

Biggest rehearsal of doom

ENMISSATTLÄSADENHÄRJÄVLAKURSEN

Växthuseffekten:

- Atmosfären är som glas: mer genomskinlig för solstrålning än värmestrålning.
- All materia som har en temperatur $> 0\text{K}$ utsänder elektromagnetisk strålning.
- Materia som utstrålar i alla våglängder är **svartkroppar**.
- Materia som absorberar all elektromagnetisk strålning är **svartkroppar**.
- Ökad temperatur \rightarrow ökad intensitet i utstrålningen, enligt Stefan Boltzmanns lag:

$$I = \sigma \cdot T^4$$

- Ökad temperatur \rightarrow emissionsmaximum går mot kortare våglängder, enligt Wiens förskjutningslag:

$$\lambda_{\text{max}} = b/T, \text{ där } b = 2.89777 \cdot 10^{-3} \text{m} \cdot \text{K}$$

- Albedo: den **andel** av solstrålningen som vid moln och mark reflekteras rakt ut i rymden.

Vad händer med utstrålningen när temperaturen på ett föremål?

Intensiteten ökar, enligt Stefan Boltzmanns lag **OCH** emissionsmaximum går mot kortare våglängder enligt Wiens förskjutningslag.

Objekt i verkligheten är inte svartkroppar, utan emitterar och absorberar snarare selektivt, enligt Kirschoffs strålningslag:

$$\text{Absorberande faktor}(\lambda) = \text{Emissivitet}(\lambda)$$

Således är alla föremåls emissivitet lika med dess absorberande faktor, för varje individuell våglängd.

Atmosfären är **inte** en svartkropp, absorberar/emitterar bara över vissa våglängder.

Växthuseffekten i korta drag:

Solstrålning når atmosfären, där merparten släpps igenom, framför allt synligt ljus mellan 0.3-1 mikrometer. Detta beror på atmosfärens sammansättning, då olika gaser absorberar strålning vid olika våglängder. Kortare strålning (<0.3 mikrometer) absorberas av syrgas, ozon och kvävgas. Längre strålning (>1 mikrometer) kan absorberas av vattenånga och koldioxid. Det innebär alltså att en (liten) del av solstrålningen absorberas i atmosfären. Cirka en tredjedel reflekteras direkt ut i rymden. Således släpps nästan hälften av all solstrålning ner till jorden, i form av synligt solljus.

Solstrålningen når nu jorden, där en liten andel reflekteras från jordytan. Resten **absorberas** nu i jordytan. Jordytan kommer nu att **emittera** värmestrålning ut mot atmosfären, som kommer att absorbera en del av denna strålning. Lite av värmestrålningen kommer att färdas rakt genom atmosfären ut i rymden. Vattenånga och koldioxid absorberar som bekant strålning av längre våglängder, vilket är en anledning till att atmosfären absorberar mer värmestrålning än solstrålning.

Antag nu att jordens temperatur är T_j och att atmosfären har temperaturen T_a . Låt även atmosfären ha en emissivitetsfaktor \sum . Vi kan teckna värmestrålningen från jorden som $I = \sigma T_j^4$. Den av atmosfären absorberade strålningen kan tecknas som: $\sum \sigma T_j^4$. Den strålning som inte absorberas åker istället rakt ut i rymden, där strålningen kan tecknas som: $(1-\sum) \sigma T_j^4$. Den absorberade strålningen i atmosfären emitteras sedan, både tillbaka till jorden men även ut i rymden. Nu är dock värmestrålningen annorlunda, beroende på att atmosfären har en lägre temperatur än vad jordytan har. Värmestrålningen som emitteras från atmosfären kan skrivas som: $\sum \sigma T_a^4$.

När atmosfären emitterar värmestrålning till jorden och ut i rymden så kyles atmosfären av, därav att den lyckas bibehålla sin temperatur. Mängden strålning som lämnar atmosfären ut i rymden är lika med mängden strålning som tas emot från jordytan, minus absorberad värmestrålning och emitterad värmestrålning till jorden. Atmosfären minskar den utgående temperaturen, vilket leder till en högre temperatur vid jordytan. Detta fortgår tills den utgående strålningen är lika stor som den ingående strålningen. Energibalans existerar då.

