

Laborativt arbete baserat på casemetodik vid Vetenskapens Hus

Tema: Solenergi i våra bostäder

Leif Hammar

Examensarbete på programmet *Civilingenjör och lärare* inom
området Teknik och lärande

Stockholm 2010



Examensarbete 30hp

KTEX4N, examensarbete inom programmet Civilingenjör och Lärare (300hp)

Vårterminen 2010

Institutionen för Energiteknik vid Kungliga Tekniska Högskolan

Huvudhandledare: Jan-Erik Nowacki

Examinator: Björn Palm

Institutionen för matematikämnet och naturvetenskapsämnenas didaktik vid Stockholms Universitet

Biträdande handledare: Carolina Svensson Huldt

Vetenskapens Hus

Extern handledare: Cecilia Kozma

English title: Case Method Based Laboratory Work at the House of Science
Solar Energy for Residential Housing

Abstract

The purpose of this master's thesis was to create an inspiring case method based lab on the topic of energy and our environment. The thesis looks at the pedagogical background of case method and how case method teaching can be implemented in a lab at the House of Science. The House of Science is a science center which collaborates with schools. The thesis looks at topics that might be suited for case method teaching and how to implement the chosen topic as lab work. This lab work is primarily aimed at high school students. Previous research on case method is reviewed and the created lab is tested with a class of high school students.

Förord

Detta examensarbete ingår i programmet Civilingenjör och Lärare vid KTH (Kungliga tekniska högskolan). Programmet är ett samarbete mellan KTH och SU (Stockholms Universitet).

Examensarbetet skrivs utifrån kursen KTEX4N där kursplanen är godkänd och uppfyller kraven från både civilingenjörsexamen och gymnasielärarexamen. I kursen som är på 20 poäng (30 hp) ingår 10 poäng (15hp) verksamhetsförlagd utbildning, vilket innebär att minst halva arbetet måste genomföras på plats, vilket för mig var Vetenskapens Hus.

Examensarbetets ämne ligger inom ämnet energi och miljö och därför ligger huvudhandledningen hos institutionen för Energiteknik. Examensarbetets utbildningsvetenskapliga del, laborativt arbete, ligger inom ämnet naturvetenskapsämnenas didaktik och handleds därför från Institutionen för matematikämnets och naturvetenskapsämnenas didaktik vid SU.

Innehållsförteckning

Abstract	3
Förord	4
1 Introduktion.....	7
1.1 Bakgrund	7
1.1.1 Vetenskapens Hus	7
1.1.2 Laborationer	7
1.1.3 Casemetodik.....	7
1.1.4 Forskning kring casemetodik.....	8
1.1.5 Mål.....	9
1.2 Syfte.....	10
1.3 Frågeställningar	10
2 Casemetodik.....	11
2.1 Pedagogisk bakgrund	11
2.1.1 Pragmatism.....	11
2.1.2 Sociokulturella teoriperspektiv	11
2.2 Historisk bakgrund.....	13
2.3 Vad är casemetodik?	13
2.4 Hur kan caseundervisning se ut?.....	14
3 Genomförande	15
3.1 Val av ämne	15
3.2 Val av soltekniker	15
3.3 Implementering av solpaneler	19
3.3.1 Referensvärden	19
3.3.2 Effektmätningar.....	19
3.3.3 Aperturarea	20
3.3.4 Temperatur.....	20
3.3.5 Effektkurva hos solcellerna	20
3.3.6 Lampornas strålning	20
3.3.7 Lampornas kalibrering.....	21
3.3.8 Resultat av kalibreringen.....	21
3.4 Caselaborationen	21
3.4.1 Elevinstruktioner	21
3.4.2 Assistenthandledningen	22

4	Test av laborationen.....	23
4.1	Test av laboration med assistenter	23
4.2	Besök ifrån vuxengymnasieelever	23
5	Diskussion.....	25
5.1	Felkällor i laborationen.....	25
5.2	Vad påverkar elevernas intresse för ämnet?	25
5.2.1	Intresse och motivation.....	25
5.2.2	Ämnesvalets innebörd.....	26
5.2.3	Assistentens roll	27
5.2.4	Casemetodik som grund.....	27
6	Slutsats	28
7	Referenser	29
8	Bilagor.....	32

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

1.1.1 Vetenskapens Hus

Vetenskapens Hus bedriver utbildningsverksamhet med syfte att skapa intresse för naturvetenskap och teknik. Vetenskapens Hus drivs av KTH och SU, men har även flera sponsorer och partners inom industri samt bland kommuner och skolor. Vid Vetenskapens Hus erbjuds besökare att experimentera, lyssna på föreläsningar och inspireras genom närheten till forskning och välutrustade laboratorier vid Albanovas universitetscentrum i Stockholm. Vetenskapens Hus har i år tema kring miljö och energi.

1.1.2 Laborationer

Laborationer är Vetenskapens Hus huvudsakliga kontakt med grundskole- och gymnasieelever. I Sverige har de naturvetenskapliga ämnena en stark tradition av praktiskt arbete vilket återspeglas i skolverkets ämnes och kursplaner (Skolverket, 2000). Praktiskt arbete anses av många lärare vara ett effektivt sätt att undervisa naturvetenskap (Abrahams & Millar, 2008). Laborationerna uppskattas på grund av att de skapar intresse samt ökar förståelse för naturvetenskapliga fenomen och vad naturvetenskap är (Wellington, 1998). Wellington (1998) uttrycker att laborativt arbete kritiserats eftersom det är kostsamt och i vissa fall även kan förvirra istället för att förstärka begreppsförståelsen. Jenkins (1999) citerar Hodson, som konstaterar efter en genomgång av forskning kring laborativt arbete, "It seems that all that can be concluded ...is that some teachers are able to use practical work successfully, with some students, to achieve some of their goals (Hodson, 1993, s96-97). Millar et al (1999) poängterar behovet av att utvärdera om enskilda praktiska lektioner är effektiva beroende på specifika lärandemål.

Hofstein och Lunetta (2004) har tittat på studier som undersöker vilka de vanligaste målen hos lärare för laborativt arbete och funnit att dessa är att:

- Utveckla förståelse av naturvetenskapliga begrepp och av naturvetenskapens karaktär
- Utveckla intresse och motivation
- Utveckla problemlösningsförmåga
- Träna praktiska färdigheter och ett naturvetenskapligt tankesätt
- Anknyta naturvetenskaplig kunskap till det vardagliga livet
- Ge eleverna erfarenhet av hur man arbetar i naturvetenskap

Målet för Vetenskapens Hus med det laborativa arbete som genomförs är främst att skapa intresse för naturvetenskap och teknik men även att öka förståelsen för dessa ämnen.

1.1.3 Casemetodik

På Vetenskapens Hus fanns det intresse av att utveckla en energi- och miljölaboration baserat på casemetodik. Casemetodik är ett koncept som bygger på att undervisningen utgår ifrån ett fall, en verklighetsbaserad situation med ett dilemma som skall förklaras eller där elever skall presentera en lösning (Egidius, 1999; Kjellén et al, 1994). Casemetodiken är en form av fallmetodik som är samlingsnamnet för de metoder eller koncept som innefattar ett interaktivt lärande utifrån specifika fall. Casemetodik fick sitt svenska namn utifrån det engelska ordet "case" istället för att översättas till svenska, dels för att skilja sig ifrån samlingsnamnet fallmetodik och för att inte blandas ihop med

fallstudier som är en forskningsmetodik (Allard, 2001). Förutom casemetodiken är två andra förekommande fallmetodiker i Sverige problembaserat lärande och storyline.

Enligt Nationellt centrum för casemetodik ger casemetodiken elever möjlighet till (Kjellén et al, 1994):

- kreativitet och stimulans till självständigt tänkande
- övning i problemlösningsförmåga
- träning i beslutsfattande, ledarskap och argumentation för ställningstagande
- ett öppet, positivt och motivationsskapande lärande

Dessa möjligheter som tillskrivs casemetodik ligger nära de mål som oftast ligger bakom laborationer och i linje med de önskemål Vetenskapens Hus har för sina laborationer. Casemetodik har funnits länge och dess företrädare anser att den har många fördelar i undervisningen. Fram till mitten på 90-talet kan litteraturen kring casemetodik beskrivas som baserat på personliga och pedagogiska förhoppningar och inte forskningsbaserat (Merseeth, 1999). Forskningsbasen i Sverige kring casemetodik ökade i samband med skapandet av Nationellt centrum för casemetodik. Den mesta av forskning genomförs på högskolekurser men Bickerton et al (1991) genomförde ett antal projekt med casemetodik på gymnasienivå i USA och Kanada.

Målen för laborativt arbete stämmer överens med flera av de möjligheter som casemetodik säger sig erbjuda. Casemetodik är ett interaktivt arbetssätt liksom laborationer vilket kan vara anledningen till att de har gemensamma mål med undervisningen. Casemetodiken påstår sig vara bra på att intressera och motivera och eftersom detta är ett av Vetenskapens Hus mål med sin verksamhet är det relevant att undersöka casemetodik.

Casemetodik används däremot främst i seminarieform och behöver testas som laboration för att se om det är lämpligt att arbeta med casemetodik i Vetenskapens Hus laborativa miljö. Några saker kommer att skilja sig ifrån vanlig casemetodikundervisning på grund av praktiska begränsningar vid Vetenskapens Hus. Vid caseseminarier förekommer det oftast förberedelse för både arbetssättet samt caseseminariernas innehåll. Tre timmar laborationer vid Vetenskapens Hus ger inte utrymme för dessa förberedelser. Laborationernas längd och assistenternas behov av att förbereda sig för laborationen är några fler aspekter som behöver tas hänsyn till vid utveckling av laborationen.

1.1.4 Forskning kring casemetodik

Forskningen kring casemetodik kan delas in i några huvudgrupper. Lundeberg (1999) och Vernon (1993) som har analyserat forskningen kring casemetodik belyser följande: inställning ifrån elever och lärare, teoretisk och praktisk kunskapsbildning samt kritisk tänkande kring kunskaper och beslut.

Studier i casemetodik visar att elever är positiva till caseundervisning (Marantz, 2003; Stensmo, 1999; Vernon, 1993). Även lärare är i de flesta fall positiva till att undervisa med case (Marantz, 2003; Stensmo, 1999). Förutom att studenter skriver i enkäter att de är positiva till undervisningen, visas detta genom högre närvaro, att elever är bättre förberedda till lektionerna och tillbringar mer tid utanför schemalagd tid på grupparbete (Marantz, 2003; Stensmo, 1999; Vernon, 1993). Detta pekar på att undervisning som har bedrivits enligt casemetodik är mer uppskattad samt skapar intresse och motivation än den traditionella undervisningen som genomfördes och utvärderades parallellt.

Casemetodikundervisning anses i flera undersökningar resultera i något bättre grundläggande kunskaper hos studenterna än vid traditionell undervisning (Vernon, 1993; Kiessling, 2002; Marantz, 2003; Stensmo, 1999). Ingen av undersökningar använder sig däremot endast av caseseminarier för att förmedla grundläggande kunskaper utan caseseminarierna kompletteras antingen med att elever skall förbereda själva eller i små grupper eller så ges det föreläsningar innan eller parallellt med caseundervisningen. Caseundervisning fungerar bäst när den kompletteras med inhämtning av grundläggande fakta för ämnet (Marantz, 2003).

Ett av casemetodikens mål är att ge kompetens att förstå komplexa situationer och kunna fatta beslut i dessa situationer. Därför har diskussion en central roll i undervisningen. Undersökningar pekar på att studenter som undervisas med casemetodik lägger mera tyngd på betydelse än att memorera fakta (Vernon, 1999). Undersökningarna finner att det finns starka skäl att fortsätta använda casemetodik för att utrusta studenter för att använda sina kunskaper och färdigheter även på framtida arbetsplatser (Tärnevik, 2002; Stensmo, 1999).

Studenter anser ofta att läraren påverkar i hög grad hur intresserade de är av kursen och hur snabbt de kommer igång med arbetet i kursen. Bra caseundervisning ställer höga krav på läraren och lärare säger att det kan vara påfrestande att undervisa en kurs med casemetodik då det kräver mycket tid till förberedelse och ställer höga krav på interaktivitet under lektionstid (Marantz, 2003). De flesta av lärarna som provade att undervisa med casemetodik är positiva till metoden. En fördel med casemetodik för många lärare till skillnad från andra fallmetodiker är att läraren har möjlighet att göra egna kunskaper och erfarenheter tillgängliga för eleverna vilket inte är önskvärt i till exempel problembaserat lärande. Trots att en majoritet av lärare, som Marantz (2003) frågade, säger sig vara positiva till caseundervisning så väljer de flesta att inte fortsätta undervisa med casemetodik (Marantz, 2003). Det räcker inte att lärarna säger att casemetodik är bra utan lärarna måste känna att de kan fortsätta använda casemetodik efter att undersökningen är avslutad.

Om man ska skriva egna case gäller det att kombinera relevans för undervisningen med intressanta situationer. Det är inte nödvändigtvis svårt att skriva case då material skall vara baserat på verkliga händelser eller komma ifrån egna erfarenheter. Svårigheten ligger i att skriva case som väcker intresse hos studenterna som leder till diskussioner som skapar förståelse för ämnet som undervisas (Tärnevik, 2007).

1.1.5 Mål

Samtidigt som laborationen skall planeras utifrån en för Vetenskapens Hus helt ny metodik, är målet att det resulterar i en laboration som går att använda framöver. Det är meningen att erfarenheter ifrån casemetodik, om de visar sig vara positiva, skall bidra till rutiner kring framtida utveckling av laborationer vid Vetenskapens Hus. Med start höstterminen 2010 går Vetenskapens Hus in i ett tema om energi och miljö, och därför pågår nu utveckling av befintligt och nytt material till detta tema. Laborationen skall ligga inom detta område och både baseras på casemetodik samt gå att genomföra laborativt med elever.

1.2 Syfte

Syftet med denna undersökning är att utveckla en laboration hos Vetenskapens Hus inom ämnet energi och miljö med hjälp av casemetodik. Som ett led i undersökningen måste ett lämpligt ämne väljas inom energi och miljö som passar till både Vetenskapens Hus och casemetodik.

Undersökningen skall titta på om denna laboration uppnår målet av Vetenskapens Hus att intressera elever för det valda ämnet.

1.3 Frågeställningar

1. Kan casemetodik vara en lämplig metodik för Vetenskapens Hus att använda sig av i sina laborationer för att skapa intresse för ämnet energi och miljö?
2. Vilka energitekniker kan vara lämpliga att använda sig av i en caselaboration?
3. Hur kan en caselaboration se ut hos Vetenskapens Hus?

2 Casemetodik

2.1 Pedagogisk bakgrund

2.1.1 Pragmatism

Pragmatism är benämningen på en filosofi som utvecklades i USA vid slutet på 1800-talet. Pragmatismen utvecklades som en metod för att lösa många olika vetenskapliga och vardagliga problem. Pragmatismen kännetecknas av intresset för de praktiska konsekvenserna av tankar och idéer (Stensmo, 1994, s.169).

John Dewey (1859-1952) stod för mycket av det praktiska tillämpandet av pragmatismen och dess utveckling inom pedagogiken. Dewey ansåg att kunskap inte var något färdigt som vi kan ta till oss utan något som utvecklas tillsammans med vårt eget och det kollektiva medvetandet. Verklighet är att förstå vårt medvetandes erfarenheter. Våra erfarenheter är beroende på den kontext vi befinner oss i. Ett objekt kan innebära flera olika saker för vårt medvetande beroende på dess innebörd för kontexten. Dewey uttrycker starkt att kunskap konstrueras i relationen mellan tanke och handling (Stensmo, 1994, s.171).

