

KLIMATPÅVERKAN BYGGNADSINTEGRERADE SOLCELLER

Författare: Gerda Ingelhart

Datum: 2020-11-18

Innehållsförteckning

1	BAKGRUND OCH SYFTE	3
2	METOD	3
2.1	Solceller	5
2.2	Fasadmaterial	8
3	RESULTAT	11
3.1	Varierad energimix och placering i olika väderstreck	11
3.2	Solceller placerade på tak	15
4	KÄNSLIGHETSANALYS	16
4.1	Balance of systems	16
4.2	Tillverkning och transport solceller Kina	16
5	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	19
6	REKOMMENDATION TILL BYGGPROJEKTLEDARE	21

I BAKGRUND OCH SYFTE

HSB Göteborg strävar efter att bidra till uppfyllelse av FN:s globala hållbarhetsmål. Ett av de fyra fokusområdena som HSB arbetar inom är Klimat, där målet är att halvera HSB Göteborgs CO₂ utsläpp till 2023. Målet ska uppfylls genom bland annat installation av solceller eller annan förnybar energi i samtliga byggstartade projekt från 2018.

Inom HSB Living Lab har projektet Byggnadsintegrerade solceller genomförts, som syftade till att utreda byggnadsintegrerade solceller utifrån en ekonomisk och teknisk synvinkel.¹ Den här studien är en fortsättning på projektet Byggnadsintegrerade solceller, där perspektivet vidgas till att beakta miljömässiga aspekter med fokus på klimatpåverkan.

Syftet med projektet är att utreda och jämföra klimatpåverkan från fasadmaterial och delvis takmaterial med byggnadsintegrerade solceller. Resultatet ska kunna utgöra underlag vid beslut om fasadutförande vid om- och nybyggnation utifrån ett klimatperspektiv.

2 METOD

Studerade solceller och fasadmaterial har tagits fram i samråd med HSB. Vidare har tidigare studier legat till grund för vilka solcellstyper som har studerats, eftersom information om klimatpåverkan från solceller idag är begränsad. Följande solceller har studerats och deras tekniska egenskaper återfinns i Tabell 1:

- Solceller: polykristalint kisel och monokristalint kisel
- Tunnsfilmsolceller: CdTe (kadmium, tellur) och CIGS (koppär, indium, gallium, selen)

Tabell 1- Tekniska egenskaper för studerade solcellstyper.

Modell	CdtE	CIGS	Mono	Poly
Aktiv area [%]	90	90	90	90
Modulverkningsgrad	11,57	14,49	20,81	16,44
Max effekt [W]	74,95	159,1	305,23	241,12

Utredningen är en fortsättning på projektet Byggnadsintegrerade samt examensarbetet Faktorer som bör vägas in vid investering av solceller.² Information om klimatpåverkan från solcellstyperna CdtE, CIGS, Mono- och polykristallina solceller har inhämtats ifrån

¹ Slutrapport Byggnadsintegrerade solceller, HSB Living Lab. Noorwood m. fl. 2018.

² Faktorer som bör vägas in vid investering av solceller. Olsson, Lovisa. 2019.

examensarbetet. I projektet Byggnadsintegrerade solceller studerades monokristallina solceller och tunnfilmsolceller med amorft kisel, varav den sistnämnda inte har beaktats i denna studie som en följd av brist på information om dess klimatpåverkan.

Data på miljö- och klimatpåverkan från tillverkning och transport av solceller har inhämtats från examensarbetet, där klimatpåverkan har tagits fram genom livscykelanalys i SimaPro. De studerade mono- och polykristallina solcellerna är tillverkade i Tyskland och tunnfilmssolcellerna i Danmark och transporterade till Göteborg. I känslighetsanalysen har transport från Kina inkluderats. Information om klimatpåverkan från tunnfilm med amorft kisel har inhämtats från andra studier, eftersom solcellstypen inte omfattades i examensarbetet.

I examensarbetet har också förväntad elproduktion för solceller placerade i Göteborg beräknats i Rhino. Den förväntade elproduktionen har i den här studien korrigerats från 40 grader sydligt läge till en lutning på 90 grader och olika väderstreck. Detta ska motsvara lutning och möjlig placering av paneler i verkligheten.

Resultaten från de tidigare studierna har i projektet kompletterats med LCA-beräkningar för olika typer av fasadmaterial. Studerade fasadmaterial har tagits fram i samråd med HSB, som sammanställde de mest förekommande fasadmaterialen vid om- och nybyggnation:

- Cembrit
- Swisspearl
- Steni

I första hand har produktspecifika klimatdata för fasadmaterial från EPD:er (Environmental product declaration) använts. I andra hand har generiska data från Byggsektorns miljöberäkningsverktyg använts. Detta gäller både för tillverkning och transporter. Byggsektorns miljöberäkningsverktyg är byggbranschens gemensamma verktyg för att beräkna klimatpåverkan från byggmaterial.

En jämförelse har sedan gjorts med avseende på klimatpåverkan från de olika solcells- och fasadutförandena med en tidsaspekt om 25 år, vilket uppskatta vara både solcellernas och flera av fasadmaterialens tekniska livslängd. Något av de studerade fasadmaterialen har dock längre teknisk livslängd.

Jämförelsen har även tagit hänsyn till undviken klimatpåverkan, vilken kan antas uppstå när solcellsel ersätter sämre el på marknaden. Det är dock komplext att avgöra vilken elproduktion som ersätts och resultatet i studien beror på valda antaganden. I studien har klimatpåverkan från svensk, nordisk, europisk elmix och till viss del marginal el (kol) beaktats. Det har

genomförts studier inom området, som pekar på att en stor utbyggnad av solceller i Sverige skulle kunna bidra till att fossil kraft ersätts i Europa.³

Två skilda perspektiv kan tillämpas vid antagandet om vad den nyproducerade solcellselen ersätter på marknaden: ett bokförings- och ett konsekvensperspektiv, vilka är två olika grundläggande miljövärderingsprinciper. Bokföringsperspektivet beräknar den faktiska påverkan genom allokering. Inom ett konsekvensperspektiv tas det hänsyn till förändringar i systemet ofta med ett marginaltänk, vilket innebär att miljöeffekterna av en förändring kan studeras.

I IVLs verktyg Tidstegen kan klimatnyttan med solcellsinstallation analyseras, då verktyget syftar till att utreda klimatkonsekvenser av olika energiåtgärder. I verktyget antas solceller minska klimatpåverkan kraftigt, eftersom ett nordeuropeiskt perspektiv på elsystemet tillämpas. Det innebär att den producerade solcellselen antas ersätta el på marginalen i det nordeuropeiska elsystemet. På grund av komplexiteten om vad som antas ersättas, vilket till exempel kan variera över dygnet och under året, så har ett marginaltänkt och olika typer av elmix beaktats i denna studie. Det innebär att utredningen tillämpar både ett bokförings- och konsekvensperspektivet, fokus har dock legat på bokföringsperspektivet.

Eventuellt tillkommande värmeförluster genom ökade köldbryggor från fasadintegrerade solceller har inte beaktats. Detta med ett antagande om att det inte bör vara någon större skillnad i förluster, då solcellsmodulen ersätter fasadmaterial.

I följande kapitel återges en beskrivning över de solcellstyper och tack- och fasadmaterial som har studerats. Vidare beskrivs de antaganden och avgränsningar som har gjorts i samband med genomförda beräkningar, så som studerade livscyklifaser och solcellernas placering.

2.1 Solceller

Idag finns det tre olika solcellstyper på marknaden: monokristallina solceller, pollykristallina solceller och tunnfilmssolceller. Marknaden domineras av de mono- och pollykristallina solcellerna, vilka benämns som den första generationens solceller.

