

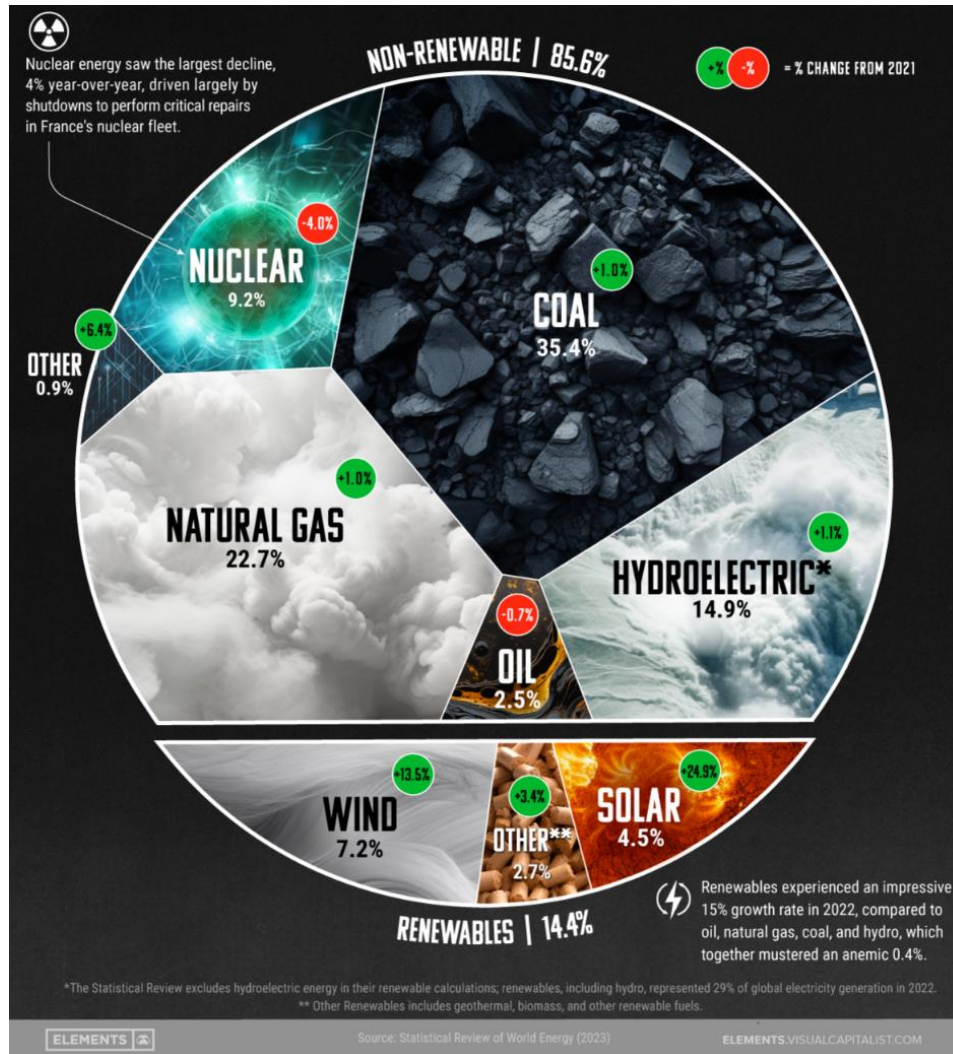
Kärnkraftens roll i det framtida energisystemet.

Översikt

- Kärnkraft - statistik och översikt
- Kärnkraft och hållbarhet
- Svensk energipolitik – spelet om kärnkraft
- Vi förlorade – några vann
- Kärnkraftens roll i det framtida energisystemet

Kärnkraft - statistik och annat översikt.

Den globala elproduktionen 2022:



(Källor:
<https://elements.visualcapitalist.com/what-electricity-sources-power-the-world/>

Energy institute, 2023. Statistical Review of World Energy. 72nd edition

https://www.energyinst.org/_data/asets/pdf_file/0004/1055542/EI_Stat_Review_PDF_single_3.pdf

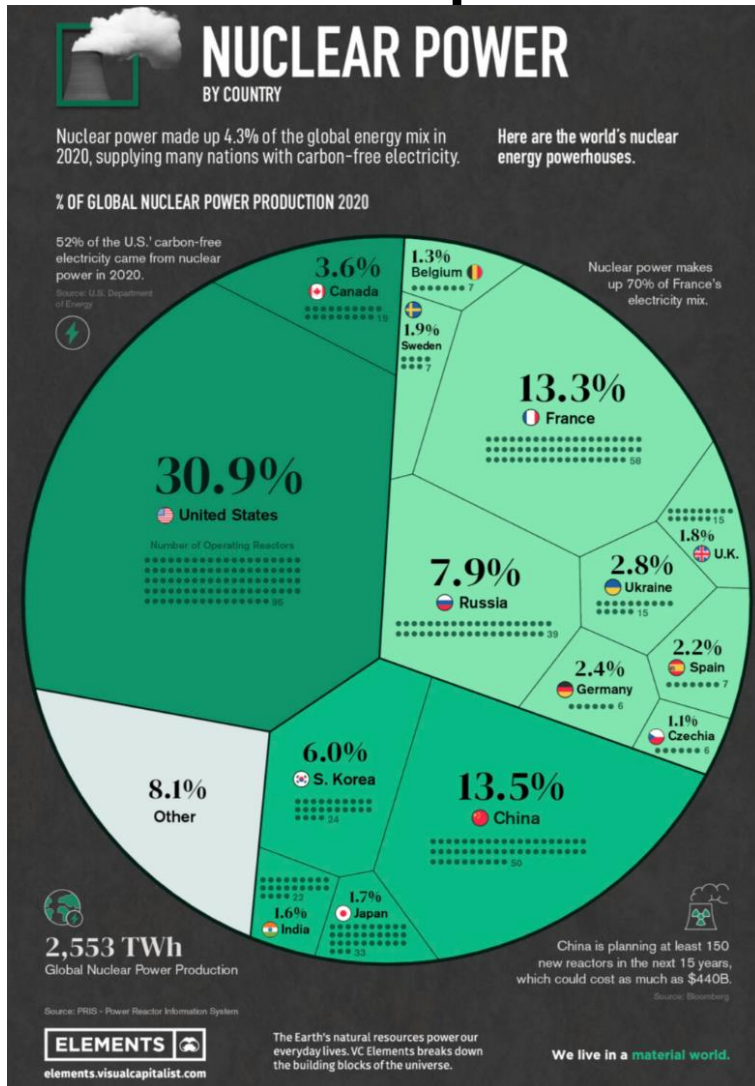
Kärnkraft - statistik och översikt:

- De globala **energirelaterade CO2-utsläppen slog rekord** under 2018 på grund av ett ökat elbehov
- Kärnkraft var (2018) den **näst största källan** för el med **låga koldioxidutsläpp**:
 - 452 reaktorer i drift
 - 2700 TWh el
 - 10 % av den globala elförsörjningen
 - 18% i avancerade ekonomier
- 11,2 GW ny kärnkraftskapacitet anslöts till kraftnät globalt 2018 (framför allt i Kina och Ryssland)

(Källa: IEA, 2019. Nuclear Power in a Clean Energy System.

https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad5a93ce-3a7f-461d-a441-8a05b7601887/Nuclear_Power_in_a_Clean_Energy_System.pdf)

Kärnkraftsproduktion / land 2022:



(Källa:
<https://elements.visualcapitalist.com/visualizing-nuclear-power-production-by-country/>)

Andel av el från kärnkraft 2022:

| Rank | Country | Nuclear Share of Electricity Mix |
|------|-------------------|----------------------------------|
| #1 | France 🇫🇷 | 70.6% |
| #2 | Slovakia 🇸🇰 | 53.1% |
| #3 | Ukraine 🇺🇦 | 51.2% |
| #4 | Hungary 🇭🇺 | 48.0% |
| #5 | Bulgaria 🇧🇬 | 40.8% |
| #6 | Belgium 🇧🇪 | 39.1% |
| #7 | Slovenia 🇸🇮 | 37.8% |
| #8 | Czechia 🇨🇪 | 37.3% |
| #9 | Armenia 🇦🇲 | 34.5% |
| #10 | Finland 🇫🇮 | 33.9% |
| #11 | Switzerland 🇨🇭 | 32.9% |
| #12 | Sweden 🇸🇪 | 29.8% |
| #13 | South Korea 🇰🇷 | 29.6% |
| #14 | Spain 🇪🇸 | 22.2% |
| #15 | Russia 🇷🇺 | 20.6% |
| #16 | Romania 🇷🇴 | 19.9% |
| #17 | United States 🇺🇸 | 19.7% |
| #18 | Canada 🇨🇦 | 14.6% |
| #19 | United Kingdom 🇬🇧 | 14.5% |
| #20 | Germany 🇩🇪 | 11.3% |

(Källa:
<https://elements.visualcapitalist.com/visualizing-nuclear-power-production-by-country/>)

Kärnkraft och hållbarhet.

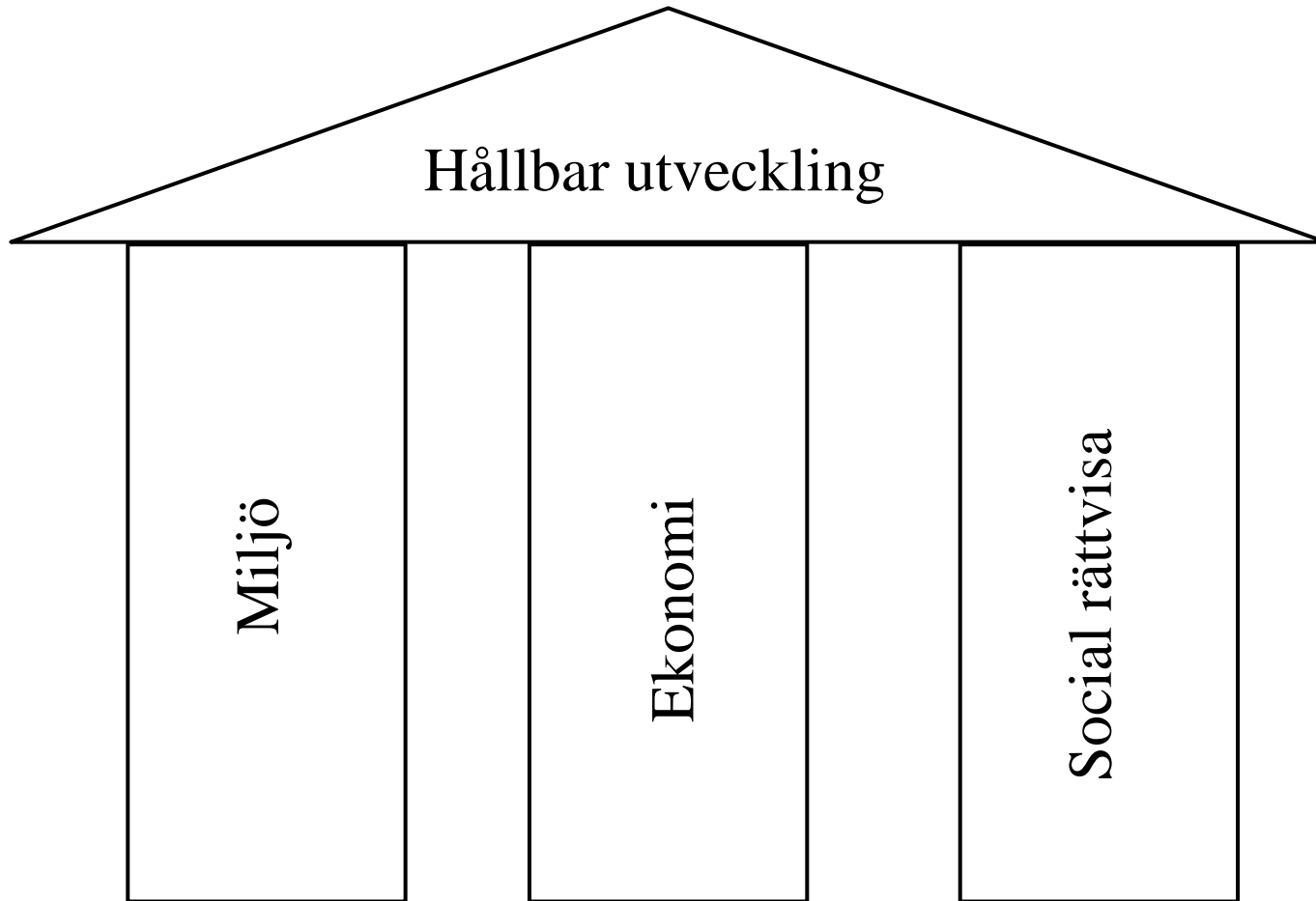
Sustainable development?

“...development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.”

G. Brundland (1987)

Olika aspekter inom hållbarhet:

- tre **lika viktiga** aspekter som är starkt sammankopplade



Agenda 2030



Basic principles for sustainability developed by The Natural Steps:

“In a sustainable society, nature is not subject to systematically increasing...

