

# Det fossilfria stålets framtidsutsikter

och påverkan att nå globala klimatmål

Louise Johansson



**LUNDS**  
UNIVERSITET

Copyright ©Louise Johansson

Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Byggproduktion, Lunds tekniska högskola, Lund

ISRN LUTVDG/TVBP-13/5488-SE  
Lunds tekniska högskola  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Byggproduktion  
Box 118  
SE-221 00 LUND

Lund University  
Lund 2023

## Förord

Redan min första vecka på LTH visste jag att jag hamnat rätt. Jag minns att jag under en gästföreläsning med tidigare studenter kände att det var det här jag ville göra. Delvis av anledning att det är spännande att veta hur miljön omkring oss fungerar och är uppbyggd. Men det verkade också som att det fanns en stor möjlighet att påverka branschen i den viktiga riktning den måste ta. Det är en bransch som står för en stor del av de globala klimatutsläppen och det måste ändras. Av den anledningen känns det helt rätt för mig att ha den riktning jag har på mitt examensarbete som avslutar min civilingenjörsutbildning i Väg- och vattenbyggnad i Lund.

Jag vill tacka mina handledare Stefan Olander som väglett mig och fått mig att tänka utanför mina ramar. Jag känner att det har fått mig att tänka i nya banor och växa. Jag vill även tacka min handledare Alexander Taljegård på Skanska som med stort engagemang diskuterat mina tankar och delat med sig av sin kunskap. Avslutningsvis vill jag tacka de personer som tagit sig tid att svara på mina funderingar och frågor. Det har verkligen berikat min studie.

Louise Johansson

Göteborg, 5 juni 2023

## Sammanfattning

Den globala uppvärmningen är ett faktum. Stål är ett material som används i stor utsträckning och kan på grund av dess egenskaper inte alltid bytas ut mot alternativa material. Problemet är att stålindustrin står för en betydande del av Sveriges koldioxidutsläpp. Studiens syfte är att försöka skapa en uppfattning om de klimatvinster som kan göras om traditionellt stål ersätts av fossilfritt stål. För att ta reda på det gjordes en livscykelanalys med fokus på produktionsstadierna för ett referensobjekt. På grund av ny teknik har det fossilfria stålet ett högre pris och därför gjordes en jämförelse av ett referensobjekts materialkostnad. Utöver dessa jämförelser utfördes även en litteraturstudie som fokuserade på de politiska beslut som påverkar den gröna omställningen. I studien kontaktades också erfarna personer i branschen för att erhålla information som annars är svår att få tillgång till och ta del av den kunskap de besitter. Informationen samlades för att kunna besvara frågan om det kommer visa sig fördelaktigt att vara tidig med att bygga projekt i fossilfritt stål.

Vid analys av referensobjektet visade det sig att på koldioxidutsläppen kunde minska med 91,5% och att priset för materialet ökade med 27,5%. Tillsammans med dessa siffror, analys av politiska beslut och tankar från erfarna personer i branschen kunde en slutsats dras. För att det ska bli lönsamt att projektera med fossilfritt stål krävs förändring. De tre viktigaste nycklarna för att miljövänliga material framgångsrikt ska kunna ta sig fram på marknaden visades vara följande.

- ⇒ 1. Politiska beslut som gynnar den gröna omställningen och gör det lönsamt.
- ⇒ 2. Öka medvetenheten om materials egenskaper och klimatpåverkan
- ⇒ 3. Efterfrågan från beställare.

Litteraturstudien visade glädjande besked att en förändring redan börjat ske. Stora beställare har börjat efterfråga projekt där klimatpåverkan är begränsad. Det indikerar på att medvetenheten har ökat och där efter följde efterfrågan. Med andra ord har omställningen redan börjat. Då produktionen av fossilfritt stål kommer vara lägre än dagens produktion av traditionellt stål kan det vara läge att redan nu se över hur det fossilfria stålet ska kunna användas i projekt.

## Abstract

Global warming is a fact. Steel is a material that is widely used. Due to its properties, it cannot always be replaced by alternative materials. The problem is that the steel industry accounts for a significant part of Sweden's carbon dioxide emissions. The purpose of the study is to try to get an idea of the environmental gain that can be made if traditional steel is replaced by fossil-free steel. To estimate the gain a life cycle analysis of a reference object was made, focusing on the production stages. Due to new technology, the fossil-free steel has a higher price. Hence a comparison was made of the material cost of a reference object. In addition to these comparisons, a literature study was carried out that focused on the political decisions that affect the green transition. In the study, experienced people in the industry were contacted in order to obtain information that otherwise is difficult to access. The information was gathered to answer the question of whether it will be advantageous to be early in building projects in fossil-free steel or not.

The analysis of the reference object showed that carbon dioxide emissions could be reduced by 91.5% and that the price of the material increased by 27.5%. Together with these numbers, analysis of political decisions and opinions from experienced people in the industry, the study could be concluded. For it to be beneficial to project with fossil-free steel, change is required. The three most important keys for non-polluting materials to be able to successfully enter the market were shown to be the following.

- ⇨ 1. Political decisions that favor the green transition and make it profitable.
- ⇨ 2. Increased awareness of material properties and climate impact
- ⇨ 3. Demand from clients.

The literature study showed delighting news that a change has already begun to take place. Clients have started to request projects where the climate impact is limited. It indicates that awareness has increased and demands on projects to have smaller environmental footprints has followed. In other words, the transition has already begun. As the production of fossil-free steel will be lower than today's production of traditional steel, it may be time to review how the fossil-free steel can be used in projects.

# Innehåll

Förord .....	1
Sammanfattning .....	1
Abstract .....	1
Kapitel 1 Bakgrund .....	1
1.1 Stålets historia och användning .....	1
1.1.1 Stål som material .....	1
1.1.2 Industrins utsläpp .....	2
1.1.3 Framställning av stål .....	3
1.2 Klimatmål .....	5
1.3 Syfte .....	5
1.4 Frågeställningar .....	6
1.5 Avgränsningar .....	7
Kapitel 2 Metod .....	9
2.1 Forskningsmetoder .....	9
2.1.1 Validitet och reliabilitet .....	11
2.2 Litteraturstudie .....	11
2.3 Intervjuer .....	12
2.4 Analys av referensobjekt .....	13
2.4.1 Livscykelanalys .....	14
2.4.2 Kostnadsanalys .....	14
2.5 Utförande av studie .....	15
Kapitel 3 Litteraturstudie .....	17
3.1 Klimat .....	17
3.1.1 Dagens åtgärder .....	18
3.2 Politiska beslut .....	19
3.2.1 EU Emission Trading System .....	19
3.2.2 Den gröna given .....	24
3.2.3 EU:s taxonomi .....	25
3.2.4 Agenda 2030 .....	31
3.2.5 Subventioner .....	32
3.3 Livscykelanalys .....	33
3.3.1 Bakgrund .....	33
3.3.2 Miljövarudeklarationers stadier .....	33
3.3.3 Användning .....	36

3.4 Material .....	37
3.4.1 Klimatpåverkan .....	37
3.4.2 Stålspris.....	38
3.5 Tidigare studier.....	39
3.5.1 Prognos av stålets efterfrågan .....	39
3.5.2 Vad politiken behöver göra.....	40
3.5.3 Offentlig upphandling .....	42
Kapitel 4 – Referensobjekt .....	46
4.1 Val av objekt.....	46
4.1.1 Alternativa material .....	46
4.2 Objektsbeskrivning.....	47
4.3 Emissionsvärden.....	52
4.3.1 Traditionellt stål.....	52
4.3.2 Fossilfritt stål.....	53
4.4 Pris.....	54
Kapitel 5 – Resultat av analys .....	55
5.1 Klimatpåverkan .....	55
5.2 Kostnadsanalys .....	59
5.3 Kommentrar av resultat .....	61
Kapitel 6 Betongindustrin .....	64
6.1 Materialets sammansättning.....	64
6.1.1 Egenskaper .....	65
6.1.2 Jämförelsepris med klassisk betong .....	65
6.2 Materialets utmaningar.....	66
6.3 Utbredning på marknaden .....	66
Kapitel 7. Diskussion .....	68
7.1 Politiska regleringars påverkan .....	68
7.2 Nödvändig utveckling .....	70
Kapitel 8. Slutsats.....	74
8.1 Studiens utfall.....	74
Kapitel 9. Förslag till fortsatta studier.....	76
Referenser.....	77

# Kapitel 1 Bakgrund

*Iföljande kapitel kommer bakgrunden och anledningen till examensarbetet att presenteras. Här nämns kortfattat orsaken till stålindustrins utsläpp samt de politiska och tekniska åtgärder som gjorts för att minska klimatpåverkan.*

## 1.1 Stålets historia och användning

### 1.1.1 Stål som material

Det traditionella konstruktionsstålet som används i bärande konstruktioner idag har använts sedan 1880-talet (Jernkontoret 2022a). Anledningen till att det blivit ett så användbart material inom byggsektorn beror på dess förmåga att bära både tryckande och dragande laster med i princip samma kapacitet och med slanka element. På grund av stålets lastbärande egenskaper i relation till sin egentyngd och volym är materialet svårt att ersätta i vissa konstruktioner. Exempel på konstruktioner där det är svårt att byta ut stålet är rörliga konstruktioner som utsätts för trafiklaster. Laster från fordon är ofta stora och varierande då de passerar konstruktionen. Variationen i lasternas storlek och position kräver ett material som kan motstå stora spänningsskillnader för att säkerställa att konstruktionen klarar lasterna och inte utsätts för utmattningsbrott.

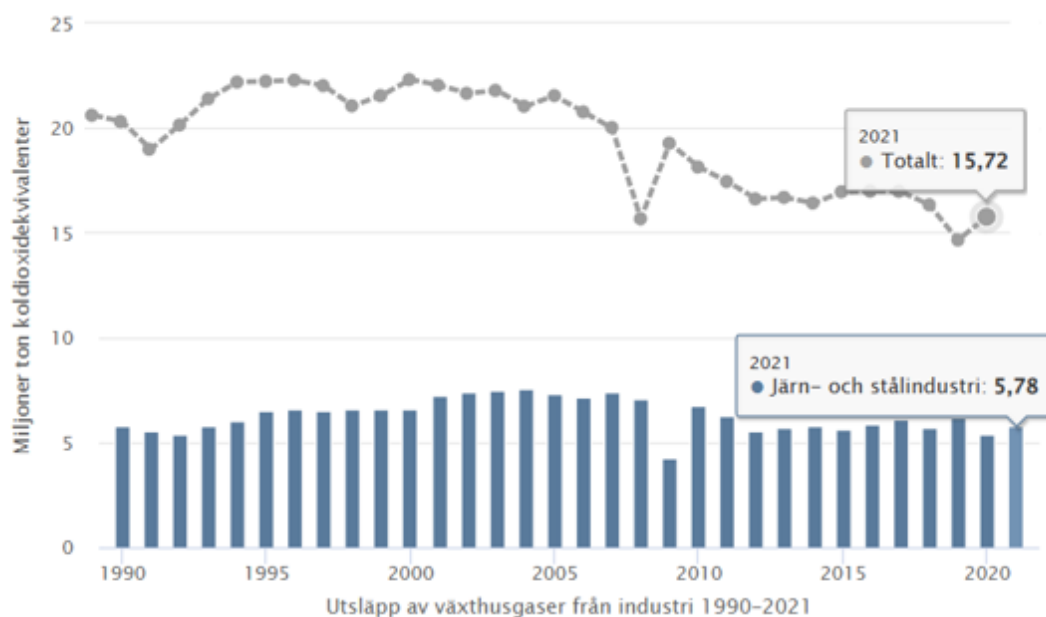
Färjeramper är exempel på en typ av konstruktion som utsätts för stora laster från lastbilar och andra fordon och samtidigt måste kunna justeras för att kunna anpassa sig till olika typer av vattenstånd och förutsättningar för lastning och lossning. Är vattenståndet lågt samtidigt som den anslutande båten bär sin maximala last behöver rampen anpassa sig till en låg anslutningspunkt till båten. Är vattenståndet högt samtidigt som båten bär lite last ges en högre anslutningspunkt. Konstruktionen kräver då att den kan anpassas och röra sig efter de varierande lägesförutsättningarna. Rampen utsätts också för ett utmanande klimat med väder och saltvatten från havet. Därför är det viktigt att ha ett material som kan stå emot alla påfrestningar.



## 1.1.2 Industrins utsläpp

Den svenska järn- och stålindustrin har sitt ursprung redan på 1300-talet där en stor del av järnet exporterades. En årsproduktion vid den här tiden har uppskattats till ca 2000 ton. När handeln mellan länder ökade steg den svenska järn- och stålproduktionen och i början av 1860-talet tillverkades ca 80 000 ton per år (Jernkontoret 2022a). Det svenska råstålet som tillverkas idag består generellt av två tredjedelar råjärn och resterande tredjedel av återvunnet stålskrot. Under 2021 producerades det 4,7 miljoner ton råstål i Sverige (Jernkontoret 2022b). Det innebär att produktionen av nytt stål år 2021 var ca 3,1 miljoner ton.

Den svenska industrisektorn står för ungefär en tredjedel av Sveriges utsläpp. Av de svenska industriernas totala utsläpp stod järn- och stålindustrin för 5,78 miljoner ton koldioxidekvivalenter, vilket motsvarar 36,7% av emissionerna under 2021. I *Figur 1.1* visas diagram över utsläppen från Sveriges industrier och hur det var varierat över tiden 1990–2021. Industrierna som inkluderas i totalen är livsmedelsindustrin, metallindustrin (exklusive järn och stål), pappersindustrin, kemiindustrin, mineralindustrin och raffinaderier (Naturvårdsverket 2022a). De övriga visas inte för sig i diagrammet, utan räknas enbart in i totalen.



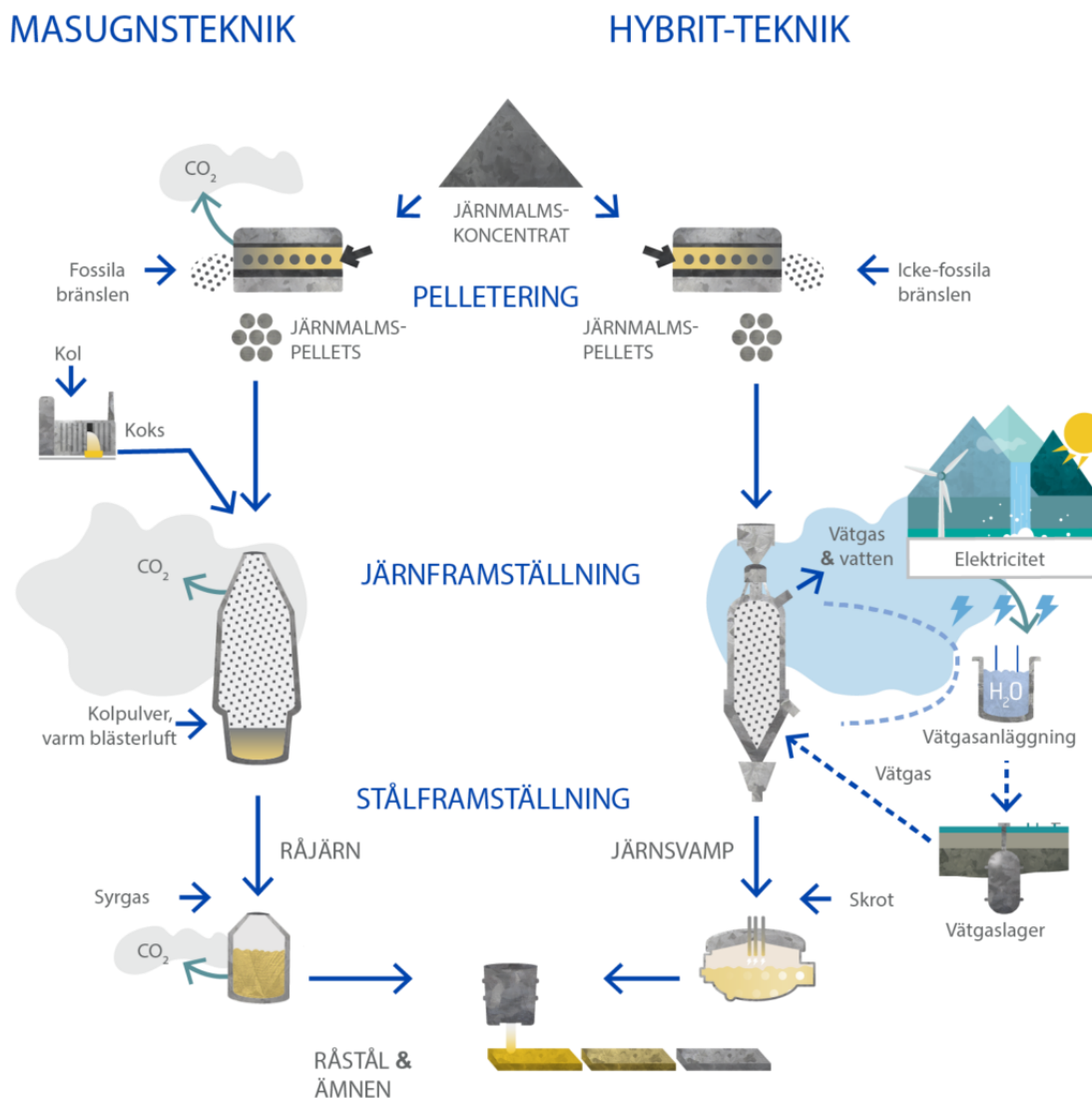
Figur 1.1. Stålindustrins utsläpp i koldioxidekvivalenter jämfört med Sveriges resterande industrier över perioden 1990 - 2021. (Bildkälla: Naturvårdsverket 2022)

### 1.1.3 Framställning av stål

Med dessa siffror blir det tydligt att Sveriges och världens totala utsläpp av växthusgaser kommer påverkas märkbart om stålindustrin kan göras emissionsfri. Anledningen till att utsläppen av koldioxid vid stålproduktion är så stora beror på tillverkningsprocessen. Tillverkningen av stål börjar i gruvan där malmen bryts. För att anrika den brutna malmen sorteras först gråberg bort. Därefter finmåls den resterande järnmalmen och oönskade ämnen som natrium och kalium avlägsnas medan tillsatser adderas. Allt detta sker i en så kallad slurry som är en blandning av mald järnmalm, tillsatser och vatten. Slurryn formas sedan till kulor som torkas för att behålla sin form. Denna process gör att malmens koncentration av järn ökat från ca 45% till nu 62%. (LKAB 2023) Därefter förbränns järnmalmspelletsen tillsammans med koks i en masugn för att erhålla ännu högre koncentration av järn. Järnmalmen består till stor del av magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) och hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Koksen är torrdestillerad kol (C) (Jernkontoret 2021). Produkterna av den kemiska reaktionen blir alltså i stora drag järn (Fe) och koldioxid ( $\text{CO}_2$ ).

Då stål till största del består av järnatomer kan gammalt material återvinnas genom att smältas ner och formas till nya element, utan att kvalitén försämras. Det kan i teorin återanvändas oändligt många gånger utan att egenskaperna försämras (Jernkontoret 2019). Problemet är att mängden tillgängligt stålskrot inte täcker dagens efterfrågan. För att klimatmålen som Sverige är delaktig i ska kunna nås krävs innovativ förändring av stålproduktionen eftersom den traditionella tillverkningsmetoden släpper ut så pass stora mängder växthusgaser.

Det har utvecklats lösningar för att minska utsläppen. *HYBRIT* och *H2 Green steel* är två svenska satsningar som båda siktar på att vara ute på marknaden senast 2030. Tekniken de använder sig av innebär att koks byts ut mot vätgas för att reducera järnmalmen från syret. Det bildas järnsvamp som till skillnad från pellets blir helt fri från syre (LKAB 2021). Vätgasen framställs ur vatten genom elektrolys och all el som används ska även vara fossilfri. Restprodukten i den nya teknologin blir tack vare vätgasen vatten i stället för koldioxid och på så sätt kan stålet sägas vara helt fossilfritt. När järnsvampen har producerats smälts det i en ljusbågugn och som även den drivs av fossilfri el. Därefter tillsätts de ämnen som krävs för stålelementens olika legeringar (HYBRIT 2023a). *Figur 1.2* visar värdekedjorna hos de två metoderna för stålframställning.



*Figur 1.2. Stålframställning med de olika processerna. Traditionell tillverkning till vänster och HYBRIT-processen till höger. (Källa: HYBRIT development 2023b)*

## 1.2 Klimatmål

Sverige är en del av Parisavtalet som trädde i kraft 2016. Avtalet innebär att det ska göras en global insats att förhindra jordens uppvärmning. Målet är att begränsa den globala temperaturökningen till maximalt 2°C, men gärna under 1,5 °C. Det bygger på att de länder som har bäst ekonomiska och tekniska förutsättningar ska göra en större insats än de länder som inte har samma möjligheter. De ska även hjälpa utvecklingsländerna genom bland annat finansiering och kunskap (Naturvårdsverket 2023a).

Sveriges långsiktiga klimatmål innebär bland annat att inga nettoutsläpp av växthusgaser ska finnas år 2045, för att senare sträva efter negativa utsläpp. Det långsiktiga målet är indelat i delmål, där målet för 2020 var att minska utsläppen med 40% jämfört med 1990 för den icke-handlande sektorn (Naturvårdsverket 2023b). Detta mål har nåtts genom åtgärder inom Sverige samt investeringar för andra länder (Sveriges miljömål 2022). Den icke-handlande sektorn omfattar utsläpp som ligger utanför EU:s system för handel med utsläppsrätter, EU ETS. I denna kategori inkluderas inte tillverkning av konstruktionsstål. Tillverkningen av konstruktionsstål ingår i EU ETS, då det är en energiintensiv industri som släpper ut en stora mängder koldioxid (Europeiska kommissionen 2023a). Europakommissionens utsläppshandel regleras av utsläppsrätter där varje rätt motsvarar utsläpp av 1 ton koldioxidekvivalenter. Majoriteten av utsläppsrätterna auktioneras ut till aktörerna som på så sätt betalar för sina utsläpp. Den resterande delen delas ut gratis till aktörer för att förhindra att de av lönsamhetsskäl ska flytta verksamheten dit utsläppen inte regleras lika strikt. Tanken med systemet är att kontrollera utsläppen inom EU för att successivt reducera dem och göra det dyrare att släppa ut växthusgaser (Naturvårdsverket 2023c).

## 1.3 Syfte

Ett av målen med studien är att kunna dra slutsatser om hur det fossilfria stålet påverkar miljön och hur mycket dyrare tillverkningskostnad ett projekt kan uppskattas få jämfört med om det byggts i traditionellt konstruktionsstål. Referensobjektet är en redan konstruerad konstruktion gjord i traditionellt stål. Jämförelsen kommer bestå av en livscykelanalys, LCA, och jämförelse i materialkostnad för objektet. Då konstruktionen kommer att användas till samma sak med de båda materialen kommer livscykelanalysen begränsas till tillverkningsstadierna. Jämförelsen i investeringskostnad kommer ge en bild av konstruktionens prisskillnad mellan stålen.

