

Lärarhandledning till Ekonomifaktas Elsimulator

Låt eleverna bestämma och skapa en elproduktion helt byggd på förnybara energislag



Detta lektionsupplägg kan kopplas till följande kurser:

MILJÖ- OCH ENERGIKUNSKAP

- Grundläggande begrepp inom området hållbar utveckling.
- Miljöhot och utmaningar där livsstilens och behovens konsekvenser speglas genom att man till exempel använder ekologiska fotavtryck.
- Samhällets styrmedel och mål på lokal, regional, nationell och internationell nivå med koppling till miljö- och energifrågor.
- Förnybara och icke förnybara energikällor samt deras ursprung och användbarhet.
- Energi- och resursanvändning i samband med livsmedel, boende, transporter och övrig konsumtion.

NATURKUNSKAP 1b

- Frågor om hållbar utveckling: energi, klimat och ekosystempåverkan. Ekosystemtjänster, resursutnyttjande och ekosystemens bärkraft.

- Olika aspekter på hållbar utveckling, till exempel vad gäller konsumtion, resursfördelning, mänskliga rättigheter och jämställdhet.

GEOGRAFI 1 OCH 2

- Människans behov av naturresurser över tid. Resurstillgångar och resursernas ojämna fördelning samt konsekvenser av samhällets resursanvändning. Samband mellan odlingsbar mark, livsmedelsproduktion, politisk ekologi och lokal utveckling. Energiomställning, förnybara energitillgångar och ny teknik samt lokal, regional och global samhällsutveckling.

HÅLLBART SAMHÄLLSBYGGANDE

- Miljökonsekvensbeskrivningar
- Tekniska, estetiska, sociala, ekonomiska, demokratiska, etiska och kvalitativa aspekter på samhällsbyggande.

Bakgrund

Låt dina elever bli beslutsfattare över hela Sveriges elproduktion och ge dem i uppdrag att ställa om produktionen till att bli 100 procent förnybar. Genom detta lektionsupplägg, som utgår från Ekonomifaktas Elsimulator, kommer de upptäcka både hur viktig vår elförsörjning är ur ett miljöperspektiv och vilka svårigheter som ligger framför oss.

Sveriges elproduktion bör naturligtvis vara föredömlig ur ett miljö- och klimatperspektiv. Dessutom måste den vara tillförlitlig. Vi måste kunna lita på att vi inte drabbas av elbrist när efterfrågan är hög. Idag är utsläppen av växthusgaser från svensk elproduktion extremt låga, men det finns ingen garanti för att den ordningen kommer att bestå. Vi står inför en enorm utmaning med en minskande kärnkraftsproduktion och hur vi löser den kan få stora konsekvenser.

I detta lektionsupplägg får dina elever undersöka denna problematik genom Elsimulatorn – ett interaktivt verktyg som Ekonomifakta tagit fram där användarna får bestämma över Sveriges elproduktion. Genom att Elsimulatorn tar hänsyn till skillnader mellan olika kraftslag och dessutom ger omedelbar feedback till användarna om vilka miljökonsekvenser deras val medför är det ett kraftfullt pedagogiskt verktyg för att skapa en bättre förståelse för utmaningarna i den svenska elförsörjningen.

Själva lektionsupplägget är utformat för **40 minuter**, men kan förlängas till det dubbla genom att ägna mer tid åt varje moment.

Lektionen inleds gemensamt i helklass med en diskussion om vad "grön el" är för något. Därefter ger läraren en kort introduktion till själva utmaningen – att skapa en helt förnybar elproduktion. I detta sammanhang är det viktigt att förklara begreppet **effektbalans**. I nästa steg tar eleverna vid och laborerar med Elsimulatorn. De antecknar även vilka miljökonsekvenser deras förändringar har medfört och diskuterar dessa i grupper. Lektionen avslutas sedan med en gemensam diskussion.