Majoriteten av de paneler som tillverkas idag kommer från Kina, som tog över ledning av solcellstillverkning från Europa i början 2010-talet.⁴ Produktion av solceller förekommer fortfarande runt om i Europa och även till viss del i Sverige.⁵

³ <http://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?projectid=22482>

⁴ <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/ISE-Sustainable-PV-Manufacturing-in-Europe.pdf>

⁵ <https://midsummersolarroofs.se/om-oss/>

Pris, utseende, böjbarhet, verkningsgrad varierar mellan de olika solcellstyperna. Det är oftast dessa faktorer som påverkar val av solcell tillsammans med en byggnadsförutsättningarna.⁶

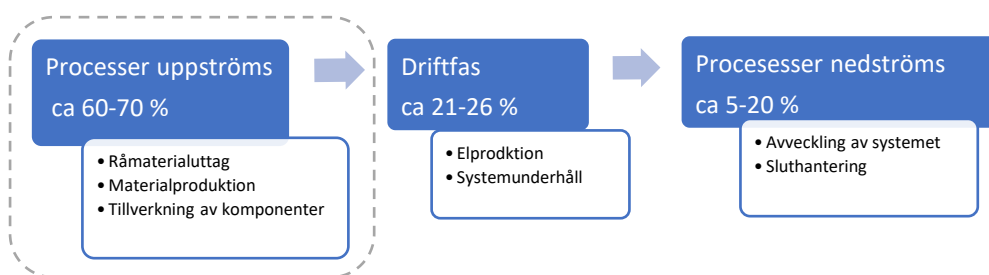
2.1.1 Solcellers miljöpåverkan

I Figur 2-1 nedan återfinns en flödesbild som visualiserar vart den största klimatbelastningen förekommer i en solcells livscykel. Det är tydligt att tillverkningsfasen utgör den största klimatbelastningen följt av driftsfasen och sluthantering.⁷

Den stora miljöpåverkan som uppstår vid tillverkning av solcellerna beror på att panelerna oftast innehåller material som är energikrävande att framställa. Det medför att tillverkningsland och landets energimix har stor betydelse för solcellernas miljöpåverkan. Kina har exempelvis stor andel kol i sitt energisystem, vilket innebär att tillverkning av solceller i Kina medför en ökad klimatbelastning.⁸

Andra viktiga aspekter som påverkar beräknad klimatpåverkan från solceller är antaganden om hur koldioxidutsläpp allokeras till olika delar av produktionskedjan samt antaganden om livslängd, förväntad solinstrålning och elproduktion.⁹

Vissa paneler innehåller även giftiga ämnen, som kan skada människa och miljö. Akvatisk ekotoxitet av marin miljö var den miljökategori som påverkade mest vid tillverkning av både tunnfilms och kiselcellerna enligt studerat examensarbete. Den största risken för läckage av farliga ämnen sker i samband med gruvbrytning av råmaterial. Risken för läckage av farliga ämnen minskar i moderna fabriker med höga miljökrav.¹⁰



Figur 2-1 – Fördelning klimatpåverkan från en solcell under dess livscykel.

⁶ <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/lar-dig-mer-om-solceller/olika-typer-av-solceller/>

⁷ <https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56487.pdf>

⁸ <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/lar-dig-mer-om-solceller/solcellers-miljopaverkan/>

⁹ https://www.naturskyddsforeningen.se/faqsol?gclid=EAIaIQobChMI4N_2oaXE6AIVxRsYCh34cwIqEAAYAiAAEgL7CPD_BwE

¹⁰ https://www.naturskyddsforeningen.se/faqsol?gclid=EAIaIQobChMI4N_2oaXE6AIVxRsYCh34cwIqEAAYAiAAEgL7CPD_BwE

Ett sätt att utvärdera solcellers hållbarhet är genom Solar Score Card, som är framtaget av den ideella organisationen Silicon Valley Coalition vars syfte är att främja en omställning till hållbara högteknologiska produkter. Solar Score Card är ett poängsystem som bedömer allt från arbetsförhållanden i fabrik, reducerad mängden giftiga ämnen till klimatpåverkan och avfall.¹¹ Idag är det få solcellsleverantörer i Sverige som redovisar miljöpåverkan enligt systemet.

Denna studie fokuserar på den klimatpåverkan som uppkommer under tillverkningsfasen av solcellerna, se inringad fas i Figur 2-1.

2.1.2 Poly- och monokristallint kisel

Poly- och monokristallina solceller består av kisel i olika formationer: med en eller flera kristaller. Tillverkningen sker genom att kisel renas, smälts och sedan dopas med bor. Därefter skärs tunna skikt ut för att behandlas med kemikalier och dopas under högvärme med fosfor. Vidare förses modulerna med metallsträngar, som samlar upp strömmen för att leda den vidare.

Poly och monokristallina solceller har högre verkningsgrad än tunnfilmssolceller. Verkningsgraden varierar mellan 15–17 % för de polykristallina och 15–22 % för de monokristallina. Livslängden för panelerna är 25–30 år med ett effekttapp på ca cirka 80 % de sista åren. Optimerare och växelriktare har en livslängd på cirka 15 år. Mer om klimatpåverkan och hur övriga delar i ett solcellssystem har hanterats i denna studien återfinns senare i detta kapitel.

2.1.3 Tunnfilmssolceller

Tunnfilmssolcell klassificeras som andra generationens solcell och benämns utifrån vilka ämnen som ingår i tunnfilmen. Ingående ämnen som ofta förekommer är amorft kisel, CdTe (kadmium, tellur), CIGS (koppär, indium, gallium, selen). En tunn transparent ledare placeras på ett bärande material till exempel plast eller glas. Därpå appliceras ett halvledarskikt, som absorberar ljuset. Skiktet skapas genom förångning och reaktion bland ingående ämnen på glasskivan i en vakuumkammare. På det sättet skapas en tunn kristallin film, varpå ytterligare ett buffertskikt och en transparent ledare för uppsamling av ström appliceras.¹² I studien beaktas tunnfilm som är placerad på glas.

Materialkostnaden och verkningsgraden på ca 10–16 % är lägre än för mono- och polykristallina solceller. Det medför att tunnfilm kan vara ett intressant alternativt då större

¹¹ <http://svtc.org/>

¹² <https://www.nyteknik.se/energi/guide-solcellernas-tre-generationer-6880611>

ytor finns tillgängliga för placering av solceller. Tunnsolceller är böjbara, vilket också skapar ett brett användningsområde.¹³

2.1.4 Balance of systems

Balance of systems (BOS) är ett samlingsnamn för de material som ingår i solcellen förutom själva panelerna. I en tunnfilmsanläggning utgör BOS ca 50 % av anläggningens totala klimatpåverkan.¹⁴ För en solcellsanläggning med monokristallina solceller utgör BOS cirka 15 % av anläggningens totala klimatpåverkan. Detta gäller för en anläggning med takmonterade paneler, som har en installerad effekt på 1 kWp.¹⁵

I den här studien har endast solcellspanelen inkluderats, vilket innebär att övriga delar så som kablage, optimerare, växelriktare och material för infästning har avgränsats bort. I känslighetsanalysen har dock BOS beaktats. Växelriktare och optimerare har en förväntad livslängd på 15 år, vilket innebär att klimatpåverkan kopplat till BOS i verkligheten är större. Det hade varit önskvärt att inkludera hela solcellssystemen, men på grund av osäkerheter i indata har BOS avgränsats bort förutom i känslighetsanalysen.