Ett annat mål med studien är att få en inblick i hur det fossilfria stålet kommer användas på marknaden. Det kommer troligtvis till en början ses som en premiumprodukt då prisbilden är högre jämfört med det traditionella stålet. Samtidigt blir klimatpåverkan alltmer central. Det är därför intressant att undersöka vilka faktorer och politiska beslut som kan påverka anbudsprocesser och om dessa kommer väga tyngre än ett lägre pris. En stor del av studien kommer fokusera på de politiska besluten och marknadens olika aktörer för att få en förståelse hur de resonerar.

Ovanstående mål mynnar slutligen ut i den avgörande frågan om det är fördelaktigt att vara tidig med att projektera konstruktioner i fossilfritt stål. Blir resultatet positivt kan man se till att ligga i framkant så att det fossilfria stålet finns tillgängligt för de kommande projekten.

## 1.4 Frågeställningar

Examensarbetets syften kan sammanställas i följande fyra frågeställningar.

- Hur mycket koldioxid släpper referensobjektet ut vid produktion då det byggs med det traditionella stålet jämfört med om de byggs med det nya fossilfria stålet?
- Hur stor skillnad blir det i materialkostnad för referensobjektet om det projekteras i traditionellt respektive fossilfritt stål?
- Hur kommer marknaden för det fossilfria stålet troligtvis se ut när materialet finns i större skala?
- Kommer det visa sig mer fördelaktigt att projektera med det fossilfria stålet i stället för det traditionella stålet?

## 1.5 Avgränsningar

Studien är avgränsad till att fokusera på de svenska utsläppen. Anledningen till det är att informationen är hämtad från svenska källor och analyserna kommer att genomföras på projekt som gjorts i Sverige.

I livscykelanalysen ligger fokus på att analysera de skillnader i emissioner som blir då det traditionella stålet byts ut mot fossilfritt stål. Därför kommer endast vissa stadier undersökas då de andra antas ge marginell eller ingen skillnad mellan materialen. Stålets ytbehandling utöver den som är med i miljövarudeklarationerna har inte varit en del av analysen. Det av anledning att de båda stålen kan antas behandlas på liknande vis.

Då den primära skillnaden mellan det traditionella och fossilfria stålet är vid produktion kommer enbart produktionsstadierna A1 – A4 samt stadie D att analyseras. I *Tabell 1.1* kommer stadierna presenteras och förklaras. I kolumnen till höger redovisas om de kommer undersökas i detta arbete.

Tabell 1.1. Olika skeden i livscykelanalys för byggnader. Stadier enligt SS-EN 15978:2011.

Stadie		Undersökas
<b>Produktion- konstruktionsstadier</b>	<b>och</b> A1- Råvaruutvinning	Ja
	A2 – Transport till materialtillverkare	Ja
	A3 - Materialtillverkning	Ja
	A4 – Transport till byggarbetsplats	Ja
	A5 – Installation på byggarbetsplats	Nej
<b>Användningsskede</b>	B1 – Användning	Nej
	B2 – Underhåll	Nej
	B3 – Reparation	Nej
	B4 – Utbyte	Nej
	B5 – Ombyggnad	Nej
	B6 – Driftenergi	Nej
	B7 – Driftens vattenanvändning	Nej
<b>Slutskede</b>	C1 – Demontering	Nej
	C2 – Transport	Nej
	C3 – Restproduktbehandling	Nej
	C4 – Bortskaffning	Nej
<b>Fördelar/Belastningar utanför systemgränsen</b>	D	Ja

I konstruktionerna är det endast de större elementen som kommer jämföras. Svets och bultanslutningar kommer alltså inte inkluderas i analyserna. De större elementen kommer kunna ge en representativ bild för konstruktionen som helhet då de utgör majoriteten av konstruktionens vikt.

# Kapitel 2 Metod

*I detta kapitel beskrivs tillvägagångssätten för att få fram den önskade informationen studien kräver. Studiens frågeställning medför att arbetet är uppdelad i tre huvuddelar. En förundersökningsdel, en analyserande del som jämför emissionsvärden och pris samt en del som försöker förutse framtidens marknad och tankesätt.*

## 2.1 Forskningsmetoder

För att besvara studiens frågeställningar önskas svar på klimatavtryck, kostnad samt hur lönsamt det kan tänkas bli att helt övergå till ett fossilfritt material i ett projekt. Det innebär att det krävs både klara och tydliga svar på emissionsvärden och pris, samt mer analyserande svar som bygger på tidigare erfarenheter och kommande regleringar.

För att kunna besvara frågorna om en byggnads klimatavtryck och materialpris är fallstudier en passande forskningsmetod att använda. Metoden lämpar sig då svaret som önskas är i form av vad, hur och varför (Säfsten och Gustavsson 2019). Hur påverkas priset och klimatpåverkan för ett referensobjekt när traditionellt stål byts ut mot fossilfritt? Varför blir det en skillnad? Vad är det som ger upphov till denna skillnad? För att genomföra en fallstudie krävs datainsamling och analys av det valda fallet. I detta fall analyseras ett referensobjekt och indatan är klimatpåverkan och materialpris för de två olika stålen. De delar som ska analyseras i referensobjektets avgränsas för att analysen ska bli mer överskådlig och kunna ge en representativ bild. När informationen är inhämtad och resultat av fallstudien erhållits ska svaret analyseras.

De forskningsmetoder som idag används inom den tekniska världen är kvalitativ- och kvantitativ forskningsmetodik för dataanalys. Den kvantitativa forskningsmetodiken går ut på att utföra studier i större skala där testerna får möjlighet att undersökas många gånger och på så vis ge en representativ bild av verkligheten. Här inkluderas resultat som erhålls genom bland annat frågeformulär som når en stor skala människor. Denna typ av data kan enkelt redovisas med diagram och tabeller för att få en överskådlig bild av de efterfrågade utfallet (Säfsten och Gustavsson 2019). Kvalitativ forskningsmetodik innebär att den erhållna



informationens grundar sig i mer öppna frågeställningar. De kan exempelvis erhållas via intervjuer eller observeras i text. Innehållet bearbetas därefter för att kunna ge längre och mer utvecklade svar (Säfssten och Gustavsson 2019). Denna metodik kan sällan enbart redovisa sitt resultat med diagram och tabeller, utan kräver fler aspekter och infallsvinklar för att på så sätt ge ett väl begrundat svar.

För att genomföra denna studie kommer de två ovanstående forskningsmetodikerna fallstudie samt kvalitativ forskningsmetodik att användas. Fallstudien kommer att genomföras på ett utvalt referensobjekt. Indatan för emissionsvärden och materialpriser hämtas från svenska tillverkare av konstruktionsstål som redovisar sina priser och utsläpp antingen direkt på hemsidan eller efter att de blivit tillfrågade. Källorna är valda då de ger en representativ bild av verkligheten vad gäller materialens priser och klimatpåverkan, då det är dessa material som till viss del cirkulerar i dagens Sverige. Den kvalitativa studien genomförs dels parallellt, dels efter erhållet resultat från fallstudien. Den del som genomförs parallellt med fallstudien är de delar som inte bygger på resultatet. Här inkluderas information om den globala klimatets tillstånd och politiska beslut som berörda länder måste förhålla sig till. Att det genomförs parallellt med fallstudien beror på att en väntetid på svar från berörda företag och personer tas med i beräkningen. Den kvalitativa analysen som görs efter fallstudien är bland annat utredningen om det kommer visa sig lönsamt att projektera med fossilfritt stål. Den utredningen grundas sig i de skillnader som uppkommer i pris och klimatutsläpp för de valda referensobjekten. De källor som kommer att användas i den kvalitativa delen av studien är valda då det är myndigheter och personer som arbetar med just denna typ av frågor. Därför kan de komma med kvalitativa svar och tankar som för analysen framåt.

### 2.1.1 Validitet och reliabilitet

Med validitet menas att mäta de frågor studien har för avsikt att besvara och att resultatet speglar verkligheten (Mälardalens universitet 2023a). Med andra ord ska den insamlade informationen både vara riktig och relevant just för studien. Reliabilitet innebär att datainsamlingen ska kunna nå liknande resultat vid flera försök oberoende vem eller vilka som utför den (Mälardalens universitet 2023b).

Studien behandlar begreppen validitet och reliabilitet genom att använda källor som myndigheter, företag och personer som aktivt arbetar med den typ av frågor, eller relaterade frågor, som studien har för avsikt att besvara. Under studiens utförande var målet att använda så många oberoende källor som möjligt för att få in olika synvinklar och för att få ett objektiva resultat. Då den svenska stålindustrin inte är särskilt stor har det varit av vikt att fokusera på den fakta studien samlat in och inte färgas av andras åsikter vid egenreflektion. Det har också strävats efter att nå så reella resultat som möjligt och därför har verkliga projekt med verkliga dimensioner och material använts vid analys. Det är emellertid viktigt att ha med sig att framtiden är svår att förutse och att avvikelse från studiens resultat är möjlig i framtiden.

## 2.2 Litteraturstudie

Det första steget för att kunna nå studiens resultat är genom att samla fakta om dagens situation. De fyra frågeställningar som formulerats kräver en inblick i hur klimatet sett ut bakåt i tiden och hur det ser ut idag. För att ta reda på det läses artiklar och rapporter från myndigheter och företag som arbetar med den typ av frågor.

För att kunna utföra klimat- och kostnadsanalysen krävs värden på byggnadsmaterialens klimatpåverkan och pris. Ett materials klimatpåverkan är relevant för att kunna utföra en livscykelanalys på referensobjektet. Det är också väsentligt att ta reda på ursprunget till utsläppen av växthusgaser då det berättar var klimatstärkande åtgärden har störst effekt. Den typ av information finns vanligtvis tillgänglig i miljövarudeklarationer som materialtillverkarna gör. Miljövarudeklarationer är en relativt ny företeelse och det kan bli en utmaning att få fram information om alla material. En del företag listar tydligt sina stålprofilers klimatpåverkan, andra är mer sparsamma med sin data. Därför kommer tillgängliga miljövarudeklarationer att studeras och jämföras för de aktuella stålprofilerna.

Materialpriser är intressant eftersom ekonomi är ytterst relevant för att projekt över huvud taget ska säljas. Är inte priserna konkurrenskraftiga finns det en stor risk att projektets beställare väljer ett mer förmånligt pris från en annan aktör, även om det medför en större klimatpåverkan. Materialpriserna kommer i första hand försöka hämtas ifrån svenska ståltillverkares eller ståldistributörers egna prislister om sådana finns tillgängliga.

För att skapa en bild av hur marknaden kan tänkas se ut i framtiden kommer rapporter och tidigare studier av erfarna människor i branschen att studeras. Där ligger fokus på att tolka vilka styrmedel som finns idag och kommer att införas för att rikta branschen åt ett mer klimatvänligt håll. Kommande politiska beslut och krav från branschens aktörer kommer också att undersökas.

Tidigare studier kommer också att läsas för att få en inblick i vad andra personer har kommit fram till. De kan ha samma tolkning och uppfattning av de regleringar som införts eller så har de en annan föreställning. Resultatet från de tidigare studierna kommer därefter att jämföras med resultatet från denna studie. På så sätt får det som stämmer överens mer grund och det som skiljer sig kan tänkas behöva en vidare utredning. Alternativt får man inse att man tolkat det och tycker olika i frågan.

Studiens syfte är inte att utföra helt exakta analyser, utan att få en överskådlig bild av hur framtiden kan tänkas se ut. Vid begränsad information kommer därför den fakta som finns tillgänglig att användas och sammanställas.

## 2.3 Intervjuer

Med stor sannolikhet kommer viss information som är vital för att studien inte finnas i artiklar och på hemsidor. Den kommer då försöka erhållas genom att fråga människor i branschen. Beroende på frågornas typ och omfattning kan formatet variera. Frågor av mindre omfattning kan hanteras på mejl. Exempel på den typ av frågor kan vara frågor en produkts pris eller klimatpåverkan. Större frågor, särskilt i studiens senare del, hanteras med fördel i intervjuer då

svaren eventuellt inte har ett entydigt och rakt svar. Dessa problemställningar är av en mer komplex form då svaren förväntas baseras på människors uppfattningar om situationer. Det är därför passande att ha en personlig dialog för att minimera utrymmet för misstolkning. Om möjligheten för ett samtal inte ges kan de mer utförliga frågorna formuleras i enkätform där svaren förväntas vara mer målande.

De personer som intervjuas handplockas efter sin kompetens och erfarenhet. Deras observationer och upplevelser över en tid av förändring är av vikt för att förstå riktningen som världen är på väg att ta. Då det är en kvalitativ studie och inte kvantitativ, kommer endast ett fåtal personer att tillfrågas. Personerna är noga utvalda av sin erfarenhet inom respektive områden. Den första personen som tillfrågades var en person som arbetar för ett företag som tillverkar stål där han har bra koll på de utsläpp som materialet ger. Den andra personen arbetar som teknikchef och bland annat med klimatreducerad betong. Därför anses de tillfrågade personerna som pålitliga och passande källor för studien.

## 2.4 Analys av referensobjekt

För att erhålla en representativ bild av klimatpåverkan och materialkostnad kommer ett referensobjekt att studeras. Objektet är redan byggt och projekterat av Skanska. Referensobjektet är en del av en konstruktion. Det beror på att målet av studien, som tidigare nämnt, är att få ett representativt resultat och inte ett exakt. Därför hade det antagligen inte givits en bättre överskådlig bild av att studera den kompletta konstruktionen, utan avvägningen gjordes att det var tillräckligt med de valda delarna.

Delarna valdes då de är stålkonstruktioner som tar en betydande last och stålet inte är lämpligt att byta ut mot ett alternativt byggnadsmaterial, som exempelvis trä. Av den anledningen är det intressant att se hur mycket materialkostnaden ökar i relation till den vinst i minskad klimatpåverkan som erhålls. Analysen kommer att bestå av en begränsad livscykelanalys tillsammans med en analys av materialkostnad för traditionellt respektive fossilfritt stål.

### 2.4.1 Livscykelanalys

I studien kommer livscykelanalysen bestå av sammanställningar mellan de bärande elementens miljövarudeklarationer av de väsentliga skedena. De skeden som främst skiljer sig är tillverkningskedena som inkluderar stadierna A1-A4. Stadie A5 beräknas bli lika för båda fallen. Då stålen ska ha samma egenskaper kommer användningsskedet B1-B7 vara identiska mellan materialen i denna studie och en jämförelse är därför inte nödvändig. Objektets slutskede, C1-C4, är inte heller medräknat då stålet kan demonteras och transporteras på samma vis. Stadie D kommer däremot att undersökas och om det finns en skillnad kommer denna att beaktas. Sammanfattningsvis blir det med andra ord inte en komplett livscykelanalys, utan en analys av materialens klimatpåverkan vid produktion och belastningar utanför systemgränsen.

De befintliga elementen byggda med traditionellt stål har redan klara emissionsvärden i form av koldioxidekvivalenter. Det fossilfria stålet inte har det. Vid brist på tillgänglig information på ståltillverkarnas hemsidor kommer företagen kontaktas. Om informationen fortfarande inte är tillräcklig kommer antaganden utifrån den information som finns att göras för att på så vis ha värden att grunda analysen på.

För att få emissionsvärden multipliceras varje stålelements koldioxidekvivalent per kilogram med dess vikt för att få ut elementets totala klimatpåverkan. Därefter summeras samtliga elements klimatpåverkan för att få referensobjektets totala klimatpåverkan. Samma metod gäller för de båda ståltyperna.

### 2.4.2 Kostnadsanalys

Kostnadsanalysen kommer att bestå av en jämförelse mellan projektets investeringskostnad. Detta görs med hjälp av de värden som erhållits i litteraturstudien och genom att fråga företag och personer i branschen.

Kostnaderna för projektets olika element i de två materialen kommer att summeras och jämföras. Det är de större elementen som VKR-rör och plåtar som kommer att vara underlaget till studien. Skruvar och muttrar kommer att förbises då de anses små i jämförelse och därför

inte ge fullt lika stort utslag. En annan anledning till att de små elementen försummas är för att miljövarudeklarationer i denna kategori inte finns i särskilt stor utsträckning.

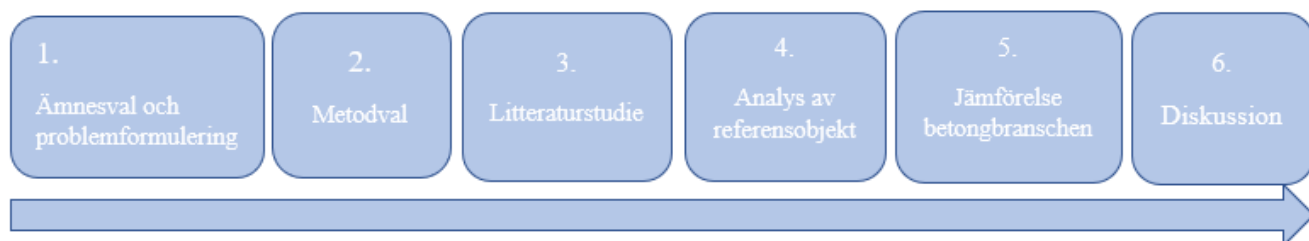
Då priserna angetts i enheten kronor per kilogram kommer stålelementens olika priser multipliceras med elements vikt för att få ett totalt pris.

## 2.5 Utförande av studie

Arbetet började med att identifiera ett aktuellt ämne och därefter formulera studiens frågeställningar. Utifrån frågeställningarna lades en projektplan upp för att få en överskådlig tidplan över arbetet. För att frågeställningarna skulle kunna besvaras behövdes ett metodval göras och i detta fall var en fallstudie och en kvalitativ forskningsmetod de mest passande. Metoderna innebär bland annat att analysera referensobjekt och läsa artiklar från myndigheter samt tidigare utförda studier. Det krävdes också att materialdata samlades för att kunna utföra analysen. De källor som främst använts för studien är därför myndigheters och branschorganisationer hemsidor. Även rapporter och lagar har studerats för att försöka erhålla en uppfattning om vad framtidens byggindustri har att vänta. Tidigare gjorda studier hittades genom att söka på nyckelord på Google Scholar och LUBsearch. Materialdata som utsläpp i form av koldioxidekvivalenter erhöles via ståltillverkares egna miljövarudeklarationer. Materialkostnaden erhöles av ståltillverkares och ståldistributörers prislistor. Relationen mellan det traditionella och fossilfria stålets pris erhöles genom att fråga ståltillverkare av det fossilfria stålet. Omställningen till en mer miljövänlig betong ligger några år före omställningen för fossilfritt stål. För att kunna dra lärdom av de erfarenheter betongbranschen utfördes en intervju i form av en enkät. Frågorna var utformade för att förstå vilka faktorer som bidragit till att den gröna betongen relativt snabbt efter lansering använts till stora projekt.

När resultaten från analysen av referensobjekten erhållits och en sammanställning av de politiska besluten tillsammans med svaren från intervjuerna gjorts diskuteras utfallet. Det kommer också att jämföras med tidigare studies resultat. Därefter kommer frågeställningarna att besvaras och ett utlåtande om lönsamheten av att projektera med fossilfritt stål att förhoppningsvis komma.

En schematisk bild av arbetsgången illustreras i *Figur 2.1*. I vissa undantag med orsak av väntetider på svar kan steg 3–5 komma att överlappa varandra tidsmässigt vid vissa tillfällen. På så sätt kan tiden användas så effektivt som möjligt.



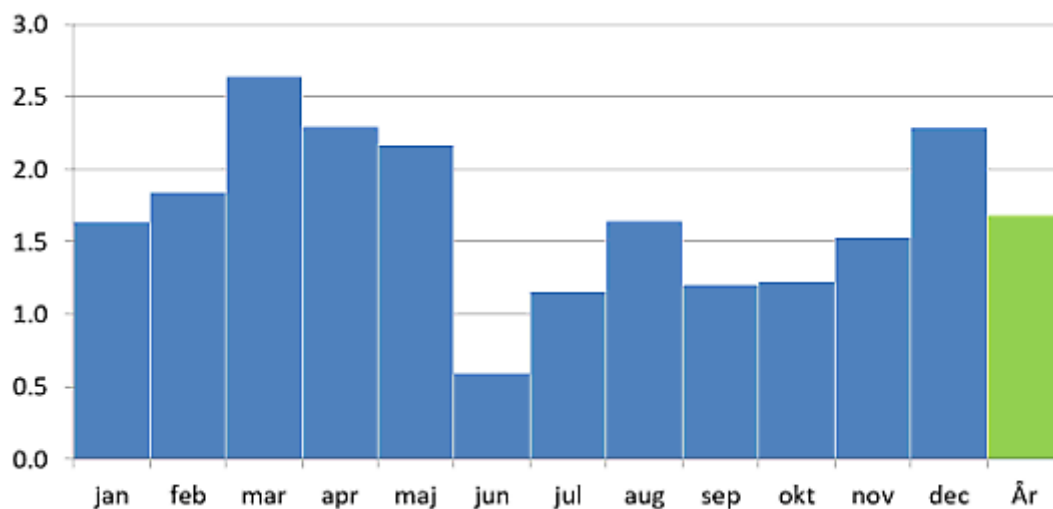
*Figur2.3. Schematisk bild över studiens arbetsgång.*

# Kapitel 3 Litteraturstudie

*Iföljande kapitel kommer bakgrund och information som är relevant för studien att presenteras. Den har utgått ifrån studiens frågeställningar och kommer att ligga till grund för kommande analys och slutsats. Det som bland annat tas upp är det globala klimatets tillstånd samt de politiska beslut som kan påverka det. Tidigare gjorda studier kommer också att läsas.*

## 3.1 Klimat

Att klimatet blir varmare är tyvärr ingen nyhet för någon. Enligt svenska mätningar som gjorts har det i de månadsvisa medeltemperaturerna från perioderna 1860–1900 och 1991–2019 visats en maximal ökning på över 2,5 °C och den största ökningen är i mars månad. Jämförs tidsperioderna årsvis ligger ökningen på strax över 1,5°C (SMHI 2021). Den hela månadsvisa jämförelsen från SMHI visas i *Figur 3.1* för samma period.



*Figur 3.4. Månadsvis temperaturskillnad mellan perioderna 1860–1900 och 1991–2019. (Bildkälla: SMHI)*

Att temperaturen varierar över tid är normalt. Men den senare tiden har temperaturökningen skett ovanligt snabbt. Ökningen beror på den ökade mängd växthusgaser som finns i atmosfären som reflekterar och stänger in solens värme (SMHI 2021).

Det moderna samhället har lett till ökade utsläpp av växthusgaser, främst koldioxid men även andra gaser som metan, lustgas och freoner. Koldioxid släpps ut i överlägset störst mängd



jämfört med de andra gaserna. Däremot finns det andra växthusgaser som har en större påverkan på växthuseffekten. För att få ett någorlunda grepp om gasernas påverkan i relation till varandra omvandlas ämnens klimatpåverkan till en och samma enhet, koldioxidekvivalenter och förkortas CO<sub>2</sub>e (Naturvårdsverket 2022). Denna enhet används frekvent när det talas om klimatpåverkan och kommer även att användas i denna studie.