Vårt medvetande möter ständigt nya situationer och bildar ny kunskap genom att undersöka dessa situationer. Vad vi lär oss är beroende av hur vi undersöker enskilda situationer. Dewey beskriver vårt tänkande som ett handlingsförlopp. Dewey kallar detta förlopp för reflektivt tänkande. Reflektivt tänkande är en beskrivning på hur vi bearbetar den kunskap som strömmar in i vårt medvetande genom att organisera och sortera den kritiskt. Denna process startar när man ställs inför en ny situation. Först måste man identifiera vad som behöver bearbetas, vad som är problemet. När man har identifierat vad som skall bearbetas skapar man en hypotes om vad den nya kunskapen är och hur den passar in i tidigare kunskap. Sist testar man om hypotesen stämmer. Under denna process kan man röra sig mellan de olika stegen medan ny kunskap bildas. Denna process är både teoretisk och praktisk. Stegen innebär mycket resonerade men för att det kritiska tänkande skall kunna vara produktivt krävs att man har observationer att grunda sina reflektioner på (Stensmo, 1994, s.172).

2.1.2 Sociokulturella teoriperspektiv

Det sociokulturella perspektivet byggdes upp under 1900-talet med bidrag ifrån många olika tänkare och utövare. Den pragmatiska kunskapssynen var ett av de tidiga bidragen till det sociokulturella perspektivet. Grunden för pragmatikerna var att kunskap konstrueras genom praktisk aktivitet i en kulturell kontext. Samspelet mellan idéer och dess praktiska konsekvenser är kännetecknande för pragmatismen (Stensmo, 1994, s.169). Lev S. Vygotskij (1896-1934) och Mikhail Bakhtin (1895-1975) beskriver en annan del av det sociokulturella perspektivet vilket kretsar kring sociokulturell tradition (Dyste, 2003, s.31). Kunskap i den sociokulturella traditionen ses utifrån dess relation till samhällets historia och kultur. Kunskap skapas i relationen mellan människor och samhället med språket som ett viktigt redskap.

Några ord som används för att beskriva det sociokulturella perspektivets syn på lärande är: situerat, socialt, distribuerat och medierat. Språk är också ett centralt verktyg i det sociokulturella perspektivets syn på lärande (Dyste, 2003, s.42).

Lärande är situerat och allt lärande sker i specifika kontexter. I ett sociokulturellt perspektiv innebär kontext både objekt och mänskliga idékonstruktioner som befinner sig i omgivningen.

Grundläggande för det sociokulturella perspektivet är att objekt och handling inte går att skilja ifrån en kontext. Situerat lärande strävar ofta att skapa autentiska kontexter för lärande. Dewey menade att lärande bör ske i en miljö som i så stor utsträckning som möjligt liknar samhället. Autentiska situationer kan också anses vara situationer skapade för att förbereda elever för verkligheten utifrån utbildningens syfte, men inte nödvändigtvis i en verklighetstrogen miljö (Dyste, 2003, s.42).

Att lärande är socialt innebär både att människan befinner sig i en historisk och kulturell kontext och att människan är beroende av relation och interaktion med andra människor. Kunskaper bildas i relation mellan objekt och kontext. Andra människor och samhället är oftast en viktig del av kontexten. Ett viktigt mål med utbildning är att lära sig att delta i olika delar av samhället och lära sig vilka praxis som gäller där (Dyste, 2003, s.43).

Att lärande är distribuerat innebär att eftersom kunskap är distribuerat måste lärandet vara socialt. Kunskap är distribuerat bland människor i vårt samhälle och i arbetslivet arbetar olika människor med olika kunskaper ihop för att driva vårt samhälle. Individens färdigheter och kunskaper står oftast i centrum i skolan. Det är självklart nödvändigt att individen innehar en viktig del av kunskapen men det är bara en tidsfråga innan elever tvingas använda sig av den distribuerade kunskapen antingen i högre studier eller på arbetsplatsen. Det är därför viktigt att betänka hur elever kan ges både en stark individuell kompetens men också färdigheter att arbeta med den distribuerade kognitionen (Dyste, 2003, s.44).

Vygotskij införde mediering som ett pedagogiskt begrepp som innebär all form av stöd som används för att hjälpa lärandet. Mediering innebär både fysiska objekt som används för att främja lärandet men också social kontakt där språket är ett av våra främsta verktyg (Dyste, 2003, s.45). Människan utvecklar hela tiden nya verktyg och redskap för att förstå sin omvärld. När vi utvecklar ett nytt verktyg tar vi hänsyn till tidigare generationers insikter och kunskaper. Kommunikation är avgörande för både skapandet av nya verktyg och deras vidare spridning till efterkommande generationer (Säljö, 2000, s.22).

Det sociokulturella perspektivet framhåller att språk inte neutralt kan beskriva erfarenheter. Språket är omöjligt att skilja ifrån historiska och kulturella betoningar och därför kommer alla beskrivningar att innehålla värderingar av något slag. Språket används för att påverka andra men är även ett redskap för att forma våra egna kunskaper. Först kommunicerar vi våra tankar och sedan kan dessa tankar bli till inre förståelse. Tänkande sker först på det sociala planet och sedan på det individuella (Vygotskij, 1999, s.90). Ordet är ett fenomen som har med tänkande att göra. Tanken kan kopplas till ord och ta sitt uttryck som ord (Vygotskij, 1999, s.394). Överföringsmetaforen, att en sändare kodar ett meddelande, överför den via ett medium som sedan mottagaren avkodar och lagrar för att använda i framtiden, är fortfarande stark förankrad i vårt tänkande men sociokulturella teorier föreslår en justering av denna metafor. I överföringsmetaforen har mottagaren ingen aktiv roll i lärandet utan förväntas kunna avkoda och lagra ett meddelande. I ett sociokulturellt perspektiv är lärandet beroende av mottagaren. Kunskapen skapas som ett samarbete mellan två parter.

2.2 Historisk bakgrund

Casemetodiken började utformas i sin moderna skepnad vid Harvard universitetets juridiska fakultet. Målet var att eleverna skulle bli kompetenta att själva analysera rättsfall istället för att lära sig färdiga analyser (Barnes, 1994). Det var den juridiska metoden och medvetenhet om att det kan finnas mer än ett enda färdigt svar som skulle stå i centrum (Nordquist, 2008). Studenterna skulle få verktyg för lärande tillsammans med de principer och kunskaper som var viktiga. Harvard var bland de första att starta en akademisk utbildning för ekonomi och ledarskap, Master of Business Administration vid Harvard Business School. När Harvard Business School startades hade de höga akademiska ambitioner att ge en utbildning som var både praktisk och akademisk. Med denna ambition i tanke ansågs casemetodik väl anpassad för denna nystartade utbildning. Utbildningen skulle skapa ledare som kunde fatta beslut och en utbildning baserat på praktisk fallbaserad pedagogik verkade mycket lämplig (Barnes, 1994).

Casemetodiken etablerade sig i Sverige i början av 1990-talet då Nationellt centrum för casemetodik grundades vid Stockholms universitet. Detta centrum fanns kvar vid Stockholms universitet fram till 1995 för att sedan flytta till Lunds universitet. Casemetodik var känt i Sverige innan 90-talet, men utan större spridning. Ekonomutbildningen i Lund har använt sig av casemetodik sedan 1970-talet (Egidius, 1999). I Sverige verkar det främst vara vårdutbildningarna som använder sig av casemetodik då det mesta av forskningen kring case i Sverige är kring olika vårdutbildningar. Dessutom finns caseundervisning i Sverige vid utbildningar för pedagogik, juridik, statsvetenskap samt polis (Nordquist, 2008).

2.3 Vad är casemetodik?

Själva grunden i caseundervisning är att undervisningen utgår ifrån en verklighetsbaserad situation. Kjellén et al (1994) beskriver casemetodik som:

- Case skall utgå ifrån en verklighetsbaserad situation som antingen har eller skulle kunna ha inträffat.
- Situationen skall vara ett dilemma som skall förklaras eller där elever skall presentera en lösning.
- Situationen skall vara skriven utifrån aktörer eller huvudkaraktärer i situationen.
- Dilemmat skall vara formulerat så att det inte finns något rätt eller felaktigt svar; det är kunskaperna och metoderna man arbetar med som är viktiga.
- Grunden till undervisningen är elevernas aktivitet, undervisningen skall vara interaktiv.
- Läraren skall främst arbeta som en katalysator i klassrummet. Läraren skall arbeta för att eleverna interagerar med varandra, caset och tidigare diskussioner.

Caseundervisning bygger på verklighetsbaserade situationer och karaktärer. Vissa universitet kräver att situationer måste vara hämtade ifrån verkligheten men andra anser att det som är viktigt är att det är en situation som antingen har eller skulle kunna ha inträffat. Enligt Dewey bör utbildning vara en praktisk och verklighetsförlagd verksamhet och inte en som reproducerar samhällets kunskaper och metoder i en artificiell miljö. Lärande skall relateras till elevens vardag och ämnets nytta i vardagen (Hartman, Lundgren, & Hartman, 2004, s.15-24). Situationerna som används i caseundervisning skall vara verklighetsbaserade för att motivera eleverna till lärande. Casemetodikens styrka ligger i att konkret förmedla principer, beslutsfattning och problemlösning i undervisningen (Kjellén et al, 1994). Undervisningen med hjälp av case underlättar förståelsen för

elever enligt ett sociokulturellt perspektiv då kunskap är kopplat till kontext. Vill man möjliggöra förståelse för ett ämne bör kunskapen finnas i sin rätta kontext. Caseundervisning bygger på vikten av språket som ett viktigt redskap vid lärande. Eleverna får mycket tillfälle att diskutera sina tankar och omvandla samtalen till inre förståelse och kunskaper.

2.4 Hur kan caseundervisning se ut?

Case kan ha väldigt olika utseenden för att passa in i olika undervisningssituationer och för att möta olika mål med undervisning. Case kan vara allt ifrån en illustration i en föreläsning till stora undersökningar där elever ger sig ut för att lära sig ett helt nytt ämne.

Caseseminarier är den mest använda form av caseundervisning. Caseseminarier kan genomföras med grupper av olika storlekar. Det finns inget givet minimum men det skall vara tillräckligt många närvarande för att det skall kunna uppstå diskussion mellan elever och lärare (Kjellén et al, 1994).

Ett vanligt arbetsflöde för ett caseseminarie på ungefär 90 minuter är följande: initiering av diskussion, analys av problemet, övervägande av alternativ till lösningar, sammanfattning.

Lokal är en viktig fråga när man skall bedriva ett caseseminarie då elever skall kunna föra ett samtal med alla andra elever i klassrummet och läraren oavsett var man sitter i salen. Mycket tavelutrymme är ett viktigt redskap i många caseseminarier (Kjellén et al, 1994).

Några viktiga aspekter att tänka på när man planerar caseundervisningen kan vara: vilka de viktiga frågeställningarna är, hur elevgruppen ser ut, vilka förkunskaper de har, hur undervisningstiden skall disponeras, om man skall arbeta i små grupper eller helklass, hur tavlan skall disponeras, vilka hjälpmedel som skall användas och hur salen skall möbleras. Dessa är däremot endast exempel på några viktiga aspekter som läraren borde ta hänsyn till innan caseundervisningen.

Caseundervisning måste inte förändra hela undervisningen utan kan användas som ett komplement till den ordinarie undervisningen (Allard, 2001). Många utövare rekommenderar att man börjar med några få case i sin undervisning för att se hur det fungerar och att man sedan kan välja att integrera mer och mer case i undervisningen allt eftersom (Kjellén et al, 1994). Vill man använda sig av casemetodik i sin undervisning bör man ha klart för sig vilken avsikt man har med undervisningen. Vill man använda sig av casemetodik för att skapa intresse, för att låta elever upptäcka nya kunskaper eller för att träna analytisk förmåga? (Allard, 2001).

Bieron & Dinan (1999) har med goda resultat prövat att undervisa i laborationer baserat på casemetodik. I deras laborativa kurs var undervisningen utformad med frihet i både genomförande och svar. Förhoppningsvis kan casemetodik även användas vid laborativt arbete hos Vetenskapens Hus.

3 Genomförande

3.1 Val av ämne

Ämnet för laborationen var tänkt att ligga inom energi och miljö. Flera olika förslag på ämnen inom energiteknik togs fram med hjälp av intervjuer hos forskare hos Energiteknik och informationssökning. Första urvalet slutade i fem ämnen: förnybara energiinstallationer till småhus, värmeförluster genom väggar och fönster, förnybar elproduktion, uppvärmning av hus och miljövänliga byggnader. Dessa fem ämnen valdes antingen på grund av närhet till någon forskning hos Energiteknik eller på grund av att ämnet hade relevans till aktuella frågor i vardagen. Ämnena valdes även utifrån möjligheten att skapa laborativt arbete kring ämnet.

För att passa in i verksamheten på Vetenskapens Hus är det viktigt att laborationen tilltalar gymnasielärare i Stockholms län och passar in i deras undervisning. Vid samtal med lärare på besök på Vetenskapens Hus framkom önskemål om ämnesområdet förnybar energi med hjälp av utrustning som normalt inte finns i skolor. Ett annat förslag som kom fram var hur en värmepump fungerar, alltså ett kylskåp eller värmepump.

Elever på besök hos Vetenskapens Hus fick fylla i en enkät om vilka av de fem ämnen som tilltalade dem mest samt motivera sitt val. Eleverna var mest intresserade av förnybar el och uppvärmning av hus med kommentarer som: *"Något som påverkar mig i vardagen", "Man kan relatera till sitt eget hus, inte bara massa prat som man ej fattar" "Det skulle vara kul att få mer inblick i hur det fungerar", "Eftersom det inte finns någon optimal lösning."*

I samråd med Vetenskapens Hus valdes solenergi som temat för laborationen. Det var enkelt att formulera en situation att basera laborationen på och det verkade som att man skulle kunna aktivera fler elever åt gången med flera olika typer av solpaneler.

3.2 Val av soltekniker

Valet av solpaneler gjordes i samband med flera besök hos Energiteknik och informationssökning på internet för att hitta vad som fanns att köpa kommersiellt eller tillverka och använda i en laborationssal.

Aktiv uppvärmning valdes istället för passiv uppvärmning då det finns några få huvudtekniker inom aktiv uppvärmning som är lättare att implementera i en laboration och konkret bestämma effekt på. Aktiv uppvärmning innebär oftast en solfångare som samlar solstrålning och värmer en värmebärare. Denna värmebärare värmväxlar oftast direkt mot en ackumulatortank som lagrar vatten till uppvärmning av utrymmen och tappvarmvatten (Boyle, 2004, s.18).

Flera olika typer av solpaneler skulle väljas för att främja öppenheten i laborationens resultat och för att kunna aktivera minst en halvklass vid olika stationer samtidigt. Solpaneler är den sammanfattande benämningen på paneler som omvandlar solstrålningen till användbar energi, termisk och/eller elektrisk. Solfångare används för att hänvisa till termiska paneler och solceller till elektriska paneler.

Plana solfångare. Dessa finns i många olika utförande till många olika applikationer. En billig variant av plana solfångare är att ha två tunna svarta plastskivor, i princip ett platt svart plaströr, som man låter vatten rinna mellan för att värma simbassänger. Dessa är billiga att tillverka och detta väger

oftast starkare än värmeförlusterna när man skall värma en simbassäng. Plana solfångare kan också ha formen av en isolerad låda med absorbatoren bakom en transparent täcke av plast eller glas. Materialet för absorbatoren varierar men består oftast av svartmålad metall i dyrare solfångare med högre effektivitet och plast i billigare plana solfångare. Den svarta färgen i absorbatoren reflekterar oftast endast tillbaka 10 % av solstrålningen (Boyle, 2004, s.36). En intressant variation på den plana solfångaren är att integrera solceller för att producera både värme och el (Boyle, 2004, s.37). Kommersiellt är det vanligare med vätska som värmebärare men jag har hittat enstaka producenter som använder luft som värmebärare. Luftsolfångare är däremot vanligare på internetforum för amatörer. Luft kan användas direkt för att värma utrymmen eller värmväxlas mot en vätska för att lagra värmen i en ackumulatortank.

Vakuumsolfångare. Dessa består av vakuumrör som oftast innehåller en heat pipe. Vakuumröret består av två lager glas med vakuum mellan dessa två lager. Det yttre lagret är genomskinligt och släpper igenom strålningen, det inre lagret är täckt med ett svart skikt för att absorbera strålningen. Vakuumpet i röret hjälper att motverka värmeförluster via ledning och konvektion (Boyle, 2004, s.37).

