°, +60°
- Värmeförluster: Ja eller nej.
- Studerad tidsperiod: 3 olika månadsintervall under perioden okt – mars. Samt 2-4 års fjärrvärmeanvändning.
- Olika värden på hur stor andel av hushållselen som blir värme: 0,75 och 1,0

Resultat etapp 1

Det visar sig att värdet på förlustfaktor i begränsad omfattning påverkas av dessa olika antaganden. Den genomsnittliga variationen av förlustfaktor vid slumpvis valda kombinationer av dessa antaganden ligger i intervaller 5-10 %. Det är av stort intresse att boendevanornas (inomhustemperaturen, hushållsprofilen) påverkan på förlustfaktor är små. Måttet kan därmed med fördel användas för att verifiera en byggnads energiprestanda. En jämförelse har även gjorts med det mer traditionella måttet kWh/m²,år som är angivet av Boverket som prestandamått. Detta mått (kWh/m²) återspeglar i betydligt större utsträckning boendevanorna och driften av fastigheten samt innehåller bara en delmängd av den energi som behövs för uppvärmningen.

I fig 3 visas en jämförelse för samtliga 114 byggnaders data och de olika energimåtten kWh/m², år jämfört med förlustfaktor K_{tot} . Här framgår att för en byggnad med samma fysiska förutsättningar kan en avsevärd spridning noteras i antalet uppmätta kWh/m²,år vilket visar inverkan av brukarbeteende, drift av byggnaden etc

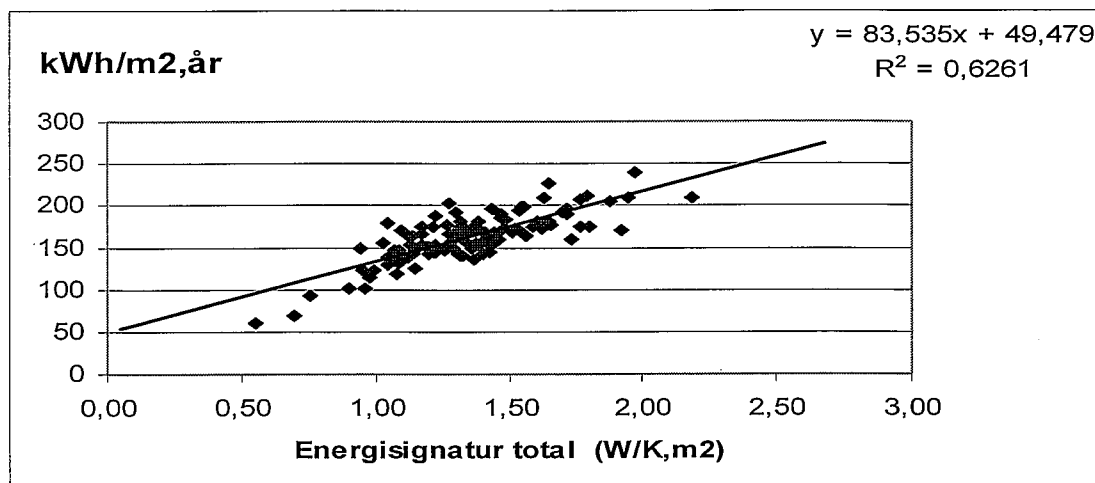


Fig 3

Även vid benchmarking blir jämförelsen bättre om förlustfaktorn används.

Slutsatsen blir därför att en byggnads energiprestanda lämpligen mäts med den sk. förlustfaktorn (K_{tot}) om ett högre mått av precision önskas och framför allt om påverkan av boendevanorna ska minimeras.

Måttet kräver månadsdata vilket är det vanliga uppföljningsintervallet i fastighetsförvaltning och kan relativt enkelt erhållas både från energiberäkningsprogram som används vid nyproduktion och de energiuppföljningsprogram som används på marknaden.

Måttet lämpar sig väl för en form av prestandagaranti för nya bostäder då det är förhållandevis enkelt att verifiera. Den röda linjen i figuren nedan representeras av förlustfaktorn för den unika byggnaden och visar dess fysiska egenskaper. Det individuella brukandet ger sedan olika antal kWh för uppvärmning beroende på val av inomhustemperatur.

Fig 4 visar exempel på tillämpning för ett småhus. En given mängd tappvarmvatten ingår i diagrammet.