- 1)...concentrations of substances extracted from the Earth’s crust,
- 2)...concentrations of substances produced by society,
- 3)...degradation by physical means

and, in that society...

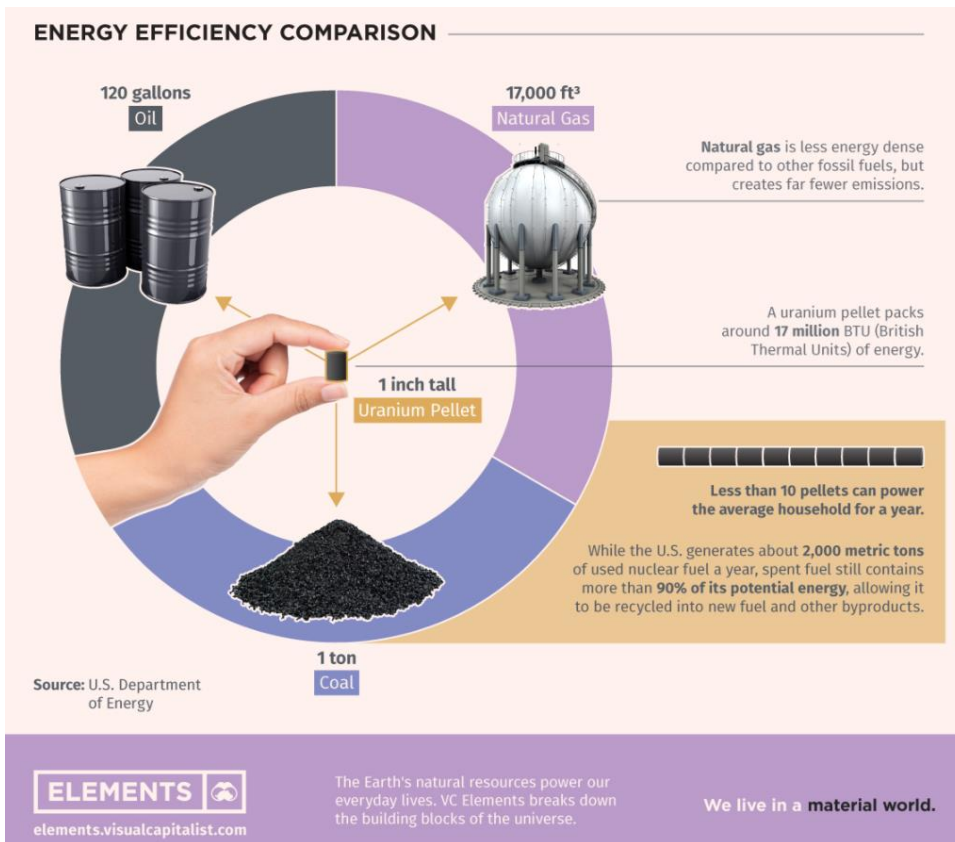
4-8)...people are not subject to conditions that systematically undermine their capacity to meet their needs.”

(Källa: <https://thenaturalstep.org/>)

Basic principles for sustainability developed :

“In a sustainable society, nature is not subject to systematically increasing...

1)...concentrations of **substances extracted from the Earth's crust,**



(Källa:
<https://elements.visualcapitalist.com/the-power-of-a-uranium-pellet/>)

Basic principles for sustainability developed :

“In a sustainable society, nature is not subject to systematically increasing...

1)...concentrations of **substances extracted from the Earth's crust**,

- **Uranium är en begränsad resurs**
- Den globala reserven av Uranium är **230-årigt** utbud med dagens konsumtionstakt
- Jämförelse med fossila bränsle:
 - Kol – 139 år
 - Olja – 57 år
 - Naturgas – 49 år

Källor:

<https://www.scientificamerican.com/article/how-long-will-global-uranium-deposits-last/>

<https://ourworldindata.org/grapher/years-of-fossil-fuel-reserves-left>

Basic principles for sustainability developed :

“In a sustainable society, nature is not subject to systematically increasing...

2)...concentrations of **substances produced by society**,

- **luft- och vattenföroreningar?**

- Därför krävs det olika och redundanta barriärer, robusta säkerhetssystem, välutbildade reaktoroperatörer, regelbundna tester och underhåll.

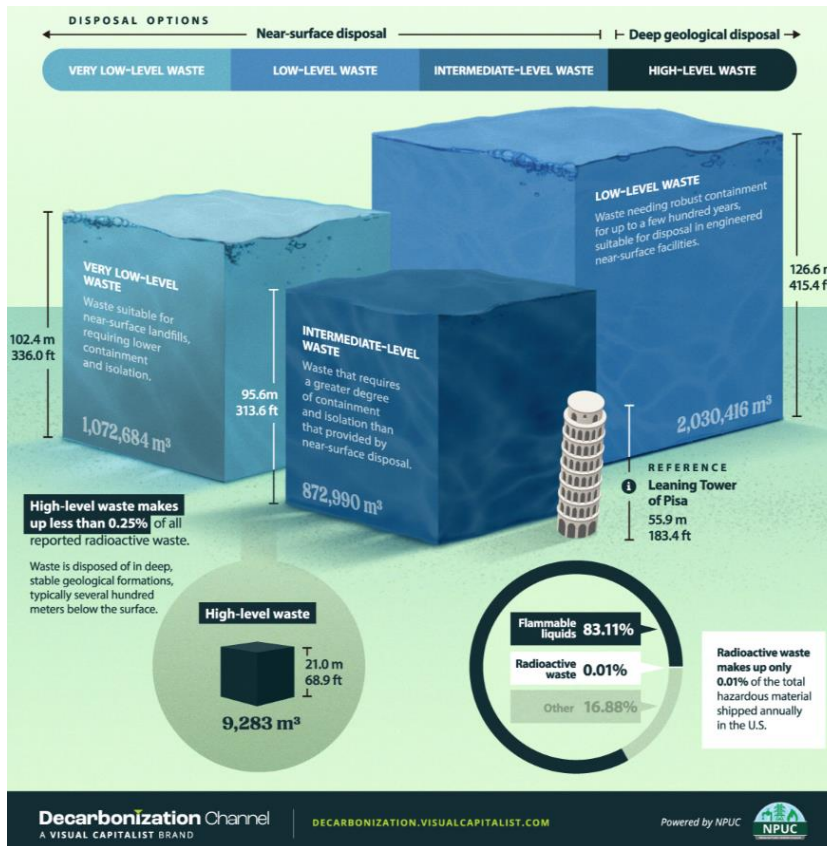
- **Radioaktivt avfall?**

- Ett stort problem är skapandet av radioaktivt avfallsmaterial. Dessa inkluderar **avfall från uranbruk** och andra **radioaktiva biprodukter**.
- Korrekt långtidsförvaring av dessa material är avgörande.