Att skapa en helt förnybar elproduktion är inte bara en teoretisk övning. Det är det uttalade målet i den energiöverenskommelse som fem av riksdagens partier ställt sig bakom (2016). Målsättningen ska vara uppnådd senast år 2040.

Inledande diskussion (10 min)

Inled lektionen med att ställa frågan:

Vad ”grön el” är för något?

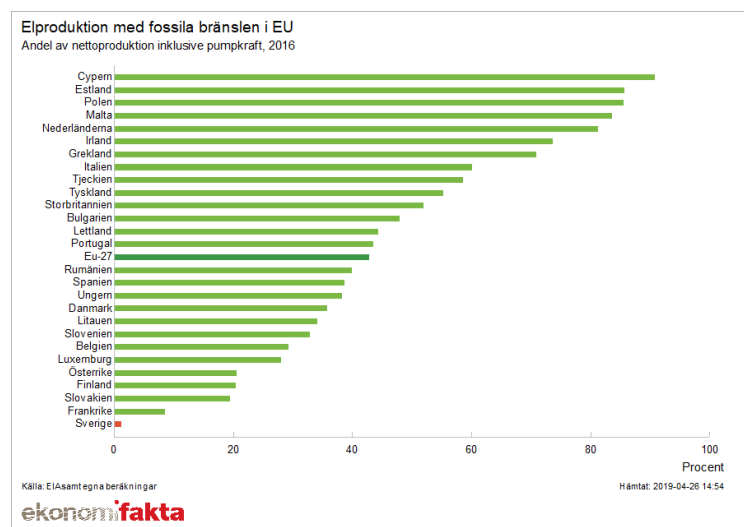
Det finns naturligtvis inget ”rätt” svar på den frågan, men den kan börja få igång lite tankar och funderingar. Begreppet används också både i den politiska debatten och i marknadsföringssyfte, så det behöver inte vara nytt för eleverna.

Stödfrågor för att få igång diskussionen:

- Hur produceras elen i Sverige idag?
Se t ex: <http://www.ekonomifakta.se/Fakta/Energi/Energibalans-i-Sverige/Elproduktion/>
- Vilka miljökonsekvenser medför den svenska elproduktionen?
- Är något av dessa miljöproblem allvarigare än de andra?

För att få eleverna att tänka till kring att el kan produceras på en mängd olika sätt kan man också visa ett diagram över andelen el som produceras med fossila bränslen. Skillnaderna mellan olika länder i EU blir då ytterst påtagliga. Även om elen i uttagen är den samma, har den framställts på helt olika sätt:

<http://www.ekonomifakta.se/Fakta/Energi/Energibalans-internationellt/Elproduktion-med-fossila-branslen/>



Kommentar till diagrammet: All el är inte lika miljövänlig och långt ifrån alltid klimatneutral. I vår omvärld är fossila bränslen som bidrar till växthuseffekten vanliga inom elproduktionen. Detta är en viktig insikt eftersom vi ofta sätter likhetstecken mellan *el* och *miljövänlig*. Konkret kan eleverna t ex fundera på skillnaderna mellan att ladda en elbil med polskproducerad el jämfört med svensk.

Beskriv utmaningen (5 min)

Under de senaste åren har Sverige producerat mer el än vi har förbrukat, men el är inte som andra varor som man kan lägga i ett lager och använda vid senare tillfälle. Batterier klarar än så länge bara av den uppgiften i mindre skala. Det handlar därför inte bara om att producera tillräckligt med el utan att göra det vid exakt de tillfällen då den efterfrågas. Lyckas vi inte med det måste vi importera el från andra länder och det finns ingen garanti för att detta är möjligt. I värsta fall måste vi tillfälligt stänga av kunder från elnätet. En sådan situation vill vi naturligtvis göra allt för att undvika eftersom hela samhället är oerhört beroende av en stabil elförsörjning.