2.2 Fasadmaterial

Nedan återfinns tre typer av fasadskivor som ofta används vid HSB:s om- och nybyggnationer:

- **Cembrit:** fibercementskiva bestående av cement, kiseldioxid, cellulosafiber, vatten och tillsatser. Produkten har ingen specifik data på klimatpåverkan, varför generisk data har använts i studien för en fibercementskiva med en tjocklek om 9,5 mm.¹⁶
- **AESTUVER T Fermacell GmbH Cembrit** – Brandsäker skiva som används i till exempel i garage. Intressant då den har en EDP (Environmental product declaration), vilken klimatdata har inhämtats ifrån. Skiva med en tjocklek om 23 mm och består av cement, flygaska, skumglasgranulat, glasfiber och tillsatser.
- **Swisspearl Largo:** Fibercementskiva tillverkad i Frankrike. Produkten har ingen specifik klimatdata, varför generisk data har använts i studien för en fibercementskiva med en tjocklek om 8 mm.
- **Steni Colour:** Fasadskiva av glasfiberarmerad polymerkomposit med en slät yta av elektronhårdad. Fasadskivan har en tjocklek om 6 mm och tillverkas i Norge.

¹³ <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/lar-dig-mer-om-solceller/olika-typer-av-solceller/>

¹⁴ *Determining the consequential life cycle greenhouse gas emissions of increased rooftop photovoltaic deployment. Journal of Cleaner Production. Jones and Gilbert. 2018.*

¹⁵ *Estimating the learning curve of solar PV balance-of-system for over 20 countries: Implications and policy recommendations. Journal of Cleaner Production, Elshurafa m.fl. 2018.*

¹⁶ https://www.cembrit.se/media/2039008/cembrit-patina-design-line_sse.pdf

Produkten har en EDP (Environmental product declaration), vilken klimatdata har inhämtats ifrån.¹⁷

Det framgår inte i IVL:s miljödata om det finns något behov av efterbehandling av fasadskivorna som representeras med generisk data. Klimatpåverkan från efterbehandling kan dock antas vara liten jämfört med klimatpåverkan från tillverkningen. För resterande fasadmateriäl som representeras av specifika data behövs ingen efterbehandling, då till exempel fasadskivan Steni Colour är färdigmålad.

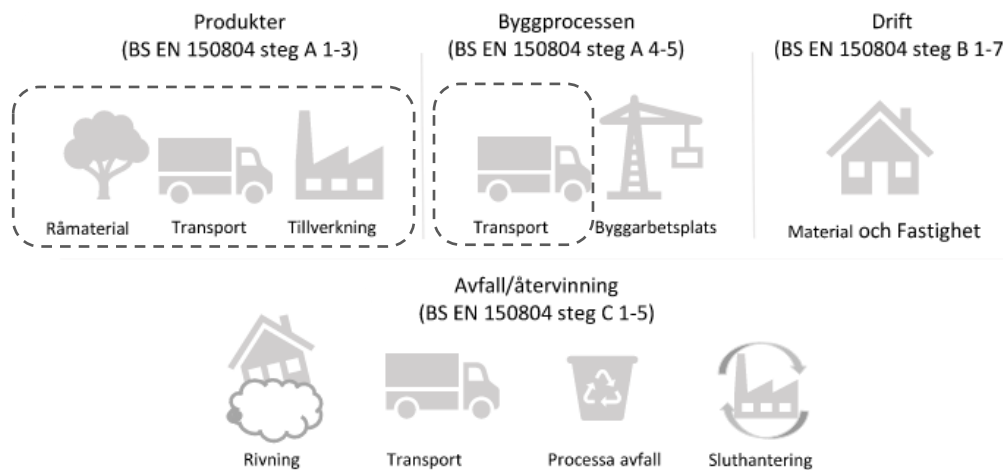
Den tekniska livslängden för studerade fasadmateriäl är enligt information i tillhörande EPD:er och uppgifter om teknisklängd för fibercementskivor 25–60 år.

Utöver de ovannämnda fasadmateriälerna har även taktegel och takplåt beaktats, som en utvidgning i studien. För tak- och fasadmateriäl har generisk data använts från Byggsektorns miljöberäkningsverktyg. Övriga materiäl som används vid tak- och fasadutförande för ovanstående materiäl har avgränsats bort.

2.2.1 Livscykel faser fasad- och takmateriäl

Nedan återfinns en bild över en byggnads livscykel, där klimatpåverkan från byggmateriäl ingår i fas A1-A3. Livscykel fas A1-A3 kallas produktskedet och omfattar miljöpåverkan som uppkommer från råvaruuttag till det att produkten i fråga lämnar fabrik. Den miljöpåverkan som uppstår i samband med transport från fabrik till byggarbetsplats sammanställs i livscykel fas A4. I Byggsektorns miljöberäkningsverktyg återfinns generisk data för byggprodukter, så som fasadmateriäl. Denna studie omfattar klimatpåverkan från tillverkning (A1-A3) samt transport (A4).

¹⁷ https://www.steni.se/docs/steni.se/03_milj%C3%B6och%20s%C3%A4kerhet/milj%C3%B6/epd%20steni%20colour.pdf



Figur 2-2 – Klimatpåverkan som uppstår under en byggnads olika livscyklifaser.

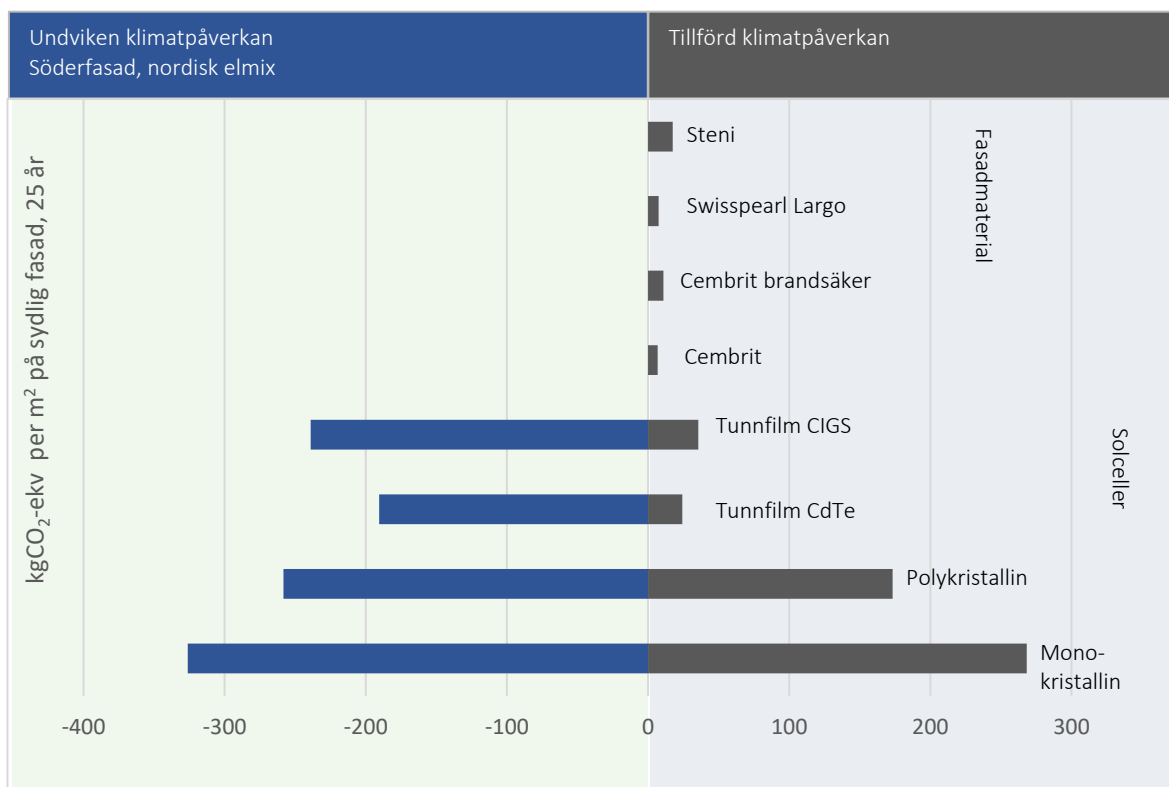
3 RESULTAT

I följande kapitel återfinns resultatet i studien, där klimatpåverkan i kg CO₂-ekv presenteras per m² fasad- och solcellstyp. I beräkningen har väderstreck och energimix varierats för att undersöka hur stor betydelse dessa faktorer har för resultatet.