Basic principles for sustainability developed :

“In a sustainable society, nature is not subject to systematically increasing...

2)...concentrations of **substances produced by society**,



(Källa:
<https://elements.visualcapitalist.com/visualizing-all-the-nuclear-waste-in-the-world/>)

Basic principles for sustainability developed :

“In a sustainable society, nature is not subject to systematically increasing...

2)...concentrations of **substances produced by society**,

- Kärnkraftsreaktorer ger **inga direkta koldioxidutsläpp**
- **Stort indirekt koldioxidutsläpp uppstår** på grund av stora mängder energi som används under
 - **brytning och raffinering** av uranmalm och **tillverkning av reaktorbränsle**,
 - vid **byggandet av kärnkraftverket** (kräver stora mängder metall och betong)

om energin kommer från fossila bränslen

- **Avveckling av kärnkraft innan verken nått sin tekniska livslängd är ett stort slöseri ur klimatsynvinkel !!!**

Basic principles for sustainability developed :

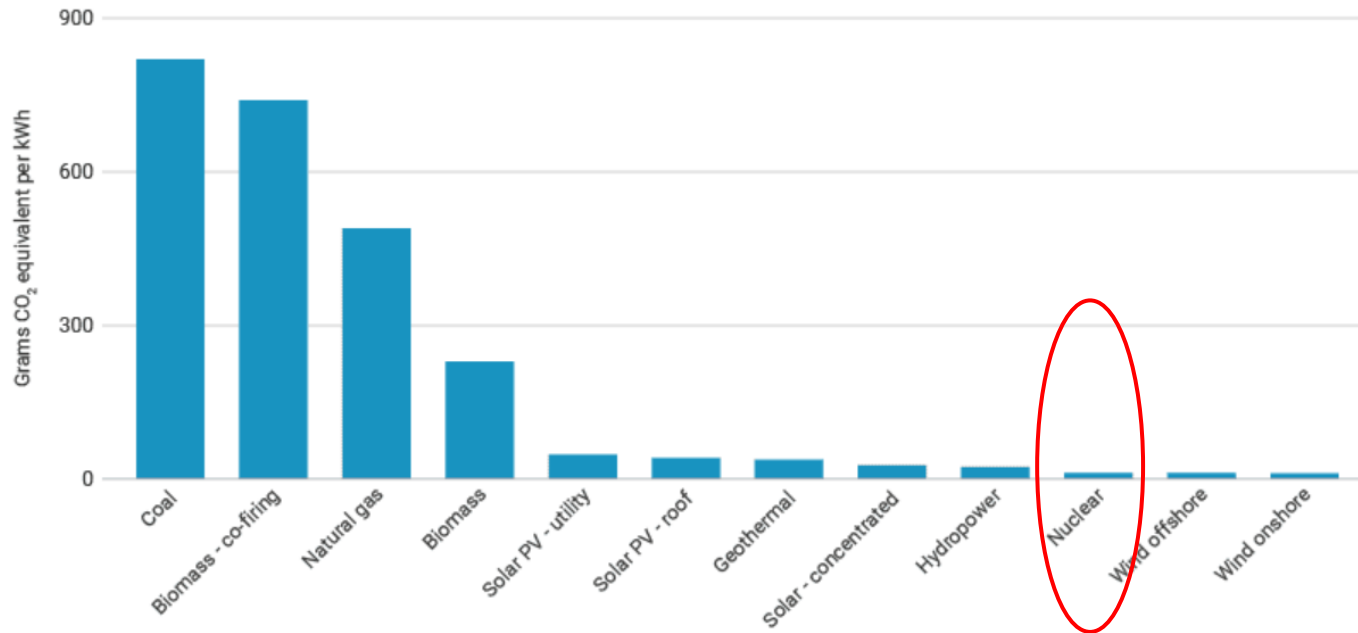


Figure 5: Average life-cycle CO₂ equivalent emissions (source: IPCC)

Källor: Steffen Schlömer (ed.), Technology-specific Cost and Performance Parameters, Annex III of Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2014)

<https://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/nuclear-energy-and-sustainable-development.aspx>

Basic principles for sustainability developed :

“In a sustainable society, nature is not subject to systematically increasing...

2)...concentrations of **substances produced by society**,



- Tillsammans med vattenkraft står kärnkraft för tre fjärdedelar av den globala elproduktionen med **låga koldioxidutsläpp**.
- Under de **senaste 50 åren** har användningen av kärnkraft **minskat CO₂-utsläppen med över 55 gigaton** – nästan två års globala energirelaterade utsläpp.

(Källa: IEA, 2019. Nuclear Power in a Clean Energy System.

https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad5a93ce-3a7f-461d-a441-8a05b7601887/Nuclear_Power_in_a_Clean_Energy_System.pdf)

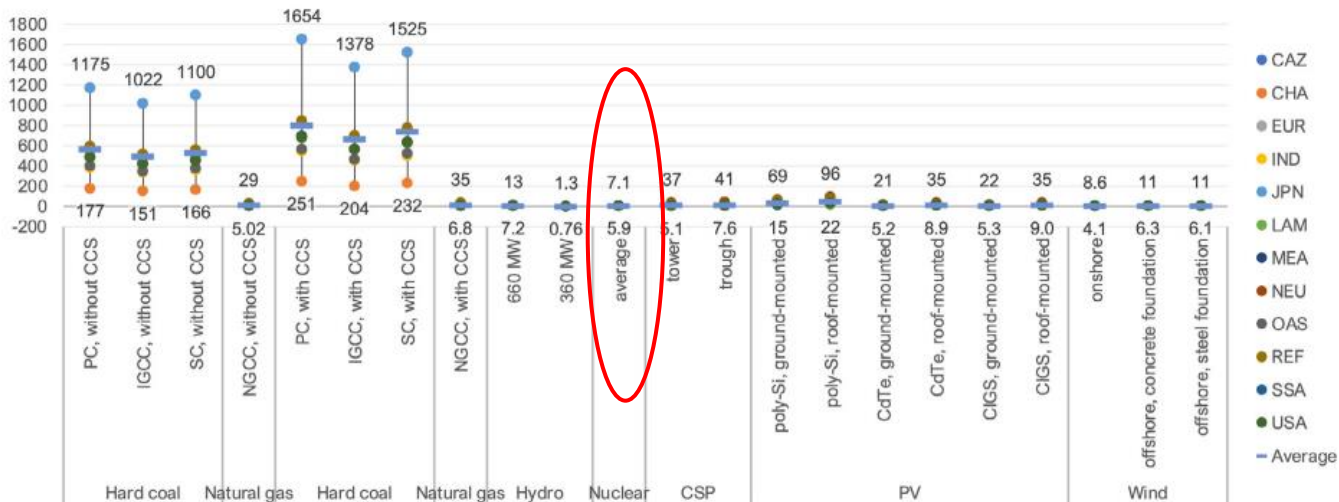
Basic principles for sustainability developed :

“In a sustainable society, nature is not subject to systematically increasing...