I Sverige efterfrågas mest el under kalla vintermorgnar. Det är därför elförbrukningen under dessa tidpunkter som vi måste anpassa produktionen efter. Svenska kraftnät¹ bedömer att vi åtminstone måste ha 26,7 gigawatt (GW) i tillgänglig effekt under kalla vintermorgnar för att klara efterfrågan. Under stränga vintrar ligger gränsen vid 27,8 GW.

Den *tillgängliga* effekten är inte den samma som den *installerade* effekten. Ett vindkraftsverk kan till exempel ha en **installerad effekt** på 2 MW, men eftersom det inte blåser hela tiden är det inte möjligt att räkna med att allt detta kan utnyttjas varje stund på året. Därför måste man multiplicera den installerade effekten med en faktor som beskriver hur mycket som finns tillgängligt vid varje given tidpunkt för att få fram den **tillgängliga effekten**. Varje kraftslag har olika tillgänglighetsfaktorer. Dessutom kan de skilja beroende på årstid och tid på dygnet. Tillgänglighetsfaktorn på solkraft är till exempel noll kalla vintermorgnar eftersom solen, inte ens i de sydligaste delarna av landet, hunnit gått upp då.

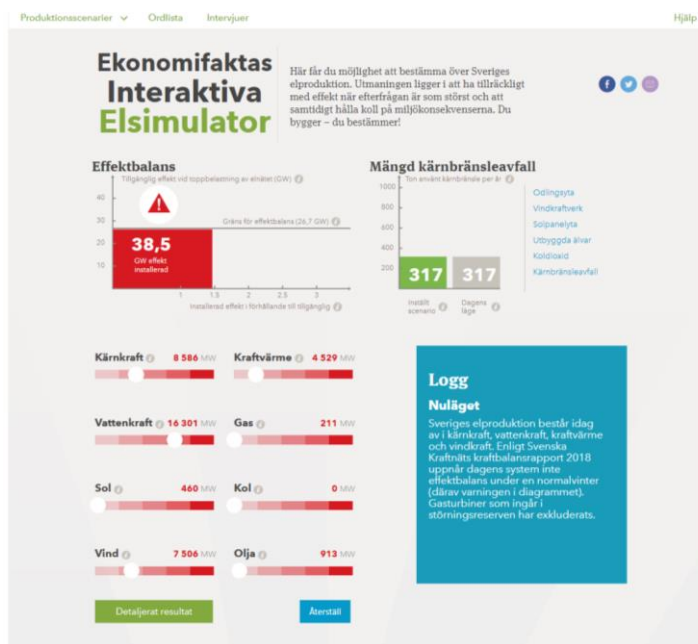
¹ Svenska kraftnät är den myndighet som ansvarar för leveranssäkerheten i elöverföringssystemet, det vill säga att vi har el i uttagen. I Elsimulatorn används Svenska kraftnäts antaganden om tillgänglighetsgrad samt hur mycket effekt som måste finnas tillgängligt. www.svk.se

Utmaningen: En helt förnybar elproduktion (15 minuter) – Lärarens version

Denna del görs med fördel i grupper om 3-4 elever så att de får möjlighet att resonera sinsemellan om valen de gör. En i gruppen utses som ordförande eller överingenjör och är den som rent praktiskt gör förändringarna i Elsimulatorn. Dela ut de två sista sidorna i denna handledning till eleverna.

1. Gå in på Elsimulatorn: <http://www.ekonomifakta.se/Fakta/Energi/Elsimulator/>

Denna vy visar hur Sveriges elproduktion ser ut idag. Eleverna bekantar sig med detta läge och ser att vi har mycket vattenkraft och kärnkraft. De bekantar sig också med diagrammet över den tillgängliga effekten och gränsen för effektbalans. Notera att vi redan idag befinner oss i ett läge där vi riskerar elbrist (stapeln är röd).



2. Nedstängning av icke-förnybart

Låt dina elever ändra Sveriges elproduktion så att alla icke-förnybara energislag stängs ner. Reglaget för kärnkraften dras ner till noll. I praktiken innebär det att de stänger ner samtliga nu aktiva åtta reaktorer vid Oskarshamn, Ringhals och Forsmark.