Tunnfilmssolcell med Amforts kisel återfinns inte i resultatdiagrammen, eftersom dess påverkan inte kunnat säkerställas. Tidigare studier pekar på att klimatpåverkan är ungefär lika stor som för CdTe¹⁸.

3.1 Varierad energimix och placering i olika väderstreck

Nedan visas resultatet för fasadskivor och solceller placerade på söderfasad i Göteborg. I Figur 3-1 visas den klimatpåverkan som uppstår i samband med tillverkning och transport av fasad- och solcellerna i det gråa området. Till vänster i det gröna området visas den klimatpåverkan



Figur 3-1 – Klimatpåverkan för fasadmaterial och solceller ur ett 25 års-perspektiv.

¹⁸ https://stud.epsilon.slu.se/7171/1/prokofiev_e_140819.pdf

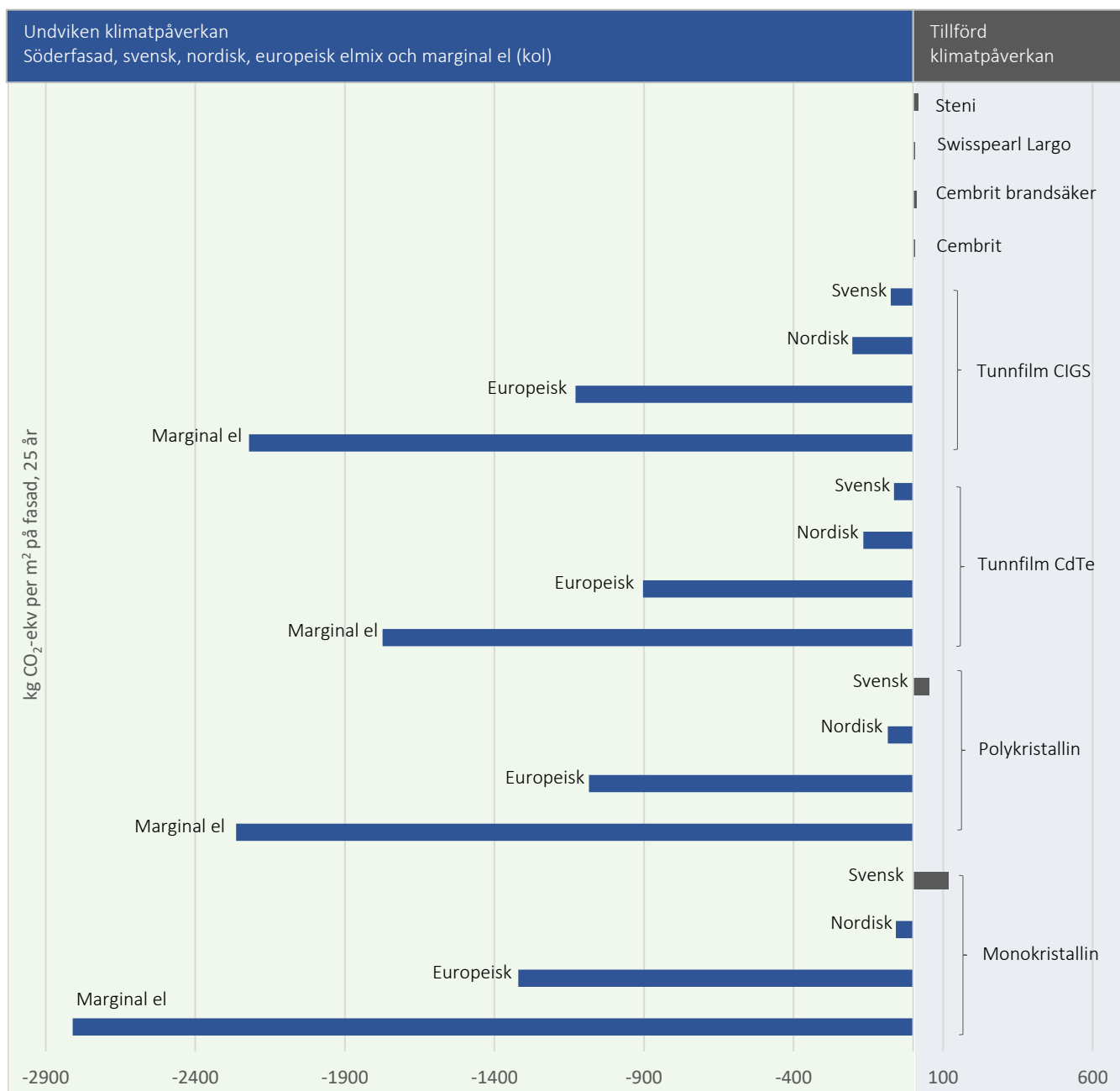
som antas undvikas, då solcellernas elproduktion ersätter ”sämre” el på den nordiska elmarknaden.

Uppkommen klimatpåverkan vid tillverkning och transport är avsevärt högre för solcellerna per kvadratmeter jämfört med fasadskivorna. Monokristallina solceller ger upphov till störst klimatpåverkan vid tillverkning och transport av solcellerna följt av de polykristallina. Dock är klimatpåverkan som kan undvikas större än den tillförda, vilket medför att samtliga solceller totalt sett ger upphov till en negativ klimatpåverkan.