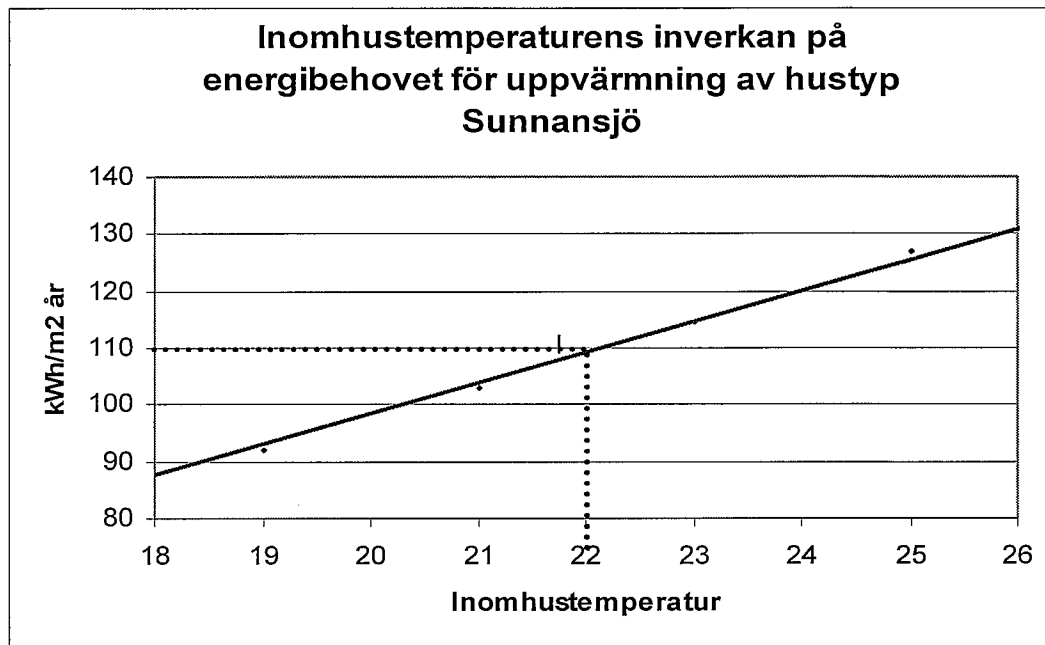


Fig 4

Denna typ av information kommer att införas i Boendepärmen för köpare av NCC:s småhus för att öka medvetenheten om brukarbeteendet och sannolikt även för flerbostadshus.

Vid en systematisk jämförelse för nyproduktion mellan en byggnads beräknade och uppmätta förlustfaktor kan avvikelser identifieras och olika default värden i programvaran kritiskt granskas.

Metodikerna från energiprestandastudierna har använts på 9 relativt nybyggda flerbostadshus i Hammarby Sjöstad och Solna där 7 ursprungliga enormberäkningar fanns tillgängliga. För några av dessa 9 byggnader fanns månadsdata även för hushållsel.

Resultaten baserade på byggnadernas verkliga energianvändning visar att den ursprungliga beräknade förlustfaktorn avvek med i genomsnitt 25 % (verkligheten var sämre) och som värst med 55 %. Den sistnämnda byggnaden har fått fint pris för sin energiprestanda, baserat på beräkningar. I grunddata finns uppgifter om fönsterareor och väderstreck vilket möjliggör beräkning av solens påverkan. Tillsammans med data för energianvändningen är det möjligt att beräkna den genomsnittliga inomhustemperaturen med hygglig precision. Solens bidrag är ca 1,5 ° av inomhustemperaturen under uppvärmningssäsongen för dessa 7 byggnader. Ett mycket intressant resultat är att den genomsnittliga inomhustemperaturen sannolikt överskrider +23° (23,55° enligt beräkning) under uppvärmningssäsongen trots att installationerna ska begränsa temperaturen till +22°. Stickprovsmätningar med temperatur logger visar på bra överensstämmelse. En pågående studie vid Lunds Tekniska Högskola på BO 01 området i Malmö styrker denna iakttagelse.