En heat pipe leder värmen från vakuumröret till en värmebärare. Detta heat pipe är ett slutet rör med en liten mängd vätska under låg tryck. Det låga trycket gör att vätskan inuti röret får en lägre kokpunkt och att röret får väldigt effektiv värmeövergång när vätskan i röret kokar i kontakt med röret (Boyle, 2004, s.37). Vätskan omvandlas till ånga som stiger för att värma värmebäraren vid toppen av röret. När värmen kommer till toppen kondenserar ångan, vilket också sker med mycket effektiv värmeövergång, och rinner sedan ner till botten av röret igen för att åter värmas upp och förångas. Vakuumsolfångare kan även göras med U-rör istället för heat pipe där själva värmebärande vätskan leds direkt igenom vakuumisolerade rör.

Koncentrerande solfångare. Dessa består av speglar som koncentrerar solljuset mot en punkt eller linje med en parabol eller trågformad parabol. Koncentrerande solfångare används främst för att producera ånga för att driva turbiner men finns även i utföranden för att producera varmvatten och el.

Solceller. Solceller omvandlar solstrålning till el. Kisel-solceller är den vanligaste typen av solceller på marknaden idag (Energimyndigheten, 2010). Andra typer av solcellstekniker är bland annat tunnfilmssolceller och Grätzel-solceller. Kisel-solceller är antingen polykristallina eller monokristallina. Skillnaden är att monokristallina solceller tillverkas av en kristallstruktur medan polykristallina byggs upp av flera kiselkristaller. Polykristallina solceller är billigare eftersom de kan göras av flera olika kristaller som ofta blir över vid tillverkning av monokristallina solceller. Deras uppbyggnad ger dem en något lägre verkningsgrad än monokristallina (Boyle, 2004, s.75-77).

Till laborationen valdes tre olika solfångare och solceller; en vakuumsolfångare, en plan solfångare, en luftsolfångare och polykristallina solceller. Tanken bakom detta var att visa upp ett så varierat utbud av solpaneler som möjligt.

Vakuumsrören är av typen heat pipe och valdes främst på grund av att det fanns en svensk återförsäljare som hade ett fungerande demoexemplar till salu. Demoexemplaret väger 8 kilogram istället för de något mer otympliga 35 kilogram som är vikten på den lättast kommersiella vakuumsrörspanelen (Apricus Solar Co., Ltd, 2010). En vakuumsrörspanel med 10 rör på två meters

längd var skulle också kräva mycket mer strålning än de lampor som valdes ut för användning i laborationen kan ge.



Figur 1 - Vakuumrörsolfångare demo

Den plana solfångaren ifrån Suncore är till skillnad från vakuumrören en tekniskt mycket enkel konstruktion. Det finns plana solfångare som har en mer avancerad konstruktion som är utvecklade för maximal effekt men då krävs tyngre och dyrare material. Denna panel valdes för att, till skillnad från vakuumrören, visa på en enkel konstruktion som fortfarande är helt duglig och billig på grund av dess enkla konstruktion och material.



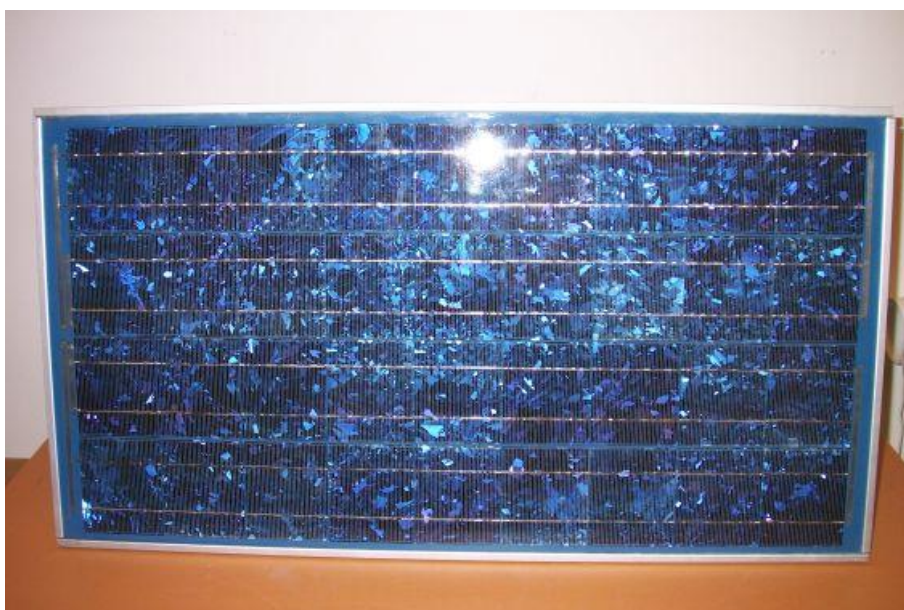
Figur 2 - Plan solfångare

KTH har utvecklat en luftsolångare som inte har formen av en panel som man monterar på taket eller en vägg utan integrerar i taket eller väggen. Detta fungerar genom att lägga glaspannor på taket istället för betong- eller tegelpannor alternativt bygga en vägg med glasskivor. Med kanaler i taket eller väggen skapar man en luftsolångare av hela eller delar av taket och väggar. Denna forskning som har vidareutvecklats till ett företag och en marknadsfärdig produkt var inspirationen till luftsolångaren. Det var däremot inte praktiskt att bygga en modell med glaspannor för att använda i laborationen. Istället byggde jag en luftsolångare som var lämplig i storlek och möjlig att utföra mätningar på. Inspirationen till bygget kom främst ifrån två olika hemsidor Reysa (2005) och Brunzell (2009) som visade hur de hade byggt sina luftsolångare.



Figur 3 - Luftsolångare

Solcellerna som används i laborationen fanns redan hos Vetenskapens Hus och passade i storlek och effekt.



Figur 4 - Solceller

Valet av paneler till laborationen representerar variationen i verkligheten för någon som väljer att titta på solpaneler till sitt hus, kanske även en mer nyanserad bild av vad som finns på marknaden jämfört med vad man ser på en mäsas. När jag besökte Nordbygg 2010 var det nästan uteslutande vakuumrörspaneler som visades. Samtidigt ligger panelerna nära till forskning på KTH. Den plana panelen håller till exempel fortfarande på att utvecklas för att göra den mer effektiv och integrera solceller i denna från början termiska panel.

3.3 Implementering av solpaneler

Implementeringsfasen av arbetet var till för att bestämma solpanelernas effekt på ett sätt som kunde genomföras i laborationsmiljö av elever. De praktiska rutinerna för att bestämma effekten hos solpanelerna kom dels från praktiska försök men också ifrån tidigare erfarenheter av arbete med solpaneler. Jag hittade två kurser som undervisade kring solpaneler, med information som var relevant för min laboration, en ifrån Medborgarskolan och en vid Malmös högskola (Energihjulet, 2003; Areskog, 2010).

3.3.1 Referensvärden

Jag har använt Sveriges Tekniska Forskningsinstituts omfattande test av plana solfångare och vakuumrörsolfångare, tillsammans med specifikationer ifrån och kontakt med leverantörer, som en referens för rimliga värden för effekt när jag testade de paneler jag använde i min laboration (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2010a).



Figur 5 - SPs solsimulator

3.3.2 Effektmätningar

För att bestämma effekten av solfångarna mäter man effekten som de tillför värmebäraren. Solcellernas effekt beräknas med den ström och spänning de levererar. En mer detaljerad beskrivning av hur man mäter panelernas effekt finns beskrivet i bilaga A under rubriken "Effekt".

Mätningar på panelernas effekt genomfördes på molnfria dagar i april och maj. Den effekt som solfångarna levererar till värmebäraren representerar solfångarnas termiska prestanda och ger en representation av vilken effekt de skulle kunna leverera i ett solvärmesystem. Solcellerna kopplas ihop med ett elektriskt motstånd för att ge mätvärden som motsvarar att de i en installation kopplas ihop med flera batterier för att lagra överskottsenergi.

Det som dokumenterades vid mätningarna var solstrålningen, tid och temperatur. Till solfångarna med vatten som värmebärare mättes upp mängden vatten med hjälp av en våg, till luftsolfångaren mättes luftflödet med hjälp av en anemometer vid luftintaget, därför där är densiteten konstant. De uppmätta värdena och beräkning av effekt finns i bilaga C. Panelernas effekt är sedan normaliserade för aperturarea (yta som vetter mot solen) och solstrålning. Effekten normaliserades för en solstrålning på 1000 W/m^2 och en aperturarea på 1 m^2 . En solstrålning på 1000 W/m^2 motsvarar solstrålningen vid en molnfri dag i Sverige (Svenska solenergiföreningen, 2009b).

Tabellen nedan visar resultatet ifrån mätningar av de fyra panelerna utomhus.

Effekt per m2 vid 1000W/m2 solstrålning				
Panel	Vakuum	Plan	Luft	Solceller
Solstrålning [W/m2]	980	940	1030	850
Aperturarea [m2]	0,08	0,92	1	0,45
Uppmätt effekt [W]	13	237	660	36
Normaliserad effekt [W/m2]	169	274	641	94

Den normaliserade effekten är alltså den värme eller eleffekten som panelen producerar per kvadratmeter vid 1000 W/m² strålning.

3.3.3 Aperturarea

Aperturarea bestäms olika för plana solpaneler och vakuumrör. På plana paneler bestäms aperturarea som längden gånger bredden av panelens absorberande yta. Detta gäller för tre av panelerna: plana solfångaren, luftsolfångaren och solcellerna. För vakuumrörsolfångare beräknas aperturarea med rördiameter gånger rörlängd och antal rör (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2010b). Samtidigt som effektiviteten per aperturarea är viktig när man håller på att testa solfångarna är byggarean, den yta som solfångaren tar upp på taket, nästan mer relevant för konsumenten. Vakuumrörsolfångarnas byggarean är ungefär dubbla aperturarea (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2010b).

3.3.4 Temperatur

Temperaturen på de termiska solpanelerna mättes med digitala termometrar. På luftsolfångaren placerades en termometer i luftintagsröret och en i utsläppsröret. I vakuumrörsolfångaren och plana solfångaren placerades termometern i värmebäraren via ett av intagen i solfångarna. Bilder ifrån placering av termometrar finns längst ner i bilaga B. Temperaturen i de vattenburna panelerna kontrollerades för att undersöka om termometrarna gav ett representativt värde för temperaturen i hela värmebärarens massa genom att efter varje mätning hälla ut värmebäraren i ett kärl och kontrollmäta mot sluttemperaturen som termometrarna visat. Detta visade att termometrarnas placering gav representativa resultat för hela värmebärarens massa.

3.3.5 Effektkurva hos solcellerna

För att bestämma solcellernas maximala effekt mättes ström och spänning vid olika motstånd. I-U kurvor visar solcellernas maximala effekt och finns i bilaga C.

3.3.6 Lampornas strålning

Den största svårigheten när panelerna skulle implementeras i laborationen var att bestämma lampornas strålning och panelernas effekt i laborationen utifrån soldata för panelerna. Solstrålningen uppmättes med hjälp av en handhållen pyranometer. Denna pyranometer mäter solstrålningen med hjälp av en liten solcell och har kalibrerats till $\pm 5\%$ mot Kipp-Zonen CM21, en fast pyranometer. Däremot är den begränsad till solstrålning och kan inte ange vilken strålningseffekt som lamporna ger eftersom de har ett annat ljusspektrum än solen. För att instrumentellt mäta lampornas strålning behövs en pyranometer som klarar av att mäta över hela ljusspektrumet. Jag hade tyvärr inte tillgång till en sådan pyranometer, istället skapades en kalibreringskorrelation mellan solen och lampornas strålning som gav en bra överensstämmelse för effekten.

3.3.7 Lampornas kalibrering

Solfångarnas effekt mättes alltså med en kalibrerad inställning av lamporna inomhus så att det motsvarade mätningarna som genomfördes utomhus. Kalibreringen förutsätter ett linjärt beroende mellan strålning och effekt. Detta beroende stämmer för en ideal svartkropp men felet som uppstår i och med att panelerna inte är ideala kompenseras av att kalibreringen ger ett mått på vilken strålning lamporna har i relation till både solen och panelen i fråga.

3.3.8 Resultat av kalibreringen

Resultatet av vilken strålning som lamporna motsvarar ges i elevinstruktionen (bilaga A). Hur placeringen av dessa lampor gick till finns beskrivet i assistenthandledningen (bilaga B). Effekten per kvadratmeter aperturarea med lampornas uppskattade strålning viktad till 1000W/m² finns i tabellen nedan, mätningarna gjorda finns i bilaga C.

Effekt per m2 vid motsvarande 1000W/m2 solstrålning				
Panel	Vakuum	Plan	Luft	Solceller
Strålning [W/m2]	800	500	500	150
Aperturarea [m2]	0,08	0,92	1	0,45
Uppmätt effekt [W]	10	128	320	6
Normaliserad effekt [W/m2]	163	278	641	89

Den normaliserade effekten är alltså den värme eller eleffekten som panelerna producerar per kvadratmeter vid 1000 W/m² strålning, till exempel är 89 W/m² = 6 W / (0,150*0,45m²) normaliserad effekt för solcellerna. Anledningen till att strålningen är så låg för solcellerna jämfört med de andra panelerna är att solcellerna är känsligare för variation i ljusets spektrum och skuggning, detta beskrivs mer i diskussionen. Värdet för vakuumpanelen är långt under värdet på effekt per kvadratmeter som erhålls ifrån riktiga paneler från samma leverantör. Trots att vakuumpanelen som används är ett tekniskt fungerande demoexemplar ger den inte ett representativt värde för en vanlig vakuumsolfångare. Detta löstes i laborationen med att ge eleverna en skalningsfaktor för uppmätt effekt utifrån att det är ett demoexemplar som vi mäter på.

3.4 Caselaborationen

Caselaborationens instruktioner och assistenthandledning byggdes upp med hjälp av Kjellén et al (1994) "Casemetodik. En handbok om att undervisa och att skriva.". Samtidigt påverkades laborationens utformning av hur ämnet implementerats och av de ramar som finns vid ett besök hos Vetenskapens Hus.

3.4.1 Elevinstruktioner

Caset har formen skrivbordscase, det vill säga författarens samlade kunskaper inom området framlagd som en tänkbar situation. Elevinstruktionerna (bilaga A) innehåller en introduktion, bilagor med information som kretsar kring ämnet, utrymme för anteckningar samt information om varje panel. I det inledande stycket presenteras situationen och de personer som ligger till grund för caset. Situationen som beskrivs är skriven så att eleverna skulle kunna befinna sig i samma situation som huvudaktörerna, om än i framtiden. Efter introduktionen presenteras laborationens arbetsflöde. Laborationens frågeställningar och vilka beslut som behöver tas är presenterade dels i arbetsflödet och dels under en egen rubrik. Arbetsflödet i laborationen baseras dels på vad som är kännetecknande för casemetodik och dels arbetsflödet under ett vanligt caseseminarie. Extra tid tas

i laborationens introduktion samt i caset för introduktion av arbetsflödet som troligtvis är ovant för eleverna. Istället för att eleverna kommer förberedda till ett caseseminarie skall det laborativa arbetet ge eleverna fördjupning i ämnet för att kunna föra en diskussion och fatta beslut utifrån situationen.

Enligt Dewey är elever motiverade av ett socialt behov av gemenskap, en nyfikenhet att utforska, en lust att skapa och tillverka, och ett estetiskt intresse. Uppgifter i skolan skall vara konstruerade för att möta dessa intressen. Laborationen är planerad för att vara undersökande och så öppen som möjligt med hänsyn till tidsbegränsningar.

Laborationens frågeställningar skall man kunna komma fram till genom att läsa casets första sida. För att situationen skall vara så autentisk som möjligt skall det inte finnas några frågeställningar som inte finns motiverade på första sidan. Målet är att komma så nära riktig problemlösning som möjligt där man måste både analysera vad problemet är utifrån situationen och sen föreslå lösningsmetoder och lösningar. Det är inte bara situationen som laborationen baseras på som skall vara verklighetsbaserade utan även själva undervisningen.