Även reglaget för oljekraftverken dras ner till noll. Detta är reservkraftverken som finns i Stenungssund och Karlshamn. Dessa har tidigare använts då det funnits risk för elunderskott.

Slutligen ska också reglagen för gaskraft dras ner till noll eftersom dessa i huvudsak drivs med naturgas. I praktiken innebär det stängningar av gaskraftverken i Malmö och Göteborg. I realiteten är det nog inte särskilt många som räknar med att även gaskraften ska avvecklas, snarare byggas ut mer, men om målet om 100 procent förnybart ska tolkas bokstavligt måste även den avvecklas.

Eleverna kommer nu se att stapeln i diagrammet som visar den tillgängliga effekten sjunker betydligt. Den hamnar långt under den gräns som Svenska kraftnät har satt som ett minimum för att vi ska klara elförsörjningen under efterfrågetoppar.

3. Återfå effektbalans

Det läge eleverna ställt in är inte hållbart eftersom det inte råder effektbalans. Det skulle med mycket stor säkerhet leda till elbrist under perioder av året. Nu måste de därför öka annan produktion för att få stapeln i diagrammet lyfta över effektgränsen igen. Först när den blir grön är man på den säkra sidan igen.

Att återfå effektbalans är ingen enkel uppgift i Elsimulatorn och det avspeglar de svårigheter som finns i verkligheten. I praktiken måste man bygga ut vattenkraften och/eller kraftvärmens. När det gäller kraftvärmens kan den drivas med olika bränslen varav inte alla är särskilt trevliga ur miljösynpunkt. I Elsimulatorn antar vi dock att det är biobränsle som gäller och då blir koldioxidutsläppen låga. Noll blir de dock inte för något kraftslag eftersom byggnation och drift/underhåll av anläggningar alltid innebär koldioxidutsläpp.

4. Studera skillnaderna

När eleverna uppnått effektbalans igen kan de återigen gå in och studera effekterna och fylla i formuläret. Deras system bör ha ungefär lika mycket tillgänglig effekt som tidigare. Helst något mer så att stapeln blir grön. Däremot är det möjligt att den installerade effekten och den totala elproduktionen har stigit, i vissa fall betydligt om de ökat mängden vindkraft. Anledningen till det är att vindkraften har en låg tillgänglighetsfaktor, det vill säga att man inte kan garantera att mycket mer än en tiondel av den installerade effekten finns tillgänglig under efterfrågetoppar.

Utsläppen av koldioxid bör vara relativt oförändrade. I deras formulär finns en jämförelse med hur mycket vägtrafiken släpper ut så att de kan sätta förändringen i proportion. Om de sjunkit beror det på att man tagit bort den lilla mängd olja och gas som finns i dagens system. Övriga miljökonsekvenser kan dock vara stora och här finns det både positiva och negativa effekter att diskutera.

Energiproduktion

Energi producerad i varje anläggning. Enhet är terawattimmar (TWh), en terawattimme är en miljard kilowattimmar (kWh).

	Kärnkraft	Vattenkraft	Sol	Vind	Kraftvärme	Gas	Kol	Olja	Summa
Idag	60,1	60,3	0,5	19,7	13,8	1,7	0,0	2,9	159,0
Ditt val	0,0	87,0	0,5	47,3	27,4	0,0	0,0	0,0	162,2
Differens	-60,1	26,6	0,0	27,6	13,6	-1,7	0,0	-2,9	3,2

Miljökonsekvenser

Summering av miljökonsekvenserna.