Det finns även en del andra mekanismer som påverkar växthuseffekten, till exempel termiker och avdunstning.

De viktigaste antropogena (av människan skapade) växthusgaserna:

- Koldioxid, CO₂ (Fossila bränslen, avskogning)
- Metan, CH₄ (Jordbruk)
- Lustgas, N₂O (Konstgödsel)

Den viktigaste växthusgasen är vattenånga, då det finns ett tydligt samband mellan ökad temperatur och mängden vattenånga i luften. Varm luft innehåller mer vattenånga än kall luft.

Vad leder ett ökat utsläpp av koldioxid till?

- Temperaturförändringar
- Nederbördsförändringar
- Extremväder
- Försurning i havet

Notera även att kallt vatten har en större förmåga att lagra koldioxid än varmt vatten, dvs en temperaturökning i haven leder till större koldioxidutsläpp.

Per capita är USA det land som släpper ut allra mest koldioxid: cirka 18 ton CO₂ per capita, jämfört med 6 ton per capita i Sverige.

Energisystem

Vad är ett system? Ett system består av olika **komponenter**, som har olika samband mellan varandra. Bortom detta finns även **omgivningen** som påverkar både komponenterna och sambanden. På sikt påverkas energisystemet av olika komponenter: teknik, naturresurser, ekonomi och politik, som allihopa samspelar med varandra.

Reserver & resurser: reserver är de naturresurser som är kända i dagsläget och som kan utvinnas till ett pris som finns för just den naturresursen på marknaden.

Resurser är den totala förekomsten av en viss naturresurs på jorden.

Om reserverna sinar så stiger priset på naturresursen. Detta leder till:

1. Man börjar leta efter nya fyndigheter
2. Utökning av reserver genom att utvinna naturresurser som tidigare var "för dyra" eller olönsamma att utvinna

Ju mer man expanderar reserverna, desto mer olönsamt och osäkrare blir själva utvinningen.

Det ska dock tilläggas att teknikutveckling och förbättring av redan existerande utvinningsmetoder bidrar till en bättre ekonomisk genomförbarhet.

Hur ska då icke-förnybara resurser utvinnas på ett sätt som är förenligt med hållbar utveckling?

- Utvinn resurserna så att det är ekonomiskt lönsamt
- Spara resurser till framtida generationer
- Utvinningen får inte vara så stor att det inte går att ersätta naturresursen med andra resurser.
- Utvinningen måste ske i en lagom takt, så att förnybara substitut "hinner" utvecklas.

Generellt kring nya tekniker, framför allt byggnation av järnvägar, vägar, kanaler och andra infrastrukturella tjänster, så är det relativt trögstartat ett par år. Efter ett tag hinner produktionen komma igång rejält, för att sedan mattas av.

Hur kan man koppla ekonomin i ett land med dess energianvändning?

Generellt sett för alla länder:

- Mindre utsläpp från bostäder
- Inom industrin kan man se en ökning av utsläpp till en början, men när BNP ökar minskar

mängden utsläpp efter en viss tid

-Jordbrukssektorn är relativt stabil, oavsett BNP

-Transportsektorn bidrar till **mer** utsläpp ju högre BNP det finns i landet

Transportsektorn

Transportsektorn skiljer sig från andra sektorer i den bemärkelsen att det är den enda sektorn som fortsätter att öka utsläppen i en mycket hög takt. I dagsläget står transportsektorn för c.a 24% av allt bidrag till växthusgaser i Europa.

Hur kan utsläppen minskas i transportsektorn?

-Ökad effektivisering. Här kan den befintliga tekniken förbättras, eller transportsätten ses över. Bland annat skulle man kunna övergå till att använda mer järnväg och båtar, vilka är mindre energiintensiva transportsätt än flyg och lastbil. Dessutom har de en större förmåga att transportera en större mängd gods. En nackdel kan dock vara att de flesta kunder vill ha sin vara levererad i god tid, vilket gör att lastbil och flyg lämpar sig bättre än järnväg och båt. Vidare kan själva bilen optimeras genom att utveckla motorn. Alternativ till förbränningsmotorn, som primärt använder sig av fossila bränslen, kan bland annat vara bränsleceller, batteri eller induktiv/konduktiv elektricitet.