3.4.2 Assistenthandledningen

Syftet med assistenthandledningen (bilaga B) är att underlätta de teoretiska och praktiska förberedelserna för laborationen. Assistenthandledningen tar upp förslag på hur undervisningen kan genomföras, rimliga resultat ifrån den laborativa delen samt praktiska detaljer som till exempel lampornas positionering.

Assistenten tar flera roller vid caseundervisningen i laborationen. Assistenten har i rollen som samordnare, att se till att en diskussion eller lektion kan fortlöpa. Assistenten har rollen som undervisare, denne är en del av diskussionen och kan komplettera elevernas observationer och tankar med egna erfarenheter. En central roll för assistenten är att vara diskussionsledare, assistenten kan också behövas för att leda diskussionen framåt eller för att strukturera diskussionen (Kjellén, 1994). Centralt för planeringen av undervisningen för laborationen är att språket är ett viktigt redskap för lärande. Diskussionen skall möjliggöra att elever skapar inre förståelse för sina observationer och tankar ifrån laborationen. Vid diskussionen ska eleverna ha möjlighet att sätta in solenergi i deras vardag och förstå den samhälleliga kontexten.

4 Test av laborationen

4.1 Test av laboration med assistenter

Laborationshandledningarna gick igenom flera omgångar revidering. Efter att caset var skrivet fick nya ögon titta på den och se om all nödvändig information fanns med och om informationen las fram på ett tydligt sätt för eleverna. Innan laborationen testades på elever genomfördes laborationen med assistenter från Vetenskapens Hus. Vid denna laboration testades flödet, tidsåtgång för olika moment och tydlighet i elevhandledningen.

4.2 Besök ifrån vuxengymnasieelever

När man skall observera ett undervisningstillfälle finns det en överväldigande mångfald av aspekter som man kan välja att titta på. För att man skall ha möjlighet att observera dessa olika aspekter är det viktigt att ha en bild av vilka av dessa man väljer att observera innan man börjar. Innan jag genomförde laborationen med eleverna planerade jag lite för vad jag skulle tänka på medan jag genomförde laborationen, utifrån Kullberg (2004), som ger tips på vad man bör tänka på när man observerar undervisning. Observationerna vid laborationen med elever fokuserar på huruvida laborationen skapar intresse för ämnet energi och miljö. Intresse är något som man har möjlighet att observera vid ett enskilt tillfälle medan motivation kräver uppföljning över en längre tid och förståelse för vilka andra faktorer som påverkar elevernas motivation. Lyckas man skapa motivation bör man kunna observera eller förvänta sig att eleven handlar därefter, vilket kan gestalta sig genom till exempel: att elever undersöker ämnet på egen hand, utförligare förberedelse för lektioner och att eleven letar böcker, hemsidor, eller platser med relaterat innehåll (Abrahams, 2009). Inom ramen för detta examensarbete finns det inte tid att utvärdera om laborationer vid Vetenskapens Hus skapar motivation hos elever. Intresse för ämnet vid laborationen är något som är lättare att observera och något som en väl utformad laboration eller lärarinflytande kan skapa (Hidi & Berdorff, 1998).

Laborationen genomfördes med åtta elever ifrån ett vuxengymnasium i Stockholm. Några dagar innan besöket hade eleverna fått första sidan på elevinstruktionen (bilaga A) utdelad av sin lärare. Några elever verkade ha läst denna innan besöket och andra fick tid att läsa denna medan vi väntade in att alla elever skulle anlända. Laborationen följde assistenthandledningen (bilaga B). Några saker i assistenthandledning har däremot ändrats efter erfarenheter ifrån laborationen med eleverna.

Vid genomförandet av laborationen ledde jag laborationen men gjorde ljudinspelningar som en minnesanteckning ifrån laborationen. Eleverna fick plats kring två bord i laborationssalen. Två digitala diktafoner användes för att spela in hela laborationen. Under introduktionen och diskussionen låg de på två bord där eleverna satt. När eleverna laborerade bar två av grupperna med sig diktafonerna.

Inspelningarna fungerade väl för att kunna förankra de observationer jag gjorde under laborationens gång och gav mig en annan inblick i hur grupperna arbetade.

Några observationer ifrån laborationen:

Under diskussionen använde sig eleverna av argument om hur de olika panelerna fungerade tekniskt för att diskutera för- och nackdelar. Eleverna diskuterade för- och nackdelar baserade på om man använde sig av termiska paneler eller elektriska.

Några elever behövde mer tid till vissa beräkningarna än planerat. Vissa elever kunde använda formlerna och få fram rätt svar men visade inte förståelse för formelns uppbyggnad. Eleverna klarade av att räkna ut effekten men hade svårare att normalisera den för strålning och aperturarea. En ytterligare svårighet vid beräkningar uppstod när de skulle räkna ut vilken yta panel som behövs på taket. Denna uträkning kräver att man sätter sig in i bilagorna och kan sätta ihop informationen från flera olika källor. Eleverna hade inte tillräckligt lång tid att sätta sig in i denna uträkning och assistenthandledningen har justerats med tanke på detta. Innan den laborativa delen var slut hade de flesta grupper hunnit klart med beräkningarna, vissa tog hjälp av andra grupper mot slutet. Trots svårigheter med beräkningarna var alla grupper med och diskuterade för- och nackdelar utifrån resultaten ifrån den laborativa delen.

Eleverna satte sig in i situationen och diskuterade nya perspektiv kring panelerna samt drev fram diskussionen själva med många nya aspekter att tänka på vid valet av solpanel. Eleverna visade ett situationellt intresse för ämnet energi och miljö särskilt solenergi. Eleverna diskuterade ämnet och ställde frågor både under fikapausen och efter laborationen var slut. En av de viktigaste aspekterna för eleverna var ekonomi. Eleverna var intresserade av att diskutera och använda sig av sina observationer och mätningar för att argumentera för de olika panelerna. Eleverna tog upp många andra aspekter som skulle kräva ytterligare utforskning.

5 Diskussion

5.1 Felkällor i laborationen

Lamporna som användes var 500W halogenbyggglampor. Det värde för lampornas strålning som erhålls genom kalibreringen ger en god representation av vilken solstrålning lamporna motsvarar för panelerna. Det kan vara viktigt att veta att detta värde inte ger den egentliga strålningen från lamporna utan är en representation av vilken solstrålning som skulle skapa samma effekt hos de olika panelerna.

Vid mätningar utomhus placerades solpanelerna så att solens strålar inföll vinkelrätt mot panelen. Inomhus är det inte praktiskt att placera lamporna vid ett avstånd som skulle ge parallellt infallande strålar. Detta medför att det uppstår reflektion av lampornas strålning vid de yttre delarna av panelerna. Reflektionen tillsammans med att strålningen inte är homogen skapar en ojämn strålning vid olika delar av panelerna. Detta medför en ojämn uppvärmning av de termiska panelerna. Det kontrollerades vid implementeringen av panelerna att elevernas mätningar ändå skulle ge representativa resultat av effekten.

Instrumenten som användes till att göra beräkningarna till instruktionerna, samma som eleverna använder i laborationen, ger också en felkälla i resultaten då instrumenten är av hemma- eller hobbykvalitet. Resultaten duger för att föra en diskussion kring ämnet och ge en inblick i hur panelerna fungerar men har inte en hög noggrannhet.

För den elektriska panelen har den ojämna spridningen av ljuset en större inverkan. Solceller är känsliga för partiell skuggning och en ojämn fördelning av strålningen är i praktiken en form av partiell skuggning. I en solcellspanel är många solceller seriekopplade för att skapa en solcellspanel med önskvärd spänning. Eftersom de är seriekopplade måste hela solcellspanelen vara jämnt belyst för att uppnå maximal effekt.

Lamporna ger en mycket högre strålning relativt solen för de termiska än den elektriska panelen. Detta är dels på grund av den partiella skuggningen men främst på grund av att de termiska panelerna absorberar strålning oberoende av våglängd medan solcellerna endast drar nytta av strålning inom vissa våglängder. Det uppstår viss förvirring för eleverna att strålningen är olika för de olika panelerna. Det finns däremot ingen ekonomisk praktisk lösning för att skapa en strålning som egentligen motsvarar solstrålningen. Det är inte heller ett alternativ att räkna med molnfria dagar och verklig solstrålning när man skall genomföra laborationen.

5.2 Vad påverkar elevernas intresse för ämnet?

5.2.1 Intresse och motivation

I mycket forskning som undersöker det praktiska arbetets effektivitet och värde används motivation som en synonym till intresse, däremot skiljer sig dessa två begrepp åt mycket i värde och innebörd (Abrahams, 2009). Med motivation menas elevernas inre drivkraft till handling, medan intresse innebär fascination av ett ämne eller fenomen.

Cerini, Murray & Reiss (2003) visar att elever har en positiv attityd till laborativt arbete. Elever tycker att det är roligt att arbeta med praktisk undervisning i vetenskapliga ämnen. Att elever uttrycker att laborativt arbete är roligt tyder på att de tycker det är intressant. Skulle laborationerna motivera

elever skulle man kunna förvänta sig att de till exempel valde att läsa vidare inom laborationens ämne vid högre studier (Abrahams, 2009).

Kunskapssyn påverkar hur man ser på motivation och därigenom hur man planerar sin undervisning. Den största skillnaden är mellan yttre och inre motivation där till exempel behavioristerna utgick ifrån att elever motiveras bäst genom yttre motivation som belöning och straff. Kognitivisterna lägger större vikt på den inre motivationen. Elever är motiverade genom kunskap i sig. Särskilt när elever möter ett problem drivs de av en inre motivation för att lösa detta. Den pragmatiska och sociokulturella synen på motivation är mer holistisk och tittar på både den inre motivationen som eleverna drivs av men också hur samhället och interaktion med den och andra människor påverkar elevers motivation (Dysthe, 2003, s.38).

Egentligen är det motivation som Vetenskapens Hus önskar skapa med sina laborationer. Däremot är intresse fortfarande en relevant aspekt att titta på vid utvärderingen av laborationer. Om undervisningen skall vara motiverande är det nödvändigt att den är intresseväckande. Det är däremot inte nödvändigtvis så att intressanta laborationer skapar motivation. Samtidigt är det ett bra krav att ställa på nya laborationer som utvecklas att de skall vara intresseväckande, förhoppningsvis med en genomtänkt pedagogisk bakgrund av motivation.

5.2.2 Ämnesvalets innebörd

Effektiv caseundervisning är beroende av att ämnet väcker intresse hos eleverna. Därmed är det valda ämnet mycket aktuellt. Det går sällan många dagar utan att man läser om förnyelsebar energi och hur man kan använda den i våra hus. Ämnets verklighetsanknytning blandat med laborationens undersökande konstruktion gör förhoppningsvis att man utnyttjar elevernas inre motivation. Vetenskapens Hus har erfarenhet av att det väcker intresse när eleverna får möjlighet att arbeta med riktig teknik. Solpanelerna som används i laborationen är verklig teknik och det finns mycket man kan lära sig kring hur de fungerar rent tekniskt, både i sig och integrerat i ett hus. Hade man velat hade det inte varit något problem tidsmässigt att utforma en laboration endast kring de tekniska detaljerna av solpanelerna utan casemetodik. Rent praktiskt innebar detta att caseseminarier och den laborativa delen med mätningar på panelerna får dela på tre timmar. Ämnesvalet gjordes med bakomliggande krav att det skulle fungera att utforma en caselaboration på ämnet. Det är dock inte nödvändigtvis optimalt att blanda laborativa undersökningar och casemetodik eftersom både är ganska tidskrävande.

När jag pratade med elever om vilket ämne inom energi och miljö som tilltalade dem kändes casemetodiken och dess bakomliggande pedagogik som ett relevant arbetssätt.

Verklighetsförankring och att det finns så mycket att välja på inom förnybar energi var något som intresserade eleverna. Det finns vissa ämnen, till exempel där grundläggande kunskap står i fokus eller väldigt teoretiska laborationer, där det skulle kunna kännas krystat att utforma en laboration utifrån casemetodik.

Eleverna som var på besök verkade relatera ämnesvalet till sin vardag. Vid testlaborationen med vuxengymnasieelever var eleverna särskilt intresserade av de ekonomiska aspekterna av solenergi och dess implementering i bostadshus. Laborationen är inte utvecklad främst för detta syfte men detta hindrade inte oss att diskutera detta. En reflektion kring varför ekonomi var viktigt för denna grupp av elever var på grund av att gruppen bestod av vuxna elever. Eftersom laborationen är öppen för elevernas egna observationer och värderingar vid diskussionsdelen blir laborationen aldrig

densamma från gång till gång. Detta främjar elevernas inre motivation men ger ett oförutsägbart resultat av vilka aspekter som eleverna finner viktigast vid laborationen. Assistenten kan vara med i diskussionen och ta upp aspekter som anses viktiga men styr assistenten diskussionen för mycket riskerar man nog att motverka casemetodikens arbetssätt.

5.2.3 Assistentens roll

Assistenten har en stor roll i laborationen. Elever anser ofta att läraren spelar stor roll i hur intresserad man är för undervisningen. Det var en fördel att ha varit den som utformat laborationen när det var dags att genomföra den. Kjellén (1994) skriver att den första gången man genomför ett case sällan blir en fullträff. Precis som vanlig undervisning blir man bättre på att genomföra laborationen om man är intresserad av ämnet och undervisningsmetoden. Mycket casemetodiklitteratur poängterar att caseundervisning kräver mycket tid till förberedelse och har höga krav på interaktivitet under lektionstid. Helst ska man vara mycket väl påläst på ämnet samt kunna leda diskussion och underlätta lärande och interaktion mellan elever. Om intresset finns, så bör det vara förhållandevis enkelt för assistenten att sätta sig in i ämnet genom materialet som finns producerad för laborationen vilket kan kompletteras genom egna sökningar på ämnet på internet eller i böcker. På samma sätt är det möjligt att sätta sig in i hur casemetodik undervisning går till. Jag har hänvisat i assistenthandledningen till litteratur som ger en bra grund i casemetodik. Casemetodiklitteraturen är i vissa fall riktade mot lärare men lika ofta förutsätts ingen bakgrund inom pedagogik.

En kritik emot handledningar är att istället för att läsa igenom hela caset och göra en egen analys nöjer sig assistenter med att ha läst handledningen. Handledningen skall vara ett komplement till caset och ge assistenten ytterligare insikter och aspekter utöver elevhandledningen som kan hjälpa att leda diskussionen. Det är viktigt att assistenten är insatt i det material som eleverna möter och kan förstå deras analyser. Många skolor som väljer att använda sig av casemetodik ger kurser för sin personal i hur man leder caseundervisning. Det vore intressant att veta om det räcker att läsa elev- och assistenthandledningen för att genomföra en intresseskapande laboration. Om inte så är en utveckling av en kort utbildning inom laborativt casemetodik kanske ett vidare arbete på detta examensarbete.

5.2.4 Casemetodik som grund

Jag ser främst två fördelar med att använda casemetodik vid utformandet av laborationen: att laborationen måste utgå ifrån en verklighetsbaserad situation och att man får en öppen laboration. Det var lite ovant att utforma laborationen med casemetodik eftersom jag inte fann någon litteratur som hade använt casemetodik laborativt på ett sätt som skulle passa in på Vetenskapens Hus. Både det vanliga laborativa arbetsflödet och casemetodikens klassiska caseseminarie fick kompromissa lite för att få plats i samma undervisningspass. Vid skapandet av laborationen blev det tydligt att casemetodik främjade öppna laborationer. Laborationens öppenhet ska ge eleverna möjlighet att engagera sig i situationen och få göra egna bedömningar och beslut. Laborationer med större frihet kräver mer analys vilket kan leda till att vissa elever känner sig hjälplösa och kräver mer ledande frågor ifrån assistenten (Wickman, 2002). Casemetodik lägger stor vikt vid samtal som ett komplement vid öppna laborationerna kanske för att hjälpa eleverna själva strukturera upp det öppna formatet.