### 3.1.1 Dagens åtgärder

Ett par åtgärder som gjorts hittills är bland annat att elektrifiera processer som tidigare drivits med fossila bränslen. Exempel på det är fordon som bilar och tåg som visat ett gott resultat och fortsätter förbättras. Riktas fokus till byggbranschen utvecklas allt fler maskiner med elektriska lösningar. Problemet i dessa fall är att det är ineffektivt då flera av de maskiner som används på byggarbetsplatser är stora och drar väldigt mycket elenergi. Det medför att tiden de kan användas begränsas samtidigt som det måste finnas plats för stora batterier. Det finns också lösningar där maskiner har kablar som gör att drifttiden inte är den begränsande faktorn. Ett exempel på elektrifiering av en bergtäkt. Electric site var ett samarbete mellan Skanska och Volvo CE där produktionen under 10 veckor ställdes om och blev helt eldriven. Där använde man sig av flera minidumprar som under sin runda stannade till för att ladda en kort stund. Grävmaskinen drevs av en elkabel och på så sätt kunde produktionen hållas i gång med goda resultat av både kostnad och koldioxidutsläpp (Skanska 2023a). Sammanfattningsvis är problemet med elektrifiering att antingen rörligheten begränsas av de långa kablarna eller att drifttiden avsevärt försämras.

Fler åtgärder som gjorts är att försöka ersätta material eller ingredienser till byggnadsmaterial med mer miljövänliga alternativ. Ett exempel på det är ”grön betong” där en del av cementet byts ut mot slagg men ändå har samma mekaniska egenskaper trots dess lägre klimatpåverkan. (Skanska 2022)

## 3.2 Politiska beslut

Det har med tiden kommit allt fler åtgärder för att förhindra den globala uppvärmningen, och däribland inte minst politiska beslut. För att samla de beslut som uppkommit på grund av klimatfrämjande åtgärder kommer beslut som jag tror påverkar byggbranschen mest studeras och dess innebörd presenteras.

### 3.2.1 EU Emission Trading System

EU "Emission Trading System", ETS, är ett handelssystem med utsläppsrätter. Det infördes 2005 och tanken var att det skulle sätta press på marknadens aktörer att minska sina utsläpp. Det är världens första och i dagsläget största marknad för koldioxidutsläpp. Varje år skapas omkring 1,5 miljarder utsläppsrätter som handlas med inom EU (Naturvårdsverket 2023c). Grundtanken med handelssystemet är att den aktör som bidrar till skadliga utsläpp ska betala för det, så kallat "polluter pays"- principen. På så sätt kan klimatfrämjande åtgärder till viss del finansieras. En utsläppsrätt motsvarar utsläpp av motsvarande 1 ton koldioxidekvivalenter. Växthusgaser är olika effektiva på att absorbera strålning. För att kunna jämföra gaserna har deras klimatpåverkan uttryckts i samma enhet, koldioxidekvivalenter. Som hörs på namnet är koldioxid basen och 1 kg CO<sub>2</sub> motsvarar 1 CO<sub>2</sub>-ekvivalent (Europeiska kommissionen 2023d).

Handeln har hittills gått igenom 4 faser. Den första fasen varande mellan 2005 – 2007 som en testperiod. Här inkluderades enbart koldioxidutsläppen från de mest energiintensiva industrierna och utsläppsrätterna gavs ut gratis. Om en aktör släppte ut mer än den tillåtna mängd koldioxid kostade straffavgiften 40 euro per ton CO<sub>2</sub>. Denna testperiod mynnade ut i goda resultat och ett pris på koldioxidutsläpp kunde sättas. Den andra fasen sträckte sig mellan 2008 – 2012 och förde med sig att även kväveoxider och utsläpp från flygsektorn inkluderades i handeln. Tilldelningen av gratis utsläppsrätter minskade med cirka 10% jämfört med föregående period, samtidigt som straffavgiften för överskridna utsläpp höjdes till 100 euro per ton. Det infördes också handel med utsläppsrätter utöver de som tilldelades gratis. Under denna period härjade finanskrisen vilket medförde att produktion och emissioner minskade. Det ledde till ett stort överskott av outnyttjade utsläppsrätter än förväntat och på grund av detta sjönk priset på koldioxiden. Fas tre sträckte sig mellan 2013 – 2020. Till skillnad från de två föregående faserna auktionerades majoriteten av utsläppsrätterna nu ut i stället för att delas ut

gratis. Antalet industrier och typer av gaser utökades även under denna period. Men för enkelhetens skull mäts allt i koldioxidekvivalenter. Det sattes också undan pengar i reserv för att finansiera ny teknik som gynnar klimatet (Europeiska kommissionen 2023e). I fas 4 som sträcker sig under tiden 2021 – 2030 kommer de fria utsläppsrätterna att prioriteras till de företag som riskerar att flytta sin verksamhet utanför EU av lönsamhetsskäl. Men det är också på grund av att konkurrerande företag utanför EU inte ska få incitament att producera större volymer. Vissa sektorer får samtliga utsläppsrätter gratis medan andra endast får andelar. Antalet hänger på sannolikheten att flytta verksamheten. Mot slutet av fas 4 kommer andelen av de mindre flyttbenägna verksamheterna inte få några utsläppsrätter gratis (Europeiska kommissionen 2023f).

De sektorer som omfattas i handelssystemet idag är branscher som släpper ut en betydande mängd växthusgas. Här inkluderas bland annat tillverkning av värme och elektricitet, flygbranschen, och inte minst tillverkning av byggnadsmaterial som stål. Utsläppsrätter tilldelas fortfarande gratis till en viss gräns, år 2020 var denna del cirka 30% av det totala antalet utsläppsrätter (Europeiska kommissionen 2023f). Den svenska stålindustrin ligger i framkant med tillverkningsmetoder och har lägre klimatpåverkan i jämförelse med andra länder. Under perioden 2021–2025 har svenska industrier tilldelats cirka 17,4 miljoner utsläppsrätter årligen. Av dessa går cirka 5,4 miljoner till stålindustrin. Den fria tilldelningen av utsläppsrätter baserar sig på företagshistoriska utsläpp (Naturvårdsverket 2023d).

### *3.2.1.1 Reduktion av utsläppsrätter*

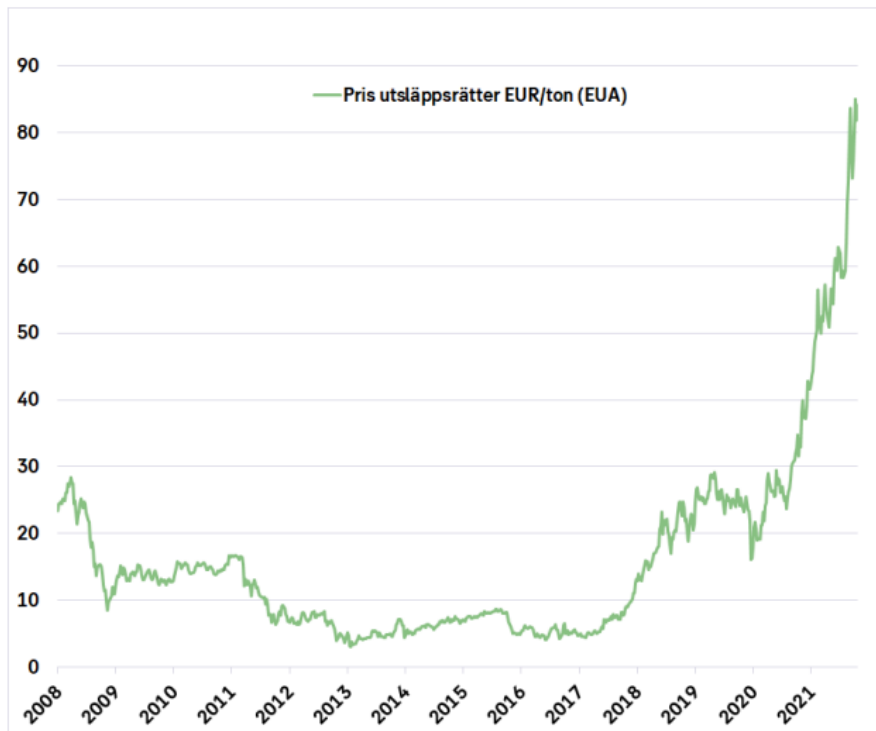
Utsläppen måste minska för att klara av klimatkraven (Naturvårdsverket 2023a) och incitament måste finnas för aktörer att vilja arbeta mot detta mål. Därför reduceras antalet tillgängliga utsläppsrätter årligen för att sätta press på marknaden.

Ursprunget till strategin är att det med start under finanskrisen 2008 blev ett överskott av outnyttjade utsläppsrätter. Vid 2013 hade överskottet vuxit till 2,1 miljarder utsläppsrätter. Med tanke på att EU varje år sätter ut ungefär 1,5 miljarder nya utsläppsrätter (Naturvårdsverket 2023c) är överskottet mycket stort. 2015 reducerades denna reservbank till 1,78 miljarder till följd av så kallad ”back-loading”. Begreppet innebär att reservbanken reduceras och

utsläppsrätterna inte längre kan handlas med. Finns det för mycket överskott sjunker nämligen priset på koldioxid och därmed minskar ett incitament för klimatvänliga åtgärder. Därför är det en nackdel för handelsmarknaden att det finns för mycket överskott. Antalet utsläppsrätter baseras nämligen på vad utsläppen varit tidigare. Produktionen har vanligtvis ökat med åren och därför är det en hämmande faktor att basera mängden tillgängliga utsläppsrätter på historisk produktion. Back-loading är alltså korttidslösning för att stabilisera koldioxidpriset så att det inte sjunker för lågt. De sparades också för att kunna användas någon gång om produktionen skulle vara större än väntat. Men för att stabilisera priserna på lång sikt behövs en mer stabil plan. Lösningen har blivit "Market Stability Reserve", förkortat MSR. Den lägger en del av överskottet av utsläppsrätter i en reservbank för att ta dem ut ur handelssystemet. Överskottet mellan åren 2014 och 2016 var 900 miljoner utsläppsrätter. Dessa sattes år 2019 in i reservbanken. Marknaden kunde på så sätt inte få tillgång till dessa utsläppsrätter, även om produktionen krävde det. Planen är att kommande överskott ska hamna i denna reserv och på så vis minskar det totala antalet utsläppsrätter med tiden. Uppskattningsvis kommer den framtida minskningen av utsläppsrätter ske i en takt om 2,2% årligen (Europeiska kommissionen 2023g).

### *3.2.1.2 Utsläppsrätternas priser*

Vid början av handeln kostade en utsläppsrätt ungefär 25 euro. Under finanskrisen minskade köpkraften på flera håll och därav även produktion som bidrog till koldioxidutsläpp. Den minskade produktionen förde även med sig minskning i efterfrågan av utsläppsrätter och därför sjönk även priset för koldioxidpåverkan. På grund av överskottet av utsläppsrätter var priset lågt, under 10 euro, fram till 2018. Under 2019 började MSR vilket hade en god påverkan och ökade priset. Under 2021 skedde en drastisk prisutveckling. Orsaken till det är en kombination av MSR och naturgasens prisökning. Naturgas ersätter i vissa fall kol, och släpper ut betydligt mindre koldioxid. När priset på gasen höjdes ökade efterfrågan på kol och därav även efterfrågan på utsläppsrätter. På så sätt blev efterfrågan av utsläppsrätter så stor att handelssystemet äntligen fick sin önskade effekt, att sätta press på aktörerna. (SEB 2022). Prisutvecklingen mellan 2008 och 2022 illustreras i *Figur 3.2*. Under 2023 har priset på utsläppsrätter fortsatt pendlat. I februari 2023 passerade 100 euro per utsläppsrätt, vilket ger en indikator på att priserna höjs. (Energimyndigheten 2023)

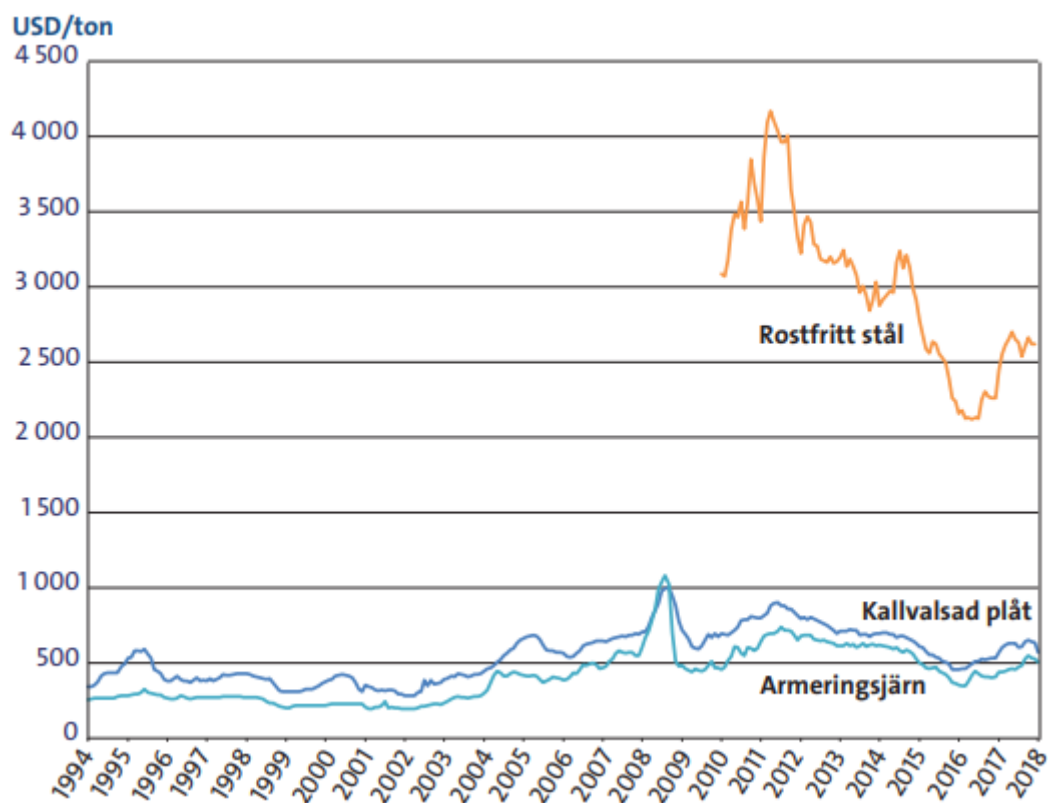


Figur 3.5: Prisutveckling utsläppsrätter perioden 2008–2021. (Bildkälla: SEB 2022)

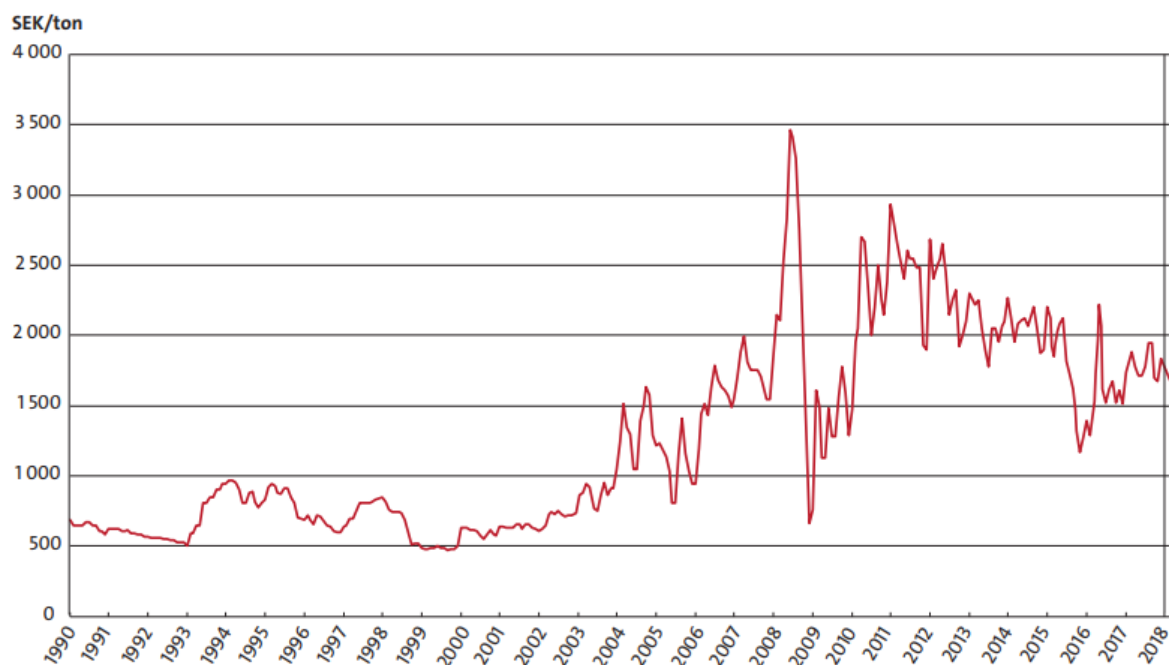
### 3.2.1.1 Stålprisets historia

Sveriges geologiska undersökning (SGU) publicerade 2018 en rapport om mineralmarknaden som fokuserade på järn och stål. Detta var deras femtonde rapport om mineralmarknaden och denna serie rapporter är till för att intresserade människor och organisationer ska få en överblick över utvecklingen som sker i mineralbranschen, medräknat stål. De utfärdade en prognos för stålets framtid med olika fall för hur efterfrågan skulle kunna tänkas öka.

I prognosen presenterades information om stålpriser och stålmängd från 1990-talet fram till 2018. Där visade det sig att stålpriset stigit under de senaste 24 åren. Det konstaterades också att rostfritt stål har haft ett högre och mer volatilt pris än det mer traditionella. Priserna under perioden 1994–2018 presenteras i *Figur 3.3*. Rapporten jämförde också priset på nytillverkat stål med stålskrot. Priset på stålskrot presenteras i *Figur 3.4* för perioden 1990 - 2018. Notera att den första figuren har enhet USD/ton och den senare figuren har enheten SEK/ton på respektive y-axlar.



Figur 3.3. Stålpriser 1994–2018. (Bildkälla: SGU 2019)



Figur 3.4. Prisutveckling stålskrot 1990–2018. (Bildkälla: SGU 2019)

I figurerna ovan framgår att stål som framställt direkt från järnmalm har ett högre pris än stålskrotet. För ett jämförelsepris från 2008 kostade det jungfruliga stålet ca 1100 USD/ton

jämfört med stålskrotet som hade en prisnivå på cirka 3500 SEK/ton. Med 2008 års valuta var det jungfruliga stålet ungefär dubbelt så dyrt (Pound Sterling 2023). Anledningen till detta förklarar rapporten från SGU grundar sig i den högre efterfrågan på råjärn då en hög renhet hos stålet har efterfrågats. *Figur 3.4* visar även att priset på rostfritt stål inte är i närheten av priset på vare sig stål eller stålskrot (SGU 2019).

### 3.2.2 Den gröna given

Den gröna given, på engelska ”European green deal”, är en vägledning för de miljöutmaningar vi står inför och hur de ska kunna lösas. Det startade 2019 och målet är att EU ska bli den första regionen i världen som är klimatneutral år 2050 och till 2030 ha minskat sina utsläpp med 55% jämfört med år 1990. Detta är gemensamma mål som är lagstadgade i en klimatlag och därför juridiskt bindande för samtliga länder inom EU. Målen förväntas medföra renare luft, vatten och energiförsörjning, återställa balansen i den biologiska mångfalden och ekonomisk cirkuläret (Europeiska kommissionen 2023b).

De åtgärder som hittills gjorts är inte tillräckligt för att nå dessa ambitioner. Det har visats i att temperaturen fortsatt öka med en högre fart än väntat. Därför har det beslutats att mer drastiska insatser ska göras för att nå delmålet 2030. Bland annat föreslås att handeln för utsläppsrätter ska inkludera fler industrier. Inte bara de som är energiintensiva. Antalet tillgängliga utsläppsrätter kommer även att minska. De intäkter som fås via handeln föreslås återinvesteras till åtgärder för att främja klimatet. En annan ny idé är att importerade varor som vid produktion bidragit med betydande klimatpåverkan ska betala samma kostnad som om det producerats i Europa. Detta för att man inte ska kunna importera varor eller producera dem utanför EU:s gränser för att komma undan att betala för sin klimatpåverkan med utsläppsrätter (Europeiska kommissionen 2023c).

Andra insatser som det beslutats om är åtgärder för elenergi. Förnybara källor ska år 2030 stå för 40 % av elproduktionen samtidigt som EU ska ha minskat sin elkonsumention med 9 %. Det föreslås också att en social fond ska sättas upp för att på så sätt bidra till medborgares beslut att välja mer klimatvänliga alternativ. De klimatfrämjande åtgärder som ska finansieras är då

isolering av hus, byte av värmekälla samt byte till mer klimatvänliga transportmedel (Europeiska kommissionen 2023c).

### 3.2.3 EU:S taxonomi

#### 3.2.3.1 Vad är EU:s taxonomi?

EU:s taxonomi är en del av den europeiska gröna given. Europakommissionen införde taxonomin under 2020 som ett verktyg för att kunna nå de bestämda klimatmålen i parisavtalet. Taxonomin är där ett klassificeringssystem och har en struktur som gör det möjligt att identifiera och jämföra olika investeringar.

Miljömålen som inkluderas i EU:s gröna taxonomi är:

1. Begränsning av klimatförändringar
2. Anpassning till klimatförändringar
3. Hållbar användning och skydd av vatten och marina resurser
4. Övergång till en cirkulär ekonomi
5. Förbyggande och kontroll av föroreningar
6. Skydd och återställande av biologisk mångfald av ekosystem

För att en investering ska klassificeras som klimatomässigt hållbar ska den på ett betydande sätt bidra till att minst ett av de bestämda miljömålen uppfylls. Utöver det får investeringen inte orsaka framstående skada för något av de andra miljömålen samt bidra till social hållbarhet (Finansdepartementet 2022). Syftet är att stimulera och gynna hållbara investeringar. Klassificeringssystemet har inga gråskalor, utan ger endast två möjliga utfall. Antingen är en investering miljömässigt hållbar eller så är den inte det.

De som inkluderas av taxonomin är främst stora företag. Men de krav som ska uppfyllas av de stora företagen väntas även de mindre företagen ta efter. I Sverige ligger vi bra till med miljöarbetet. Taxonomiverktyget innebär i första hand att företagens rapporter behöver bli mer transparenta än tidigare. Det krav som till störst del påverkar företag inom byggbranschen är att hållbarhetsrapporter behöver bli mer omfattande för att se hur företaget arbetar med miljöfrågor. Ur dessa rapporter framgår det då huruvida vilket eller vilka av de sex miljömålen som uppfylls och hur arbetet med den sociala hållbarheten går (Finansdepartementet 2022).