-Byta bränsle. Här är biobränslen ett mycket gott alternativ till fossila bränslen, då det finns många olika bränslen som går att omvandla till drivmedel. Etanol, metanol, DME, biogas och biodiesel är några av de alternativ som finns.

-Minska efterfrågan. Primärt en politisk fråga, i kombination med stadsplanering. I storstäder går det exempelvis att förbättra redan existerande cykelbanor, eller göra de säkrare. Vidare är det en god idé att förbättra kollektivtrafiken, vilket minskar behovet av att ha en egen bil till viss mån.

En förutsättning för att göra det mer olönsamt att köra bil är även olika skatter. Genom att införa trängselskatter kan en reduktion i vägtrafik ses, åtminstone till en början. De intäkter som görs genom trängselskatter kan således användas för att göra kollektivtrafiken bättre och billigare. Vidare finns det ett tydligt samband mellan låga bensinskatter och en högre användning av bilar.

Således är det framför allt utveckling av samhälle och storstäder, energieffektivisering och byte till biobränsle som är det primära vapnet mot användning av fossila bränslen. Framför allt är det övergången till eldrivna fordon som anses vara en av de viktigare beståndsdelarna, i kombination med biodrivmedel.

Flexifuel: kan både ha bensin och etanol som drivmedel.

Hybrid: har både bensin/diesel och batteri. Hybridbil är generellt sett bäst för stadskörning.

Förbättringar som kan ske mha IT:

- Parkeringsappar: istället för att åka runt och leta parkeringsplats kan den bokas via mobilen.
- Trafikledningssystem: för minibussar.
- Ruttoptimering.
- Virtuella möten istället för fysiska möten.
- Samåkningslösningar via appar/hemsidor som erbjuder tjänsten.

Energieffektivisering:

Primärenergi kan omvandlas till användbar energi, till exempel från kol, olja, naturgas till el, gas och bensen. Denna energi kan användas i teknologier så som kylskåp, bilar osv. Det går alltså att säga att det rör sig om **energitjänster**, där energi används för att laga mat, transportera varor och så vidare.

Energieffektivisering leder till mindre utsläppt mängd av CO₂.

Det finns två strategier för att minska energiefterfrågan:

-Effektivisering, dvs minska mängden energi/tjänst. Detta kan göras genom att:

Förbättra drift

Förbättra befintliga teknologier

Utveckla nya teknologier

Göra radikala systemförändringar

-Besparingar

Minska efterfrågan

Livstilsförändringar

Det är möjligt att energieffektivisera på olika nivåer, endera på komponentnivå, teknologinivå, stadsnivå eller på global nivå.

Ett exempel kan vara bilar, antingen kan du förbättra förbränningsmotorn som sådan, eller se över bilen som helhet. Det går även att betrakta det i en större skala, genom att stadsplanera så att bilanvändningen minskar.

Potentialer i energieffektivisering:

-Teoretisk potential: nästan 100% potential i många fall. Styrts av naturliga grundlagar, så som stökiometri och termodynamik.

-Teknisk potential: Den bästa tillgängliga tekniken i dagsläget, förbättras över tiden till en viss gräns har nåtts. Gränsen kan ligga nära den teoretiska potentialen, men kan aldrig vara lika med den teoretiska potentialen pga energiförluster och liknande.

-Ekonomisk potential: Vad teknologierna kostar. I det optimala fallet har företag obegränsat med pengar, vilket gör att man kan nå ett mycket bra värde på mängd energi/tjänst. I praktiken kostar dock teknologin, i synnerhet ny sådan, mycket pengar. Detta innebär att även om den tekniska potentialen möjliggör en låg mängd energi/tjänst så begränsas det av

ekonomin hos ett företag. Vidare så styrs även den ekonomiska potentialen av energipriser och räntor.