2)...concentrations of **substances produced by society**,

- **Vattenövergödning** orsakas av utsläpp av **fosforföreningar**

Lifecycle eutrophying emissions, in g P eq. per MWh, regional variation, 2020



Källan: UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021. Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources. https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA_3_FINAL%20March%202022.pdf

Basic principles for sustainability developed :

“In a sustainable society, **nature is not subject** to systematically increasing...

3)...**degradation by physical means,**

- **Gruvdrift och uranutvinning:**
 - Uranbrytning kan **störa miljön runt gruvan**. Modern in-situ lakningsteknik minskar påverkan jämfört med traditionella gruvmetoder.
 - Korrekt hantering och återvinning är avgörande för att minimera miljöskador.
- **Värmeavgivning och vattenliv:**
 - Kärnkraftverk avvisar ofta spillvärme till naturliga vattendrag. Detta kan höja vattentemperaturen och **påverka akvatiska ekosystem negativt**.
 - Alternativ som **kyltorn** används för att mildra denna påverkan

Basic principles for sustainability developed :

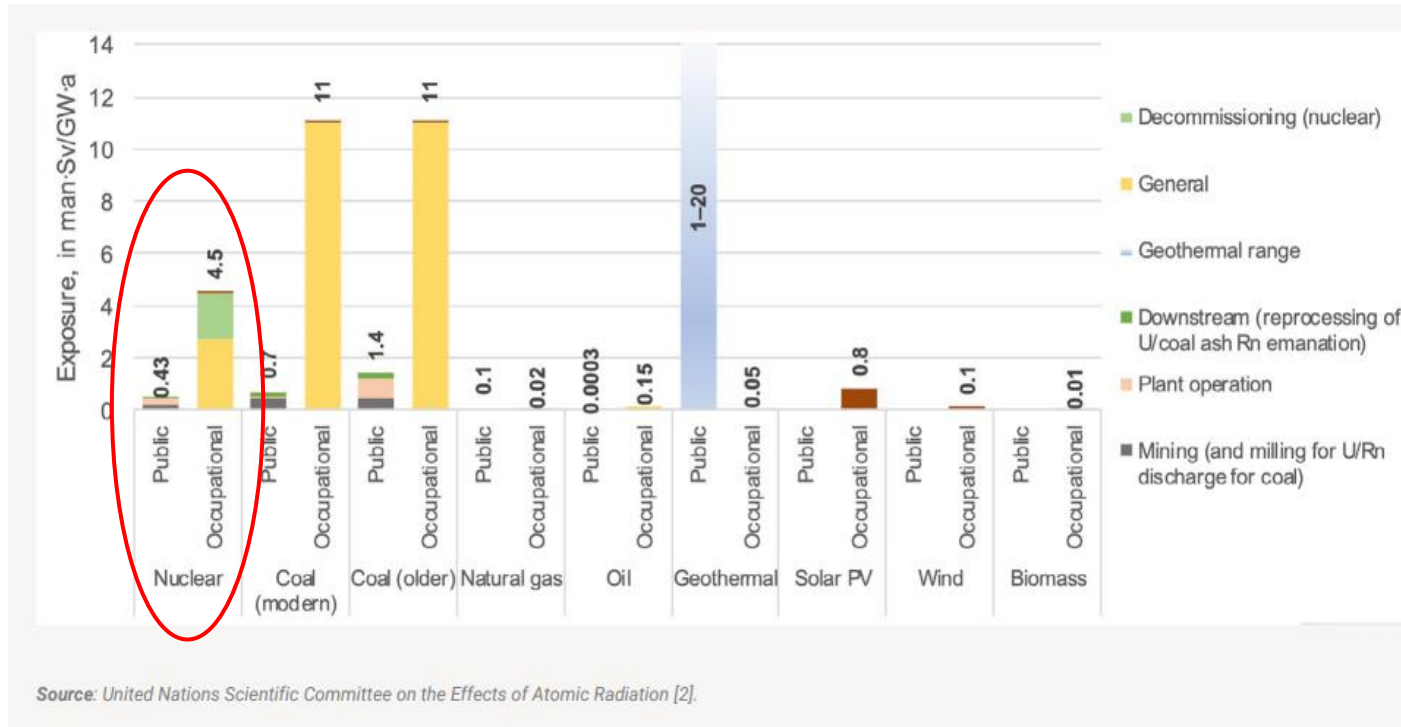
“In a sustainable society...

4-8)...people are not subject to conditions that systematically undermine their capacity to meet their needs.”

- Risk för **kärnkraftsolyckor**:
 - Konsekvenserna av kärnkraftsolyckor, som Tjernobyl och Fukushima, understryker vikten av stränga säkerhetsåtgärder.
 - Måste konstrueras för att **motstå** svåra **väderförhållanden** och **jordbävningar**
- Terrorister kan använda radioaktivt avfall för att tillverka **terrorbomber**
 - kärnkraftverk är skyddad av beväpnade säkerhetsteam

Basic principles for sustainability developed :

- Potentiella **inverkan av radioaktivt avfall och reaktorbränsle på människors hälsa**
 - **Joniserande strålning**