	Idag	Ditt val	Differens
Odlingsyta (Tusen kvadratkilometer odling)	2,8	5,6	2,8
Vindkraftverk (Tusental medelstora kraftverk)	2,5	6,0	3,5
Solpaneleryta (Kvadratkilometer solpaneler)	4	4	0
Utbyggda älvar (Utbyggda älvar av medelstorlek)	8,2	11,8	3,6
Koldioxid (Miljoner ton koldioxid per år)	5,3	1,8	-3,5
Kärnbränsleavfall (Ton använt kärnbränsle per år)	317	0	-317
Koldioxid (g/kWh)	33,6	11,3	-22,3

Avslutande diskussion i helklass (10 min)

Låt en grupp få berätta om vilka kraftslag de byggde ut och sedan redovisa vilka miljökonsekvenserna blev. Här kan man fokusera på fördelar och nackdelar utifrån vad man diskuterat i gruppen. Den viktiga insikten är att det inte finns några enkla lösningar. Alla val vi gör får konsekvenser. Till och med vindkraft, som lite förenklat ibland uppfattas som rakt igenom miljövänligt, innebär att elproduktionen blir mindre förutsägbar och behovet av reglerkraft ökar. Ny vindkraft kräver alltså mer av annan elproduktion i systemet och hur ska den produceras?

Som ett stöd för diskussionen i helklass kan följande frågor användas:

1. Vad har hänt med mängden kärnbränsleavfall? Vilka fördelar finns det med detta?

Här kan man ta upp frågan om slutförvaring. Mer info om man vill fördjupa sig finns exempelvis på Strålsäkerhetsmyndighetens hemsida: www.stralsakerhetsmyndigheten.se

2. Vad har hänt med utsläppen av koldioxid?

Generellt kan man vänta sig relativt små förändringar på denna punkt och det är också en viktig insikt i diskussionen om grön el. Redan idag har vi ytterst låga utsläpp av koldioxid från elproduktionen och utmaningen blir snarast hur vi kan bibehålla detta om vi stänger kärnkraften. Eftersom kärnkraft ur ett livscykelperspektiv har låga utsläpp i förhållande till energiproduktionen kan koldioxidutsläppen ha ökat om man ersatt med vindkraft, kraftvärme och vattenkraft. Ingen av dessa kraftslag har visserligen höga livscykelutsläpp, men ändå något högre än kärnkraft.

Ett alternativ som diskuteras i branschen, om vi fortsätter att avveckla kärnkraften, är att föra in mer gaskraft i den svenska elproduktionen. Även om naturgas är ett renare fossilt bränsle än kol och olja skulle en sådan utveckling öka våra utsläpp av koldioxid. Ytterligare en aspekt är att vi skulle bli mer beroende av import av naturgas, kanske från Ryssland. En sådan utveckling skulle då också få säkerhetspolitiska konsekvenser. Även detta kan man ta upp till diskussion för att peka på komplexiteten i frågan.

3. Vad har hänt med antalet vindkraftverk? Finns det några nackdelar med detta?

Vindkraft är förnybart, men inte helt utan problem. Till exempel kan vindkraftverk upplevas som störande av boende i närområdet. Ur ett större elförsörjningsperspektiv är det dock svängningarna produktionen på grund av skiftande vindstyrka, som är den stora utmaningen. Ny vindkraft kräver ny reglerkraft och även denna måste vara miljövänlig för att den totala effekten på miljön ska bli positiv. Att ersätta kärnkraft, vars produktion är stabil och förutsägbar, med väderberoende elproduktion är en svår utmaning.

4. Vad har hänt med antalet utbyggda älvar? Vilka nackdelar finns det med detta?

Att storskaligt bygga ut vattenkraften skulle innebära att vi måste exploatera älvar och älvsträckor som idag är skyddade. Naturvärden skulle gå förlorade och dammar inverkar negativt på den biologiska mångfalden.

5. Vad har hänt med odlingsytan för energiskog? Vilka nackdelar finns det med detta?

Odling av biobränslegrödor kräver stora ytor. Om hela Sveriges elförbrukning skulle tillgodoses genom förbränning av biobränsle skulle en yta på cirka 100 000 kvadratkilometer krävas. Detta motsvarar mer än en femtedel av Sveriges landyta.