### *3.2.3.2 Beskrivning av de 6 miljömålen*

#### **1. Begränsning av klimatförändringar**

När man talar om klimatförändringar menar man de extrema väderförhållanden som till följd av ett varmare klimat blivit allt vanligare. Exempel på dessa extremväder är mer frekvent och kraftigare nederbörd, kraftigare vindar samt smältning av isar och permafrost. Det kan också påverka den biologiska mångfalden då levnadsmiljön förändras. Alla dessa följder beror på jordens stigande temperatur (Europaparlamentet 2023). För att begränsa klimatförändringarna behövs åtgärder för att förhindra den ökade temperaturen.

Temperaturökningen beror på den ökade mängd växthusgaser som finns i atmosfären. De vanligaste växthusgaserna är vattenånga och koldioxid, men också metan och lustgas (Naturvårdsverket 2022). De har alltid funnits och har gjort att jorden blir en behaglig plats för de organismer som har levt och lever här. Av mänsklig påverkan har effekten förstärkts och det har bidragit till att solens värme stängs inne mer än det tidigare gjort.

För att förhindra att jorden fortsätter värmas upp måste mängden växthusgaser i atmosfären begränsas och reduceras. Detta kan göras genom att se till att produktion och brukande bidrar till att mindre eller inga växthusgaser släpps ut. En annan lösning är att klimatkompensera genom att stänga in koldioxiden så att den inte befinner sig i atmosfären. För extra effektivitet kan de båda lösningarna kombineras. Teknik och kostnader är de största begränsande faktorerna för många företag, då alla inte har den möjligheten. Lösningen kan då vara att en viss procent av intäkterna går till klimatkompenserade åtgärder och utförs av de som har den kunskap och teknik som krävs.

#### **2. Anpassning till klimatförändringar**

Klimatanpassning innebär det arbete som krävs för att skydda miljön samt människors liv och egendomar och utforma det efter de konsekvenser som det mer extrema klimatet medför (Naturvårdsverket 2023d). Mycket behöver klimatanpassats. Allt ifrån naturbruk och hantering av invasiva arter till att ändra lagar efter de situationer som tidigare inte var ett problem. Miljöbalkens syfte är att vara ett verktyg för att säkerställa att människor och miljö skyddas

mot skador och missförhållanden. Därför är det viktigt att den anpassas efter rådande och kommande situationer för att hämma negativ utveckling.

Som privatperson kan man påverka och anpassa sig genom att justera sitt levnadssätt. För att som individ minska sitt klimatavtryck kan man förbruka mindre resurser i form av materiella ting och resa hållbart med kollektivtrafik.

När det gäller samhällsbyggnadsbranschen är det främst saker som kan byggas på ett vis som förbereder för framtida väderförhållanden. Exempel på den typen av klimatanpassning är att se till att vattenhantering vid händelse av ökad nederbörd finns för att förhindra översvämning. Detta kan göras genom att anpassa avledningssystemen som brunnar, ledningar och vattentankar. Det är också viktigt att få in grönytor som parker för att vattnet ska få möjlighet att tränga ner i marken. Hårdgjorda ytor, som asfalt och betong, förhindrar denna möjlighet vilket sätter större krav på avledningssystemen. Man eftersträvar med andra ord att öka naturens egen förmåga att hantera nederbörd och förmåga att kyla ned (Naturvårdsverket 2023e). En annan typ av klimatanpassning vad det gäller vatten är att säkra städer för stigande havsnivåer. Jordens höjda temperatur för med sig att isarna vid nord- och sydpolerna smälter. Men den högre temperaturen leder också till att vattnets volym ökar. Därför behöver man säkra städerna för de höjda nivåerna.

### **3. Hållbar användning och skydd av vatten och marina resurser**

Haven täcker 70 % av jordens yta och jordens klimat är således beroende av hur haven mår. Haven absorberar en stor mängd av koldioxid och har på så vis hämmat växthusgasernas effekt till uppvärmning av jorden. Dessvärre minskar havens förmåga att ta upp koldioxiden vid varmare temperaturer. Koldioxiden som haven absorberar förändrar havens kemi. Vid reaktionen mellan vatten och koldioxid bildas kolsyra som bidrar till att haven försuras (Havs och vattenmyndigheten 2023).

Då havsförsurningen förändrar klimatet blir resultatet att arter som tidigare trivts i sitt optimala klimat inte längre klarar sig. Därför är det viktigt att försurningen minskar och åtgärdas. Det görs bäst och långsiktigt genom att minska utsläppen av de ämnen som försurar haven. Andra åtgärder kan vara att neutralisera det surare pH-värdet. Metoden att neutralisera med kalk

används i generellt i störst utsträckning för sjöar och vattendrag. Att neutralisera haven görs inte i samma utsträckning utan där löses problemet genom att minska utsläppen av försurande ämnen. Att neutraliserande åtgärder inte görs beror på att det först och främst medför praktiska utmaningar i genomförandet. Sen sker koldioxidutbytet hela tiden och därför måste man åt källan av problemet för att uppnå resultat. Det krävs alltså globala åtgärder för att minska försurningen av världshaven (Sveriges vattenmiljö 2021).

Utöver försurning är det av stor vikt för det marina välmående att det inte är förorenat av annat. Föroreningar från industrier måste tas om hand och renas innan vattnet släpps ut i naturen. Här inkluderas alla föroreningar som giftiga ämnen, näringsämnen, mediciner och skräp som inte finns naturligt i haven.

#### **4. Övergång till en cirkulär ekonomi**

Cirkulär ekonomi innebär att material ska nyttjas effektivt och inte kasseras då produkten inte längre används. I stället ska material återanvändas för att på så sätt minska användandet av jungfruliga material och nya råvaror behöver inte utvinnas i samma utsträckning (Regeringskansliet 2023, s. 8). Att återbruk av material blivit så aktuellt på senare tid beror på att nya material brutits i en väldigt stor skala. Omfattningen på råvaruutvinningen är orsaken till att den biologiska mångfalden tagit skada och klimatet har påverkats negativt

Ofta har materialen mer att ge innan de kasseras. För att den cirkulära ekonomin ska fungera väl är det viktigt att produkter designas på ett vis som tillåter produkten att repareras och nyttjas under en lång tid. Utöver det ska materialet kunna nyttjas efter den primära produktens liv och ingå i ett kretslopp (Regeringskansliet 2023, s. 9). Om inte materialet kan återanvändas i sin helhet kan delar eller ämnen från det tas om hand och nyttjas. Allt för att inte bryta nya råvaror och deponera potentiellt skadliga ämnen i naturen.

Appliceras detta på samhällsbyggnadsbranschen kan den cirkulära ekonomin införas genom att bland annat återanvända material. Dels i sin ursprungsform, dels genom att använda stålskrot för att tillverka nya element. En vinkel på det är att nyttja andra företags avfall till sin egen

produktion. Det kan exempelvis innebära att spillmaterial gå till uppvärmning av annan anläggning. Andra lösningar kan vara uthyrning av verktyg och maskiner. Det sparar inte bara på miljön utan också på projektens ekonomi. Genom att inte köpa maskiner och verktyg, alternativt hyra ut dem den tid de inte används, kan fler dra nytta av användningen.

## **5. Förebyggande och kontroll av föroreningar**

Föroreningar är ämnen som oönskat spridit sig så att andra ämnens brukbarhet påverkats (Nationalencyklopedin 2023a). Vid produktion av material är det inte ovanligt att biprodukter bildas och på ett eller annat sätt släpps ut i naturen. När produkten använts kan det även leda till att dess ämnen påverkar miljön. En vanlig biprodukt vid produktion av material är koldioxid. Andra vanliga miljöföroreningar är svaveldioxid och kväveoxider (Naturvårdsverket 2023f). För att förhindra att miljön påverkas allt för negativt av dessa utsläpp behöver utsläppen minska. Alternativt neutralisera föroreningen innan den släpps ut i naturen.

Men det är inte enbart ämnen som kan förorena naturen. Material som lämnas kvar och inte bryts ned av tiden är också en typ av förorening som ger negativ påverkan. Lösningen på detta är att se till att materialet inte lämnas kvar och förorenar. Materialet bör även ha möjlighet att brytas ned på ett sätt som inte skadar miljön. Det bör inte lämnas kvar material på fel ställe, men det är en bra säkerhet att det inte skadar naturlivet om mänskliga faktorn skulle fel. Det är däremot inte endast i händelse av felaktigt hanterande som det är fördelaktigt att materialet är gjort på ett miljövänligt sätt. Vid deponering är det också gynnsamt att inga skadliga ämnen finns. Material bör alltså designas så att de kan tas till vara på och inte skadar miljö eller levande varelser vare sig under sin brukstid eller efter.

## **6. Skydd och återställande av biologisk mångfald**

Med biologisk mångfald menas att naturen har en rik variation på arter och omfattar alla typer av organismer (Naturvårdsverket 2023g). Det finns flera olika typer av ekosystem som har olika spridning av invånare. Invånarna i ekosystemen tenderar ofta att leva i symbios och dra nytta av varandra. Det är viktigt att det finns en stor variation på arter då de i vissa fall kan fylla samma funktion som den art som tidigare funnits där. Variationen på typer av ekosystem är också viktig då alla växter inte trivs på samma platser och djurens olika faser kräver olika miljö.

Därför är det essentiellt att bibehålla balansen i ekosystemen (Naturvårdsverket 2023g). Även om följderna av en viss förorening är att en liten organism utrotas på platsen kan följderna bli stora.

Den biologiska mångfalden påverkas då alla ovanstående miljömål enskilt missköts, men kan också bero på annat. De faktorer som rubbar den biologiska mångfalden kan brytas ner till på fem kategorier. Förstörda livsmiljöer, invasiva arter, överexploatering av arter, föroreningar och klimatförändringar. Livsmiljöerna påverkas av föroreningar och bebyggelse, och klimatförändringarna påverkas av utsläpp av växthusgaser (Naturvårdsverket 2023h).

Så för att skydda den biologiska mångfalden gäller det att inte påverka natur- och djurlivets levnadsmiljö. Det inkluderar både att inte förändra miljöns sammansättning men också att vid byggnation inte göra intrång i för stora områden som är viktiga för ekosystemens balans.

### 3.2.4 Agenda 2030

Agenda 2030 är globala mål för samtliga medlemsländer i FN och började 2015. Målen ska främja en hållbar utveckling, så att dagens behov kan tillgodoses utan att riskera framtida generationers välmående och möjligheter. Agendan innefattar 17 globala mål för en hållbar utveckling i världen. De 17 stora målen är i sin tur indelade i delmål, som enkelt kan mätas och tydligt se om de uppfylls. Det handlar inte enbart om klimat, utan även sociala och ekonomiska mål. Arbetet gäller som tidigare nämnt alla nationer, och de som ansvarar för att det blir genomfört är medlemsländerna. Till skillnad från den europeiska gröna given är Agenda 2030 inte juridiskt bindande, utan frivilligt. De 17 målen visas i *Figur 3.5* (Förenta nationerna 2023).



*Figur 3.5. Förenta nationernas globala mål enligt Agenda 2030. (Bildkälla: Regeringskansliet)*

Samhällsbyggnadsbranschen kan anses på ett eller annat vis blir berörd av majoriteten av dessa 17 mål. Det innebär att utvecklingen måste gå i riktning med dessa mål. I Sverige är det Statistiska Centralbyrån som följer upp hur målen nåtts och kommer med årliga rapporter (Statistiska Centralbyrån 2023). Om ett aktivt arbete görs av samtliga länder och branscher är sannolikheten stor att världen kommer vara mer jämlik och jordklotets framtid kommer se ljusare ut.

### 3.2.5 Subventioner

Subventioner innebär att skattelättnader ges på vissa produkter eller bidrag till vissa grupper och det är staten som bestämmer vad som ska subventioneras (Nationalencyklopedin 2023b). Anledningen till att subventioner finns är att staten vill reglera köpbeteenden och främja försäljningen vissa produkter. De är även till för att underlätta ekonomiskt för befolkningen. Det finns kritik om varför fossila bränslen subventioneras samtidigt som det finns stöd för att eldrivna bilar får reduktion på priset. Den första prissänkningen motverkar den andra och båda leder till minskade intäkter för staten. En produkt som idag är subventionerad i Sverige men som inom en framtid kommer tas bort är fossila bränslen. Det är en subvention som både skadar miljön och ekonomin. Incitament till en mer klimatvänlig utveckling minskar om subventionerna tillåts vara kvar eftersom det kan anses mer lönsamt att behålla den utrustning man redan har i stället för att investera i ny teknik (Naturskyddsföreningen 2022).

Det är viktigt att subventionens syfte är tydligt för att kunna dra slutsatser om det är en bra prisreduktion för konsumenten och miljön eller inte (Naturvårdsverket 2023i). Subventioner på fossila bränslen infördes för att främja människors möjlighet att nyttja fordon och på så sätt kunna förflytta sig längre sträckor, oavsett ekonomiska förutsättningar. Denna möjlighet främjar samhället på grund av ökad effektivitet i arbetet och på så vis gynnas även kommuner och stat med ökade skatteintäkter. Dessa intäkter kan sedan nyttjas till andra ändamål som till exempel kan främja klimatomställningen. Syftet med bidrag till de som köpt eldrivna bilar leder i första anblick enbart till ett mer miljövänligt alternativ. Denna subvention ger samtidigt ett negativt tillskott i stads-kassan. Den slutliga produkten av de båda prissänkningarna är att de ger människor möjlighet att förflytta sig för både nöje och arbete.

## 3.3 Livscykelanalys

### 3.3.1 Bakgrund

En vanlig metod för att värdera en produkts klimatpåverkan är livscykelanalys, förkortat LCA. LCA innebär att ett objekts klimatpåverkan beräknas under hela dess livstid, där man inkluderar alla steg från brytning av råmaterial fram till att produkten inte längre är i bruk. Metoden har sitt ursprung på 1960-talet men började användas i den form den är idag först på 1980-talet. Under 1990-talet kom den första standarden för LCA. Idag är LCA en del av den internationella standardiseringsorganisationens miljöledning, ISO 14000. På grund av den begränsade informationen som fanns var användningen av livscykelanalyser låg när den kom och ansågs dyr och opålitlig. För att få tillförlitlig information introducerades EPD-systemet. EPD står för ”Environmental Product Declaration” som på svenska översätts till miljövarudeklarationer, och skapades för att kunna genomföra livscykelanalyser på produkter och projekt (Jernkontoret 2013).

EPD-systemet beskriver en produkts miljöpåverkan ut ett livscykelperspektiv och beräknas fram med en livscykelanalys. För att en jämförelse mellan produkter ska kunna göras krävs att växthusutsläppen beräknas på samma sätt. Regler för hur en produkts miljöpåverkan beräknas finns i de produktspecifika beräkningsreglerna, förkortat PCR (Product Category Rules). För att inte blanda ihop begreppen LCA och EPD är det sistnämnda resultatet av en produkts LCA beräkning med de bestämda PCR. En hel konstruktions utsläpp beräknas med LCA och de inkluderade produkternas EPD:er. För att EPD:er ska gå att jämföra måste de vara beräknade på samma vis och inkludera samma faser. Exempelvis A1-A5 som visas i *Tabell 1.1* (Boverket 2019). Produktkategorireglerna innehåller bland annat regleringar som vilka stadier som ska vara inkluderade, vad som definierar de olika stadierna samt enhet emissionerna ska redovisas i (The international EPD system 2023).

### 3.3.2 Miljövarudeklarationers stadier

Stadierna en livscykelanalys bygger på är uppdelade i 4 kategorier med totalt 17 stadier. Anledningen till att en miljövarudeklaration är så pass uppdelad är för det ska vara enkelt att spåra en produkts källa till klimatpåverkan. Det är exempelvis möjligt för två produkter att ha samma totala klimatpåverkan, trots att den ena producerar större andel växthusgaser vid



produktion av materialet och mindre i användningsskedet. Den andra produkten har knappt någon klimatpåverkan vid produktion av material men desto större påverkan i användningsskedet. Därför är det bra att kunna identifiera växthusgasutsläppens källa genom de olika stadierna för att kunna komma åt utsläppskällan. Stadierna presenterades tidigare i *Tabell 1.1* och kommer att förklaras ingående nedan.

Ett exempel från en miljövarudeklaration med systemgränser från en ståltillverkare kan se ut enligt *Figur 3.6*. Där visas vilka stadier som är medräknade i den kommande beräkningen med ett X, och vilka som inte är med MND (Module Not Declared). De som inte är med skall ej antas för att vara nollutsläpp, utan ska deklarerats av annan part som har bättre koll på exempelvis produktens användningsområde.

Product stage			Construction process stage		Use stage							End of life stage				Resource recovery stage
Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport from the gate to the site	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	De-construction demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Re-use-, recovery-, recycling-potential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	X	X	X

X=Module declared.

MND=Module not declared (such a declaration shall not be regarded as an indicator of a zero result).

*Figur 3.6. Systemgränser för miljövarudeklaration. (Källa: EPD Hot rolled steel plates. SSAB)*

En typisk miljövarudeklaration kan se ut enligt *Figur 3.7*. Där det vanligast använda värdet för klimatpåverkan är parametern GWP (Global Warming Potential) och mäts i enheten koldioxidekvivalenter.

TABLE 2A. POTENTIAL ENVIRONMENTAL IMPACT PER 1,000 KG OF HOT ROLLED STEEL PLATES

Parameter	Unit	A1-A3	C3	C4	D
Global warming potential (GWP)	kg CO <sub>2</sub> equiv.	2.71E+03	2.49E+00	7.44E-01	-1.48E+03
Eutrophication potential (EP)	kg (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> <sup>-</sup> equiv.	6.30E-01	4.22E-03	5.00E-04	-2.17E-01
Acidification potential (AP)	kg SO <sub>2</sub> equiv.	6.25E+00	1.76E-02	4.42E-03	-2.93E+00
Photo-oxidant formation potential (POCP)	kg ethene equiv.	6.51E-01	1.95E-03	3.42E-04	-6.86E-01
Ozone Layer Depletion Potential (ODP)	kg CFC11 equiv.	1.18E-09	8.13E-15	4.32E-15	8.29E-06
Abiotic depletion potential: fossil (ADP-fossil)	MJ, net calorific value	2.66E+04	4.83E+01	1.04E+01	-1.44E+04
Abiotic depletion potential: elements(ADP-elements)	kg Sb equiv.	2.11E-02	2.80E-06	7.41E-08	-4.56E-03

Figur 3.7. Exempel på miljövarudeklaration för stål. (Källa: EPD Hot rolled steel plate, SSAB)

De första stadierna representerar produktion och konstruktionsstadiet. Produktens utsläpp börjar i råvaruutvinningen som benämns stadie A1 följt av stadie A2, transport till materialtillverkning. Den största orsaken till utsläpp i dessa stadier är metoden för utvinning av materialen. Utvinning av stål sker i en gruva där maskiner och sprängämnen arbetar och det kan vara långa transportsträckor från det att råmaterialet utvunnits till det att det kommer upp till markytan och sedan till fabrik. För ett trämaterial är det en något mindre total transportsträcka eftersom träden redan befinner sig på markytan. För båda materialen är det väsentligt vad de maskiner man använder drivs av då det påverkar utsläppen. Därefter kommer stadie A3 som motsvarar materialtillverkning och sedan stadie A4, transport till byggarbetsplatsen. Installation och montering på uppförandeplatsen räknas till stadie A5.

Nästa stadietkategori i en miljödeklaration är användningsskedet. Där delas emissionerna upp enligt stadie B1 användning, B2 underhåll, B3 reparation, B4 utbyte, B5 ombyggnad, B6 driftenergi och B7 driftens vattenanvändning. Denna stadietkategori brukar de som säljer eller tillverkar stål avstå från att kommentera, av den enkla anledningen att de inte vid framtagning av sina miljövarudeklarationer specifikt kan säga vad de ska användas till. Användningsområdena kan vara många. Normalt utelämnas därför utsläppsvärden att ur denna kategori och användaren av produkten själv får stå för den.

Slutskedet hos en produkt representeras i stadierna C1 demontering följt av C2 transport, C3 restproduktbehandling samt C4 bortskaffning.

Utöver de ovan nämnda stadierna finns även stadie D, som räknar in fördelar eller övriga påfrestningar utanför systemgränserna. Här kan exempelvis de positiva fördelarna av materialåtervinning väga in och har då ofta en reducerande belastning på produktens totala utsläpp (SSAB 2022).

Sett ur enbart materialperspektivet har den första delen, A1-A3, den största miljöpåverkan (SSAB 2022). Beroende på vad materialet används till varierar användningsskedets, B1-B7, klimatpåverkan och kan i vissa fall ge en större klimatpåverkan än materialtillverkningen. Faktorer som kan öka användningsskedets emissionsvärden är bland annat om det krävs omfattande underhåll och reparation. Det kan därför vara en fördel att välja ett material som kräver lite underhåll och har lång beständighet för att minska klimatpåverkan. Det kan exempelvis innebära att stålet behandlas med rostbeständiga skikt eller att ett helt rostfritt material väljs för att på sikt inte behöva byta ut en hel stålkomponent. Det kan därför vara ett bättre val ut miljösynpunkt att välja material som vid produktion har en något högre klimatpåverkan än att ständigt behöva skydda och byta ut.

### 3.3.3 Användning

Från att livscykelanalysens användning varit låg på grund av den begränsade information som fanns har ett förändrande beslut tagits. 1 januari 2022 trädde den nya lagen, lag 2021:787, i kraft. Den ställer krav på att nya byggnader ska klimatdeklarerars. Men det finns undantag för bland annat byggnader på en bruttoarea mindre än 100 kvm, byggnader som inte kräver bygglov och industri- eller verkstadsbyggnader (SFS 2021:787, samtliga §). Byggherrarna kommer därför begära att de produkter som används har tydliga EDP: er så att klimatdeklarationen för deras del blir hanterbar. Då det tidigare funnits begränsad information om produkters miljöpåverkan kommer denna lag med stor sannolikhet leda till en ökad medvetenhet om produkters utsläpp samt ge en mer säker data. Även om inte analysens referensobjekt kräver klimatdeklarationer enligt den nya lagen kommer de bärande elementen i ramperna ha fler användningsområden som omfattas av den. EPD: er kommer därför att finnas tillgängligt fler än de konstruktioner som inkluderas av lagen.

Antagligen kommer det i framtiden att finnas verktyg som är enkla att använda och applicera på en stor mängd produkter även utanför byggsektorn. Idag finns det olika verktyg att använda sig av för att utföra fullständiga klimatdeklarationer. Ett exempel på en sådan tjänst är ”Oneklick ” som används av flera materialtillverkare och byggföretag i Sverige (One Click LCA 2023). Analysen kan även göras med Exceldokument om produkterna som används har tydliga värden att använda.

## 3.4 Material

De material som är relevanta för studien är det traditionella konstruktionsstålet och det nya fossilfria stålet. Som tidigare nämnt anger ståltillverkarna att det enbart är tillverkningsprocessen som skiljer sig mellan produkterna. De mekaniska och kemiska egenskaperna är identiska med det fossilbaserade stålet (Anderson 2023). Det som skiljer sig är därför främst klimatpåverkan och pris.

### 3.4.1 Klimatpåverkan

#### 3.4.1.1 Traditionellt stål

Klimatpåverkan hos olika stålsorter och stålprofiler varierar. Anledningen är att materialet bearbetas på olika sätt beroende på profilens tjocklek och form. Olika element kräver även olika legeringar och kan behöva bearbetas under en längre tid (Anderson 2023).