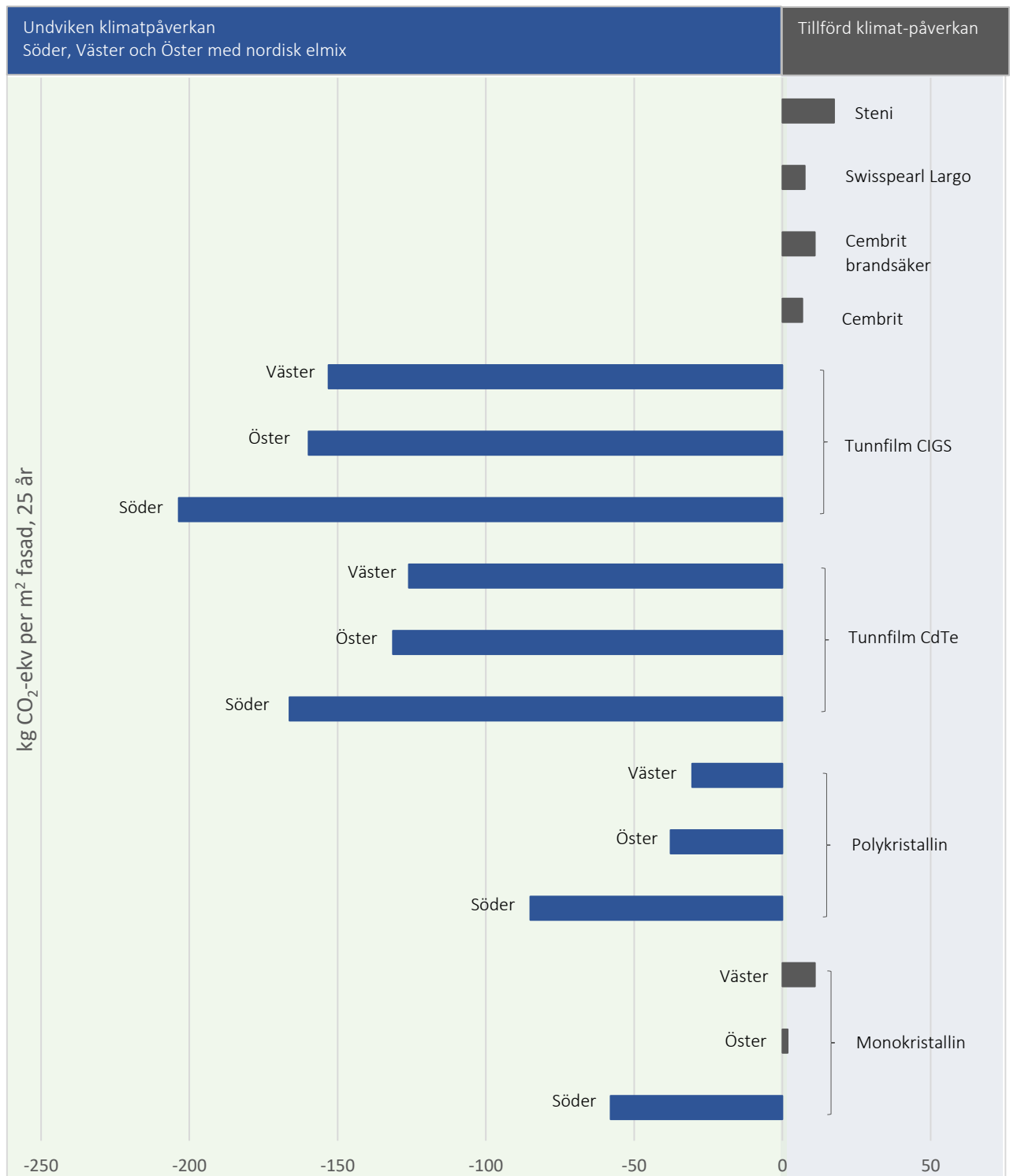
I Figur 3–2 visas summan av tillförd och undviken klimatpåverkan för solcellerna räknat både räknat med svensk, nordisk, europeisk elmix och marginal el (kol). Det är tydligt att resultatet skiljer sig åt beroende på vilken elmix som antas ersättas. Bäst ur klimatsynpunkt blir resultatet räknat med europeisk elmix och sämst med svensk medel. Både de mono- och polykristallina solcellerna har totalt sett en tillförd klimatpåverkan efter 25 år räknat med svensk medel.

Resultatet i Figur 3–3 visar klimatpåverkan för fasad- och solcellssystem per m², som är placerad på fasad i söder, väster och öster. Den undvikna klimatpåverkan är beräknad med nordisk elmix.

Resultatet pekar på att placering i söder ger upphov till mest undviken klimatpåverkan och sämst ur klimatsynpunkt blir placering i väster. Placering av monokristallina solceller i öst och väst medför totalt sett en tillförd klimatpåverkan, eftersom den tillförda klimatpåverkan vid produktion är högre än den som antas kunna undvikas vid elproduktion.



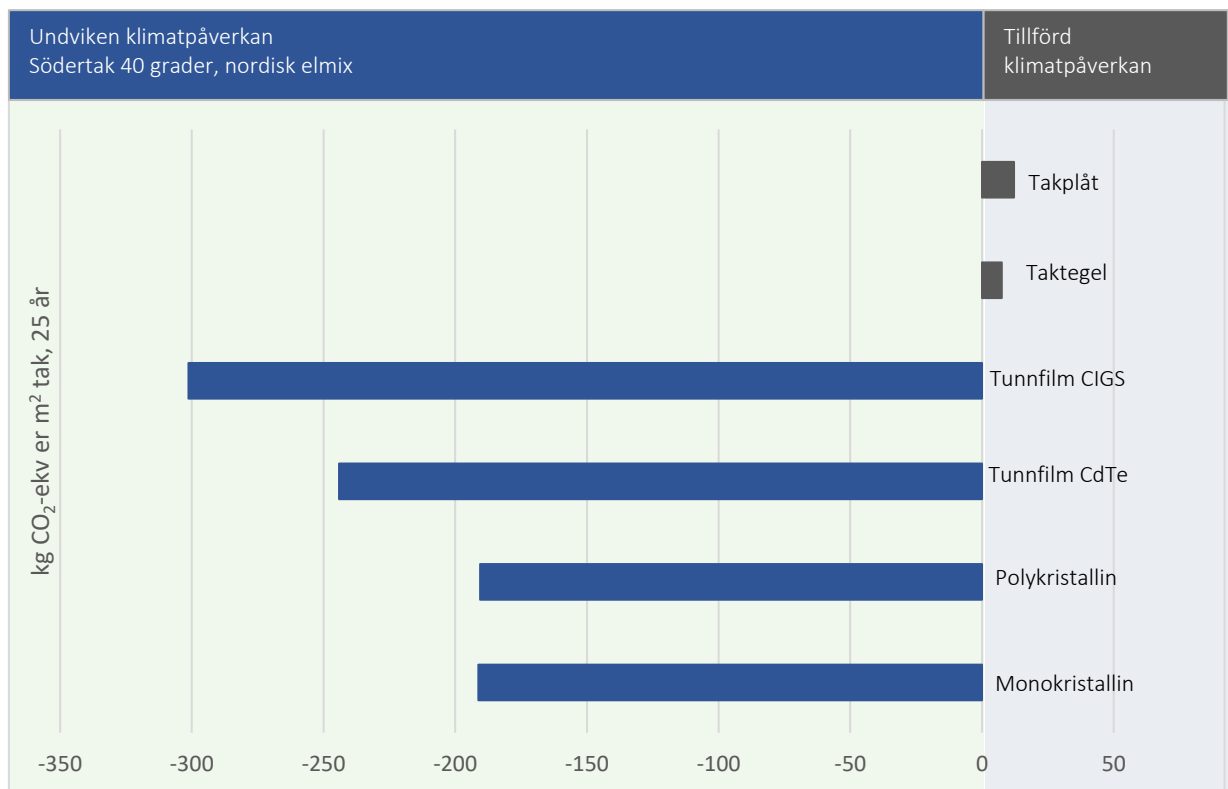
Figur 3-2 - Klimatpåverkan för fasadmateriäl och solceller ur ett 25 års-perspektiv. Solceller placerade på söderfasad, där producerad el ersätter svensk, nordisk, europeisk elmix och marginal el (kol).



Figur 3-3 - Klimatpåverkan för fasadmaterial och solceller ur ett 25 års-perspektiv. Solceller placerade på söderfasad, Öster och Väster, där producerad el ersätter nordisk elmix.

3.2 Solceller placerade på tak

I Figur 3-4 visas klimatpåverkan för takplåt och taktegel jämfört med klimatpåverkan för solceller placerade på södertak i 40 grader. Tunnfilmssolcellerna ger bidrar till mest undviken klimatpåverkan medan takplåt tillför något mer kg CO₂-ekv än taktegel. Den klimatpåverkan som tillförs vid produktion kan snabbare räknas hem vid placering på tak.