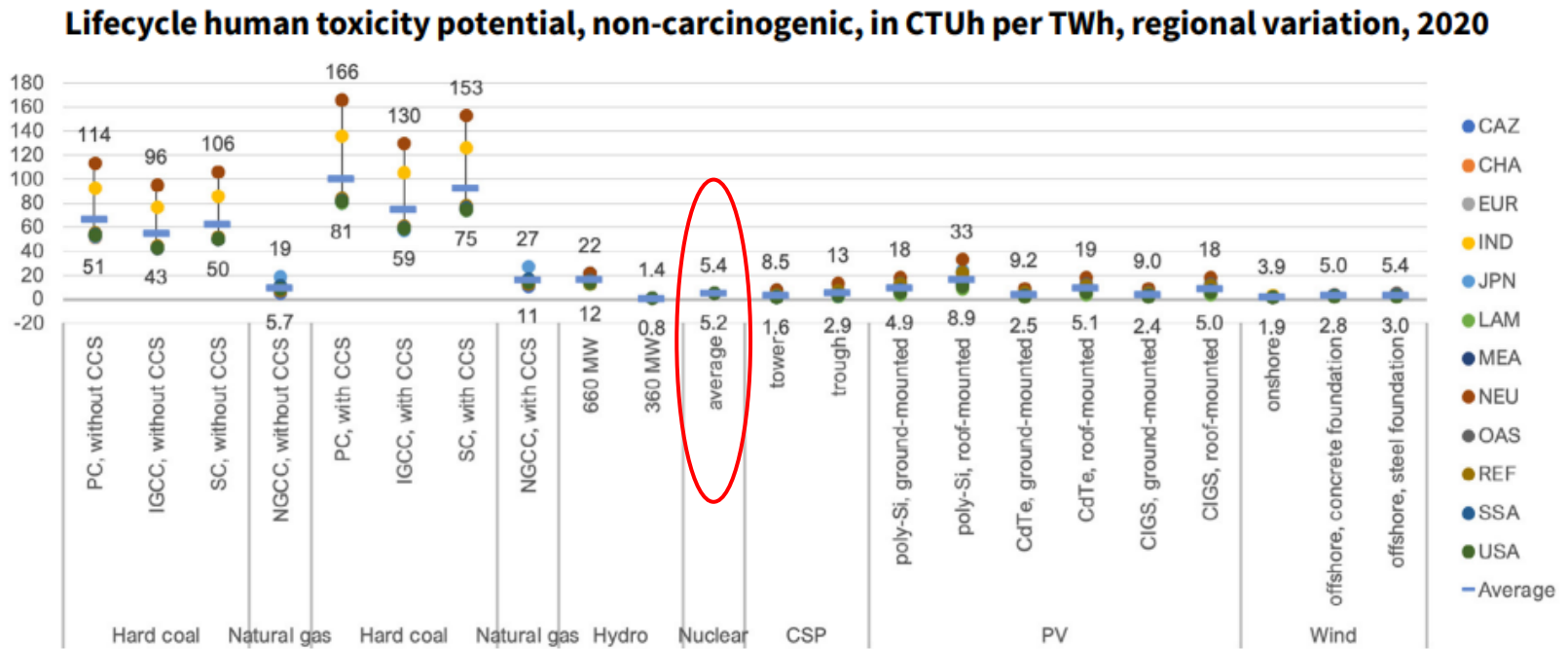


Källan: UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021. Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources.

https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA_3_FINAL%20March%202022.pdf

Basic principles for sustainability developed :

- Human toxicitet - icke-cancerframkallande effekter

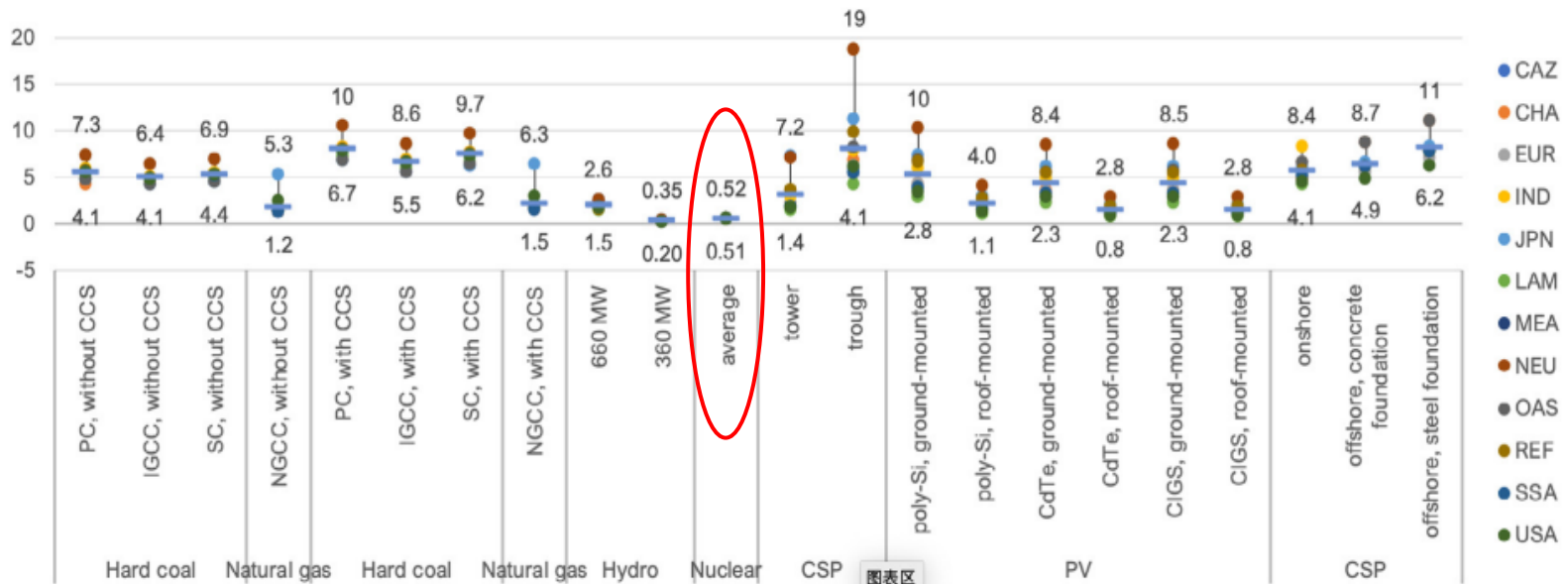


Källan: UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021. Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources.
https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA_3_FINAL%20March%202022.pdf

Basic principles for sustainability developed :

- Human toxicitet - cancerframkallande effekter

Lifecycle human toxicity potential, carcinogenic, in CTUh per TWh, regional variation, 2020



Källan: UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021. Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources.
https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA_3_FINAL%20March%202022.pdf

Basic principles for sustainability developed :

“In a sustainable society ...