Utmaningen:

Ge Sverige en helt förnybar elproduktion

Klarar du av att ställa om Sveriges elproduktion så att den blir helt förnybar, samtidigt som vi inte riskerar elavbrott under tidiga vintermorgnar när efterfrågan på el är som störst? Följ stegen nedan och arbeta gärna i grupp. Utse en i gruppen till överingenjör – den av er som gör förändringarna i Elsimulatorn.

1. Gå in på Elsimulatorn: www.ekonomifakta.se/Fakta/Energi/Elsimulator/

Här ser du hur Sveriges elproduktion ser ut idag. Du kan klicka på informationstexterna för att få ytterligare bakgrund.

Diagrammet Effektbalans visar hur mycket effekt som finns tillgängligt i systemet. Effekten måste helst överstiga 27,8 gigawatt (GW) för att vi med säkerhet ska klara av elförsörjningen under kalla vintermorgnar när efterfrågan är som störst.

Ni kan notera att stapeln blir ljusröd redan vid 26,7 GW. Detta är gränsen för att klara av efterfrågan under ett normalår, medan 27,8 GW är gränsen för riktigt kalla vintrar.

2. Nedstängning av icke-förnybart

Dra ner alla reglage på de produktionsslag som inte är förnybara. *(Hjälp: kraftvärme räknas som förnybar i Elsimulatorn, det vill säga att endast biobränsle används.)*

Vad händer med diagrammet som visar effektbalansen?

Vilka konsekvenser tror ni att detta kan medföra?

3. Återfå effektbalans

Utmaningen blir nu att återfå effektbalans i systemet, det vill säga att ni åtminstone kommer över 26,7 GW och helst över 27,8 GW i tillgänglig effekt. Ni ska dock lyckas med detta enbart genom att öka de förnybara energislagen. Laborera med olika kombinationer. När ni hittat en mix som ni är nöjda med, gå vidare till steg 4.

4. Studera skillnaderna

När ni nu byggt om Sveriges elproduktion är det dags att undersöka vilka konsekvenser detta har medfört. Klicka på knappen **Detaljerat resultat** och anteckna förändringarna:

	Då	Ert val	Differens
Total tillgänglig effekt (MW)			
Total energiproduktion (TWh)			
Odlingsyta (Tusen kvadratkilometer odling)			
Vindkraftverk (Tusental medelstora kraftverk)			
Solpanelyta (Kvadratkilometer solpaneler)			
Utbyggda älvar (Utbyggda älvar av medelstorlek)			
Koldioxid (Miljoner ton koldioxid per år)			
Kärnbränsleavfall (Ton använt kärnbränsle per år)			
Koldioxid (g/kWh)			

När ni antecknat uppgifterna i formuläret ovan diskuterar ni i gruppen skillnaderna mellan ert system och dagens:

- Produceras ungefär lika mycket energi (TWh) som tidigare? Om inte, vad tror ni det beror på?
- Vad har hänt med utsläppen av koldioxid? Är detta en stor förändring? (Hjälp: Totalt släpper vägtransporter (bilar, lastbilar och mc) ut ca 16 miljoner ton per år i Sverige)
- Kan ni utifrån era siffror i tabellen utläsa om det finns några positiva miljökonsekvenser, i så fall vilka?
- Finns det några negativa miljökonsekvenser?

Hjälp om enheter

- **Effekt**

(Energi per tidsenhet)

$$1 \text{ TW} = 1\,000 \text{ GW} = 1\,000\,000 \text{ MW} = 1\,000\,000\,000 \text{ kW}$$

Terawatt, gigawatt, megawatt och kilowatt

- **Energi**

(Effekt gånger tid)

$$1 \text{ TWh} = 1\,000 \text{ GWh} = 1\,000\,000 \text{ MWh} = 1\,000\,000\,000 \text{ kWh}$$

Terawattimme, gigawattimme, megawattimme och kilowattimme.