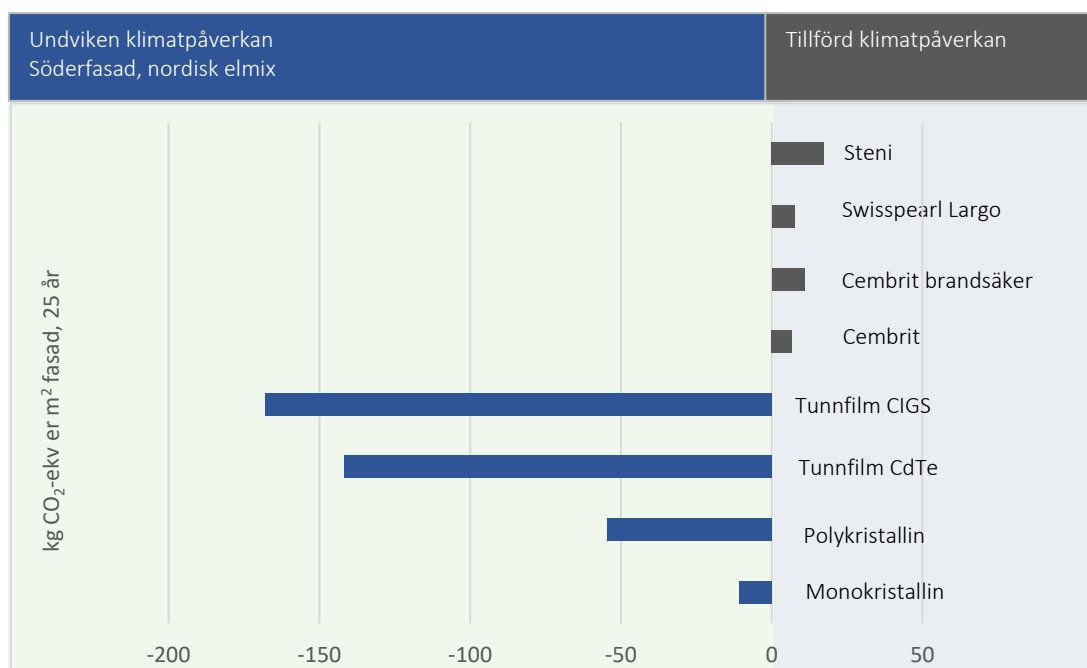
Figur 3-4 - Klimatpåverkan för takmaterial och solceller ur ett 25 års-perspektiv. Solceller placerade på södertak.

4 KÄNSLIGHETSANALYS

Inom studien har en känslighetsanalys gjorts där BOS, övriga delar i ett solcellssystem, har inkluderats i resultatet. Vidare har en analys gjorts där transport av solcellerna korrigerats från Europa till Kina.

4.1 Balance of systems

I Figur 4-1 har klimatpåverkan för övriga delar i solcellssystemen inkluderats. Beräkningen baseras på placering på fasad i söderläge och med nordisk elmix. Summan av tillförd klimatpåverkan är trots inkludering av BOS lägre än den som tillförs vid produktion och transport för samtliga system. Dock är den klimatpåverkan som uppskattas undvikas inte lika stor som i fallet då BOS exkluderas. Detta blir tydligt i jämförelse mellan Figur 3-1 och Figur 4-1, där total undviken klimatpåverkan från solceller placerade på söderfasad redovisas exklusive BOS presenteras.

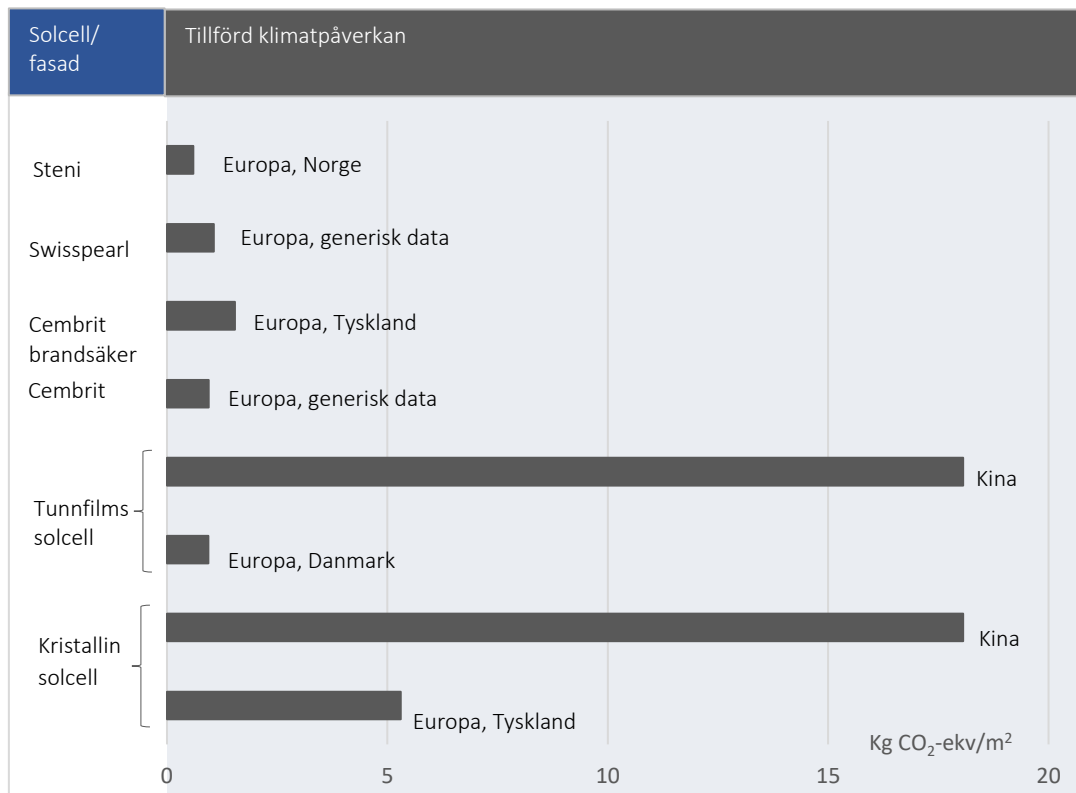


Figur 4-1 – Klimatpåverkan för de olika solcellstyperna då övriga delar i ett solcellssystem har inkluderats.

4.2 Tillverkning och transport solceller Kina

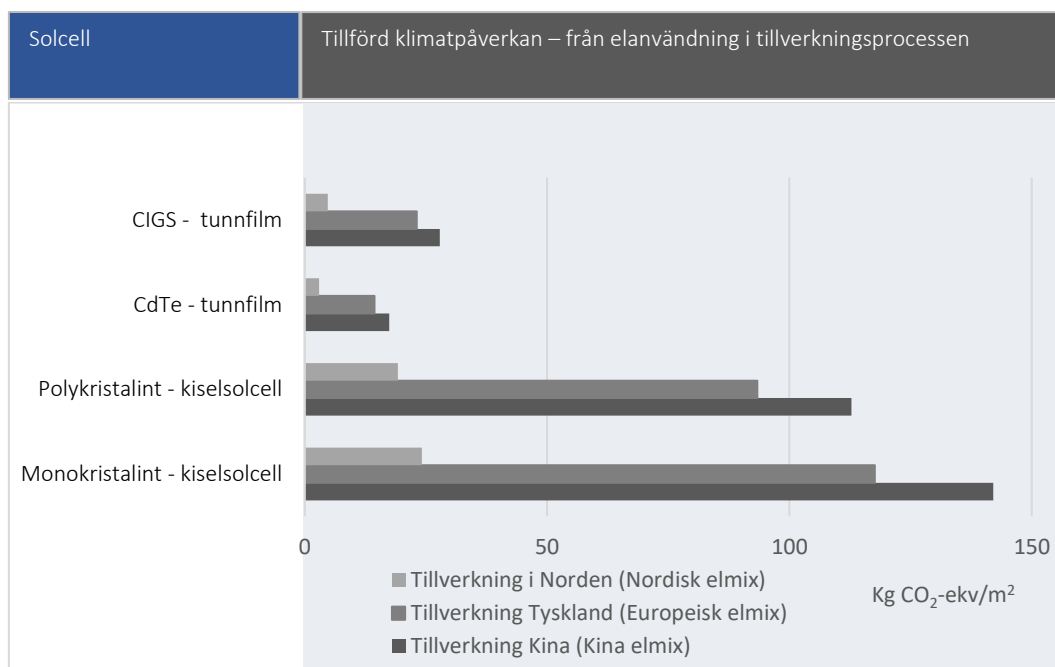
Resultaten nedan ska inte ses som ett faktiska siffror utan ger endast indikation om klimatpåverkan från tillverkning och transport från Kina. Detta eftersom det har varit svårt att identifiera enhetlig information. Olika antaganden och systemgränser ligger bakom livscykelanalyserna, som denna studie baseras på.