Utsläppen beror främst på materialtillverkning och har störst utsläpp i stadierna A1-A4, vilket visades i *Figur 3.2*. En annan aspekt att väga in är stadie D, som ofta är ett negativt värde. Det beror på de fördelar i koldioxidutsläpp som inte behöver bli i samma utsträckning om materialet återvänds (SSAB 2022). Att stadie D inte uppnår till samma värden som stadie A1-A4 kan bero på mycket. Exempelvis att stålet behöver bearbetas och formas igen för att kunna bli ett nytt dugligt konstruktionselement av samma höga kvalitet. Hade det inte bearbetats kan de imperfektioner och deformationer från ursprungselementet skapa problem för det nya användningsområdet. Men element kan även återbrukas utan att omformas om kraven är lägre för den nya konstruktionen.

### *3.4.1.2 Fossilfritt stål*

I processen för fossilfritt stål är målet att eliminera alla former av emissioner och ha utsläppsvärden på 0,0 kg CO<sub>2</sub>e/kg stål. Riktigt där är de inte idag utan det verkliga värdet är ca 0,3 kg CO<sub>2</sub>e/kg stål. I detta fall är det inte själva stålproduktionen som ger upphov till dessa utsläpp, utan den största delen kommer från leverantörer till ståltillverkarna. Men även den delen beräknas bli nära noll med tiden. De uppströms utsläppen är den största faktorn som ger upphov till siffran 0,3 kg CO<sub>2</sub>e/kg stål i SSAB:s produktion. Själva ståltillverkningen är redan på 0,0 CO<sub>2</sub>e/kg för det fossilfria stålet (Anderson 2023).

### *3.4.1.3 Alternativa material*

Trä är ett material som blir alltmer populärt på grund av dess låga klimatpåverkan. Limträ är ett material som ofta används som konstruktionsmaterial. För att få en någorlunda jämförelse mellan materialens klimatpåverkan beräknas en limträbalks koldioxidekvivalent per kilogram. En limträbalks utsläpp i stadie A1-A3 har beräknats till ca 109 gCO<sub>2</sub>/kg limträ. Anledningen till att emissionerna är så låga är för att trä är ett material som binder koldioxid (Ruuska 2013). Jämfört med stål bidrar motsvarande vikt stål med upp till 27,5 gånger så mycket växthusutsläpp, beräknat på ett högt räknat emissionsvärde 3 kgCO<sub>2</sub>/kg stål.

Limträ är ett hållfast och lätt material men det har precis som allt annat sina för- och nackdelar. Förutom sin låga klimatpåverkan är det ett närproducerat material som är enkelt att tillgå i Sverige. Däremot är det ett material som inte är lika beständigt som stål.

## **3.4.2 Stålspris**

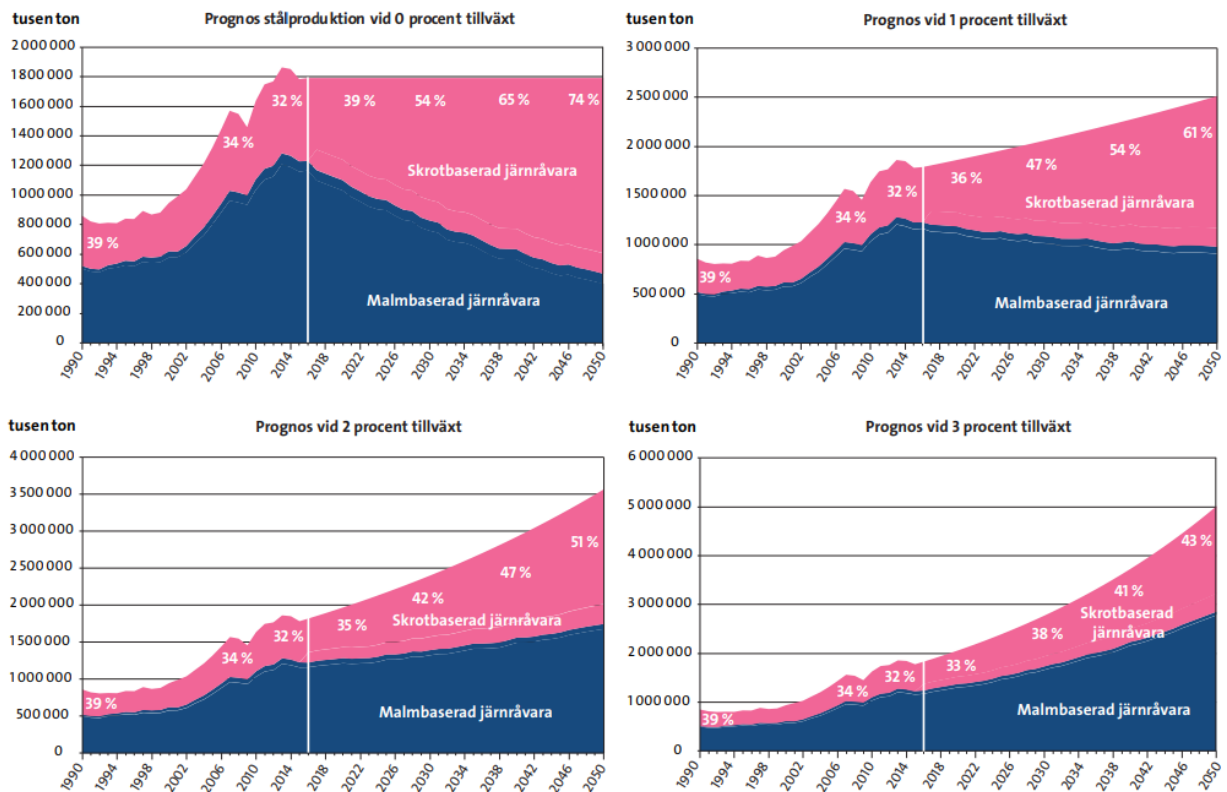
Stålspriset varierar hela tiden och det beror på flera faktorer. Priserna på råmaterialen som järnmalm, koks och skrotpriser varierar. Anledningen till variationen är bland annat utbud och efterfrågan. Ökar marknadens efterfrågan samtidigt som produktionen minskar är det naturligt att priserna på stålet stiger. Köparna är villiga att betala mer för att få tillgång till sitt tänkta material. Tillgängliga priser indikerar på att en färdig stålprodukt kostar cirka 25–41 kr/kg (Stena stål 2023).

De företag som utvecklar fossilfritt stål i Sverige är SSAB, LKAB och Vattenfall som tillsammans har startat Hybrit. Det andra företaget är H2 Green steel. Dessa företag kan idag inte säga exakt hur mycket dyrare det fossilfria stålet kommer bli i relation till det traditionella. Det kan bero på mycket och är svårt att förutse så här långt i förväg, men då det är en premiumprodukt kommer priset att vara högre. Hybrit räknar med att lansera sitt stål i kommersiell skala år 2026 och gissar att priset kommer vara ca 20–30 % dyrare än det traditionella stålet (Anderson 2023). H2 Green steel räknar med att producera och sälja stål år 2030 till ett pris som är cirka 20 – 25 % dyrare än det stål som används idag (H2 Green steel 2023). För att analysen ska resultera i värden som ger en någorlunda rättvis bild av de verkliga priserna kommer tillgängliga siffror från ståltillverkare eller säljare användas.

## 3.5 Tidigare studier

### 3.5.1 Prognos av stålets efterfrågan

SGU gjorde i samma studie en prognos om en tänkbar situation av användandet av stål. Prognosen baserade sig på historisk efterfrågan och dess tillväxt i olika perioder. Studien inkluderade även mängden använt stålskrot och i vilken utsträckning det kan tänkas användas en tid framåt. En lockande tanke är att använda stålskrot i den utsträckningen att tillverkning av jungfruligt stål inte behövs. Det hade nämligen minskat stålets utsläpp av koldioxid drastiskt på grund av att brytning av järnmalm tillsammans med förädlingen står för majoriteten av koldioxidutsläppen. Problemet med det är dock att utbudet av återvunnet stål inte når upp till den globala efterfrågan som finns på stål idag (SGU 2019). SGU:s undersökning av stålefterfrågan utmynnade i en prognos som beskriver stålproduktionen vid en ökad efterfrågan av olika grad fram till år 2050. Anledningen till att studien tar upp olika fall av tillväxt är på grund av att materialet efterfrågan ökade med varierande mängd år 2000 och framåt. I rapporten fram går däremot att en tillväxt på 0% inte är särskilt trolig på grund av samhällsutvecklingen. Scenarion presenteras i *Figur 3.8*. I prognosen framgår även hur stor del av det producerade stålet som kommer bestå av återvunnet material. Prognosen visar också att stålproduktionen kommer att öka från ca 1800 miljoner ton i slutet på 2010-talet till runt 5000 miljoner ton till 2050 med en tillväxt på 3% per år. Det innebär att den globala stålmarknaden kan mer än dubblas vilket verkar mycket kritiskt för växthuseffekten om materialets emissioner inte minskar.



Figur 3.8. Prognos stålproduktion för olika tillväxtscenarion. (Bildkälla: SGU)

### 3.5.2 Vad politiken behöver göra

I en rapport från branschorganisationen Jernkontoret läggs flera förslag som politiken kan göra för att främja den svenska stålindustrin. Rapporten trycker på att Sverige är en av de renaste och minst koldioxidutsläppande geografiska områdena i världen som producerar stål med olika användningsområden (Jernkontoret 2018). Av den anledningen hade det varit till en global fördel att främja Sveriges stålindustri och göra den enkel att skala upp.

För att kunna skala upp den svenska produktionen för att på sikt kunna vara en av de ledande nationerna av stålproduktion krävs att flera områden i den svenska politiken regleras för att främja denna utveckling. För att helt eliminera koldioxidutsläppen ur stålsektorn krävs det att alla steg i miljövarudeklarationerna är noll. Det kan enbart bli möjligt om de som tillverkar stålen har tillgång till råmaterial som hanteras enligt de målen samt att transportererna är fossilfria. Förutom att det ställer krav på effektiva tillverkningsprocesser ställer det i sin tur

höga krav på stabil elförsörjning. Det är en otroligt viktig nyckel för att hela samhället ska kunna ställa om och bli mer klimatsmart, inte bara byggbranschen (Jernkontoret 2018).

### **Förutsägbar finansiering**

För att möjliggöra för en teknikutveckling i industrier generellt måste det finnas incitament för att genomföra forskning som blir lönsam för företaget, då det de facto är en stor ekonomisk risk. Annars ökar risken att utvecklingen avstannar. Det kan därför vara fördelaktigt för Sverige som land att vara med och finansiera teknikutvecklingen för att på sikt kunna konkurrera med aktörer utanför Sverige. För att det ska kunna genomföras är det en god förutsättning att finansieringen säkras för hela projekttiden även om den löper över mandatperioder med regeringsskifte. Så har det inte sett ut tidigare utan har varit uppdelat årsvis. Ett ökat anslagssparande hade också gynnat industrin eftersom resurserna ska kunna användas där de behövs (Jernkontoret 2018).

### **Kortare tillståndsprocesser**

En annan åtgärd som behöver göras för att utvecklingen ska kunna gå framåt i den takt som behövs för att klara klimatmålen är att korta tiden för tillståndsprocesser. Idag kan en process ta mycket lång tid av flera orsaker och samtidigt finns det möjlighet för motståndare att överklaga (Jernkontoret 2018). Denna flaskhals kan medföra att klimatfrämjande utveckling stannar av på grund av tid- och kostnadsskäl, vilket kan leda till att processen hinner utvecklas någon annanstans där det är enklare att genomföra.

Sveriges stålindustri regleras både av miljöbalken och europeisk lagstiftning. Det medför att det många gånger regleras dubbelt och mer underlag behöver tas fram, vilket förlänger prövningsprocessen. Om dessa hade optimerats och anpassat sig till varandra hade processer som främjar den gröna omställningen både sparat tid och pengar.

### **Redovisning av klimatavtryck**

Vad gäller regleringar anser Jernkontoret att klimatdeklarationer bör bli mer omfattande och tydliga. Idag mäts det endast inom landets gränser och negligerar de avtryck som importerade varor medför och räknar inte in den klimatnytta de svenska produkterna sparar in (Jernkontoret 2018).



## **Pålitlig elförsörjning**

En faktor som är otroligt viktig när den klimatsmarta utvecklingen går framåt är att det finns en tillförlitlig och jämn elförsörjning som dessutom inte bidrar med utsläpp av växthusgaser. Kärnkraftverk avvecklas och delade åsikter om dess nytta gör att andra energikällor behövs. Elnätet behöver också byggas ut för att det ska klara trafiken (Jernkontoret 2018). För att omställningen till el ska vara genomförbar menar Jernkontoret att energipolitiken måste vara mer långsiktig och nå hela landet inte bara vissa elprisområden. Även här gäller att tillståndsprocesserna kortas för att möjliggöra denna nödvändighet. Det gäller både utbyggnaden om vind- och vattenkraft och eventuella kärnkraft.

### **3.5.3 Offentlig upphandling**

I rapporten *"Fostering industry transition through green public procurement"* skriven av LeadIT, UNIDO och Clean Energy beskriver de att övergången till ett fossilfritt samhälle bygger på fyra huvudförändringar. Minska användandet av kol, öka energieffektiviteten, reducera koldioxidutsläppen och främja materialcirkularitet. Men för att detta ska få genomslag krävs det politiska regleringar för att det ska bli lönsamt att välja de grönare alternativen (LeadIT, UNIDO, Clean Energy, 2021).

Ett verktyg som rapporten beskriver är grön offentlig upphandling (GPP, Green public procurement). Där beskrivs verktyget som en stark drivkraft för att föra branschen mot klimatsmarta lösningar genom att visa att det finns en efterfrågan hos de som beställer. De talar om att det bör finnas politiska minimikrav på en produkts klimatpåverkan. Dessa krav bör också sträcka sig utanför länders gränser för att på så sätt öka konkurrenskraften. Rapporten beskriver även att 90% av världens stålproduktion är producerad i 10 länder. Det gynnar omställningen och limiterar den till ett färre antal länder. På så vis kan en stor förbättring komma även om man inte får med sig världens alla länder (LeadIT, UNIDO, Clean Energy, 2021).

Studiens syfte var att ta fram en typ av mall och vilka huvudnycklar som kommer vara viktiga för att en grön offentlig upphandling ska bli effektiv. Studiens utfall kan sammanfattas i följande fyra punkter.

1. En enhet som ansvarar för den gröna omställningen bör skapas.
2. Gemensam målsättning mellan aktörer och politiker och länder.
3. Tydliga krav.
4. Standardiserade metoder för bedömning av klimatpåverkan samt utvärdering av anbud

En enhet eller myndighet som ansvarar för den gröna offentliga upphandlingen mellan länder bör skapas för att se till att genomförandet blir som tänkt. Denna enhet kan även användas som en supportfunktion för att kunna ge råd i omställningen. Det ansågs enligt rapporten inte som ett krav, men en stark rekommendation eftersom det kan ge stöd till de som inte annars har den kunskap de känner krävs för de mer klimatsmarta valen. Det bör även göras investeringar som fossilfri el och andra åtgärder för att reducera växthusgasernas utsläpp. De beskriver också att det kan vara bra att erbjuda finansiella stöd för att främja investeringar och projekt.

Det beskrivs också viktigt att ha en gemensam målsättning där samråd med både aktörer och experter i branschen hålls innan politiken sätter upp ramar. Detta för att realistiska regelverk ska sättas upp och fungera i praktiken. Det bör också vara liknande krav för de inblandade länderna så att förutsättningarna blir rättvisa för de olika.

Tydliga krav av olika grad ska ställas upp. Exempelvis obligatoriska krav som måste mötas för att ens få möjlighet lämna anbud och krav som på grund av sin höga nivå kan konkurrera marknaden, trots att produkten har ett högre pris. Dessa krav kan vara på produktnivå och då innebära att en viss typ av produkt måste ha miljövarudeklarationer. Eller på projektnivå och innebära att hela projektets klimatpåverkan ska redovisas för att få lägga anbud. Dessa krav är menade att uppmuntra till mer klimatsmarta val av både material och metod. Anbuderna bör även kontrolleras och granskas av tredje part för att undvika systemutnyttjande (LeadIT, UNIDO, Clean Energy, 2021).

Standardiserade metoder för bedömning av klimatpåverkan bör även gälla. Livscykelanalys är numera en vanlig metod som börjat användas i en större utsträckning. Även standardiserade verktyg behövs för att utvärdera anbud så att de genomförs på ett rättvist och korrekt sätt. Verktuget skulle exempelvis kunna inspireras av Nederländernas prestationsstege där ett steg är en reduktion av klimatpåverkan. Varje steg ger 1% avdrag på projektpriiset. Uppfylls inte kraven tillkommer i stället en straffavgift (LeadIT, UNIDO, Clean Energy, 2021).

### *3.5.3.1 Upphandling i praktiken 2023*

Många av de planer som EU och Sverige har stäcker sig en relativt lång tid framåt. Men då det inte är en nyhet att det globala klimatet redan nu befinner sig i ett kritiskt läge är det intressant att undersöka hur kommuner ställer sig till mer klimatsmarta byggen redan nu. För en stor drivkraft till den gröna omställningen är att det finns en efterfrågan hos beställarna.

De senare åren kan man se en trend att mer miljövänliga material som grön betong används i projekt. Ett exempel från Skanska är det nya kontorshuset Citygate som bland annat har grön betong i grundläggningen. Det användes också armering med minskad klimatpåverkan och sammanlagt sparade projektet cirka 850 ton CO<sub>2</sub>e (Skanska 2023b). Även hamnbanan i Göteborg har till stor del gjutits med grön betong. Tack vare utvecklingen av den klimatsmarta betongen kunde hela projektet göra en besparing i koldioxidutsläpp på hela 25%. Anledningen till att projektet motiverades att pressa sin klimatpåverkan, utöver det faktum att det är ytterst nödvändigt för vår globala uppvärmning, var på grund av beställarens krav. Trafikverket som var beställare för projektet hade ett krav på att minska klimatpåverkan med 14% för projektet, annars utgavs en straffavgift. De gav också en bonus om man lyckades minska med ytterligare 10% (Skanska 2021).

För att spegla stora beställares miljömål granskas Sveriges två största städer och de styrande organens planer för den gröna omställningen. Just kommuners och städers styre är viktiga då de har stor påverkan på stadens byggnation och kan ställa vissa krav. Stockholms Stad har höga ambitioner. De har som mål att minska sina utsläpp i så stor omfattning att de blir klimatpositiva redan år 2030. Stadens mål visas mycket i energibesparingar via effektivisering. Det gäller både

redan befintliga byggnader och nybyggnationer. Staden hänvisar till en studie som visar att en energieffektiv byggnads klimatpåverkan blir lika hög vid byggskedet som under sin brukstid. Utöver energibesparingar utvecklar Stockholms Stad tillsammans med IVL och KTH ett verktyg för redovisning av byggprocessens klimatpåverkan (Stockholms Stad 2020). Med verktyget kommer användandet och medvetenheten av olika materials klimatpåverkan att öka, vilket är en viktig nyckel för att förändring ska kunna ske. När medvetenheten ökar och stadens krav samtidigt stiger kommer det således att ställas krav på att byggprojekten har en viss standard vad gäller klimatpåverkan både vad för energi och material.

Göteborgs Stad har som mål att minska sina utsläpp i staden med 10,3% per år för att så snabbt som möjligt nå ett utsläpp nära noll. Det är i linje med Parisavtalet (Göteborgs Stad 2023). Detta speglades i de tidigare nämnda projekten hamnbanan och Citygate.

Utöver kommuners klimatplaner ställer likaså Trafikverket krav på sina projekt. De är inte ute efter att bestämma hur något ska göras utan uppger bara vad de vill uppnå. Utöver dessa specifika krav initierar de även ytterligare åtgärder i form av ett bonussystem (Trafikverket 2023a). Återigen tas exemplet med Hamnbanan i Göteborg, där entreprenören både optimerade konstruktionen och valde ett material med lägre klimatpåverkan. (Skanska 2023a) Där anledningen till de minskade koldioxidutsläppen med stor sannolikhet initierades av beställaren – Trafikverket.

Trafikverkets har skapat en klimatkalkyl som just nu är riktad mot infrastrukturens klimatpåverkan och energianvändande. Verktyget tar i hänsyn utsläppen både under byggskedet och bruksskedet som inkluderar både drift och trafikutsläpp (Trafikverket 2023b). Det ger en helhetsbedömning av den klimatpåverkan befintlig eller framtida byggnader eller vägar kan ha. Man ser på så sätt svart på vitt om det är en belastning som man har råd med eller om åtgärder behöver vidtas för att rymmas inom de globala utsläppen. Att en så pass stor beställare redan idag använder sig av ett verktyg visar både att det är möjligt att göra klimatberäkningar på projekt men också att det redan har börjat. Troligtvis kommer det att bli allt vanligare att projekt kommer behöva deklarerat sin miljöpåverkan och det kommer att spegla sig i enskilda produkter som behöver göra miljövarudeklarationer. Det blir som en kedjeeffekt.

# Kapitel 4 – Referensobjekt

*I detta kapitel beskrivs analysens referensobjekt. Information om relevanta element samt deras klimatpåverkan och pris kommer att presenteras.*

## 4.1 Val av objekt

Referensobjektet som kommer vara grunden till jämförelsen är en lastbärande ram till en färjeramp. Anledningen till att just detta objekt valdes var att det är en relativt vanlig typ av konstruktion för dess användningsområde och Skanskas avdelning för maskinteknik har konstruerat flera liknande projekt. Den här typen av konstruktion utsätts för stora laster och är ofta placerade i tuffa havsmiljöer där väder och salt kan slita på materialet. Stål är i princip det enda material som kan motstå detta samtidigt som konstruktionen ska vara slank. Därför passar objektet för kommande analys. Det är således intressant att få information på hur mycket utsläpp och pris kan skilja sig åt om ramen byggs i fossilfritt stål i stället för traditionellt stål.