-Marknadspotential: mycket likt den ekonomiska potentialen men på en större skala. Lite andra räntor och liknande.

Rebound: En effekt av energieffektivisering - pengar som sparas vid energieffektivisering kan användas för att öka konsumtionen av varor och tjänster. Man brukar räkna med att mellan 10%-30% av de pengar som sparas genom energieffektivisering används till ökad konsumtion.

Enligt studier ökar energieffektiviseringen generellt över tid, men vad är orsaken?

- Tekniken förbättras generellt, effektiviteten likaså
- Förbättring av drift
- Ekonomiska besparingar
- Politiskt tryck

Vad kan hindra energieffektivisering?

- Ekonomiska faktorer
- Brist på information
- Beteendefaktorer
- Organisatoriska faktorer

Inom IT: vad kan energieffektiviseras?

Optimera system, motorer, processer osv.

Människa-dator interaktion, detta kan underlätta beteendeförändringar.

Verktyg för att öka hälsa och utbildning i fattiga länder -> folk får ökad kunskap och höjd levnadsstandard -> större möjligheter att förbättra teknologi och därmed förbättrad effektivitet.

Vanliga PC's, datacenter, och nätverk drar mest energi. En tydligt trend mot fler laptops (och även stationära datorer) är en bidragande faktor.

Utveckling inom IT och datateknik möjliggör ett antal energieffektiva tekniker, så som "självtömmande" soptunnor. Även kontroll av byggnader och dess energiförbrukning.

Energiomvandling

Watt = Joule/sekund

$$1 \text{ KWh} = 3.6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3.6 \text{ MJ}$$

Sveriges elproduktion består av:

Kärnkraft - 63.6 TWh

Vattenkraft - 60.6 TWh

Kraftvärme - 14.9 TWh

Vindkraft - 9.9 TWh

Elproduktion: totala mängden producerad energi, i termer av TWh/år.

Installerad effekt: hur mycket effekt som ett kraftverk **potentiellt** kan bilda under ett år, i termer av MW.

Exempel:

Vindkraft har en årsproduktion på 7.2 TWh/år. Den installerade effekten kan uppnå 3745 MW/år. Hur stor är load factor för vindkraft?

$$\text{Svar: Load factor}_{\text{vind}} = 7.2 \text{ TWh} / (3745 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot 365 \cdot 24 \text{ h}) = 0.22$$

Omvandla således MW till TW och multiplicera den installerade effekten med antalet timmar per år.

Verkningsgrad: mängden **användbar** energi som vi får ut, dividerat med den totala mängden energi som vi stoppar in.

$$\text{Verkningsgrad} = E_{\text{ut}} / E_{\text{in}}$$

Verkningsgrad för värmemaskiner: maximal verkningsgrad för en värmemaskin ges av:

$$\text{Verkningsgrad} = 1 - (T_{\text{kall}} / T_{\text{varm}})$$

Koldioxidutsläpp per KWh el?

Låt säga att förbränning av olja bildar 20g C per MJ. Verkningsgraden är 0.4 vid oljekraftverk. Hur mycket är koldioxidutsläppet per KWh el?

1. Kol bildas vid förbränning, men är då en del av **koldioxidmolekyler**. Således har vi bara

fått givet hur mycket själva kolet väger i koldioxidmolekylerna. Egentligen skulle man kunna räkna på atommassan, dvs i termer av enheten u, men det är lättare att se till hur mycket många protoner en koldioxidmolekyl innehåller relativt antalet protoner en kolatom innehåller.

Kol har atomnumret 12, medan syre har atomnumret 16. Således har en koldioxidmolekyl:
 $12 + 16 + 16 = 44$ protoner.

20g kol resulterar alltså i: $20\text{g C/MJ} * (44/12) = 73.33\text{g CO}_2/\text{MJ}$

2. Dividera med verkningsgraden, 0.4: $(73.33\text{ CO}_2/\text{MJ})/0.4 = 183.33\text{g CO}_2/\text{MJ}$ (med verkningsgrad)

3. $1\text{KWh} = 3.6\text{MJ} \Rightarrow 1\text{MJ} = 1/3.6\text{KWh}$

$1/3.6 = 0.278$

Således går det alltså en MJ per 0.278KWh

$183.33\text{g CO}_2/\text{MJ} * 1\text{MJ}/0.278\text{KWh} = 659\text{g CO}_2/\text{KWh}$

Mycket stor användning av fossila (icke-förnybara) bränslen.