I Figur 4-2. visas klimatpåverkan för transport av solceller och studerade fasadmateriäl. Klimatpåverkan från transport av tunnfilmssolceller och kristallina solceller från Europa och Kina är likvärdig, eftersom modulerna väger ungefär lika mycket per m².

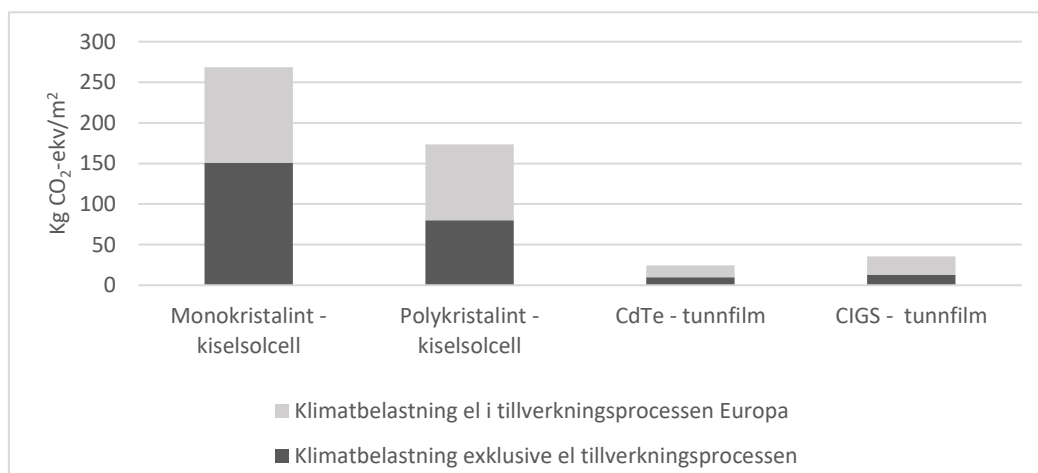


Figur 4-2 – Klimatpåverkan från transport för solceller tillverkade i Europa och Kina.

Klimatpåverkan från elproduktion av solceller i Kina har beaktats i studien till en viss del. I Figur 4-3 visas den klimatpåverkan som uppkommer i samband med elanvändning i tillverkningsprocessen för respektive solcellstyp. Elmix i tillverkningsprocessen redovisas för nordisk, europeisk och kinesisk elmix, där den kinesiska elmixen har cirka 20 % högre klimatpåverkan jämfört med den europeiska och cirka 6 ggr högre än den nordiska. Klimatpåverkan från el i tillverkningsprocesserna utgör mellan 44 och 65 % av den totala klimatpåverkan för solceller tillverkade i Europa, se Figur 4-4. Detta indikerar att solceller tillverkade i Kina minst har en ökad klimatbelastning ca 9 % beroende på solcellstyp. Observera att klimatpåverkan hade varit lägre om tillverkningen hade skett i Norden på grund av den "grönare" energimixen. I studien har endast klimatpåverkan från el i tillverkningsprocessen beaktats, då övriga delar inte varit möjligt att plocka ut ur de livscykelanalyserna som denna studie baseras på. Det kan vara aktiviteter som brytning av kisel och transport av råmaterial. Kina står för majoriteten av kiselproduktion i världen, varför råmaterial för kiselproduktion eventuellt hade transporterats ändå. Sammantaget medför detta att klimatpåverkan från livscykel A1-A3 (från råvaruutvinning till de att solcellerna lämnar fabrik) hade skiljt sig åt beroende på tillverkningsland.



Figur 4-3 – Klimatpåverkan från elanvändning i tillverkningsprocessen för solceller tillverkade i Norden, Europa och Kina.



Figur 4-4 – Klimatpåverkan för solceller tillverkade i Europa, klimatpåverkan från el i tillverkningsprocessen särredovisas.

5 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

- Fasadmaterial har en betydligt lägre klimatpåverkan än byggnadsintegrerade solceller vid tillverkning. Dock är den klimatpåverkan som kan undvikas i och med solcellsproduktion större än den tillförda, vilket medför att samtliga solceller totalt sett ger upphov till en undviken klimatpåverkan med ett tidsperspektiv om 25 år. Detta räknat med placering på söderfasad och undviken nordisk elmix.
- Klimatpåverkan från el i tillverkningsprocesserna utgör mellan 44 och 65 % av den totala klimatpåverkan för solceller tillverkade i Europa. Den kinesiska elmixen har cirka 20 % högre klimatpåverkan jämfört med den europeiska och cirka 6 ggr högre än den nordiska, varför en solcell producerad i Norden bör väljas om möjligt eller att annat land med hög grad förnybar energi i sin elmix.
 - För att exemplifiera så har Svenska Midsummer¹⁹ presenterat en studie där deras svensktillverkade solceller har 90 % lägre klimatbelastning än konventionella kiselbaserade solpaneler tillverkade i Kina. Den låga klimatpåverkan beror på en energieffektiv tillverkningsprocess och den höga graden förnybar energi i den svenska elmixen.
 - Välj solceller från ett närliggande tillverkningsland för att undvika långa transporter. Idag tillverkas de flesta solceller i Kina, vilket innebär en hög klimatbelastning både vid tillverkning och transport.
- Östligt och västligt läge genererar ungefär lika stor förväntad elproduktion från solcellerna, men betydligt lägre än solceller placerade på söderfasad. Räknat med nordisk elmix kan mer klimatpåverkan undvikas än vad som tillförs vid produktion för samtliga solceller förutom för de monokristallina. Placering av monokristallina solceller i öster och väster medför totalt sett en tillförd klimatpåverkan, vilket innebär att en vanlig fasad kan vara fördelaktigt ur klimatsynpunkt.
- Det är få solcellsleverantörer som har tillgänglig information om miljöpåverkan från deras solceller. Det medför att det finns lite information om vilka solceller som är fördelaktiga ur klimatsynpunkt. Fortsätt efterfråga Solar Score Card och/eller klimatdata i samband med val av solcellsanläggning för att öka incitamenten för leverantörerna att ta fram detta.