### 4.1.1 Alternativa material

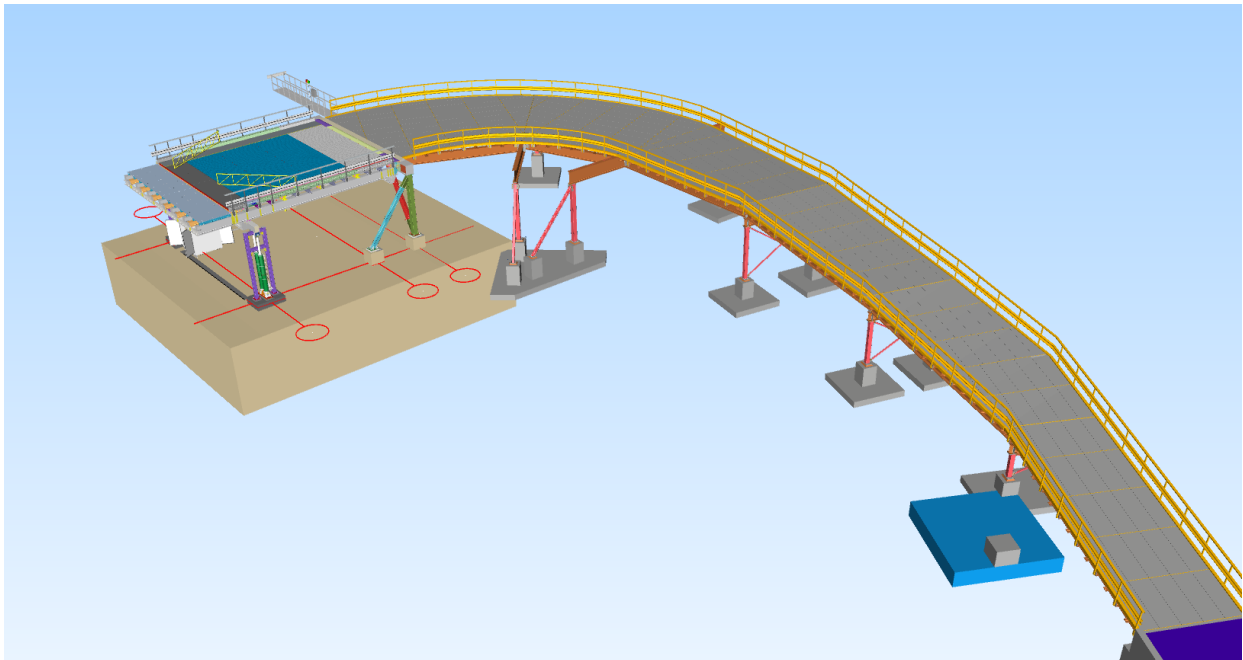
På grund av de höga lasterna som rampen utsätts för byggs den i stål, som är ett tåligt material ut flera perspektiv. Det kan ta både tryckande och dragande laster med i princip samma kapacitet och elementen tillåts vara slanka i förhållande till sin egenvikt och lasternas storlek. Det är också ett beständigt material som kan stå emot tuffa väderförhållanden, genom att exempelvis låta det korrosionsmålas.

Om samma ramp gjorts i trä hade dimensionerna blivit större och materialet hade behövt skyddas mot fukt för att kunna behålla sin lastbärande kapacitet. Det hade också krävt en annan typ av underhåll som är mer omfattande jämfört med stål. Trä är även känsligare med hur lasterna tas upp av materialet och lasternas riktning spelar roll för materialets kapacitet. Anslutningar kan inte placeras hur som helst på grund av fiberriktning då det finns risk för brott i trämaterial. Det kan därför behövas mer plats för anslutningarna. Av den enkla anledningen att det inte är hållbart i praktiken, kommer inte trä att vara ett material som kommer att användas i analysen.

Ett annat material som däremot är ett bra alternativ är rostfritt stål. Det som skiljer vanligt konstruktionsstål från ett rostfritt stål är att det sistnämnda är ett legerat stål av minst 12% krom (Cr). Tack vare kromet bildas det vid reaktion med syre ett tunt lager kromoxid som skyddar stålet mot att korrodera. Det innebär även att ett nytt skyddande lager av kromoxid bildas om stålprofilen skadas och det yttre lagret stöts bort. På så vis är stålet alltid skyddat och kräver ett väldigt begränsat underhåll under sin brukstid (Stålbyggnadsinstitutet 2020). Trots att det är ett bra alternativ till traditionellt stål, då underhållet av materialet inte kommer att bidra till en betydande miljöbelastning, har rostfritt stål en större klimatpåverkan vid tillverkning av materialet. Modul A1-A3 visades i miljövarudeklarationer från ståltillverkarna Outokumpu och Stena stål vara 2,74 kgCO<sub>2</sub>e/kg (Outokumpu 2019) respektive 2,91 kgCO<sub>2</sub>e/kg (Stena stål 2021), vilket är högre än det traditionella konstruktionsstålet. Växthusutsläppen för traditionellt stål presenteras senare i *Tabell 4.2* och *4.3*.

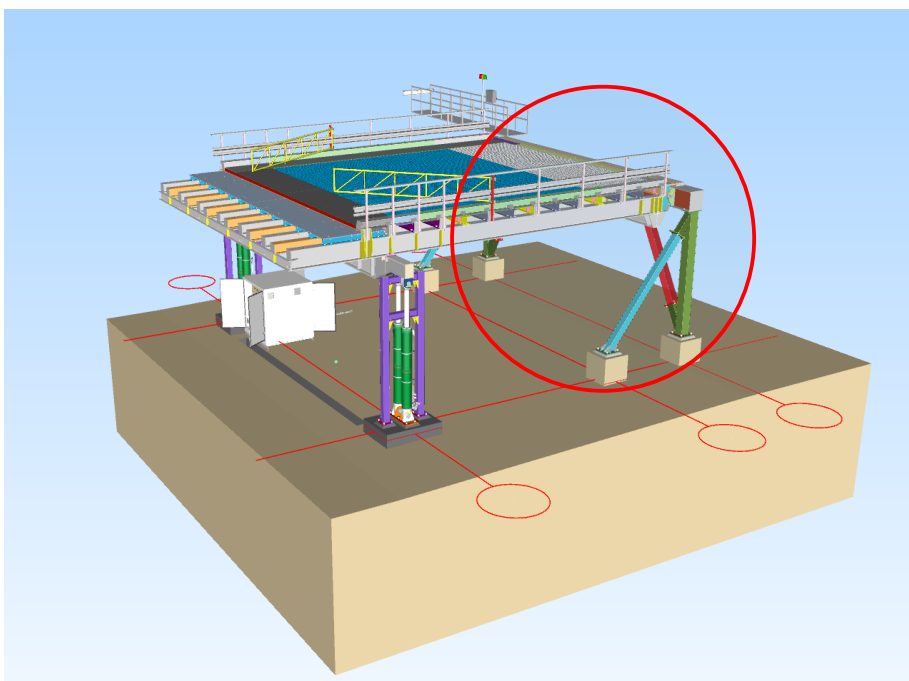
## 4.2 Objektsbeskrivning

Färjerampen används för att bilar enkelt ska kunna köra på och av färjan. För att den ska fungera väl behöver den kunna anpassa sig efter den intilliggande färjans höjd och det varierande vattenståndet. Detta görs med hjälp av hydraulcylindrar som reglerar den anslutande rampkantens höjd. I *Figur 4.1* visas rampen i sin helhet tillsammans med påfarten. Färjan ansluter sedan till vänster på rampen i *Figur 4.1*.



Figur 4.1. Färjeramp med påfart.

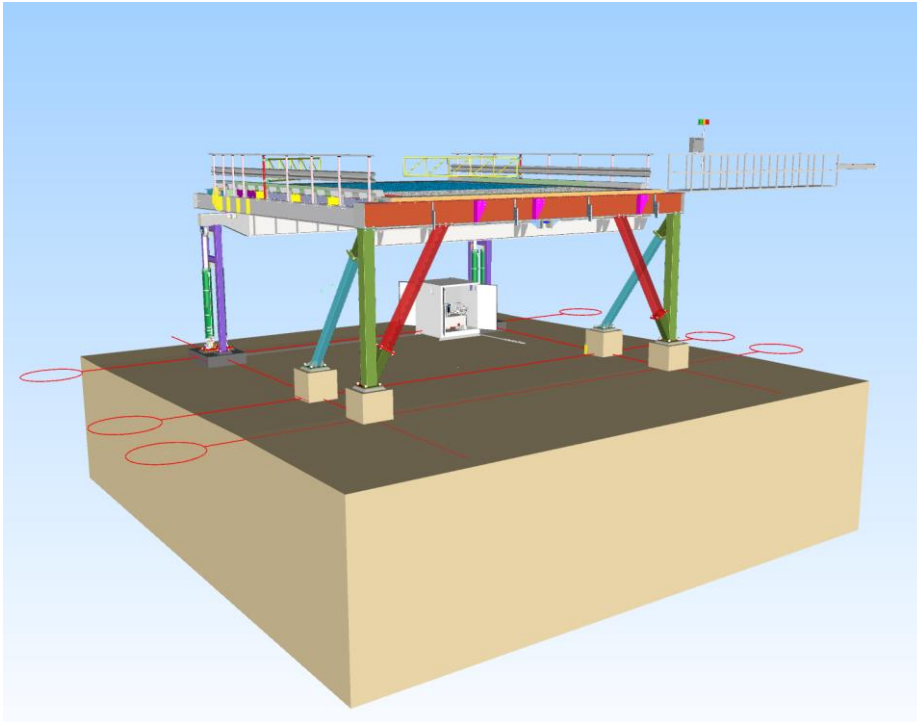
Figur 4.2 visar den del av konstruktionen som ansluter till färjan och kan röra sig. Referensobjektet analysen utförs på markeras med en ring i Figur 4.2



Figur 4.2. Rörlig ramp.

Roteras rampen i Figur 4.2 visas ramen som analysen kommer utföras på. Den valda delen visas i dess position i Figur 4.3 och fristående i Figur 4.4 och 4.5. Det är alltså inte den del av rampen

där hydraulcylindrarna sitter som ska analyseras. På denna sida finns det även leder som tillåter rotation och på så vis gör rampen rörlig. De roterande lederna visas i *Figur 4.6*.



*Figur 4.3. Rörlig ramp med vy på analysens referensobjekt.*

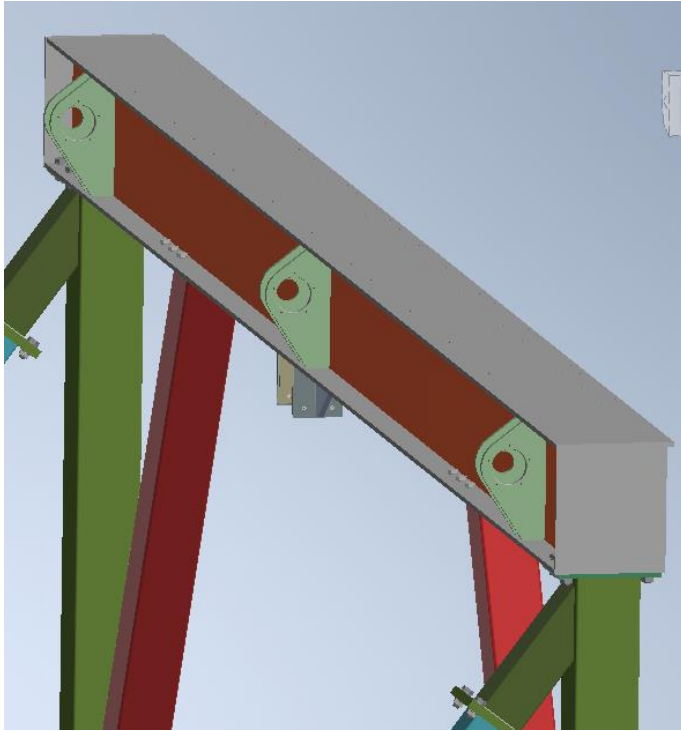


*Figur 4.4. Analysens referensobjekt.*



*Figur 4.56. Analysens referensobjekt.*





*Figur 4.7. Rotationsleder.*

Referensobjekt består till största del av VKR-rör som agerar pelare och stag och en balk bestående av sammansatta plåtar. Det finns också mindre plåtar placerade på balkens sida och visas i *Figur 4.5* och förstorat i *Figur 4.6*. Dessa plåtar för över laster från rampens brobana och tillåter den att rotera vid reglering av höjden. De element som kommer analyseras visas i *Tabell 4.1* nedan. Då klimatpåverkan och priset skiljer sig mellan typer av stålelement kommer dessa att hållas separerade.

Tabell 4.1. Material i referensobjekt

Beskrivning	Typ av stålelement	Antal	m [kg/st]	m [kg]
INFÄSTNINGSPÅT NEDRE	PLÅT	4	42,39	169,56
VKR300x300x10	VKR	2	362,75	725,5
INFÄSTNINGSPÅT ÖVRE	PLÅT	2	48,24	96,48
FOTPLÅT	PLÅT	4	113,22	452,88
SKJUVBALK100x100x10	VKR	4	8,094	32,376
ÖVRE SKARVPLÅT	PLÅT	4	37,2	148,8
VKR250x250x10	VKR	2	344,86	689,72
FJÄDER	PLÅT	4	1,19	4,76
FJÄDER	PLÅT	8	1,73	13,84
FJÄDER	PLÅT	4	1,31	5,24
SHIMSPLÅT	PLÅT	2	2,84	5,68
VKR300x300x10	VKR	2	66,21	132,42
VKR250x250x10	VKR	2	47,48	94,96
VKR350x350x10	VKR	2	476,092	952,184
ÖVRE SKARVPLÅT PELARE	PLÅT	2	43,18	86,36
ÖRA 1	PLÅT	3	36,34	109,02
ANSLUTNINGSPÅT	PLÅT	4	56,45	225,8
FLÄNS 1	PLÅT	1	1596,67	1596,67
FLÄNS 2	PLÅT	1	1496,87	1496,87
LIVPLÅT	PLÅT	2	648,65	1297,3
PLÅT	PLÅT	7	7,16	50,12
LOCKPLÅT	PLÅT	2	49,58	99,16
ÖRA 2	PLÅT	3	32,2	96,6
STÖDPLÅT	PLÅT	2	17,96	35,92
ANLIGGNINGSPLÅT	PLÅT	2	9,49	18,98
			<b>Summa:</b>	<b>8 637,20</b>

## 4.3 Emissionsvärden

Referensobjektets olika profilers presenterades i *Tabell 4.1*. och där visades att konstruktionen till största del består av plåtar och VKR-rör. Som tidigare nämnt är det enbart de större elementen som kommer att analyseras i denna studie. Skruvar och muttrar som även är essentiella för konstruktionen kommer inte räknas med.

### 4.3.1 Traditionellt stål

Elementens klimatpåverkan har samlats från tre tillverkares miljövarudeklarationer och sammanställts i *Tabell 4.2* för valsade plåtar och *Tabell 4.3* för de ihåliga VKR-rören. Medelvärdena ur tabellerna har använts i analysen. För att få den mest verklighetstroga bild bör värdena vara viktade efter tillverkad mängd mellan tillverkarna. Men i detta fall är det inte det som är intressant. Sammanställningen görs mer som en verifikation att emissionsvärdena är rimliga. Stadie A1-A3 är presenterade tillsammans i tabellerna då minst en av tillverkarna inte redovisade stadierna separat i sina miljövarudeklarationer.

*Tabell 4.2: Koldioxidekvivalenter för valsade plåtar.*

<b>Tillverkare</b>	<b>A1-A3 [kgCO<sub>2</sub>/kg]</b>	<b>A4 [kgCO<sub>2</sub>/kg]</b>	<b>A1-A4 [kgCO<sub>2</sub>/kg]</b>
BE Group	2,23	0,07	2,30
Stena	2,23	0,0322	2,26
SSAB	2,71	-	2,71
Medelvärde	2,39	0,052	2,42

*Tabell 4.3: Koldioxidekvivalenter för varmvalsade VKR-rör.*

<b>Tillverkare</b>	<b>A1-A3 [kgCO<sub>2</sub>/kg]</b>	<b>A4 [kgCO<sub>2</sub>/kg]</b>	<b>A1-A4 [kgCO<sub>2</sub>/kg]</b>
BE Group	2,79	0,0696	2,86
Stena	2,58	0,033	2,61
SSAB	2,35	0,0637	2,41
Medelvärde	2,57	0,055	2,62

Tabellerna visar att utsläppen skiljer sig lite mellan tillverkarna och här kommer medelvärdet att användas för dessa element också.

### 4.3.2 Fossilfritt stål

Värden hos det fossilfria elementens klimatpåverkan hämtades från en kontakt på SSAB och en kontakt från H2 Green steel. Dessa redovisas i *Tabell 4.4* och *4.5* för de olika elementen. SSAB sade att de i sin egen produktion av stålet får bort alla växthusutsläpp. Att det fortfarande finns utsläpp beror på faktorer uppströms, det vill säga de processer som sker innan järnsvampen når stålverket. Det arbetas med att reducera även dessa emissioner helt. H2 Green steel uppgav att emissionsvärden sänks med runt 95% jämfört med det traditionella stålet. För att få värden att jämföra med har därför medelvärdena från *Tabell 4.2* och *4.3* reducerats med den angivna procentsatsen för H2 Green steels emissionsvärden. För SSAB:s emissionsvärden anges det givna värdet från kontakten.

*Tabell 4.4. Koldioxidkvivalenter för valsade plåtar i fossilfritt stål.*

Tillverkare	A1-A3 [kgCO <sub>2</sub> /kg]	A4 [kgCO <sub>2</sub> /kg]	A1-A4 [kgCO <sub>2</sub> /kg]
SSAB	0,3	0	0,3
H2 Green steel	0,12	0,0025	0,12
Medelvärde	0,21	0,0012	0,21

*Tabell 4.5. Koldioxidkvivalenter för VKR-rör i fossilfritt stål.*

Tillverkare	A1-A3 [kgCO <sub>2</sub> /kg]	A4 [kgCO <sub>2</sub> /kg]	A1-A4 [kgCO <sub>2</sub> /kg]
SSAB	0,3	0	0,3
H2 Green steel	0,13	0,0028	0,13
Medelvärde	0,21	0,0013	0,22

Även för det fossilfria stålet skiljer sig koldioxidutsläppen mellan tillverkarna och även här kommer medelvärdet att användas för att få en rättvis bild.

## 4.4 Pris

De priser som kommer att vara till underlag för analysen är hämtade från en ståltillverkare som listat sina priser. Där visades att VKR-rören hade ett snittpris på 40,8 kr/kg och plåt med samma tjocklek som referensobjektet hade ett pris på 33 kr/kg (Stena stål 2023).

Kostnaden för det fossilfria stålet har beräknats till medelvärdet av två ståltillverkares prisprognoser som båda är i relation till det traditionella stålet. Intervallen för påslaget i jämförelse uppskattas vara 20 – 30 % (Anderson 2023) respektive 20–25 % (H2 Green Steel 2023). I analysen kommer det högsta värdet i de båda intervallen tagits, då det ger den största prisskillnaden i jämförelsen. Ökningen kommer därför att antas till 27,5% i analysen.

# Kapitel 5 – Resultat av analys

*I detta kapitel kommer resultatet av analysen att presenteras. Resultatet kommer både visas i detalj för alla ingående komponenter för de respektive stålen samt sammanställt för hela referensobjektet.*

## 5.1 Klimatpåverkan

Ramens klimatpåverkan med det traditionella stålet presenteras i *Tabell 5.1*. Ramens klimatpåverkan med det fossilfria stålet presenteras i *Tabell 5.2*. De båda tabellerna redovisar samtliga undersökta elements klimatpåverkan. Varje elements påverkan på växthuseffekten är hämtad från *Tabell 4.2* och *4.3* för traditionellt stål och *Tabell 4.4* och *4.5* för det fossilfria stålet. Referensobjektets totala klimatpåverkan visas i cellen längst ner till höger i de både *Tabell 5.1* och *5.2*.

Tabell 5.1. Sammanställning klimatutsläpp referensobjekt i traditionellt stål.

Traditionellt stål			
Element	m [kg]	CO2e/kg	Total CO2e
INFÄSTNINGSPLÅT NEDRE	169,56	2,44	413,96
VKR300x300x10	725,5	2,63	1907,30
INFÄSTNINGSPLÅT ÖVRE	96,48	2,44	235,54
FOTPLÅT	452,88	2,44	1105,64
SKJUVBALK100x100x10	32,376	2,63	85,11
ÖVRE SKARVPLÅT	148,8	2,44	363,27
VKR250x250x10	689,72	2,63	1813,23
FJÄDER	4,76	2,44	11,62
FJÄDER	13,84	2,44	33,79
FJÄDER	5,24	2,44	12,79
SHIMSPLÅT	5,68	2,44	13,87
VKR300x300x10	132,42	2,63	348,12
VKR250x250x10	94,96	2,63	249,64
VKR350x350x10	952,184	2,63	2503,24
ÖVRE SKARVPLÅT PELARE	86,36	2,44	210,84
ÖRA 1	109,02	2,44	266,16
ANSLUTNINGSPÅT	225,8	2,44	551,26
FLÄNS 1	1596,67	2,44	3898,04
FLÄNS 2	1496,87	2,44	3654,39
LIVPLÅT	1297,3	2,44	3167,17
PLÅT	50,12	2,44	122,36
LOCKPLÅT	99,16	2,44	242,08
ÖRA 2	96,6	2,44	235,83
STÖDPLÅT	35,92	2,44	87,69
ANLIGGNINGSPLÅT	18,98	2,44	46,34
			<b>21 579,29</b>

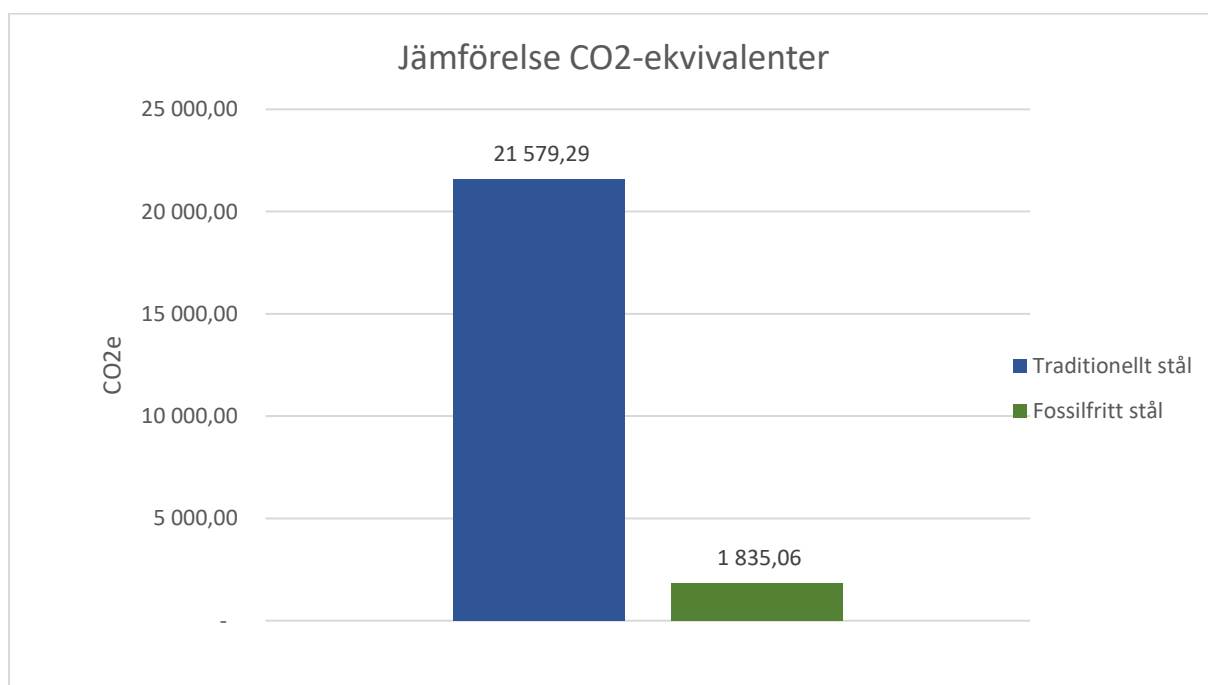
Tabell 5.2. Sammanställning klimatutsläpp referensobjekt i fossilfritt stål.