Vid första planeringen av instruktionerna fanns förhoppningen att laborationen skulle ha frihet i både genomförandet och resultat. Under planeringens gång samt efter genomförandet av en testlaboration med assistenter blev det tydligt att det inte fanns tid att låta eleverna arbeta fram ett helt eget genomförande och resultat. Genomförandet styrdes därför lite mer i instruktionerna samtidigt som resultatet fortfarande lämnades öppet. Det var hela tiden en balans mellan att styra för mycket och komma bort ifrån casemetodiken och hinna med det laborativa arbetet.

6 Slutsats

Casemetodik kan skapa intresse och har för vissa ämnen fördelar gentemot traditionella laborationer. Enligt mina observationer lyckades laborationen skapa intresse för ämnet solenergi i bostäder. Vid skapande av caselaborationer måste man vara medveten om casemetodikens nackdelar och välja moment eller ämnen som passar ihop med laborativ casemetodik. Ämnet som valdes till laborationen fungerade väl ihop med casemetodik. Den framtagna laborationen kan förhoppningsvis användas vid besök samt vara ett exempel på hur man utformar laborativ case och caseundervisning hos Vetenskapens Hus.

7 Referenser

- Abrahams, I. (2009). Does Practical Work Really Motivate? A Study of the Affective Value of Practical Work in Secondary School Science. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2335-2353.
- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A Study of the Effectiveness of Practical Work as a Teaching and Learning Method in School Science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Allard, M. (2001). Att arbeta med case i skolan. Lund: Studentlitteratur.
- Apricus Solar Co., Ltd (2010) Apricus Solar – AP Solar Collector Technical Details
http://www.apricus.com/html/solar_collector_technical_info.htm
- Areskog, Mats (2010) Kontakt via e-post med Mats Areskog vid Malmö högskola 2010-03-25 till 2010-04-17
- Barnes, L. B., Christensen, C. R., & Hansen, A. J. (1994). *Teaching and the Case Method*. Boston: Harvard Business School Press.
- Bengtsson, L. (2001). Att arbeta med case. Stockholm: Liber distribution.
- Bieron, J., & Dinan, F. (1999). *Case Studies Across a Science Curriculum*. Department of Chemistry and Biochemistry, Canisius College in Buffalo, NY.
- Boyle, Godfrey. (2004). *Renewable Energy*. Oxford: Oxford University Press.
- Dysthe, O (red.) (2003). *Dialog, samspel och lärande*. Lund: Studentlitteratur.
- Egidius, H. (1999). *PBL och casemetodik - Hur man gör och varför*. Lund: Studentlitteratur.
- Energihjulet (2003) Solkrus Effekt (2010-03-18)
<http://www.energi Hjulet.se/enerpass/medb-sko/effekt.html>
- Energimyndigheten (2010) Fakta om solceller (2010-04-26)
<http://energimyndigheten.se/sv/Energifakta/Energikallor/Sol--/Fakta-om-solceller/>
- Hartman, S., Lundgren, Ulf P., Hartman, Ros Mari. (2005). *John Dewey - Individ, skola och samhälle*. Stockholm: Natur och Kultur.
- Hartman, Sven G. (2003). *Skrivhandledning för examensarbeten och rapporter*. Stockholm: Natur och kultur.
- Hodson, D. (1993). Rethinking Old Ways; Towards a More Critical Approach to Practical work in School Science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2006). Lärares mål med laborativt arbete: Utveckla förståelse och intresse. *NorDiNa*, 1(5), 54-66.

- Jenkins, E. W. (1999). Practical work in school science – some questions to be answered. In Leach, J., & Paulsen A. (eds.). Practical Work in Science Education - Recent Research Studies. Denmark: Roskilde University Press.
- Kiessling, A., Henriksson, P. (2002). Efficacy of case method learning in general practice for secondary prevention in patients with coronary artery disease: randomised controlled study. *BMJ*, 325, 877-880
- Kjellén, B., Lundberg, K., & Myrman, Y. (1994). Casemetodik. En handbok om att undervisa och att skriva. Stockholm: Rådet för högre utbildning.
- Kullberg, B. (2004). Etnografi i klassrummet. Lund: Studentlitteratur.
- LeJon Solar (2009) Lejon Solar (2010-02-25) <http://www.lejonsolar.se/>
- Lundeberg, Mary A. (1999). Discovering Teaching and Learning Through Cases. In Lundeberg, Mary A., Levin, Barbara B., & Harrington, Helen L. Who Learns What From Cases and How?: The Research Base For Teaching and Learning With Cases. Mahwah, New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.
- Marantz P.R., Burton W, Steiner-Grossman, P. (2003). Using the case-discussion method to teach epidemiology and biostatistics. *Academic Medicine* ,78, 365-371.
- Merseth, Katherine K. (1999). A Rationale for Case-Based Pedagogy in Teacher Education. In Who Learns What From Cases and How?: The Research Base For Teaching and Learning With Cases. Mahwah, New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.
- Millar, R., Le Maréchal, J-F., Tiberghien, A. (1999). "Mapping" the domain. In Leach, J., & Paulsen A. (eds.). Practical Work in Science Education - Recent Research Studies. Denmark: Roskilde University Press.
- Norquist, Jonas. (2008) Casepedagogik. Stockholm:Karolinska Institutet.
- Reysa , Gary (2005) Building a Simple Solar Air Heating Collector (2010-03-29) <http://www.builditsolar.com/Projects/SpaceHeating/GregAircol/AirCol.htm>
- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (2010a) Förteckning över solfångare godkända för Boverkets installationsstöd (2010-03-12) http://www.sp.se/sv/units/energy/Documents/ETk/Forteckning_P-markta_och_ovriga_solfangare.pdf
- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (2010b) Areadefinitioner på solfångare (2010-03-12) <http://www.sp.se/sv/units/energy/Documents/ETk/Areadefinitioner.pdf>
- Stensmo, C. (1994). Pedagogisk filosofi. Lund: Studentlitteratur.
- Stensmo, C. (1999). Case methodology in teacher education compared to "traditional" academic teaching: A field experiment. Department of Teacher Training, Uppsala University.
- Stensmo, C. (2008). Ledarskap i klassrummet. Lund: Studentlitteratur.
- Svenska solenergiföreningen (2009a) El från solen (2010-04-15) <http://www.svensksolenergi.se/omsolenergi/elfransolen.html>

Svenska solenergiföreningen (2009b) Om solenergi (2010-04-15)
<http://www.svensksolenergi.se/omsolenergi/omsolenergi.html>

Säljö, R. (2000). Lärande i praktiken - Ett sociokulturellt perspektiv. Stockholm: Prisma.

Tärnevik, A. (2002). Advantages of using the multiple case method at the clinical stage of medical education. *Med Teach*, 24, 396-401.

Tärnevik, A. (2007). Revival of the case method: a way to retain student-centered learning in a post-PBL era. *Med Teach*, 29, 32-36.

Wellington, J. (red.) (1998). *Practical work in school science - which way now?* Padstow: Routledge.

Vernon, D. T., Blake, R. L. (1993). Does problem-based learning work? A meta-analysis of evaluative research. *Academic Medicine*, 68(7), 550-563.

Wickman, Per-Olof. (2002). Vad kan man lära sig av laborationer? I Helge. Strömdahl (red.), *Kommunicera naturvetenskap i skolan – några forskningsresultat*. Lund: Studentlitteratur.

Vygotskij, L. (1999). *Tänkande och språk*. Göteborg: Daidalos

8 Bilagor

Bilaga A – Elevhandledning

Bilaga B – Assistenthandledning

Bilaga C – Mätningar på solpaneler



Solpanelslaboration

Hur fångar vi solens energi?

(Elevhandledning)

Nivå: A-, B-kurs

Albanova Universitetscentrum

Stockholm

Leif Hammar, 2010-07-28

www.vetenskapenshus.se

Introduktion

Karl Karlsson kom hem ifrån jobbet till sin villa i en förort till Stockholm. På väg in i huset hämtade han posten. Bland posten låg en faktura från deras elbolag. När Karl hade lite tid senare öppnade han den och fick en chock. Han ropade omedelbart på sin fru Karin och visade henne fakturan.

Karl: Detta är nog den största elräkningen vi någonsin fått. Man ser svart på vitt att det har varit en riktigt kall vinter i år.

Karin tyckte det var mycket intressant att se hur mycket el deras hus förbrukade då hon läst många artiklar i dagstidningar den senaste tiden om energiförbrukning och hus.

Karin: Ja, räkningen kanske inte är så konstigt med tanke på temperaturen denna vinter. Jag föreslår att vi tittar på hur vi kan spendera pengar på att sänka vår elräkning till nästa år. På det sättet spenderar vi pengar på vårt hus istället för att ge dem till elbolaget.

Karl: Det låter som en jättebra idé. För att det ska vara värt att investera pengar på huset måste det sänka elförbrukningen i relation till vad det kostar, fast hur miljövänligt det är spelar väl också roll. Hade du någon specifik idé om vad vi skall göra?

Karin: Ja vi har redan energifönster och det känns inte som vi är redo för någon stor renovering där vi skulle kunna isolera mer i väggar och tak. Två förslag jag sett som återstår då är antingen att byta ut vår elpanna eller att installera solpaneler.

Karl och Karin beslutade att eftersom deras elpanna, som värmde vatten till uppvärmning av huset och till hushållsvarmvatten, inte var trasig skulle de vänta och byta ut den tills den började strula. De tyckte att solpaneler var ett bra ställe att börja förbruka mindre el då solenergi fungerar med både deras nuvarande elpanna eller med elektriska paneler direkt mot elförbrukningen, om de bestämmer att installera sådana. Dessutom kan man få bidrag om man installerar solenergi. De började titta på marknaden av solpaneler och insåg att det fanns väldigt många olika sätt att fånga solen.

Bakgrund

I en normalstor svensk villa står uppvärmning och ventilation för ungefär 60 % av den totala energiförbrukningen, tappvarmvatten för 20 % och hushållsel för 20 %. Uppvärmningsbehovet i svenska hem varierar mycket då utomhustemperaturen svänger mellan 20 grader kallt på vintern till 20 grader varmt på sommaren. Behovet av tappvarmvatten och hushållsel är däremot ganska konstant under året. Europaparlamentet har beslutat för höjda energikrav för byggnader vilket även omfattar bostäder. Från och med 2019 ska alla byggnader som byggs ge lika mycket energi som de förbrukar. Detta gäller även för hus som genomgår större renoveringar. Vi skall följa familjen Karlsson som är intresserade av energikällor som kan sänka deras nuvarande elförbrukning på ett miljövänligt och ekonomiskt sätt.

Arbetsgång

Det finns tre stycken olika typer av solfångare och en typ av solceller att laborera med här. De olika typer av solfångare som finns här är vakuumrörs-, plan- och luftsolfångare. Solcellerna är polykristallina solceller. Ni ska undersöka hur de olika solfångarna och solcellerna fungerar och hur mycket energi de kan omvandla och ge ett hushåll. Ni kan även bilda er en uppfattning om vilken miljöpåverkan de har och hur de jämför sig ekonomiskt. De funderingar som ni skall besvara som familjen mötte finns nedan. Efter att vi har laborerat samlas vi för att diskutera era lösningar.

Arbetsätt för denna laboration:

- 1) Introduktion (gemensamt)
Vad handlar situationen om? Vilka problem har människorna i situationen? Vad finns det för information tillgänglig? Vilka är de centrala frågeställningar?
- 2) Organisera detaljerna (gruppvis)
Bläddra igenom informationen som finns tillgänglig. Vad behöver ni veta för att lösa problemet? Skriv ner tankar och den information som verkar relevant. Samla den laborativa information som ni behöver om solpanelerna.
- 3) Analysera er resultat (gruppvis)
Vad var problemet nu igen? Vad anser ni är lösningen på frågeställningarna?
Förbered er för att diskutera era svar.
- 4) Diskussion (gemensamt)
Vi samlas och diskuterar vilka lösningar vi kommit fram till. Vi delar med oss av vår analys av situationen. Var det något vi inte hann lösa kan vi fylla i varandras kunskapsluckor för att sedan kunna göra en djupare analys av situationen.

Frågeställningar och beslut

Dessa frågor skall ni samla information om när ni laborerar:

- 1) Vilken solpanel kan ge mest användbar energi?
Hur många kvadratmeter behöver familjen?
- 2) Rekommenderar ni den mest effektiva solpanelen eller finns det någon annan ni föredrar?
Vilken aspekt är viktigast: verkningsgrad, utseende, hållbarhet, miljövänlighet, kostnad?

Information

Allmän information om energi och solen och hur ni kan testa de olika solpanelerna finns i bilagor till denna instruktion. Information om respektive solpanel finns vid varje labbstation.

Bilagor:

- 1) Effekt och verkningsgrad
- 2) Solstrålning
- 3) Energiförbrukning, ekonomi och miljö

Effekt

För att jämföra de olika solfångare och solcellerna ska ni beräkna effekt per kvadratmeter [W/m^2]
Glöm inte ta hänsyn till hur stor lampornas strålning är relativt solen och hur stor aperturarean är.

Solfångare

För att mäta solfångarnas effekt använder vi oss av specifik värmekapacitet.

$$P = (C_p * \Delta T * m) / \Delta t$$

$P = \text{Effekt [W]}$

$C_p = \text{värmebärarens specifik värmekapacitet [kJ/(kg * K)]}$

$\Delta T = \text{temperaturhöjningen i värmebäraren [K]}$

$m = \text{värmebärarens massa [kg]}$

$\Delta t = \text{tiden under mätperioden [s]}$

Ämne	C_p [kJ/(kg * K)]	Densitet [kg/m ³]
Vatten	4,18	998
Luft	1	1,2

Solceller

Solcellerna omvandlar ljuset till likström och vi kan därför använda elektrisk effekt.

$$P = U * I$$

$P = \text{Effekt [W]}$

$U = \text{Spänning [V]}$

$I = \text{Ström [A]}$

För att mäta effekten i panelen mäter ni spänning och ström med hjälp av två multimetrar inkopplade i en krets med solcellerna.

Verkningsgrad

Efter ni har beräknat effekt kan ni beräkna de olika solfångare och solcellernas verkningsgrad, hur stor del av solstrålning som varje solfångare eller solcellerna kan ta tillvara.

$$\eta = \frac{Q_{\text{nyttig}}}{Q_{\text{instrålad}}}$$

$\eta = \text{verkningsgrad}$

$Q_{\text{nyttig}} = \text{Solpanelernas nyttiga effekt per kvadratmeter [W/m}^2\text{]}$

$Q_{\text{instrålad}} = \text{Strålning per kvadratmeter [W/m}^2\text{]}$

Solstrålning

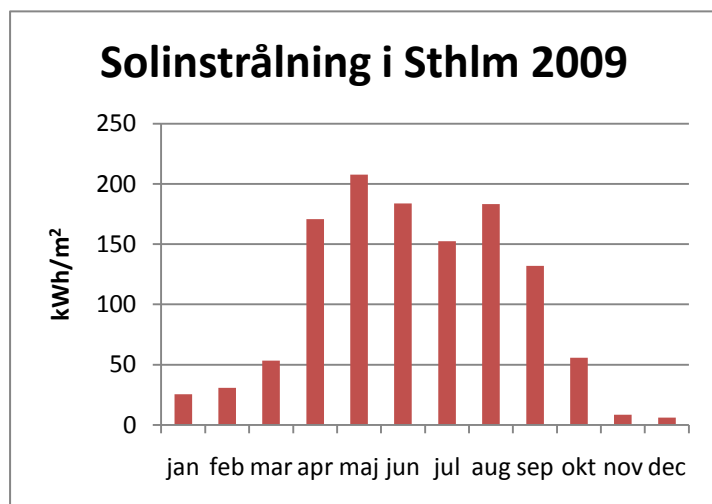
När solen ligger på för fullt är solstrålningen **1000 W/m²**.¹

Moln, dimma och föroreningar i atmosfären kan snabbt ändra solstrålningen temporärt. Några vanliga värden finns nedan:²

Solen högt på himlen	W/m ²
Klar sikt	1000
Soldis	500
Mulet	150
Tunga regnmoln	40-80

Antal soltimmar per dag varierar ganska kraftigt över året i Sverige. Solstrålningen innehåller i genomsnitt 1000 kWh energi per kvadratmeter och år i Sverige.³ Nedan har ni ett diagram över hur solstrålningen var fördelat år 2009.