¹⁹ <https://news.cision.com/se/midsummer/t/midsummers-solpaneler-nastan-tio-ganger-mer-miljovanliga-an-marknadens-vanligaste-solpaneler,c3127974>

- Vid informationsinhämtning från livscykelanalyser på solceller är det av stor vikt att beakta de antaganden som ligger bakom analysen. Antagande om tillverkningsland och landets energimix har stor betydelse för solcellernas miljöpåverkan. I studien framgår det att resultatet skiljer sig åt markant beroende på vilken elmix som används.
- Utöver klimatpåverkan kan tillverkning av solceller bidra till läckage av farliga ämnen sker i samband med gruvbrytning av råmaterial. En miljökategori som har noterats är ekotoxitet, där solcellsproduktion bidrar till negativ inverkan på den marina miljön.
- Den klimatpåverkan som tillförs vid produktion av solceller kan snabbare räknas hem vid placering på tak än på fasad (placerade på södertak i 40 graders vinkel). På tak bidrar tunnfilmsolcellerna till den mest undvikna klimatpåverkan och takplåt tillför något mer kg CO₂-ekv än taktegel.
- I studien har inte något effekttapp beaktas eller eventuell förlust i solinstrålning på grund av skuggning, vilket medför att solcellernas elproduktion och därmed förväntade undvikna klimatpåverkan är något lägre i verkligheten.
- Studien baseras på en tidsaspekt om 25 år. Ur ett kortare perspektiv kan fasadmaterial vara bättre ur klimatsynpunkt, eftersom den undvikna klimatpåverkan inte blir lika stor. Både solcellerna och fasadmaterialen har en teknisk livslängd om minst 25 år.
- Den klimatpåverkan som antas kan undvikas genom installation av solceller beror på vilket perspektiv som tillämpas. Ett konsekvensperspektiv innebär att el på marginalen antas ersättas, som ofta består av fossila källor och därmed blir en undvikna klimatpåverkan större. Detta eftersom marginal el har mer än 10 gånger högre klimatbelastning än svensk medelel. Med placering på söderfasad och oavsett perspektiv så bidrar en solcellsinstallation till totalt sett "undviken" klimatbelastning, förutom i fallet med svensk medelel. Antagande om konsekvens- eller bokföringsperspektiv får således en betydande påverkan på resultatet.
- Förväntad undviken klimatpåverkan som solcellerna bidrar med kommer i verkligheten att se annorlunda ut, eftersom elmixen förändras över tid och har prognostiserats till att innehålla mer förnybara energikällor. Både installation av mono- och polykristalina solceller på söderfasad ger upphov till en totalt sett tillförd klimatpåverkan sett ur ett 25 års perspektiv räknat med svensk medelel. Det kan ge en fingervisning om vad som sker då energimixen blir mer förnybar i framtiden. Notera dock att den klimatpåverkan som uppkommer vid produktionen av solcellerna också påverkas av en grönare energimix.
- Studien baseras till stor del en tidigare studie där specifika produktionssätt analyserats ur ett livscykelperspektiv. Det finns flera olika sätt att tillverka solceller som visar ett

annat resultat.²⁰ Denna studie ska inte ses som en sanning utan snarare ge en fingervisning om klimatpåverkan från solceller i förhållande till fasadmaterial.

- En del av de fasadmaterial som har studerats i rapporten har en teknisk livslängd om 60 år. I rapporten har en tidsperiod om 25 år tillämpats, som är den tekniska livslängden för solcellerna. Om ett perspektiv om 60 år tillämpas, så krävs det en nyinstallation av solceller om 25–30 år. Det är dock svårt att uppskatta vilken klimatpåverkan solceller som tillverkas i framtiden har, eftersom energimixen förväntas förändras. Resultatet i denna studie pekar på att solcellerna i de flesta fall ger upphov till en undviken klimatpåverkan redan inom 25 år, vilket tyder på att en undviken klimatpåverkan även hade kunnat förväntas i ett 60-årsperspektiv.

6 REKOMMENDATION TILL BYGGPROJEKTLEDARE

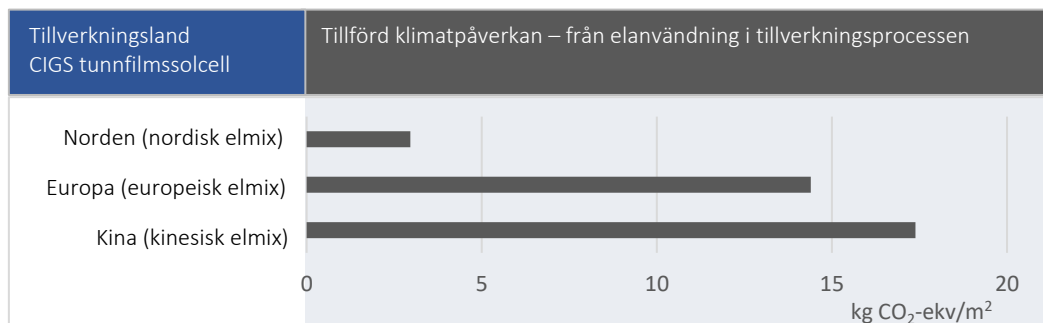
- Fasadmaterial har en betydligt lägre klimatpåverkan än byggnadsintegrerade solceller vid tillverkning. Därmed blir den klimatpåverkan som kan undvikas i och med solcellsproduktion avgörande för huruvida en solcellsinstallation är fördelaktigt ur klimatsynpunkt eller inte. Tunnsfilmsolceller har generellt en lägre klimatpåverkan från tillverkningsfasen, men en lägre förväntad elproduktion jämfört med mono- och polykristallina solceller.
- Huruvida en solcellsinstallation är fördelaktigt ur klimatsynpunkt framför fasadmaterial beror delvis på vilket perspektiv som tillämpas. Ett konsekvensperspektiv innebär att solcellselen ersätter el på marginalen som ofta består av fossila källor och därmed blir den undvikna klimatpåverkan större. Detta eftersom marginalet har mer än 10 gånger högre klimatbelastning än svensk medelel.
 - Vid solcellsinstallation med placering på söderfasad och oavsett perspektiv så bidrar en solcellsinstallation till totalt sett ”undviken” klimatbelastning och är därmed fördelaktigt framför ett fasadmaterial. Detta förutom i fallet med svensk medelel. Se ”klimatpåverkan – från olika solcellstyper, fasadmaterial och energimix” nedan.
- Östligt och västligt läge genererar ungefär lika stor förväntad elproduktion från solcellerna, men betydligt lägre än solceller placerade på söderfasad. Räknat med undviken nordisk elmix kan mer klimatpåverkan undvikas än vad som tillförs vid produktion för samtliga solceller förutom för de monokristallina. Placering av monokristallina solceller i öster och väster medför totalt sett en tillförd klimatpåverkan, vilket innebär att ett fasadmaterial i det fallet kan vara fördelaktigt.

²⁰ <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1209144/FULLTEXT01.pdf>

Placering av solceller i väster ger upphov till en större tillförd klimatpåverkan än placering i öster.

- Den klimatpåverkan som tillförs vid produktion av solceller kan snabbare räknas hem vid placering på tak än på fasad (placerade på södertak i 40 graders vinkel). På tak bidrar tunnfilmsolcellerna till den mest undvikna klimatpåverkan och takplåt tillför något mer kg CO₂-ekv än taktegel.
- Välj solceller från ett närliggande land med grön energimix för att undvika höga utsläpp i samband med tillverkning och långa transporter. Klimatpåverkan från el i tillverkningsprocesserna utgör mellan 44 och 65 % av den totala klimatpåverkan för solceller tillverkade i Europa. Den kinesiska elmixen har cirka 20 % högre klimatpåverkan jämfört med den europeiska och cirka 6 ggr högre än den nordiska. Se grafen nedan, som exemplifierar klimatpåverkan från elanvändningen i tillverkningsprocessen för CIGS tunnfilmsolceller.
- Det är få solcellsleverantörer som har tillgänglig information om miljöpåverkan från deras solceller. Det medför att det finns lite information om vilka solceller som är fördelaktiga ur klimatsynpunkt.

Klimatpåverkan CIGS tunnfilmssolcell - olika tillverkningsländer



Klimatpåverkan – från olika solcellstyper, fasadmaterial och energimix