Fossilfritt stål			
Element	m [kg]	CO2e/kg	Total CO2e
INFÄSTNINGSPLÅT NEDRE	169,56	0,21	35,78
VKR300x300x10	725,50	0,22	156,51
INFÄSTNINGSPLÅT ÖVRE	96,48	0,21	20,36
FOTPLÅT	452,88	0,21	95,57
SKJUVBALK100x100x10	32,38	0,22	6,98
ÖVRE SKARVPLÅT	148,80	0,21	31,40
VKR250x250x10	689,72	0,22	148,79
FJÄDER	4,76	0,21	1,00
FJÄDER	13,84	0,21	2,92
FJÄDER	5,24	0,21	1,11
SHIMSPLÅT	5,68	0,21	1,20
VKR300x300x10	132,42	0,22	28,57
VKR250x250x10	94,96	0,22	20,49
VKR350x350x10	952,18	0,22	205,41
ÖVRE SKARVPLÅT PELARE	86,36	0,21	18,22
ÖRA 1	109,02	0,21	23,01
ANSLUTNINGSPLÅT	225,80	0,21	47,65
FLÄNS 1	1596,67	0,21	336,95
FLÄNS 2	1496,87	0,21	315,89
LIVPLÅT	1297,30	0,21	273,77
PLÅT	50,12	0,21	10,58
LOCKPLÅT	99,16	0,21	20,93
ÖRA 2	96,60	0,21	20,39
STÖDPLÅT	35,92	0,21	7,58
ANLIGGNINGSPLÅT	18,98	0,21	4,01
			<b>1 835,06</b>



Resultatet från livscykelanalysen för referensobjektet visa rätt det traditionella stålet som producerats med hjälp av kol, släpper ut motsvarande cirka 21 ton koldioxidekvivalenter. Om objektet i stället tillverkats i fossilfritt stål hade utsläppen begränsats till cirka 1,8 ton koldioxidekvivalenter.

Tabellerna ovan förtydligas och visar i *Figur 5.1*. Där visas att det fossilfria stålets klimatpåverkan är mindre än en tiondel av det traditionella stålets. Närmare bestämt 8,5%.



*Figur 5.1. Sammanställning koldioxidekvivalenter för traditionellt respektive fossilfritt stål.*

## 5.2 Kostnadsanalys

Investeringskostnaden för ramen i traditionellt stål presenteras i *Tabell 5.3* och i *Tabell 5.4* för det fossilfria stålet. Likt analysen för klimatpåverkan redovisas först kostnaden för de enskilda elementen. Därefter redovisas sammanställningen för referensobjektets totala investeringskostnad i den nedre högra rutan för de båda alternativen.

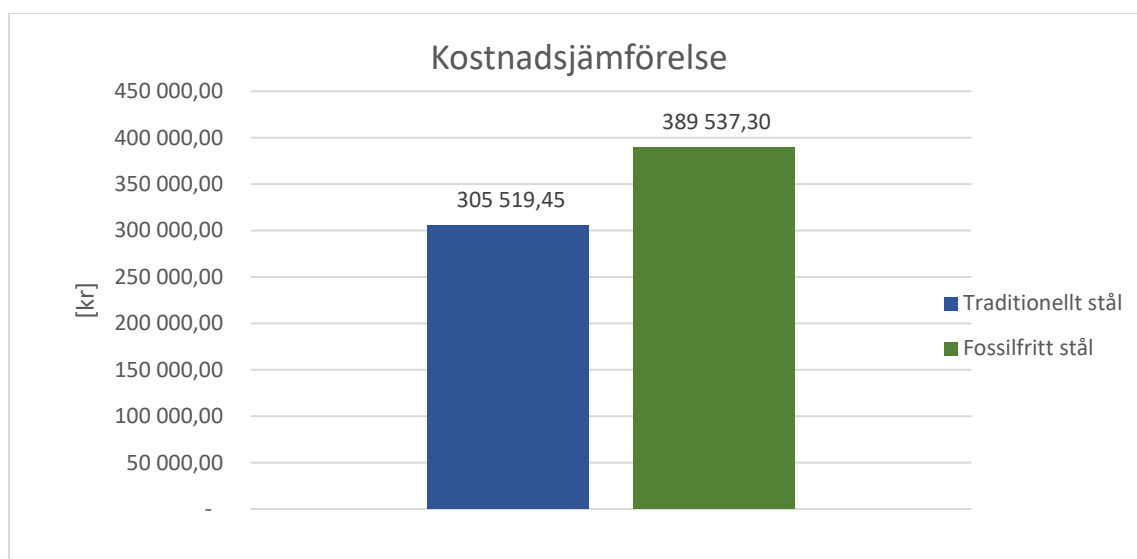
Tabell 5.3. Sammanställning investeringskostnad för referensobjekt i traditionellt stål.

Traditionellt stål			
Element	m (kg/st)	Kostnad [kr/kg]	Total kostnad [kr]
INFÄSTNINGSPLÅT NEDRE	169,56	33	5595,48
VKR300x300x10	725,5	40,8	29600,40
INFÄSTNINGSPLÅT ÖVRE	96,48	33	3183,84
FOTPLÅT	452,88	33	14945,04
SKJUVBALK100x100x10	32,376	40,8	1320,94
ÖVRE SKARVPLÅT	148,8	33	4910,40
VKR250x250x10	689,72	40,8	28140,58
FJÄDER	4,76	33	157,08
FJÄDER	13,84	33	456,72
FJÄDER	5,24	33	172,92
SHIMSPLÅT	5,68	33	187,44
VKR300x300x10	132,42	40,8	5402,74
VKR250x250x10	94,96	40,8	3874,37
VKR350x350x10	952,184	40,8	38849,11
ÖVRE SKARVPLÅT PELARE	86,36	33	2849,88
ÖRA 1	109,02	33	3597,66
ANSLUTNINGSPÅT	225,8	33	7451,40
FLÄNS 1	1596,67	33	52690,11
FLÄNS 2	1496,87	33	49396,71
LIVPLÅT	1297,3	33	42810,90
PLÅT	50,12	33	1653,96
LOCKPLÅT	99,16	33	3272,28
ÖRA 2	96,6	33	3187,80
STÖDPLÅT	35,92	33	1185,36
ANLIGGNINGSPLÅT	18,98	33	626,34
			<b>305 519,45</b>

Tabell 5.4. Sammanställning av investeringskostnad för referensobjekt i fossilfritt stål.

Fossilfritt stål			
Element	m [kr]	Kostnad [kr/kg]	Total kostnad [kr]
INFÄSTNINGSPLÅT NEDRE	169,56	42,08	7 134,24
VKR300x300x10	725,50	52,02	37 740,51
INFÄSTNINGSPLÅT ÖVRE	96,48	42,08	4 059,40
FOTPLÅT	452,88	42,08	19 054,93
SKJUVBALK100x100x10	32,38	52,02	1 684,20
ÖVRE SKARVPLÅT	148,80	42,08	6 260,76
VKR250x250x10	689,72	52,02	35 879,23
FJÄDER	4,76	42,08	200,28
FJÄDER	13,84	42,08	582,32
FJÄDER	5,24	42,08	220,47
SHIMSPLÅT	5,68	42,08	238,99
VKR300x300x10	132,42	52,02	6 888,49
VKR250x250x10	94,96	52,02	4 939,82
VKR350x350x10	952,18	52,02	49 532,61
ÖVRE SKARVPLÅT PELARE	86,36	42,08	3 633,60
ÖRA 1	109,02	42,08	4 587,02
ANSLUTNINGSPÅT	225,80	42,08	9 500,54
FLÄNS 1	1596,67	42,08	67 179,89
FLÄNS 2	1496,87	42,08	62 980,81
LIVPLÅT	1297,30	42,08	54 583,90
PLÅT	50,12	42,08	2 108,80
LOCKPLÅT	99,16	42,08	4 172,16
ÖRA 2	96,60	42,08	4 064,45
STÖDPLÅT	35,92	42,08	1 511,33
ANLIGGNINGSPLÅT	18,98	42,08	798,58
			<b>389 537,30</b>

Utfallet av materialkostnadsanalysen visade att differensen mellan de två stålen var cirka 84 000 kr. Här visas att investeringskostnaden för det fossilfria stålet blev 27,5% dyrare än om det gjorts i traditionellt stål. Resultatet i tabellerna förtydligas i *Figur 5.2*.



*Figur 5.2. Sammanställning investeringskostnad för traditionellt respektive fossilfritt stål.*

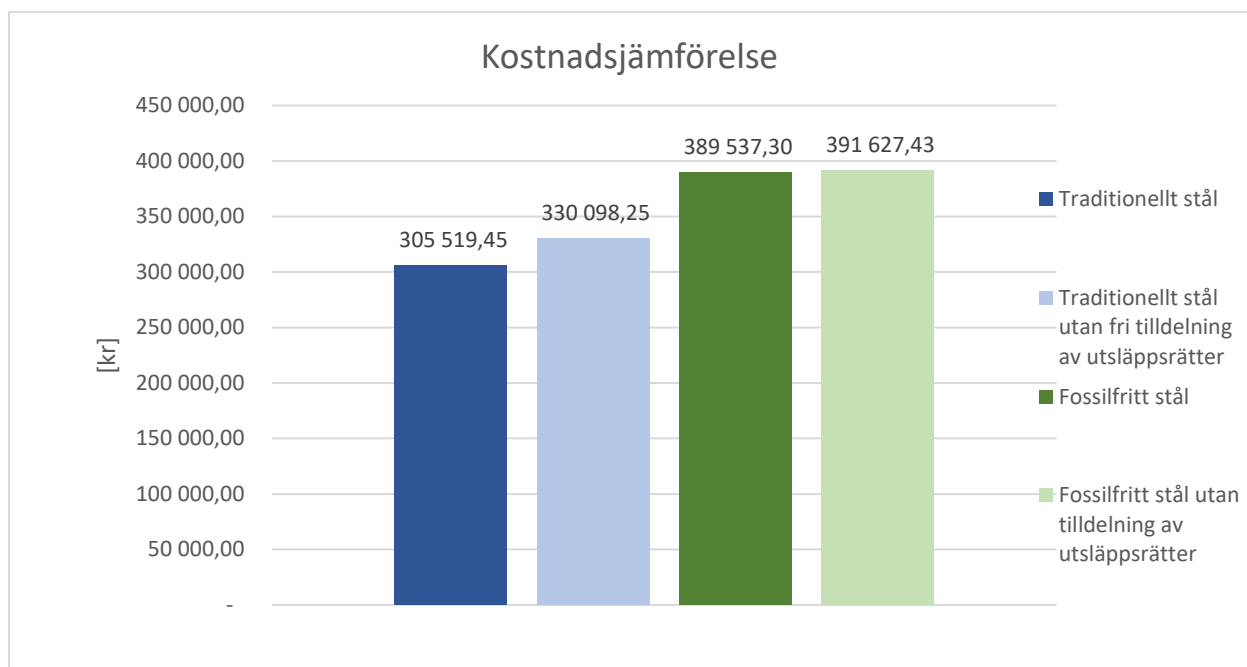
### 5.3 Kommentarer av resultat

Om ramen hade byggts med det traditionella konstruktionsstålet hade dess klimatpåverkan motsvarat cirka 21,6 ton koldioxidekvivalenter. Hade materialet däremot helt och hållet bytts ut mot fossilfritt stål hade klimatpåverkan motsvarat cirka 1,8 ton koldioxidekvivalenter. Det är en minskning i växthusgasutsläpp på 91,5%.

Vad gäller priset ger bytet av material ett högre pris. Det är väntat då det fossilfria stålet till en början kommer att vara en premiumprodukt. Prisökningen för materialet visades bli 27,5%, vilket också var förväntat på grund av de prisuppgifter ståltillverkarna angivit.

Om analysens resultat skulle motsvara hela Sveriges stålanvändning betyder det att stålindustrins utsläpp av skadliga växthusgaser år 2021 hade kunnat reduceras från 5,78 miljoner ton CO<sub>2</sub>e till 0,49 miljoner ton CO<sub>2</sub>e.

Utsläppsrätterna tilldelas idag gratis till den svenska stålindustrin. Utbudet av utsläppsrätter kommer med tiden att minska på grund av att de globala utsläppen måste bli lägre. Däremot kommer efterfrågan på stål med stor sannolikhet inte minska med tanke på samhällets utveckling. Det innebär med andra ord att tillgängligheten på utsläppsrätter kommer att minska och priset trissas upp. Priset på en utsläppsrätt pendlar, men passerade för en liten stund i februari 2023 100 euro per ton CO<sub>2</sub>e. I april 2023 motsvarade euron cirka 11,4 SEK (Europeiska centralbanken 2023), vilket medför att priset på en utsläppsrätt kan antas till 1140 kr. Om utsläppsrätternas pris rent av skulle adderas på det traditionella stålets materialkostnad skulle referensobjektets materialkostnad år 2023 öka cirka 24 600 kr. Det medför att prisskillnaden mellan traditionellt konstruktionsstål och den fossilfria motsvarigheten kommer att reduceras från 27,5 % till 18,6 %. *Figur 5.3* visar kostnadsjämförelsen för de fyra olika fallen av materialkostnader.



Figur 5.37. Kostnadsjämförelse fossilfritt stål och traditionellt stål med och utan priset för utsläppsrätter.

För att referensobjektets pris i traditionellt stål ska komma upp till nivå med det fossilfria stålet krävs det dock att utsläppsrätternas pris trissas upp till cirka 4125 kr per styck. Det är ett pris som är nästan 4 gånger högre än 2023 års prisnivå och därför kan anses tämligen osannolikt inom en snar framtid. Man får heller inte glömma att fossilfritt stål produceras med hjälp av fossilfri el. Elpriserna varierar över tid och har på senare tid ökat drastiskt. Det kan därför krävas ytterligare höjningar av priset på utsläppsrätter för att det traditionella stålet ska ha en chans att bli dyrare än det fossilfria alternativet.

# Kapitel 6 Betongindustrin

*Betongindustrin ligger steget före stålindustrin vad gäller att minimera materialets klimatpåverkan. Betong är liksom stål svårt att ersätta med andra material just på grund av dess egenskaper vad gäller hållfasthet och beständighet. Materialen har dessvärre också den gemensamma nämnaren att de har ett stort klimatavtryck. Att betongbranschen ligger steget före kan ge stålindustrin viktiga lärdomar för vad som krävs för att mer miljövänliga, och förmodligen dyrare, material framgångsrikt ska slå sig fram på marknaden. I kommande kapitel kommer det kort förklaras vad grön betong är för att sedan försöka utvärdera vilka nycklar stålindustrin kan ta med sig för att det fossilfria stålet snabbt ska dominera stålmarknaden.*

## 6.1 Materialets sammansättning

Grön betong är ett material med en lägre klimatpåverkan jämfört med den traditionella betongen. Hur mycket lägre klimatpåverkan är beror på betongtypen (Skanska 2023c). Materialet har många olika användningsområden som kräver olika egenskaper och kvalitet hos betongen. Därför finns det många olika recept på betong. Betong som används till en grundplatta kräver en viss hållfasthetsklass. En platta utsätts för mycket tryckande krafter och moment från den anslutna konstruktionen. Det krävs också att betongen kan härda i det något oförutsägbara vädret, samt ha en viss beständighet mot klimatet under byggnadens livstid. Beroende på gjutningens geografiska placering kan salter och korrosion av armering vara potentiella problem som betongreceptet behöver ta i beaktning för att skydda konstruktionen. En betong som ska användas i en innervägg kräver andra egenskaper hos materialet som ofta inte är lika krävande. Det kan exempelvis vara att den inte får torka för fort då det finns risk för sprickbildning i det varmare inomhusklimatet. Ofta har denna typ av betong inte lika höga krav som betongen för en grundplatta, och kan därför ha en lägre klimatpåverkan (Skanska 2023c).

Skillnaden mellan den traditionella betongen och den gröna betongen mängden cement. I den traditionella betongen är bindemedlet som håller ihop ballasten enbart cement. Cement är en stor bov till koldioxidutsläpp. Själva utsläppen sker då kalciumkarbonatet ( $\text{CaCO}_2$ ) i den malda kalkstenen vid förbränning delas upp i kalciumoxid ( $\text{CaO}$ ) och koldioxid ( $\text{CO}_2$ ). Det är kalciumoxiden som senare används som cement (Heidelberg materials 2023).

I den så kallade gröna betongen har delar av cementet bytts ut mot andra material. Den typ av material som hittills använts är bland annat slaggb från masugnar (Skanska 2023c). Slaggb är en restprodukt. Det är därför fördelaktigt att använda det i så stor utsträckning som möjligt, innan resurser används för att skapa nya material för att fylla denna egenskap.

### 6.1.1 Egenskaper

Den gröna betongen sägs, likt det fossilfria stålet, ha samma egenskaper som den traditionella produkten. Detta är fördelaktigt eftersom det i båda fallen är material som är svåra att ersätta och dess egenskaper är vitala för att kunna uppföra de byggnader som dagens samhälle kräver. Den gröna betongens egenskaper kan likt det fossilfria stålet sammanfattas till identiska med ursprungsprodukten och att den enda skillnaden är det lägre klimatavtrycket. All cement har hittills inte bytts ut i betongen. Det beror på att man inte kan tumma på hållfasthetsklassen och därför bidrar materialet fortfarande till växthuseffekten. Reduktionen i klimatavtryck varierar mellan betongtyperna men kan som ett riktvärde anges som upp till 50% (Skanska 2023c).

### 6.1.2 Jämförelsepris med klassisk betong

Likt priset på stål varierar även betongpriset. Enligt uppgifter från Skanska är påslaget för den gröna betongen ca 5 – 10 % mer i jämförelse med den klassiska betongen (Hedman 2023). Anledningen till att påslaget inte är högre beror på det material som delvis ersätter cementet är restprodukter från andra industriprocesser. På så vis kan priset på betongen hållas nere.

När utsläppsrätterna på sikt kommer att kosta kommer det naturligt ske en ökning på betongpriset (Hedman 2023), liksom för stål. Den traditionella betongen, som har en större klimatpåverkan, kommer på så sätt få ett större påslag än den fossilfira. På grund av att prisskillnaden i nuläget är marginell är det inte en helt främmande tanke att den gröna betongen på sikt till och med kan komma att bli billigare än den traditionella.



## 6.2 Materialets utmaningar

Att cementet byts ut i en så pass stor utsträckning medför vissa utmaningar. De gröna betongrecepten måste liksom den traditionella betongen kunna anpassa sig efter de förutsättningar som användningen kräver. Cementet har ersatts till viss del men för att det helt ska kunna uteslutas krävs mer forskning. Vad cementet ska ersättas helt med är fortfarande en olöst gåta, men det testas hela tiden nya recept (Skanska 2023c).

Liksom stålet är det inte enbart själva materialet som ger upphov till klimatskadliga emissioner, processer runt om har också en påverkan. För att helt kunna uppnå klimatneutralitet krävs det bland annat insatser som fångar och lagrar den koldioxid som mot förmodan släpps ut på ett säkert sätt (Hedman 2023).

## 6.3 Utbredning på marknaden

När Skanska lanserade sin gröna betong 2019 stod den för ca 3% av deras totala betongproduktion. Följande år steg andelen till knapp 5% för att år 2022 vara uppe i hela 15%. Det är en snabb utveckling och målet är att den klimatförbättrade betongen under 2023 ska stå för en femtedel av produktionen (Hedman 2023).

Att det trots det inte allt för dyra priset ändå har en så pass liten andel av produktionen kan bero på okunskap hos beställare, entreprenörer och konstruktörer. Byggprojekt är kostsamma och man arbetar generellt med kända material som man vet fungerat väl förut. Därför kan det komma mer naturligt att inte gå utanför de kända ramarna. Som konstruktör tar man sällan risker att projektera i nya material om beställaren inte särskilt efterfrågat det. Det bror på att man arbetar på tid och beställaren sällan vill betala för något de inte specifikt vill ha. Därför är det av stor vikt att beställaren efterfrågar klimatsmarta lösningar för att det ska ske en förändring av marknaden (Hedman 2023).

Transparensen medför också krav på att material har miljövarudeklarationer och förhoppningsvis skapas här en trend. En befintlig klimatdeklaration hos en produkt är enkel att

använda vid bedömning och på så sätt ökar medvetenheten om konstruktioners totala påverkan på växthuseffekten.

För att denna omställning ska kunna ske behövs alltså en efterfrågan. Det de flesta beställare inte är medvetna om är att grön betong har fördelar jämfört med den traditionell betong. Förutom de uppenbara vinsterna i utsläpp av växthusgaser är exempelvis uttorkningstiden kortare (Hedman 2023). På grund av det kan produktionstider kortas och kostnader minska. För att skapa efterfrågan arbetas det med att skapa kunskap hos beställare om miljövänligare motsvarigheterna till de klassiska materialen. Skanska har under 2023 arbetat aktivt med att informera både beställare, konstruktörer och entreprenörer om vikten av den gröna omställningen. De har även informerat om materialets fördelar och kanske har denna kampanj varit orsaken till att den gröna betongen tar större plats på betongmarknaden (Hedman 2023).

## Kapitel 7. Diskussion

*För att kunna göra en bedömning om det kommer att vara ekonomiskt försvarbart i relation till materialets klimatpåverkan att projektera en konstruktion i fossilfritt stål behövs ett resonemang kring analysens resultat. I detta kapitel kommer utfallet att diskuteras och jag kommer att lyfta de faktorer jag tror har en stor påverkan på hur marknadens framtid kan se ut.*

### 7.1 Politiska regleringars påverkan

De politiska regleringar som hanterats i studien har i slutändan samma mål – minskade klimatutsläpp för att främja det globala klimatet och säkra välmående nu och i framtiden.

För EU:s medlemsländer är både EU ETS, den gröna given och EU:s taxonomi beslut som är obligatoriska att rätta sig efter och följa. Dessa tre beslut går in i varandra då taxonomin är en del av den gröna given. Utsläppshandeln har också börjat påverkas av den gröna given genom dess mål att nå 55 % minskning i koldioxidutsläpp jämfört med 1990. Den gröna given använder på så sätt handeln för utsläppsrätter som ett verktyg att nå sina mål. På samma sätt används taxonomin för att konkretisera vad som faktiskt behöver åtgärdas. Gröna given i sig är ganska intetsägande då den egentligen bara sätter upp mål, men lämnar spelrum för tillvägagångssätt.