Verkningsgrad i en bensinbil: 17%

-| |- dieselbil: 20%

-| |- elbil: 65%, men elektricitet måste tillföras från något kraftverk. Med kolkraft blir den totala verkningsgraden för en elbil 23%.

Värme för bostäder: fjärrvärme, elvärme, flis och ved står för majoriteten av all producerad värme.

Värmepump har 200-350% verkningsgrad, vilket är möjligt eftersom värme kan tas från omgivningen också. Värmepumpar fungerar som kylskåp, där vätska i kylröret "fångar upp" värmen från matvaror. Därefter förs den varma vätskan mot en kompressor, som ökar trycket och därmed temperaturen. Värmen avges från baksidan av kylskåpet, där gasen övergår till vätska. Genom en strypventil når vätskan återigen toppen av kylskåpet.

På samma sätt kan datorer kylas i datorhallar och spillvärmen kan användas för att värma bostäder.

Kärnkraft:

Kol och icke-konventionell gas finns det nästan obegränsat mycket av. Teoretiskt sett finns det även oändligt mycket uran (om man lyckas utvinna det ur haven), men i dagsläget är reserverna mycket begränsade.

Utvinning av olja:

- Primär utvinning: sker genom naturligt tryck, dvs oljan förs till ytan automatiskt. Cirka 10-30% av oljefyndet kan utvinnas genom detta sättet.
 - Sekundär utvinning: Injektion av vatten eller gas för att öka trycket
 - Tertiär utvinning: Injektion av ånga, CO₂ eller polymerer.
- Totalt sett kan 60-70% av oljefyndet utvinnas.

Koldioxidlagring:

Vid utvinning av naturgas kan även koldioxid fångas upp. Den uppfångade koldioxiden kan sen föras ner under vattenyta, långt ner i marken. Där förvaras koldioxiden under en mycket lång tid.

Koldioxid kan lagras och göras av med vid förbränning av kol:

- Pre-combustion: kan ske vid så kallade **gasification plants**, där kolet inte förbränns tillsammans med luft, utan där kolet förgasas i syre och bildar kolmonoxid och vätgas. För att fånga upp koldioxidet måste kolmonoxidet och vätgas omvandlas till en blandning mellan väte och koldioxid. Därefter används kemikalier för att fånga in koldioxidet, som antingen ventileras ut eller komprimeras för användning av t.ex. utvinning av olja eller inom matindustrin.
- Post-combustion: samma typ av kemikalier används för att fånga in koldioxidet **efter förbränning** av kol (förbränning sker med luft) i ett kolkraftverk. Dock kräver detta mycket energi och höga kostnader, eftersom mängden koldioxid är ganska lågt jämfört med vid förgasning av kol.
- Oxyfuel: kol förbränns i syrgas, istället för luft. Därefter återanvänds koldioxid rakt in i förbränningskammaren, för att producera utsläppsgaser med mycket hög halt av koldioxid, som sedan fångas upp.

Kärnkraft:

I en reaktor sker följande:

-U-235 + 1 neutron = X + Y + 2-3 neutroner + Energi

-U-238 + 1 neutron = Pu-239

-Pu-239 + 1 neutron = X + Y + 2-3 neutroner + Energi

Lagring av kärnavfall: lagras i olika typer av behållare. Varje lager i behållaren fyller ett eget syfte och kompletterar varandra.

Kostnaderna för ny kärnkraft har ökat över åren, vad kan det bero på?

-Ökade säkerhetskrav över åren -> ökade kostnader

-Kärnkraftverk tillverkas inte på löpande band -> kunskap tappas

-Ingen massproduktion -> dyrt att bygga enskilda kärnkraftverk

Breederreaktor: maximerar omvandling av U-238 till Pu-239, vilket producerar mer bränsle än vad som används. Designen är generellt sett säkrare än vid vanliga vattenkylda termiska reaktorer.