2009 fick Stockholm 1200 kWh/m² varav **1030 kWh/m² var under högsäsong april till september**.⁴



¹ <http://www.svensksolenergi.se/omsolenergi/omsolenergi.html>

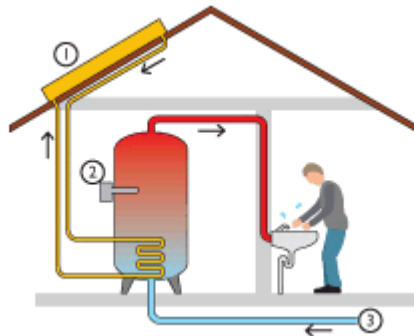
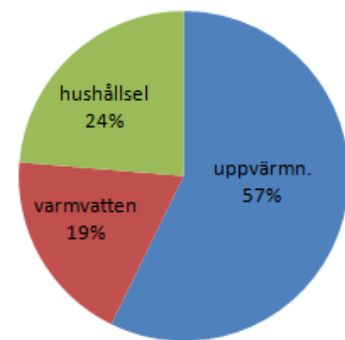
² <http://www.energihjulet.se/enerpass/medb-sko/effekt.html>

³ <http://www.svensksolenergi.se/omsolenergi/omsolenergi.html>

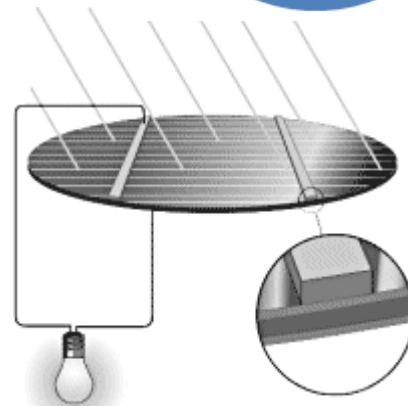
⁴ <http://produkter.smhi.se/strang/>

Energiförbrukning, ekonomi och miljö

En vanlig svenska villa använder i snitt 26200 kWh energi per år. Ungefär 15000 kWh till uppvärmning, **5000 kWh till tappvarmvatten** och **6200 kWh till hushållsel**. Om huset är eluppvärmt kostar detta ungefär 34000 kr om året med ett elpris på ungefär 1,3 kr/kWh.^{5,6}



Schematisk bild av ett solfångarsystem som levererar varmvatten. Nr. 1 Solfångare. Nr. 2 Elpatron. Nr. 3 Kallvatten in. Bild: Bo Reinerdahl



Schematisk bild av en solcell för att leverera el. <http://www.svensksolenergi.se>

Solfångare och solceller installeras ofta i kombisystem det vill säga som ett komplement till ett befintligt eller nyinstallerat värme- eller elsystem. I en termisk panel pumpas vatten upp på taket och värms och går sedan vidare till ackumulatortanken, en stor tank fylld med vatten som man värmer för att användas för tappvarmvatten och till uppvärmning. Om inte solvärmen räcker till värmer man vattnet med en elpatron, som fungerar ungefär som en vattenkokare, eller så värmer man vattnet genom att elda med till exempel pellets. Elektriska paneler omvandlar solljuset till ström som man kan driva hushållets elektronik med. Producerar man mer el än man förbrukar kan man antingen leda ut överskottet på elnätet eller lagra det i batterier för att kunna använda det senare när solen inte lyser.

För att maximera vinsterna vill man oftast inte installera mer effekt än man kan använda när man har som mest sol mellan april och september. För att bestämma hur mycket man behöver installera kan man med hjälp av hur mycket instrålning man har under dessa månader och verkningsgraden hos solfångare eller solceller beräkna hur mycket energi man får ut ifrån en kvadratmeter. Sedan kan man bestämma hur många kvadratmeter man behöver för att täcka hur mycket man förbrukar under samma period.

Solpaneler har i princip ingen driftskostnad och därför är energipriset för solenergi endast beroende på den investeringskostnad och återbetalningstid man har för solsystemet. Den ekonomiska återbetalningstiden bestäms av investeringskostnaden dividerat på den insparade energin gånger elpriset. Solsystem har ingen negativ miljöpåverkan vid drift.⁷ Ett solsystems möjliga negativa miljöpåverkan skulle kunna uppkomma vid tillverkning och återvinning.⁸ En annan aspekt att ta hänsyn till, är vilken energi som solenergin ersätter.

⁵ http://www.vattenfall.se/www/vf_se/vf_se/933143blaxe/1690393dittx/index.jsp

⁶ <http://energikalkylen.energimyndigheten.se/>

⁷ <http://www.svensksolenergi.se/omsolenergi/omsolenergi.html>

⁸ <http://www.energimyndigheten.se/sv/Energifakta/Energikallor/Sol--/Fakta-om-solceller/Miljoeffekter-och-forsorjningsaspekter/>

Solceller

Anteckningar:

tid [min]	spänning [V]	ström [A]
5		
10		
15		

Effekt per panel:

Effekt per m^2 vid 1000 W/m^2 :

Verkningsgrad:

Hur många m^2 behöver familjen installera?

Vakuumsolfångare

Anteckningar:

tid [min]	temperatur [°C]	ökning [°C]
9		-----
12		
15		
18		
	medelvärde	

Effekt per panel:

Effekt per m² vid 1000 W/m²:

Verkningsgrad:

Hur många m² behöver familjen installera?

Luftolfångare

Anteckningar:

tid [min]	T_{ut} [°C]	T_{in} [°C]
5		
10		
15		
medelvärde		

Effekt per panel:

Effekt per m^2 vid 1000 W/m^2 :

Verkningsgrad:

Hur många m^2 behöver familjen installera?

Plan solfångare

Anteckningar:

tid [min]	temperatur [°C]	ökning [°C]
9		-----
12		
15		
18		
	medelvärde	

Effekt per panel:

Effekt per m² vid 1000 W/m²:

Verkningsgrad:

Hur många m² behöver familjen installera?



Solpanelslaboration

Hur fångar vi solens energi?

(Assistenthandledning)

Nivå: A-, B-kurs

Albanova Universitetscentrum

Stockholm

Leif Hammar, 2010-07-24

www.vetenskapenshus.se

Caselaboration

Laborationsinstruktionen är skriven för att laborationen skall genomföras med casemetodik. Detta är ett förslag på hur undervisningen kan gå till. När ni känner er bekväma med materialet har ni kanske er egen version av hur undervisningen fortlöper. Förutom detta dokument bör man ha läst igenom laborationsinstruktionen och dess bilagor för att kunna vara väl förberedd för att handleda elever.

Om du vill undervisa denna laboration utifrån casemetodik, är ett bra material att läsa "Att undervisa med casemetoden", en text som Rådet för högre utbildning har tagit fram. Mest relevant för själva undervisningstillfället är följande avsnitt: Casemetoden: ett försök till definition, förberedelser inför seminariet, den pedagogiska processen i klassrummet.

Texten finns här: <http://hgur.hsv.se/case-methods/Casemetodik/handbook1.html>

Mål med laborationen

- Skapa intresse för ämnet energi och miljö
- Lära sig hur solens energi kan fångas i småskaliga installationer
- Lära sig vilka solfångare som är effektiva i vårt klimat
- Lära sig argumentera och presentera för och emot olika lösningar på en situation

Målen för laborationen är dels att skapa intresse för energiteknik men även att fördjupa elevernas förståelse för hur dessa tekniker fungerar och påverkar energiförbrukningen i ett hus. Mycket av materialen kretsar kring en liten villa. Det kan vara relevant att påtala att solpaneler också går bra att installera på andra byggnader som t.ex. lägenhetshus. Målen bör leda vilken vikt man lägger på olika moment och hur viktigt det är att skapa intresse för ämnet och få en fungerande diskussion. Samtidigt som det är önskvärt att eleverna skall ta till sig nya kunskaper är det viktigare att laborationen inspirerar dem till att vilja lära sig mer om miljö och energi.

Laborationen är uppdelad i tre delar: introduktion av situationen, laboration (informationssamling och analys) och diskussion av lösningar.

Introduktion

Introducera arbetssättet och den situation som laborationen skall handla om. (ca 30min)

Två möjliga öppningar till laborationen:

"Solen är jordens enda energikälla" Stämmer detta, hur många tror på detta?

Vilka energikällor känner eleverna till? (t.ex. fossilt, vind, vatten, sol, bio, fusion/fission)

Alla dessa kommer ifrån vår sol mer eller mindre direkt förutom fusion/fission, det stämmer alltså inte helt men de flesta av våra energikällor kommer ändå från solen.

eller

Har ni sett solceller eller solfångare på tak eller vägg i Stockholm eller någon annanstans i Sverige? För varje människa i Sverige finns 1W solceller installerad. För varje människa i Tyskland och Spanien ungefär 70W. Solvärme per capita i Sverige är ungefär 25W, vilket ligger lite över Spanien som har ungefär 19W per capita. Tyskland leder ligan i Europa med 80W solvärme per capita. Varje användbar watt solenergi installerad per capita ger ungefär 1 kWh/år.

Rita upp en enkel tabell med land och elektrisk och termisk installerad effekt per capita.

Installerad effekt per capita [W] - 2008

Land	PV	per capita [W]	termisk	per capita [W]
Sverige	7,9 MW	0,9	23 MW	25
Spanien	3,4 GW	72,9	85 MW	18,5
Tyskland	5,3 GW	65	6,6 GW	80

Källa: http://www.iea-pvps.org/products/download/rep1_18.pdf

http://www.iea-shc.org/publications/statistics/IEA-SHC_Solar_Heat_Worldwide-2009.pdf

Börja sedan med att gå igenom instruktionerna med klassen. Vad handlar situationen om? Vad är egentligen problemet? Vad finns det för information tillgänglig?

Några aspekter som kan vara bra att ha pratat om innan eleverna laborerar eller när det dyker upp:

- Att det finns både termiska och elektriska paneler
- Hur man lagrar energi i vatten eller batterier, hur länge man kan lagra i dessa former
- Vad våra bostäder använder energi till och hur det ändras över året
- När vi har tillgång till sol och vilken energibehov ifrån huset som kan mötas
- Effekt och verkningsgrad

Informera om att ni först kommer att laborera och sedan samlas för att diskutera resultatet och elevernas åsikter. Berätta ungefär hur mycket tid det är tänkt att detta skall ta. Laborationen bygger mycket på att eleverna sätter sig in i bilagorna till laborationsinstruktionen. I samband med att man går igenom aspekterna ovan kan man använda sig av laborationsinstruktionerna för att visa hur man bläddrar i dem och samlar information. Vid första stationen bör eleverna ha gott om tid att sätta sig in i instruktionen innan de börjar laborera.

Laboration

Dela in eleverna i grupper och börja laborera. Det skall vara högst fyra grupper eftersom det finns fyra olika solpaneler. (ca 90 min)

Vissa saker skall eleverna helst inte göra själva. Lamporna kan bli väldigt varma och vi vill inte att någon bränner sig. Eleverna bör inte ta på lamporna någon gång under laborationen eller byta vatten på solfångarna. Solcellerna ger när lamporna är påslagna en ström på 0,5 A därför bör man inte koppla ur eller ihop dessa när lamporna är på.

Panel används för att referera till såväl solceller som till solfångare. Solfångare innebär termisk uppfångning av solstrålning medan solceller omvandlar solstrålning till elektricitet.

När man beräknar effekt på de två vattensolfångarna skall man inte slå på lamporna tills man har fyllt och placerat solfångaren. Sedan kan man mäta effekt när solfångaren stiger stadigt i temperatur och inte från allra första sekunden. Max temperaturen som bör tillåtas i vattensolfångarna är 70 grader.

Lamporna till luftsolfångaren kan stå på under hela laborationen då det tar ett tag innan lådan är uppvärmd. Man mäter momentant och det är bara bra om ut temperaturen får stabilisera sig vilket händer kring 40 grader med fyra lampor vid 100 cm avstånd.

På solcellerna mäter man också momentant. Effekten är beroende på temperatur vilket ger en liten variation i spänning, och därför bör eleverna ta sitt sista mätvärde ifrån solcellerna till sina beräkningar.

Efter alla elever har samlat mätvärden ifrån en station kan det behövas att ni går igenom hur man använder effekt och verkningsgrad för att beräkna hur stor yta som behövs på taket baserat på hur mycket energi och vilken energi man vill ersätta med solenergi. Många har svårt med normaliseringen för lampornas strålning och aperturarea och detta kan vara viktigt att förklara både hur och varför man gör denna normalisering.

Resultat

Mätningar av solfångarna hittar ni i excelarket effektmätning_solpaneler.xlsx

Generella riktlinjer för förväntat resultat:

Panel	Effektivitet	aperturarea [m ²]	produktion [kWh]	kostnad paneler [kr]	system kostnad [kr]	statligt stöd [kr]	återbetalningstid [år]
Vakuum	0,65	3,7	2913	22322	47322	7282	11
Plan	0,28	8,7	2913	17452	42452	7282	9
Luft	0,32	7,6	2913	15149	40149	7282	9
Solcell	0,09	33,9	3612	169364	194364	116618	17

1) Effektiviteten för vakuumsolfångaren är fyra gånger uppmätta effektiviteten för att kompensera att den är en modell.

2) Effektiviteten för luftolfångaren är halva uppmätta effektiviteten för att räkna som system och inte direktverkande.

System innebär paneler med installationskostnad samt kringhörande vattentankar eller batterier och styrelektronik.

Aperturarea

Tanken är att man vill minska elförbrukning till varmvattenuppvärmning med hjälp av solfångare under högsäsong april till september. Husets varmvattenförbrukning är dessa 6 månader är 2500kWh hälften av årsförbrukningen på 5000kWh.

Den aperturarea som behövs på taket kan då brytas ut ur följande ekvation:

$$\text{önskad produktion}(2500\text{kWh}) = \text{yta på taket [m}^2\text{]} * \text{instrålning apr – sep} \left(1030 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right) * \text{verkningsgrad}$$

Solvärme är som elnätet: det som produceras måste förbrukas. Om man tillverkar mer än man förbrukar börjar solfångarna på taket koka om man inte kan leda bort värmen. Detta är anledningen till att man oftast dimensionerar ytan på taket efter det som används under sommarhalvåret. Man kan leda ner värme till berget eller en simbassäng om man har en. Godkända solfångare ska klara av att koka men det är inte direkt bra för dem. Om man har möjlighet att leda bort värme vid behov kan man dimensionera solfångarsystem för att täcka delar av uppvärmningsbehovet och varmvatten på höst och vår.

För de flesta av panelerna är byggarean ungefär samma som aperturarean. För vakuumsolfångare är det aperturarea som används för att bestämma effekten. Däremot är byggarean, arean som krävs på taket, dubbelt så stor som aperturarean.

Produktion, totalt ifrån solfångarna, är hela årets instrålning gånger yta och effektivitet.

Kostnad paneler är priset per kvadratmeter multiplicerat med totala absorberarean på taket.

Systemkostnad är panelkostnaden plus en kostnad på 25000kr för tank eller batterier, styrelektronik och installation.

Det **statliga solvärmestödet** är 2,5kr per tänkt producerad kWh/år.

Det **statliga solcellsstödet** är 60% av totala systemkostnaderna.

Återbetalningstid i år är investeringen delat på hur mycket man sparar varje år. Investeringen är systemkostnaden minus det statliga stödet. Det man sparar per år är produktionen gånger ett elpris på 1,3kr/kWh, förutsatt att man tidigare värmde huset med el. Denna uträkning tar inte hänsyn till ränta om man finansierar investeringen men inte heller t.ex. en ökning av elpriset utöver inflationen.

Återbetalningstiden för luftsolfångaren gäller en utvändigt installation av en fristående låda. Kostnaden blir tyvärr ungefär det dubbla om man vill lägga glaspannor på. När man lägger glaspannor lägger man däremot på en hel sida av taket vilket innebär mer yta och mer energi särskilt under en snöfri vinter.