Etapp 2. Parametrarnas påverkan på tex. ett givet förbrukningslag

Analysmetod

Om man har en stor mängd parametrar som sannolikt påverkar en viss storhet, tex. köpt fjärrvärmemängd kan man analysera detta genom en speciell typ av analysmetod (multivariat analys). Där kan man studera *vilka parametrar* samt *storleken på parametrarnas påverkan* på tex. energianvändningen (målparameter). Det går naturligtvis även att analysera vilka parametrar som har störst påverkan på tex. vatten och elanvändning. Som indata parametrar kan även den ovan nämnda förlustfaktorn samt andra uträknade värden samt förbrukningsdata användas. Modellens tillförlitlighet med avseende på anpassning till givna data samt för prediktering anges av programmet efter varje förändring av indata.

Resultat etapp 2

Modellen för att se vilka parametrar som har störst påverkan på fjärrvärmeanvändning (i absoluta tal) visar följande; fastighetens area, kallvattenförbrukning, fastighetselanvändning och garagearea. Av parametrarna är det byggårsintervallet (det årsintervall då resp. byggregler gällt), styrning av ventilationssystem, förekomst av sensorstyrd belysning, uppgift om vem som betalar hushållsel (värdens/hyresgästen) som passerar den kritiska gränsen för påverkan. Detta anges som ett sk.VIP värde (Variabel Influence on Projections). En intressant iakttagelse är att när förbrukningsuppgifterna normerades, dvs. angavs som förbrukning per m² så reducerades värdena för modellens tillförlitlighet markant. Det innebär att de kvadratmeteruppgifter (den uthyrda arean) som brukar användas vid jämförelser mellan byggnader inte är tillräckliga då det alltid finns en förhållandevis stor area i byggnader som inte är uthyrd men som är uppvärmd. En pågående uppmätning som Boverket finansierar styrker detta faktum. Några delresultat har direkt kunnat implementeras i utformningen av eNyckeln, som är ett givet verktyg för resultat av parameterstudier.

Idéer till fortsatt forskning och utveckling

Ett antal intressanta områden för vidare forskning har identifierats:

Frågan om hur stor andel av hushållselen som blir nyttig värme borde närmare analyseras. Olika systemlösningar för ventilation, golvvärme etc. kan sannolikt ge olika resultat. Enorm använder ett default värde på 0,8. En skillnad på 0,25 enheter motsvarar nästan 1° grads skillnad i inomhustemperatur. Även motsvarande fråga för den sk. fastighetselen är intressant.

Den traditionella systemlösningen för värme som avslutas med en termostatförsedd radiator kan ifrågasättas då den inte förefaller kunna utnyttja olika former av värmeöverskott (sol, personer etc.) på ett effektivt sätt. Nuvarande utformning förefaller snarare ge övertemperaturer i för stor utsträckning.

Någon stor studie över inomhustemperaturer i Sverige har inte utförts på ca 15 år och det vore av stort intresse att titta på olika typer av boendeformer, olika typer av rum, kanske finns det även utrymme för genusaspekter inom detta område, vill män och kvinnor ha olika

inomhustemperaturer, kan det finnas åldersrelaterade preferenser etc.? Inomhustemperaturen är av stor betydelse för energiberäkningar.

Information om energimängder och temperaturnivåer för avloppsvattnet som lämnar en byggnad är en bristvara och potentialen för energibesparingar på avloppssidan behöver studeras. Förutom de ca 25-30 kWh/m² som blir tappvarmvatten tillkommer även energi från tvätt och diskmaskiner mm. Detta område är i relation till övriga energibesparande åtgärder i en byggnad föga belyst.

Det finns en utbredd uppfattning i branschen att energianvändningen för uppvärmning i nybyggda hus reduceras med kanske 10-15 % under de första driftåren beroende på uttorkning, inflyttning samt diverse injusteringar av värme, styr och regler system etc. De 9 byggnader vi tittat på, samt i viss mån även byggnaderna på BO 01 området, indikerar att det finns gott om undantag från den regeln. Sannolikt innefattas en hel del frågeställningar som har med organisation, besiktningsförfarande (åtgärdande av anmärkningar etc) olika byggherrars kvalitetssystem och övriga rutiner. Även drifrutiner under garantitiden är en viktig fråga, kompetens på driftorganisation etc. Byggnadens första driftår är av stor betydelse då verifiering av energianvändningen enligt Boverkets byggregler ska ske efter två år. Frågeställningen är komplex och spänner över teknik och organisation men är väl värd att studera närmare ur ett energiperspektiv.