Fördelar med kärnkraft:

-Hög mängd energi som utvinns per reaktor

-Hög verkningsgrad vid reaktorn

-Om kärnbränsle kan utvinnas ur havet: oändligt mycket bränsle kan erhållas

-Minimal direkt miljöpåverkan, i princip koldioxidfritt (i drift, inte under byggnation)

-Sett till antalet dödsfall orsakat av olika kraftverk så är kärnkraft det "säkraste"

Nackdelar med kärnkraft:

-Kunskap och tillverkning av kärnkraftverk kan användas för att tillverka kärnvapen

-Förvaring av det utbrända materialet. Var ska det förvaras? Hur ska det hållas hemligt? Vad är riskerna med att gräva ner det i marken?

-Katastrofala följder om någon allvarlig olycka sker vid kärnkraftverk

-Mycket resurser och pengar måste läggas på säkerhet

Biobränslen

Energi som finns lagrad i biomassa (ved, energigrödor, oljegrödor osv) kan omvandlas till mer användbara former: endera kan det förbrännas direkt och användas för att utvinna värme och el, eller så kan man genomföra olika kemiska/fysikaliska processer för att tillverka drivmedel.

För bioenergi kan man dela upp de tillverkade drivmedlen för två olika generationer. Den andra generationens biodrivmedel utnyttjar delar av grödan som tidigare bara kunnat användas för förbränning. Andra generationens biodrivmedel är fortfarande på utvecklingsstadium. Vissa av de drivmedel som finns från första generationen kan dock vara mer fördelaktiga än de som finns i andra generationen.

Fördelar med biobränslen:

- Kan bidra till att landsbygden utvecklas, framför allt i U-länder
- Mindre beroende av olja -> ökad energisäkerhet
- Förnybart bränsle och (teoretiskt) koldioxidneutralt

Är biobränsle koldioxidneutralt? Jordbruksmark avger lustgas vid kväveöverskott, vilket bidrar till ökad mängd växthusgaser. Dessutom kan fossila bränslen användas vid jordbruk som bränsle för olika maskiner som behövs för att ta fram biobränslen.

Om jordbruket expanderar så omvandlas mark till jordbruksmark. Detta kan orsaka koldioxidutsläpp och det minskar även mängden kol som kan lagras i ekosystemet.

Markomvandlingen kan ske på två olika sätt: antingen skördas skog direkt och omvandlas till bränsle och andra produkter, eller så sker markomvandlingen indirekt. Genom indirekt markomvandling kan den totala mängden biomassa bevaras, men man får justera mängden betesmark och övrig mark.

Indirekt markomvandling resulterar också i:

- Jordbrukstekniska framsteg, vilket ökar avkastningen => minskar mängden yta som behövs för att producera biomassa.
- I mindre utvecklade länder kan det leda till en modernisering av jordbruket, vilket

effektiviserar mängden skördar.

Bioenergi är alltså ett bra alternativ till fossilt bränsle, om rätt biomassa används, biomassan produceras rätt och den mark som tas i anspråk inte förstör ekosystemet.

Nackdelen kan dock vara att matpriserna ökar något, vilket drabbar fattiga länder hårdast. Fattiga länder i Afrika kan utnyttjas genom s.k land grabbing.

Ytterligare ett problem är att den mark som behövs för att producera biomassa är mycket svåråtkomlig. En stor del av den mark som existerar i dagsläget är antingen obrukbar (öknar, glaciärer osv), viktig för vår överlevnad (skog/växter som omvandlar koldioxid till syre), eller används till betesmarker för olika kreatur.

En beskattning av animaliska produkter kan vara en lösning på problemet, men det krävs även forskning kring biobränslen och större krav på hållbarhet generellt.

BECCS: minskar koldioxidkoncentrationen i luften, genom att pumpa ner koldioxid i marken vid utvinning av energi från biobränslen.

Bioenergi från alger kan vara en potentiell kandidat till biodiesel, istället för annan biomassa.