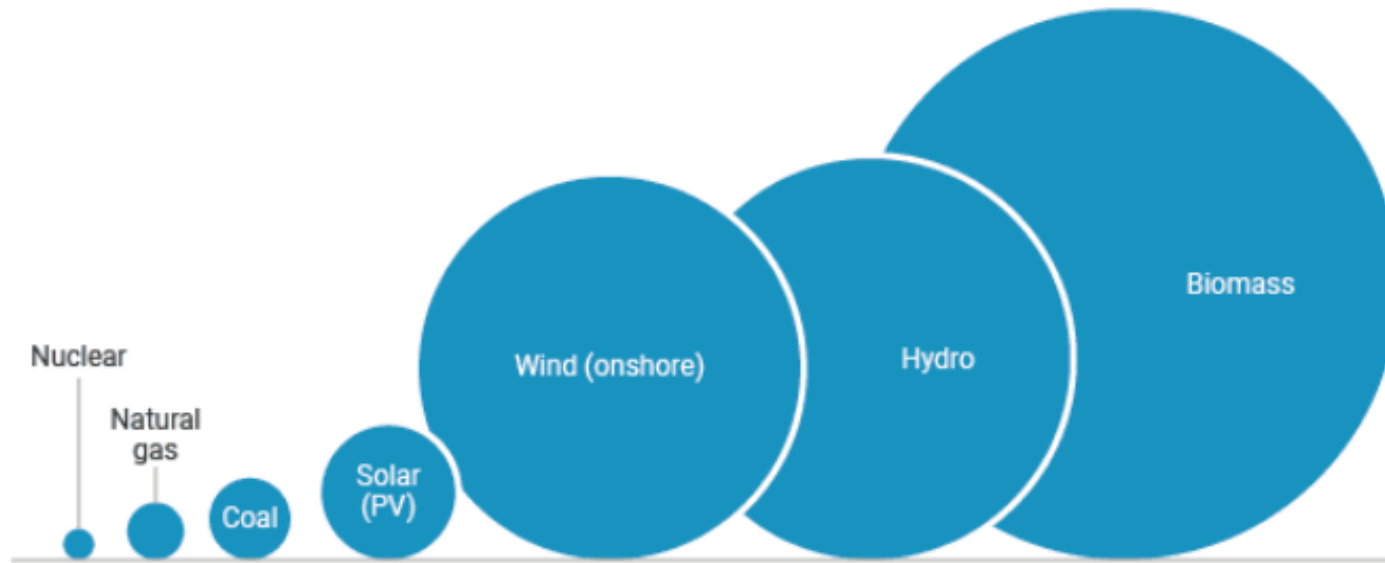
4-8)...people are not subject to conditions that systematically undermine their capacity to meet their needs.”

- **Markavtryck**
 - direkt och indirekt
 - bevara mark för att förhindra förlust av **biologisk mångfald**,
 - **Jordbruksockupation** (konkurrens med livsmedelsproduktionen - påverkan på matpris) och **stadsmarksockupation** (påverkan på bostadskostnader),
 - **Vindkraftsparker** och **solcellsanläggningar** (PV) kräver upp till **360** gånger respektive upp till **75** gånger så mycket landyta för att producera samma mängd el som en kärnenergianläggning

(Källa: <https://www.nei.org/news/2015/land-needs-for-wind-solar-dwarf-nuclear-plants>)

Basic principles for sustainability developed :

- Markavtryck

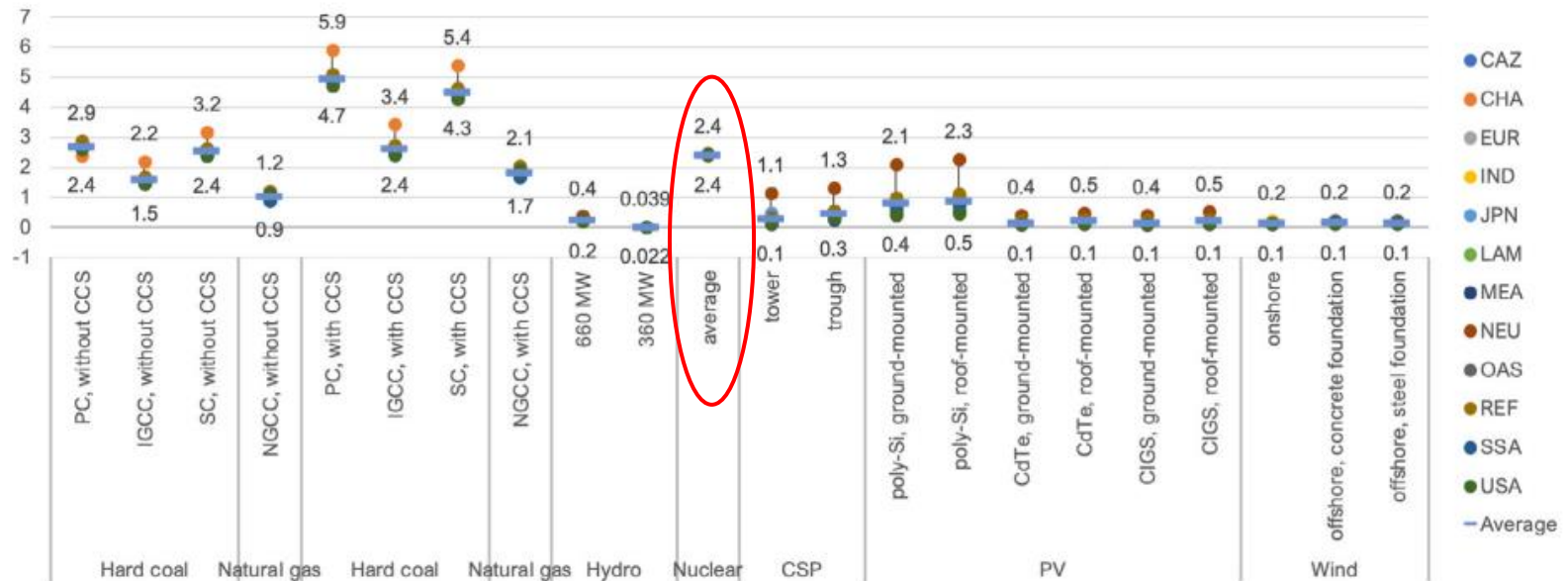


(Källan: UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021. Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources.
https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA_3_FINAL%20March%202022.pdf)

Basic principles for sustainability developed :

- **Vattenanvändning** - denna indikator indikerar **brist på vattenresurs**

Lifecycle dissipated water, in l per kWh, regional variation, 2020



Källan: UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021. Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources.
https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA_3_FINAL%20March%202022.pdf

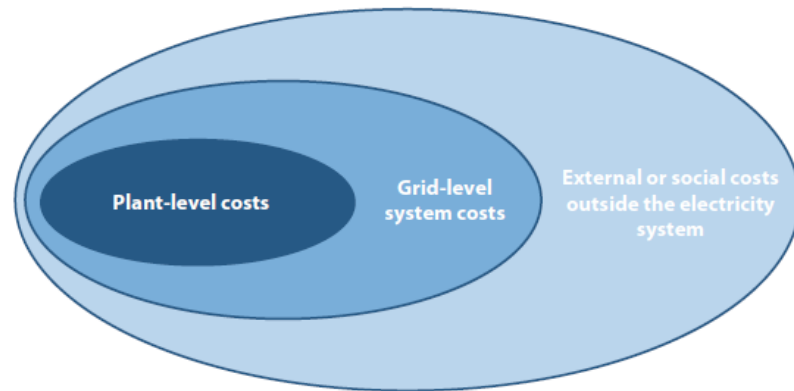
Basic principles for sustainability developed :

“In a sustainable society ...