En väldigt kort sammanfattning av miljöeffekterna ifrån sol och värme finns i bilagan "Energiförbrukning, ekonomi och miljö" till labbinstruktionen. En lite mer utförligare sammanfattning skriven av energimyndigheten finns här:

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Energifakta/Energikallor/Sol--/Fakta-om-solceller/Miljoeffekter-och-forsorjningsaspekter/>

Diskussion

Det viktigaste när ni laborerar är att eleverna får bekanta sig med de olika teknikerna och bilda sig en uppfattning om hur de fungerar. Laborationen kan antingen göras så att eleverna har tid att bearbeta resultatet och hinner diskutera kostnad och miljö i smågrupper eller så kan ni göra det i helklass, innan ni diskuterar vilka aspekter av effekt, ekonomi och miljö som eleverna anser är viktigast. Upplägg får variera, beroende på hur mycket tid ni har kvar efter laborationsdelen.

Samla eleverna för diskussion. (ca 60 min)

När grupperna har haft tid att mäta vid alla stationer och förhoppningsvis analysera den information de samlat är det tid att samla eleverna och ha en diskussion (caseseminarie) kring sina lösningar.

Om ni har fyra grupper borde alla grupper hinna göra minst två stationer var. Ett sätt att starta diskussionen är att varje grupp presenterar en av de solpaneler som de undersökte.

Laborationens resultat är öppet och det finns inget rätt svar till vilken installation som vore bättre än någon annan. Svaret är ett resultat av mätningar och värderingar gjorda under laborationens gång.

Här skall assistenten leda en diskussion där eleverna presenterar och argumenterar för sina svar på laborationens frågeställningar. Läraren leder diskussionen utifrån elevernas åsikter och kan i vissa fall fylla i med egna kunskaper och insikter som kan leda till ytterligare diskussion. Alla elever ska kunna se varandra, läraren och tavlan. Medan man leder samtalet kan det vara bra att använda sig av tavlan för att anteckna dels resultat men även för- och nackdelar för olika solpaneler. För att kunna leda en bra diskussion krävs att man har bra koll på materialet som till exempel kunskaper om hur de olika solpanelerna fungerar och deras olika för- och nackdelar. Man behöver inte vara allvetande och det

kan vara en poäng att erkänna när man saknar någon information då detta kan främja att elever också vågar prata även om de inte känner att de har stenkoll på svaret.

Man kan börja diskussionen med att fråga vilken av solpanelerna eleverna skulle välja och sedan ställa samma fråga igen efter diskussionen. Led eleverna genom en diskussion kring frågeställningarna:

- 1) Vilken solfångare kan ge mest användbar energi?
- 2) Hur många kvadratmeter behöver familjen?
- 3) Rekommenderar ni den mest effektiva solfångare eller finns det någon annan ni föredrar?
- 4) Vilken aspekt är viktigast: effektivitet, konstruktion(utseende), material(miljö), kostnad?

De första två frågorna är mera faktabaserade och de olika gruppernas resultat ifrån mätningar kan samlas på tavlan.

Fråga 3 och 4 är mera diskussionsbaserade och här kan man behöva skapa diskussion om eleverna inte spontant diskuterar dessa frågor. Början till en diskussion kan vara möjliga för- och nackdelar för de olika solpanelerna.

Förhoppningsvis har ni klarat av de huvudsakliga målen för laborationen (som står i början av detta dokument) om ni hunnit med att laborera och någon form av diskussion. Beroende på hur väl laborationen gick kanske man hinner diskutera/jämföra fler eller mindre aspekter kring solfångarna. Det är eleverna som konstruerar ny kunskap och om man inte hinner med alla aspekter bör detta inte ses som ett misslyckande utan eleverna har fortfarande haft möjlighet att tillägna sig nya kunskaper om solenergi och förhoppningsvis blivit intresserade av att lära sig mer.

Litteratur om case

För litteratur om praktisk caseundervisning rekommenderas följande:

Kjellén, B. (1994): Att undervisa med casemetoden, en handbok om att undervisa och att skriva. Stockholm: Högskolans grundutbildningsråd. Nationellt centrum för casemetodik <http://hgur.hsv.se/case-methods/Casemetodik/handbook1.html> (Network for Case Methods Learning).

Allard, Michael (2001): Att arbeta med case i skolan. Lund, Studentlitteratur.

Egidius, Henry (1999): PBL och casemetodik. Lund, Studentlitteratur.

Bengtsson, L. (2001): Att arbeta med case. Stockholm: Liber distribution.

Praktisk information om laborationsuppställningarna

Lamporna drar väldigt mycket ström särskilt när de först slås på och ska helst kopplas till de vanliga urtagen vid trefas grupperna eller max en lampa per 10 A grupp. Det finns två trefasgrupper i fysiklabben, en fast (vänster bild) och en i proppskåpsrummet som det finns en kort sladd till (höger bild). Lamporna skall inte flyttas när de är på och får gärna svalna lite innan de flyttas efter labben.



Lampor bör placeras så att ljuset i möjligaste mån infaller vinkelrätt mot panelerna.

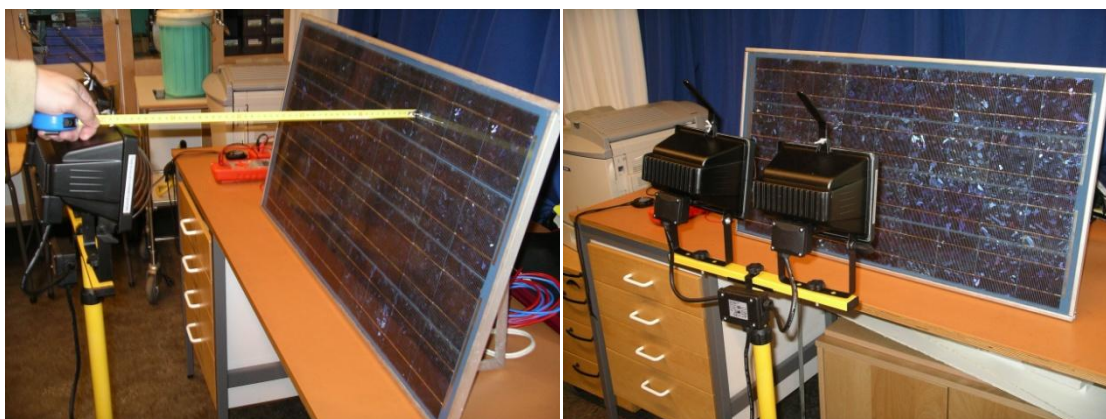
Luftsolfångare

Stativet med fyra 500 W lampor, alla lampor 100 cm ifrån panelen. Lufthastigheten mäts i luftintaget nere till höger på luftsolfångaren. Fläkten skall alltid vara igång när lamporna är på.



Solceller

Ett stativ med två 500 W, båda lampor 50 cm ifrån panelen. Solcellerna kopplas i krets med amperemätare och motståndet. Spänning mäts över motståndet. Motståndet bör stå på 33 Ohm.



Plan solfångare

Två stativ med två 500 W lampor var, alla lampor 60 cm ifrån panelen, 10 cm mellan de två lampor i mitten. Termometern förs ner i samma rör som används för att fylla solfångaren. Den skall vara halvvägs nerför solfångarens kortsida inuti. Måtta utanför innan den förs ner.

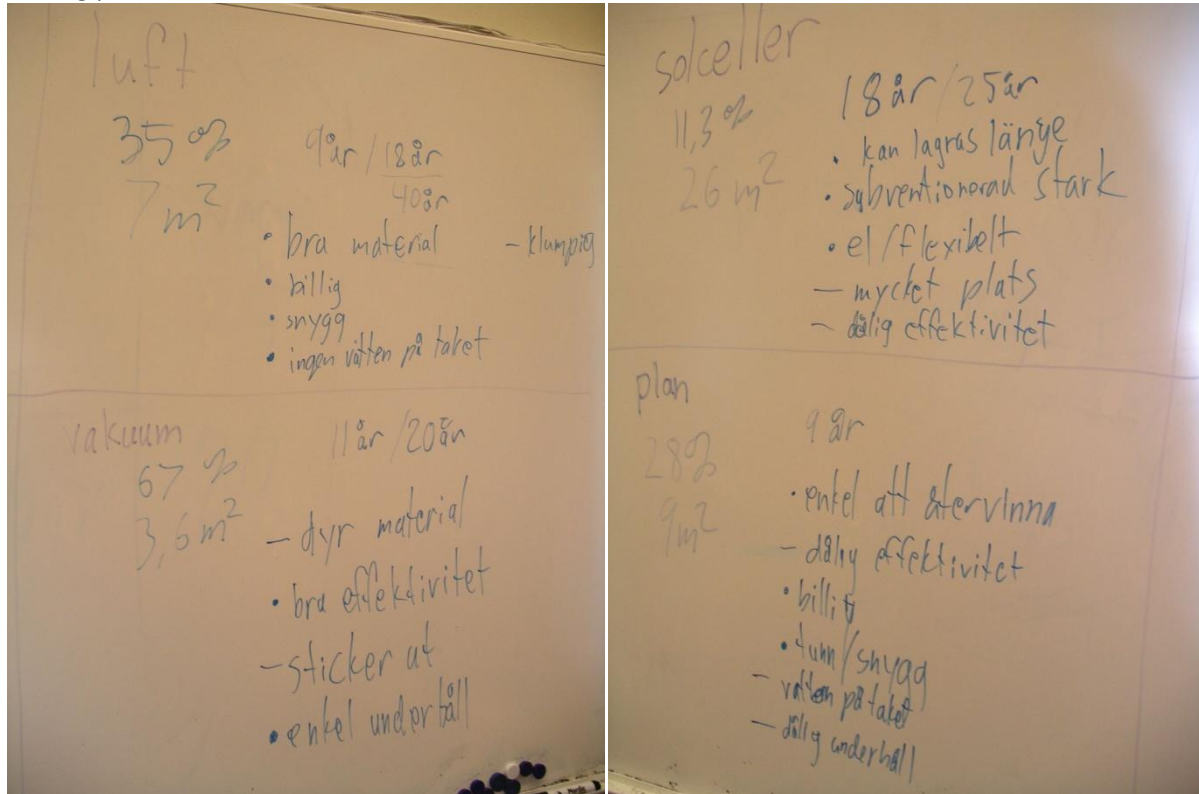


Vakuumsolfångare

Ett stativ med två 500 W lampor, båda lampor pekar mot mitten av vakuumrören med 50 cm mellan rören och lamporna. Termometern förs ner i det lite större röret, samma rör som används för att fylla solfångaren. Termometern förs ner så långt som möjligt.



Förslag på hur tavlan kan tänkas se ut efter diskussionen med eleverna.



Sista sidorna är informationssidor om varje solpanel som bör finnas inplastade och placerade vid solpanelerna under laborationen.

Luftsolångare

Bakgrund

Luftsolångaren är byggd för att värma genomströmmande luft. Den uppvärmda luften kan sen antingen direkt värma ett utrymme eller värmeväxla till vatten i en ackumulatortank. I en ackumulatortank lagras varmt vatten till användning för tappvarmvatten och uppvärmning. Ska man värma vatten behövs större ytor och en idé för hur man bygger en stor luftsolångare med hjälp av glaspannor har utvecklats på KTH. Med dessa kan man täcka hela eller delar av taket och göra taket till en luftsolångare.



http://www.nyteknik.se/multimedia/dynamic/00044/soltak_1_44958i641.jpg

Vill man bara värma ett utrymme så som garaget eller ett enskilda rum är det populärt att bygga en egen solångare. Många letar överblivet material som gamla fönster eller varför inte göra tuber av läskburkar för att leda luft. Dessa blir oftast billiga, både att bygga och att underhålla, men fungerar endast som ett komplement till ett befintligt värmesystem då det är svårt att lagra överskottsvärme.

Den luftsolångaren vi använder består av en täckskiva i plast, och en isolerad trälåda som är målad svart på insidan. Trälådan är byggd så att luft strömmar genom hela lådans yta och värms upp genom att det svarta underlaget blir varmt och överför värme till den förbi passerande luften.

Data

När lamporna är 100 cm ifrån solångaren motsvarar detta en solstrålning på ungefär **500 W/m²**.

Aperturarea är **1 m²**.

För att beräkna massan som strömmar genom panelen varje sekund behöver ni beräkna volymen av den genomströmmande luften. Mät vindhastigheten vid inloppet till luftsolångaren med anemometern.

$$\text{Volym/sekund [m}^3/\text{s]} = \text{vindhastighet vid utsläppet [m/s]} * \text{utsläppets area [m}^2\text{]}$$

Ekonomi och miljö

Denna panel kostar ungefär 2000kr/m². Det tillkommer drivpaket, ackumulatortank och installation om man vill lagra värme. Vill man lagra luftens värme i vatten får man ungefär halva effektiviteten jämfört med direktverkande luft men har då möjligheten att använda energin när den behövs. Återbetalningstiden för luftsolångare installerad som system är **9 år** med paneler och **18 år** om man vill helt integrera installationen i taket, båda med statlig subventionering.¹

Solångaren består till huvuddel av trä och plast men kan även byggas på många olika sätt med annat material som till exempel glas istället för plast.

¹ Egna beräkningar, inte uppgifter ifrån någon enskild leverantör.

Plan solfångare

Bakgrund



Denna plana solfångare består av en väldigt enkel konstruktion för att värma vatten. Kallt vatten pumpas upp till solfångaren och värms genom att rinna igenom en svart absorbator. Absobatorn ligger i en plast låda som är genomskinlig framtill för att släppa in solinstrålningen och isolerad baktill. Varmt vatten leds sedan till en ackumulatortank där man lagrar vatten till användning för tappvarmvatten och uppvärmning. Hela konstruktionen är gjord i plast för att hålla vikten nere och för att förenkla konstruktion och återvinning.

Data

När lamporna är 60 cm ifrån solfångaren motsvarar detta en solstrålning på ungefär 500 W/m^2 .

Aperturarea är $0,92 \text{ m}^2$.²

Börja mäta temperaturstigningen efter att lamporna har stått på 9 minuter.

Solfångaren har fyllts med 950 ml vatten.

Ekonomi och miljö

Denna plana solfångare består för det mesta dels av ABS-plast³ och recirkulerad fiber(isoleringen).

Denna panel kostar ungefär 2000 kr/m^2 . Det tillkommer drivpaket, ackumulatortank och installation. Återbetalningstiden för plan solfångare installerad som system är 9 år , med statlig subventionering.

² http://suncore.se/suncore.swe/suncore_systems/funktioner/solpaneler.html

³ http://suncore.se/suncore.swe/suncore_systems/funktioner/solpaneler.html

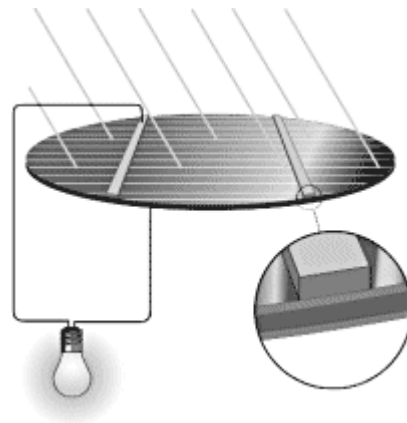
Polykristallina solceller

Bakgrund

En kiselcell består av en tunn skiva av ett halvledarmaterial med kontakter på fram- och baksidan. När solinstrålningen (ljuset) träffar solcellen skapas en elektrisk spänning mellan fram- och baksidan. Kopplar man in dessa i en krets får man ut en ström.⁴

En kiselcell ger ca 0,5 volt, vilket är för låg spänning för att vara praktiskt användbar. Därför seriekopplar man ett antal celler (30-36 st) i en modul för att de tillsammans ska komma upp i en lämplig spänning, t.ex. för att kunna användas för laddning av batterier eller anslutas till en växelriktare.

Kisel är ett halvledarmaterial som används i solceller. Kiselceller är den vanligaste typen av solceller på marknaden idag.⁵ Kiselceller är antingen polykristallina eller monokristallina. Skillnaden är att monokristallina solceller tillverkas av en kristallstruktur medans polykristallina byggs upp av flera kiselkristaller. Polykristallina solceller är billigare eftersom de kan göras av flera olika kristaller som ofta blir över vid tillverkning av monokristallina solceller. Deras uppbyggnad ger dem en något lägre verkningsgrad än monokristallina.