4-8)...people are not subject to conditions that systematically undermine their capacity to meet their needs.”

- flera arbetstillfällen
- Lägre kostnader

Figure 1.1: Different cost categories composing the full costs of electricity provision



(Källor: <https://www.nei.org/news/2015/land-needs-for-wind-solar-dwarf-nuclear-plants>)

NEA, 2018. The Full Costs of Electricity Provision- https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_14998)

Basic principles for sustainability developed :

“In a sustainable society ...

4-8)...people are not subject to conditions that systematically undermine their capacity to meet their needs.”

- tillgång till ekonomiskt överkomlig, tillförlitlig, hållbar och modern energi för alla



(<https://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/nuclear-energy-and-sustainable-development.aspx>)

Basic principles for sustainability developed :

Nyckelkrav: prisvärd och pålitlig energi

Nyckelkrav:
ren energi



Nyckelkrav:
prisvärd, pålitlig
och ren energi

(<https://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/nuclear-energy-and-sustainable-development.aspx>)

Svensk energipolitik – spelet om kärnkraft.

Svensk energipolitik – spelet om kärnkraft

- Fram till början av 1970-talet sågs kärnkraften som framtids teknik – billig miljövänlig el i stora kvantiteter
- 1970-talet – tre kärnkraftverk har ansetts ha potential att leverera överskottsvärme till fjärrvärmesystem
 - Stockholm (Forsmark), Göteborg (Ringhals), Malmö/Lund (Barsebäck)
- Motståndet till kärnkraften började växa under 1970-talet:
 - Koppling mellan kärnkraft och kärnvapen
 - Kärnkraftens avfall
- Sedan i mitten av 1970-talet har all svensk energipolitik handlat i grunden om kärnkraftsfrågan
- Folkomröstningen om kärnkraft 1980
 - Tre olika varianter av avvecklingen

(Källa: Blomgren, Jan, 2021. Allt du behöver veta om: Sveriges elförsörjning. Timbro förlag, 2022. ISBN: 978-91-7703293-9

Frederiksen, S., Werner, S., 2013. District heating and cooling, Studentlitteratur, Stockholm, Sweden, 2013.)

Vi förlorade – några vann.

Vilka är vinnarna/förlorarna av svensk energipolitik som förts sedan mitten av 1980-talet?

(Källa: Blomgren, Jan, 2021. Allt du behöver veta om: Sveriges elförsörjning. Timbro förlag, 2022. ISBN: 978-91-7703293-9)

Vinnare:

- Tillverkare av vindkraft
 - Alla större vindkraftverk tillverkas av utländska företag
 - ”...rikedom har lämnat landet. Grattis Kina, Danmark, Tyskland och Spanien till inflödet av svenska pengar.”
- Forskare inom energisektorn (utom kärnkraft)

(Källa: Blomgren, Jan, 2021. Allt du behöver veta om: Sveriges elförsörjning. Timbro förlag, 2022. ISBN: 978-91-7703293-9)

Förlorare - Miljön förlorade

- ”vi förlorat ren och hållbar elproduktion”
- stora skogar har blivit ”industrilandskap med hundratals vindkraftverk”
- Boende nära kärnkraftverk är mer positivt inställda till sitt kraftverk än boende nära vindkraftsindustrier
 - Kanske på grund att kärnkraftverk erbjuder flera arbetstillfällen än vindkraft

(Källa: Blomgren, Jan, 2021. Allt du behöver veta om: Sveriges elförsörjning. Timbro förlag, 2022. ISBN: 978-91-7703293-9)

Förlorare - **Klimatet** förlorade

- Klimatsmart planerbar el ersattes med motsvarande mängd el som inte går att lita på
- Tidigare hade Sverige en större potential **att exportera el och därmed hade potential att trycka ut fossil elproduktion**
 - T.ex. genom att exportera till Estland, Tyskland och Polen
- Avveckling av kärnkraft innan verken nått sin tekniska livslängd är ett stort slöseri ur klimatsynvinkel
 - Kärnkraft har sina största bidrag till klimatutsläpp när det byggs (t.ex. på grund av klimateffekter av betongtillverkning)

(Källa: Blomgren, Jan, 2021. Allt du behöver veta om: Sveriges elförsörjning. Timbro förlag, 2022. ISBN: 978-91-7703293-9)

Förlorare - **Ekonomi** förlorade

- **Industrin** kan förlora **säker tillgång** till el till en **internationellt konkurrenskraftig pris**
 - Industri står för nära en tredjedel av alla exportinkomster
 - Sedan 2015 ökade antal företag som nekats att etablera ny verksamhet eftersom det inte fanns tillräckligt med el
 - Att bygga nya tunnelbanelinjer i Stockholm?
 - Fyrspåret mellan Uppsala och Stockholm
- **Mindre jobb** för kärnkraftskunnande
 - Många tusen arbetstillfällen - t.ex. ingenjörer, tekniker
 - ”Sverige är det enda land utanför USA och Sovjetunionen som lyckades utveckla en egen kärnkraftsteknologi”
 - I början av 1980-talet konstruerade och byggde kärnkraftverk

(Källa: Blomgren, Jan, 2021. Allt du behöver veta om: Sveriges elförsörjning. Timbro förlag, 2022. ISBN: 978-91-7703293-9)

Kärnkraftens roll i det framtida energisystemet.



Kan kärnkraften bidra
till utveckling av det
framtida
energisystemet?

Kärnkraften bidrag till utveckling av det framtida energisystemet:

- Elsystem
- Industrisektor
- Transportsektor
- Uppvärmning / Fjärrvärme

Finns det en plats för
kärnkraften i det
framtida
energisystemet?

Kärnkraft i det framtida energisystemet:

- Kärnkraft kan spela en betydande roll (tillsammans med förnybar teknik) i det framtida energisystemet
 - Lågt koldioxidavtryck
 - Tillgänglighet dygnet runt-Komplement till förnybara energikällor
 - Till skillnad från vissa intermittenta förnybara källor som är beroende av väderförhållanden, kan kärnkraftverk fungera kontinuerligt, vilket ger en stabil tillgång på el.
 - Flexibilitet och nätstabilitet:
 - Kärnkraftverk kan delvis flexibelt justera sin produktion för att möta efterfrågevariationer, vilket bidrar till nätstabilitet.
 - Energisäkerhet:
 - Minskat beroendet av importerade fossila bränslen.
 - Flera hållbarhetsfördelar i förhållande till alternativa elproduktion
 - Markavtryck, vattenanvändning, ekonomiska...

Tack så mycket!
Frågor?