Data

När lamporna är 50 cm ifrån solcellerna motsvarar detta en solstrålning på ungefär **150 W/m²**.

Solcellernas area är **0,45 m²**.

Beräkna effekten med er sista mätning.

Ekonomi och miljö

Denna panel kostar ungefär 5000kr/m². Det tillkommer styrelektronik, installation och batterier om man vill lagra el.⁶ Återbetalningstiden för solceller installerad som system är **17 år**, med statlig subventionering.

Solcellerna består till huvuddel av silikon, glas och stål.

⁴ <http://energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Fornybar-energi/Sol/Solceller/>

⁵ <http://energimyndigheten.se/sv/Energifakta/Energikallor/Sol-/Fakta-om-solceller/>

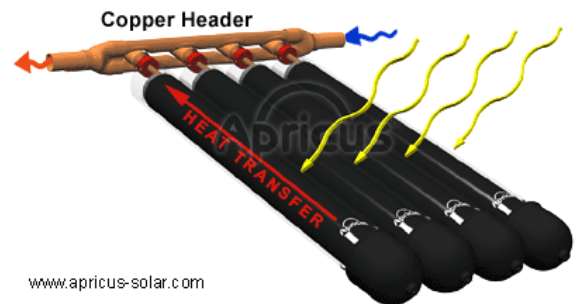
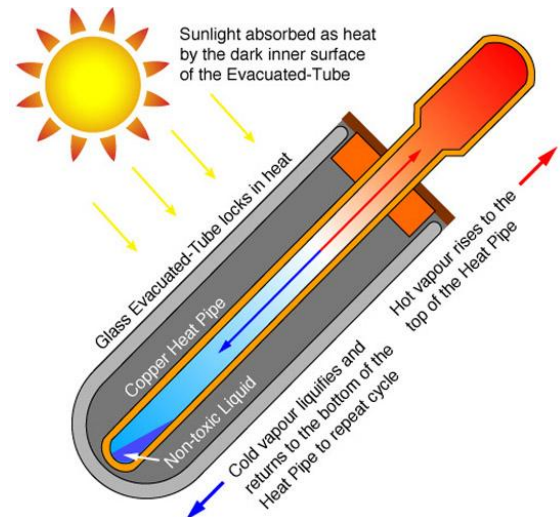
⁶ <http://www.solarbuzz.com/Moduleprices.htm>

Vakuumsolfångare

Bakgrund

Vakuumsolfångaren är absorbatoren i denna typ av solfångare. Röret består av två lager glas med vakuum mellan dessa två lager. Det yttre lagret är genomskinligt och släpper igenom strålningen, det inre lagret är täckt med ett svart skikt för att absorbera strålningen. Som ni kanske känner till så är vakuum en väldigt dålig värmeledare, den håller till exempel vätskor varma i en vanlig termos. Solfångarens genomskinliga rör släpper in strålningen men håller värmen kvar på grund av vakuumisoleringen.⁷

Denna vakuumsolfångare har en heatpipe som växlar värme mellan röret och vätskan som värmer vattnet i ackumulatortanken (lagring av varmvatten). En heatpipe är ett slutet rör med en liten mängd vätska inuti. Trycket i röret är lågt och på det sättet får vätskan inuti röret en mycket lägre kokpunkt än vanligt. Kokpunkten för vätskan i denna heatpipe är 30°C. När vattnet värms upp (förångas) stiger den till toppen av röret där värmen överförs till en förbiströmmande vätska oftast på väg till ackumulatortanken. När värmen överförs kondenserar vätskan (kyls ner) och rinner ner till botten av röret för att återigen värmas upp och förångas.⁸



Data

När lamporna är 50 cm ifrån solfångaren motsvarar detta en solstrålning på ungefär **800 W/m²**.

Aperturarea är **0,08 m²**.⁹

Solfångaren har fyllts med **1,5 dl** vatten.

Effekten påverkas av längden på vakuumsolfångaren som är mycket kortare i detta visningsexemplar. Ni behöver multiplicera er uppmätta effekt med 4 för att få ut den verkliga effekten.

Börja mäta temperaturstigningen efter att lamporna har stått på i 9 minuter.

Ekonomi och miljö

Solfångaren består till huvuddel av stål, glas, koppar och aluminium.

Vakuumsolfångarpåsar kostar i snitt 6000kr/m². Det tillkommer drivpaket, ackumulatortank och installation. Återbetalningstiden för plan solfångare installerad som system är **11 år**, med statlig subventionering.

⁷ <http://www.sunmaxxsolar.com/images/how-evac-tubes-work.jpg>

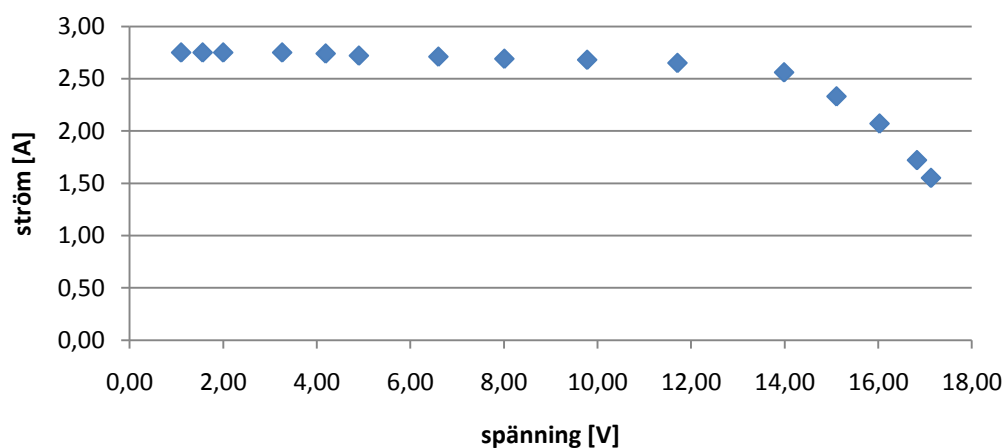
⁸ http://www.apricus.com/html/solar_collector_heat_pipe.htm

⁹ http://www.apricus.com/html/solar_collector_technical_info.htm

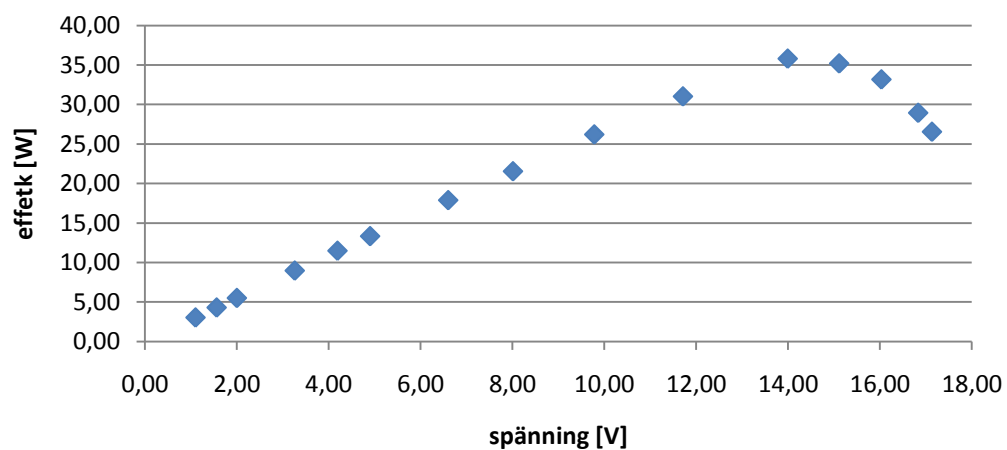
UTE - 850W/m²

spänning [V]	ström [A]	effekt [W]	resistans [Ω]	
1,10	2,75	3,03	0,40	
1,56	2,75	4,29	0,57	
2,00	2,75	5,50	0,73	
3,26	2,75	8,97	1,19	
4,19	2,74	11,48	1,53	
4,90	2,72	13,33	1,80	
6,60	2,71	17,89	2,44	
8,01	2,69	21,55	2,98	
9,78	2,68	26,21	3,65	
11,71	2,65	31,03	4,42	
13,99	2,56	35,81	5,46	maximal effekt
15,11	2,33	35,21	6,48	
16,03	2,07	33,18	7,74	
16,83	1,72	28,95	9,78	
17,13	1,55	26,55	11,05	

IU-kurva för resistans



Effektkurva för resistans

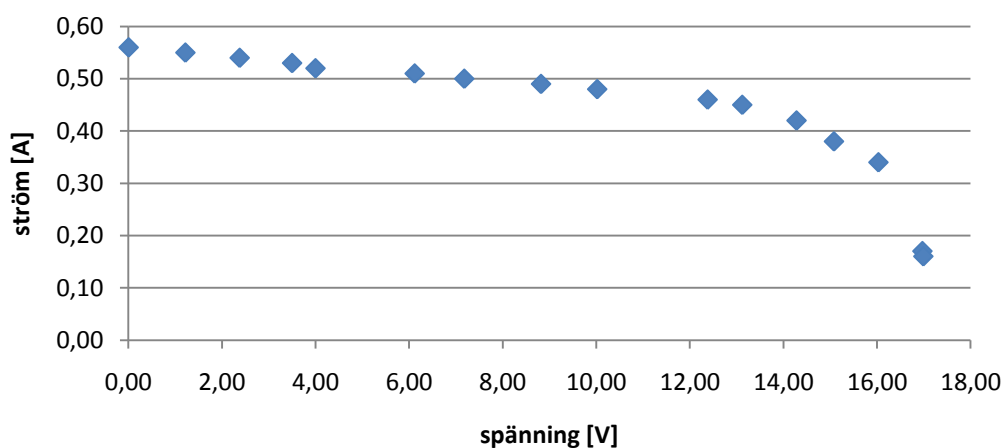


INNE - 1000W 50cm

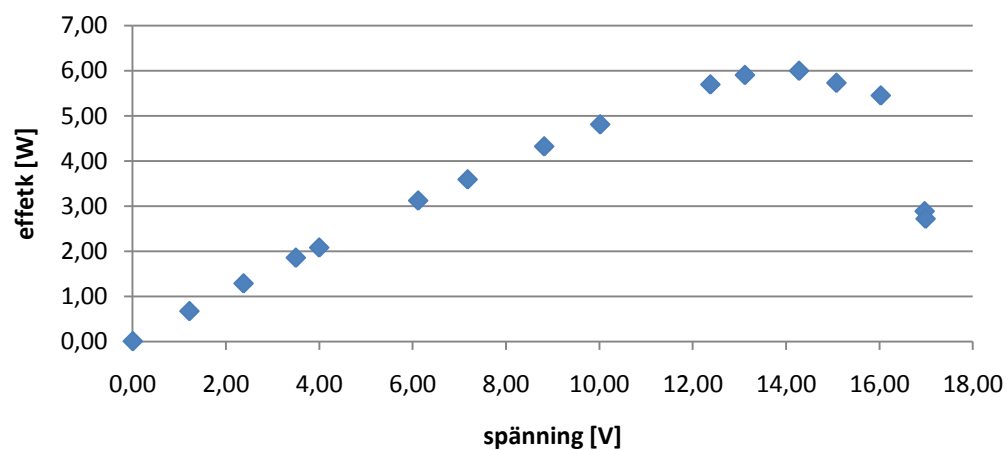
spänning [V]	ström [A]	effekt [W]	resistans [Ω]
0,01	0,56	0,00	0,01
1,22	0,55	0,67	2,22
2,38	0,54	1,29	4,41
3,50	0,53	1,86	6,60
4,00	0,52	2,08	7,69
6,12	0,51	3,12	12,00
7,18	0,50	3,59	14,36
8,82	0,49	4,32	18,00
10,02	0,48	4,81	20,88
12,38	0,46	5,69	26,91
13,12	0,45	5,90	29,16
14,28	0,42	6,00	34,00
15,08	0,38	5,73	39,68
16,03	0,34	5,45	47,15
16,97	0,17	2,88	99,82
16,99	0,16	2,72	106,19

maximal effekt

IU-kurva för resistans



Effektkurva för resistans



Mätningar på paneler utomhus och inomhus

UTE

vakuum 980W/m ²		
tid	temp	ökning
0	25,5	
3	28,6	3,1
6	32,8	4,2
9	36,8	4
12	40,6	3,8
15	44,6	4
18	48,4	3,8
21	52,3	3,9
24	55,6	3,3
	Summa	30,1
	medelvärde	3,8

plan 940W/m ²		
tid	temp	ökning
0	22,3	
3	28,3	6
6	40	11,7
9	51	11
12	59	8
	Summa	30,7
	medelvärde	10,2

luft 1050W/m ²		
tid	Tut	Tin
30	48	13,3
33	47,3	14,2
36	49	13,9
39	50,3	13,6
Summa	194,6	55,0
medelvärde	48,7	13,8

Inne

vakuum inne		
tid	temp	ökning
0	23,3	
3	23,9	0,6
6	25,5	1,6
9	28,4	2,9
12	30,7	2,3
15	34,1	3,4
18	37,3	3,2
21	40,4	3,1
24	43,9	3,5
27	47,3	3,4
30	49,9	2,6
33	53,3	3,4
	Summa	29,4
	medelvärde	2,9

plan inne		
tid	temp	ökning
0	22,6	
3	23,8	1,2
6	27,3	3,5
9	33,6	6,3
12	40,9	7,3
15	47,8	6,9
18	53,9	6,1
21	58,3	4,4
	Summa	34,5
	medelvärde	5,8

luft inne		
tid	Tut	Tin
30	37,7	23,2
33	39,7	22,8
36	41,8	22,8
39	40,2	23
Summa	159,4	91,8
medelvärde	39,9	23,0

värdena markerat i gult är de värden som användes till effektberäkningar

UTE	24-apr	23-apr	23-apr	06-maj
	Vakuum	Plan	Luft	Solceller
spänning [V]				13,99
ström [A]				2,56
hastighet [m/s]			2	
area [m ²]			0,00785	
volym [m ³]			0,01571	
densitet [g/m ³]			1200	
värmebärare [g]	150	1000	18,85	
J/(g*K)	4,18	4,18	1	
Tut-Tin [delta_T]	3,8	10,2	35	
tiden [delta_s]	180	180	1	
solkonstant	0,98	0,94	1,03	0,85
areakonstant	0,08	0,92	1	0,45
uppmätt effekt [W/m ²]	13	237	660	36
normaliserad effekt [W/m ²]	169	274	641	94
	675		320	
verkningsgrad	0,68	0,27	0,32	0,09

gula fält är värden som varierar och skall matas in

Effektiviteten för vakuumsolfångaren är fyra gånger uppmätta effektiviteten för att kompensera att den är en modell

Effektiviteten för luftsolfångaren är halva uppmätta effektiviteten för att räkna som system och inte direktverkande

lampor styrka/avstånd till panel 1000W/50cm 2000W/60cm 2000W/100cm 1000W/50cm

INNE	26-apr		26-apr		26-apr		23-apr	
	Vakuum	Plan		Luft			Solceller	
spänning [V]							14,28	
ström [A]							0,42	
hastighet [m/s]					2			
area [m ²]					0,00785			
volym [m ³]					0,01571			
densitet [g/m ³]					1200			
värmebärare [g]	155		950		18,85			
J/(g*K)	4,18		4,18		1			
Tut-Tin [delta_T]	2,9		5,8		17			
tiden [delta_s]	180		180		1			
solkonstant	0,8		0,5		0,5		0,15	
areakonstant	0,08		0,92		1		0,45	
uppmätt effekt [W/m ²]		10		128		320		6
normaliserad effekt [W/m ²]		163		278		641		89
		652				320		
verkningsgrad		0,65		0,28		0,32		0,09

gula fält är värden som varierar och skall matas in

Effektiviteten för vakuumsolfångaren är fyra gånger uppmätta
effektiviteten för att kompensera att den är en modellEffektiviteten för luftsolfångaren är halva uppmätta effektiviteten
för att räkna som system och inte direktverkande