Agenda 2030 är ett beslut som är frivilligt att följa och målen är konkreta och lätta att förstå. Dess framgång är på så vis lätt att följa upp. Däremot tyckte jag att det var svårare att uppfatta vem som är ansvarig för förbättringen. Målen är frivilliga och det är tydligt att SCB hanterar uppföljningen, men inte vem som står för själva utvecklingen. Regeringen redovisar i en rapport att de lägger stora summor på klimatfrämjande åtgärder och omställningar (Regeringen 2022), däremot tycker jag att det lämnar tomrum gällande ansvar. Intentionerna med målen är mycket goda och ses förhoppningsvis som en självklarhet för många. Däremot tycker jag just nu att ansvar och genomförande av det känns oklart. Jag tror att det hade behövt bli mer konkret, likt handeln med utsläppsrätter där den som släpper ut växthusgaser betalar för det.

Av de nämnda reglerna anser jag att den som har mest påverkan på det fossila stålets utbredning är handeln med utsläppsrätter. Det är den som är konkret och har en plan som är lätt att förstå och till följd av det ökar incitamentet att minska sina koldioxidutsläpp. Målen i den Gröna given och taxonomin uppfylls till viss del med hjälp av utsläppsrättshandeln. Sedan bidrar även de övriga reglerna med vilka fokusområden som är viktiga för helheten. Hur utsläppsrätternas pris kommer att påverkas i framtiden beror på utbud och efterfrågan. Det är känt att antalet utsläppsrätter kommer att minska. Det i sig sätter press på marknadens aktörer att agera för att inte förlora kontrollen på sina kostnader. Värt att nämna är att företag länge haft chans att köpa utsläppsrätter sedan 2008 och spara dem till sämre tider. Ny teknik behöver utvecklas för att minska utsläppen av växthusgaser. Teknik tar tid och sannolikheten är därför stor att priset på utsläppsrätterna hinner stiga högt innan de klimatvänliga alternativen finns i kommersiell skala. En snabb teknikutveckling kan leda till att priset stabiliserar sig. Däremot tror jag att priset kommer ligga på en relativt hög nivå på grund av det begränsade utbudet. Då utbudet på utsläppsrätterna kommer att bli mindre och den fria tilldelningen reduceras kommer de svenska stålpriserna att påverkas. Då ståltillverkarna inte kommer vilja gå med förlust kommer givetvis beställarna behöva stå för den kostnadsökning som avskaffandet av den fria tillgången på utsläppsrätter för med sig. Det fossilfria stålet kommer inte att bidra med några koldioxidutsläpp vid produktion av stål. Det är möjligtvis den uppströms produktionen, det vill säga utvinning av råvaror som kommer stå för de utsläpp som redovisats i avsnitt 5. Med andra ord kommer det fossilfria stålet inte att påverkas särskilt mycket av att den fria tilldelningen av utsläppsrätter avskaffas. Däremot kommer produktionen av traditionell ståltillverkning att påverkas markant. Krasst skulle man kunna anta att utsläppsrätternas pris rent av adderas på materialkostnaden.

Lag 2021:787 ställer krav på att nya byggnader ska klimatdeklareras. Effekten av det kommer med stor sannolikhet bli att fler EPD:er för olika material finns tillgängliga. På så vis kommer det successivt att bli enklare att utföra livscykelanalyser på allt fler typer av konstruktioner. Jag tror att denna bestämmelse kommer ha en ganska stor inverkan på kulturen när det gäller att byggnader och även på de konstruktioner som inte inkluderas av lagen. Det kommer med tiden inte längre gå att hänvisa till att det inte finns miljövarudeklarationer för de material som använts. Det är också professionellt att visa att man är medveten om sina utsläpp för att kunna ta ansvar, trots att man egentligen inte måste.

Då det är byggherren som är skyldig att klimatdeklarera byggnaden är det intressant att veta hur lagen om miljövarudeklarationer kommer påverka anbudsprocesser, även för de byggnader som egentligen ligger utanför lagen. Kommer det ses som fördelaktigt att en konstruktions klimatpåverkan är låg, eller kommer det fortfarande vara priset som är den faktor som väger tyngst? Det är också intressant att se utfallet av lagens effekt på klimatberäkningar. Jag tror att det är viktigt med en ökad medvetenhet av hur stor miljöpåverkan konstruktioner har i kombination med riktvärden för acceptabla utsläpp. Riktvärdena är viktiga för att man ska kunna veta om ett klimatutsläpp är inom rimliga gränser eller om det behövs åtgärder. Men för att kunna erhålla riktvärden krävs insamlade data. Det är också viktigt att det tydligt avgränsas vilka stadier som inkluderas i byggnadens miljövarudeklaration så att det går att jämföra.

## 7.2 Nödvändig utveckling

För att det ska bli förmånligt att producera och inte minst lämna anbud på projekt med lägre klimatpåverkan måste synsättet ändras. Det måste bli lönsamt att välja de mer klimatsmarta alternativen framför det alternativ som är billigast. Men för att denna utveckling ska kunna ske håller jag med respondent Hedman som sa att det måste finnas en efterfrågan på produkten. Annars är sannolikheten stor att utvecklingen tar mycket längre tid för det fossilfria stålet att slå stort på marknaden. Det av anledning att en konstruktör och projektör inte kan riskera att förlora projekt på grund av pris om klimatsmarta alternativ inte specifikt efterfrågats.

I analysen med referensobjektet blev utfallet att klimatpåverkan kunde minskas med 91,5% medan kostnaden ökade med 27,5 %. Att minska koldioxidutsläppen med 91,5% är en stor förbättring och hade omställningen gjorts i stor skala hade det haft en mycket positiv påverkan för det globala klimatet. Däremot är 27,5% en stor kostnadsökning. Det är därför inte självklart att den som beställer projektet i första hand är villig att betala denna ökade kostnad, om det inte kommer att visa sig direkt olönsamt att inte göra det.

Ett sätt att sätta press är via ekonomiska medel och det är det som enligt mig kan tänkas som mest effektivt. Klimatfrågan blir alltmer central och tiden börjar bli knapp för att minska nivåerna till de globala uppvärmningsmålen till 2030. Men sett ut ett företags, eller sin privata ekonomi så väljs klimatvänliga alternativ i den mån ekonomin tillåter. I byggbranschen är

summorna stora och val av material kan ge stora skillnader på projektets helhetskostnad. De flesta vill naturligt inte betala mer än nödvändigt och därför tror jag att det måste löna sig ekonomiskt att välja klimatvänliga material. Ett sätt att få gröna material, som fossilfritt stål, att bli valda är genom att höja priset på de material som ger en stor påverkan på miljöpåverkan. Det finns en reglering för det - handeln med utsläppsrätter. Den behöver dock ge en större påverkan än den gör idag för att det ska bli en märkbar skillnad. Enligt analysen måste en utsläppsrätts pris öka nästan 4 gånger för att det ekonomisk ska bli mer lönsamt att välja det fossilfria stålet. En idé hade varit att det införs en modell där miljövänliga alternativ subventioneras och ger beställaren pengar i handen då materialen väljs. Exempelvis som det varit för miljövänligare bilar.

Ett annat sätt att fasa in miljövänliga material är via efterfrågan. Men för att efterfrågan ska finnas måste det vara lönsamt att beställa det. Det blir med andra ord ett "moment 22" där de två drivande krafterna blockerar varandra. Litteraturstudien kom däremot med glädjande besked att stora beställare som Trafikverket, Göteborgs stad och Stockholms stad börjat ställa krav som är till fördel för klimatet. Stora beställare kan på så vis vara en inspiration för mindre beställare. Jag tror att efterfrågan på sikt kommer att öka på grund av de politiska besluten, och inte minst handeln med utsläppsrätter. De fossila materialens priser kommer till följd av de stigande priserna på utsläppsrätterna att öka. Finns det då fossilfria material att tillgå blir det enklare att välja dessa.

Det är också viktigt att öka medvetenheten om de nya materialen som utvecklas. Jämfört med exempelvis elektronikbranschen är det i byggbranschen mer omfattande att testa nya lösningar. Detta kan bero på att testerna i byggbranschen generellt sätt sker i en större skala och kan behöva testas under en längre tid. Till följd av det kan många människor komma att påverkas. Om testet inte blir lyckat har mycket tid och pengar investerats och i värsta fall människor påverkats negativt. Det medför att det finns ett visst motstånd till att testa nya lösningar som ingen annan testat förut. Det är också en fråga om vem som ska betala för det. Jag tror därför det är viktigt att man ökar medvetenheten och lär sig om de nya materialen, även om beskedet från ståltillverkarna är att materialet har samma egenskaper som den ursprungliga produkten. Skiljer sig egenskaperna är det viktigt att informationen om denna skillnad förmedlas till konstruktörer så att de kan anpassa sina kunskaper.

Om man som projektör eller konstruktör har kunskap om fossilfria materials egenskaper, kan det vara säljande. Visar man beställaren att man besitter alla dessa kunskaper visar man ansvarstagande som kan leda till ökat förtroendet. Om beställaren har ett ökat förtroende till de som ansvarar för uppförandet av konstruktionen i kombination med den stora klimatvinst som analysen visade kan det bli ytterligare ett motiv att välja de nya materialen. Det innebär att man som konstruktör kan skapa ytterligare en drivkraft, eller åtminstone vägleda en beställare som vacklar mellan valen på grund av pris. Jag tror också att det är viktigt att kunna visa upp konkreta siffror på ett materials klimatpåverkan. Det gör att medvetenheten även når de som faktiskt betalar för projekten och skapar efterfrågan.

Det är svårt att försöka förutse hur snabbt och i vilken grad utsläppsrätterna faktiskt kommer att påverka materialpriset för stål. Reduktionen av utsläppsrätter kunde i grova drag uppskattas till en minskning på cirka 2,2 % per år. Tillsammans informationen om att det varje år utfärdas omkring 1,5 miljarder utsläppsrätter innebär denna minskning att det årligen försvinner cirka 33 miljoner utsläppsrätter. Minskningen motsvarar att det varje år kan byggas ungefär 1530 färre exemplar av analysens referensobjekt än året tidigare. Hur snabbt antalet utsläppsrätterna minskar är svårt att säga, men antagligen kommer efterfrågan på dem kommer öka i jämförelse med utbudet. Det är möjligt att minskningen av växthusgaser från materialtillverkning följer samma takt som reduktionen av antal utsläppsrätter, vilket medför att priset på utsläppsrätterna inte får lika stort inflytande. Men samtidigt är det precis tanken med EU ETS. Målet var att minska de globala utsläppen.

För att det fossilfria stålet ska ha goda förutsättningar att produceras krävs det som för mycket annat i dagens samhälle att det finns en stabil och fossilfri el. Gärna inte allt för dyr då det kan spegla av sig på det fossilfria stålets pris. Är elektriciteten inte fossilfri, utan den skulle behöva framställas med fossila medel är klimatvinsten av stålet inte lika stor. Det är viktigt att inte bortse från att eltillgången är ett stort problem för samhällsutvecklingen idag. Även om just elförsörjningen ligger utanför studiens ramar vill jag belysa problemet och trycka på att det är en förutsättning för den gröna omställningen. Annars finns inte samma möjlighet att producera fossilfritt stål.





# Kapitel 8. Slutsats

*I detta kapitel kommer studiens utfall att presenteras och de initiala frågeställningarna kommer att besvaras för att kunna dra slutsatsen om det kommer att vara fördelaktigt att projektera med fossilfritt stål i ett tidigt skede.*

## 8.1 Studiens utfall

Studien baserades på fyra frågeställningar. De ville undersöka hur mycket ett referensobjekt kan reducera sina koldioxidutsläpp med då det traditionella konstruktionsstålet byts ut mot fossilfritt stål. Materialprisets skillnad var också av intresse. Analysen visade att koldioxidutsläppen kunde minskas med 91,5% samtidigt som materialpriset ökade med 27,5%. Utfallet av litteraturstudien blev att politiska regleringar tillsammans med en ökad efterfrågan från de som slutligen betalar för projekten har den största påverkan för att det fossilfria stålet ska bli det nya ”vanliga stålet”. Men för att efterfrågan ska ökas måste kunskap om materialen spridas. Studien visade glädjande att en efterfrågan redan har börjat uppstå genom att stora aktörer ställer krav på att projekt ska ha en lägre miljöpåverkan.

Sammanfattat kan man skriva ner de tre viktigaste nycklarna för att fossilfria material, där ibland fossilfritt stål, ska kunna ta sig fram framgångsrikt på marknaden.

- ⇨ 1. Politiska beslut som gynnar den gröna omställningen och gör det lönsamt.
- ⇨ 2. Öka medvetenheten om materials egenskaper och klimatpåverkan
- ⇨ 3. Efterfrågan från beställare.

Studiens fjärde och egentligen största fråga var om det kommer visa sig fördelaktigt att vara tidig med att projektera konstruktioner i det fossilfria stålet. Svaret är inte entydigt då definitionen av ordet fördelaktigt kan tolkas olika beroende på vilken faktor man väljer att fokusera på. Sett ur perspektivet med koldioxidutsläpp är svaret tydligt, men samtidigt är pris ofta en styrande faktor. Det fossilfria stålet kommer att ha ett högre pris än det traditionella. Med hjälp av den första och andra nyckeln tror jag att den tredje kommer att öka per automatik.

Med tydliga siffror på koldioxidbesparingar i kombination med politiska beslut som främjar klimatsmarta lösningar både ekonomiskt och socialt tror jag att efterfrågan på fossilfritt stål kommer att bli stor. När det fossilfria stålet lanseras i kommersiell skala tror jag att tillgängligheten kommer vara begränsad. Det är ett så pass nytt material att produktionen av det fossilfria stålet till en början kommer att ha en mindre produktion jämfört med vad de producerar av det traditionella stålet. Därför anser jag att det är en mycket god idé att vara tidig med kunskap om det fossilfria stålet, men ännu viktigare – tillgång till materialet.

För att minska den globala uppvärmningen måste en förändring ske. Studien visade att den svenska industrisektorn står för ungefär en tredjedel av Sveriges utsläpp, varav stål- och järnindustrin stod för 36,7% av de svenska industriernas samlade utsläpp. Med andra ord hade det givit en stor effekt om stålproduktionen ställs om till fossilfri. Inte minst blir chansen att nå de globala klimatmålen större. Stålet ser med andra ord ut att ha mycket goda framtidsutsikter. Men för att materialet ska finnas i stor skala måste det finnas en efterfrågan och vara lönsamt att välja materialet. Men faktum är att det egentligen inte finns något val, en förändring måste ske. Det kommer ske en förändring men det är ännu oklart i vilken takt det kommer att ske. Har man tillgång till materialet har man möjlighet att visa att man tar sitt ansvar för den hållbara utvecklingen och nå klimatmålen. Jag tror därför att det kommer att vara lönsamt att vara tidig med att använda fossilfritt stål i projekt.

## Kapitel 9. Förslag till fortsatta studier

*Studie lämnar mig med ytterligare frågor som relaterar till hur mer miljövänliga material ska kunna fasa ut motsvarande material med stor klimatpåverkan.*

Förslagen baserar sig på frågor jag själv gärna fördjupat mig i. Alla är inte direkt anknutna till min studie, men de har väckt mitt intresse och jag skulle vilja veta mer.

- Hur kan efterfrågan på klimatvänliga material öka i en snabbare takt?
- Hur kan anbudsprocesser ska ta mer ansvar för den gröna omställningen. Kommer det att läggas större vikt vid andra faktorer som inte är pris?
- Vilka stålelement kommer att finnas tillgängliga i fossilfritt respektive återvunnet stål?
- Uppfyller fossilfritt stål samma kvalitet som traditionellt stål?

# Referenser

Anderson, Johan. SSAB. Mejlkontakt 28 februari 2023. (Hämtat: 2023-02-28)

Boverket. 2019. *Mer om miljövarudeklaration för byggprodukter (EPD)* Boverket [Mer om miljövarudeklaration för byggprodukter \(EPD\) - Boverket](#) (Hämtat: 2023-02-01)

Havs och vattenmyndigheten. 2023. *Havs försurning*.  
<https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-atgarder/miljopaverkan/forsurning/havsforurning.html> (Hämtat: 2023-03-22)

Energimyndigheten. 2023. *Läget på den globala energimarknaden*.  
<https://www.energimyndigheten.se/492932/globalassets/om-oss/lagesrapporter/globala-energimarknader/2023/laget-pa-de-globala-energimarknaderna--v.-9-2023.pdf> (Hämtat: 2023-04-27)

Europaparlamentet. 2023. *Så bekämpar EU klimatförändringarna*.  
[https://www.europarl.europa.eu/news/sv/headlines/society/20180703STO07129/sa-bekampar-eu-klimatforandringarna?&at\\_campaign=20234-Green&at\\_medium=Google\\_Ads&at\\_platform=Search&at\\_creation=RSA&at\\_goal=TR\\_G&at\\_audience=klimatf%C3%B6r%C3%A4ndringar&at\\_topic=Climate\\_Change&at\\_location=SE&gclid=Cj0KCQjwTO-kBhDIARIsAL6LorcxdeUTwSyJdIbza2SIDIFuvHxB6Thd6U-NL2IHZpoKMvwQJVViDN4aAl\\_4EALw\\_wcB](https://www.europarl.europa.eu/news/sv/headlines/society/20180703STO07129/sa-bekampar-eu-klimatforandringarna?&at_campaign=20234-Green&at_medium=Google_Ads&at_platform=Search&at_creation=RSA&at_goal=TR_G&at_audience=klimatf%C3%B6r%C3%A4ndringar&at_topic=Climate_Change&at_location=SE&gclid=Cj0KCQjwTO-kBhDIARIsAL6LorcxdeUTwSyJdIbza2SIDIFuvHxB6Thd6U-NL2IHZpoKMvwQJVViDN4aAl_4EALw_wcB) (Hämtat: 2023-06-28)

Europeiska kommissionen. 2023a. *EU Emission Trading System (EU ETS)*. [EU Emissions Trading System \(EU ETS\) \(europa.eu\)](#) (Hämtat: 2023-01-23)

Europeiska kommissionen. 2023d. *EU Emission Trading System (EU ETS)*.  
[https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets\\_sv](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_sv) (Hämtat: 2023-03-28)

Europeiska centralbanken. 2023. *Referensväxelkurser för euron*.  
[https://www.ecb.europa.eu/stats/policy\\_and\\_exchange\\_rates/euro\\_reference\\_exchange\\_rates/html/eurofxref-graph-sek.sv.html](https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-sek.sv.html) (Hämtat: 2023-0525)

Europeiska kommissionen. 2023g. *Market stability reserve*. [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/market-stability-reserve\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/market-stability-reserve_en) (Hämtat: 2023-03-28)

Europeiska kommissionen. 2023e. *Development of EU ETS (2005 - 2020)*.  
[https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020\\_sv](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_sv) (Hämtat: 2023-03-28)

Europeiska kommissionen. 2023f. *Allocations to industrial installations*.  
[https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/free-allocation\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/free-allocation_en) (Hämtat: 2023-03-28)

Europeiska kommissionen. 2023b. *EU:s gröna giv*. [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_sv](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_sv) (Hämtat: 2023-03-21)

Europeiska kommissionen. 2023c. *Sverige och EU:s gröna giv - för miljön och klimatet*.  
<https://sweden.representation.ec.europa.eu/strategi-och-prioriteringar/viktiga-eu-fragor-sverige/sverige-och-eus-grona-giv-miljon-och->



- LKAB. 2021. *Varför koldioxidfri järnsvamp?* [Varför koldioxidfri järnsvamp? - LKAB](#) (Hämtat: 2023-01-24)
- LKAB. 2023. *Från gruva till hamn.* [Från gruva till hamn - LKAB](#) (Hämtat: 2023-01-30)
- Mälardalens universitet. 2023a. *Validitet.* <https://libguides.mdu.se/c.php?g=678062&p=4832296> (Hämtat: 2023-08-07)
- Mälardalens universitet. 2023a. *Reliabilitet.* <https://libguides.mdu.se/c.php?g=678062&p=4832301> (Hämtat: 2023-08-07)
- Nationalencyklopedin. 2023a. *Förorening.* <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/f%C3%B6rorening> (Hämtat: 2023-03-23)
- Nationalencyklopedin. 2023b. *Subvention* [subvention - Uppslagsverk - NE.se](#) (Hämtat: 2023-05-16)
- Naturskyddsföreningen. 2022. *Frågor och svar om klimatskadliga subventioner.* <https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/fragor-och-svar-om-klimatskadliga-subventioner/> (Hämtat: 2023-03-07)
- Naturvårdsverket. 2023d. *Beslut om gratis tilldelning.* <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/utslappshandel/gratis-tilldelning-20212030/beslut-om-gratis-tilldelning/> (Hämtat: 2023-03-28)
- Naturvårdsverket. 2022. *Därför blir det varmare.* <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/darfor-blir-det-varmare/> (Hämtat: 2023-03-07)
- Naturvårdsverket. 2022a. *Industri, utsläpp av växthusgaser.* [Växthusgaser - Därför blir det varmare \(naturvardsverket.se\)](#) (Hämtat: 2023-01-12)
- Naturvårdsverket. 2023a. *Vad är Parisavtalet?* [Vad är Parisavtalet? \(naturvardsverket.se\)](#) (Hämtat: 2023-01-30)
- Naturvårdsverket. 2023b. *Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk.* [Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk \(naturvardsverket.se\)](#) (Hämtat: 2023-01-18)
- Naturvårdsverket. 2023c. *Så fördelas utsläppsrätter.* [Så fördelas utsläppsrätter \(naturvardsverket.se\)](#) (Hämtat: 2023-01-23)
- Naturvårdsverket. 2023d. *Klimatanpassning.* <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatanpassning/#:~:text=Ett%20f%C3%B6r%C3%A4ndrat%20klimat%20kommer%20att,kommer%20kunna%20f%C3%B6rhindra%20i%20framtiden> (Hämtat: 2023-03-21)
- Naturvårdsverket. 2023e. *Vad är klimatanpassning?* <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomställningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet/vad-ar-klimatanpassning/> (Hämtat: 2023-03-21)
- Naturvårdsverket. 2023f. *Luftföroreningar och dess effekter.* <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/luft/luftfororeningar-och-dess-effekter/> (Hämtat: 2023-06-28)

Naturvårdsverket. 2023g. *Vad är biologisk mångfald?* <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/biologisk-mangfald/vad-ar-biologisk-mangfald/> (Hämtat: 2023-03-23)

Naturvårdsverket. 2023h. *Hot mot den biologiska mångfalden.* [Hot mot den biologiska mångfalden \(naturvardsverket.se\)](https://www.naturvardsverket.se/hot-mot-den-biologiska-mangfalden/) (Hämtat: 2023-03-23)

Naturvårdsverket. 2023i. *Handledning för att identifiera potentiellt miljöskadliga subventioner.* <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/samhallsplanering/miljoskadliga-subventioner/> (Hämtat: 2023-03-08)

One Click LCA. 2023. [https://www.oneclicklca.com/se/?utm\\_source=google&utm\\_medium=paidsearch&utm\\_campaign=SE&utm\\_content=brand&gclid=CjwKCAjw9pGjBhBEiwAa5jl3DrIO6X\\_iMA2UzblbEvUIqfpr\\_KZqq9EhGlz8dHRdU6k2VYVcZLUBoC3X8QAvD\\_BwE](https://www.oneclicklca.com/se/?utm_source=google&utm_medium=paidsearch&utm_campaign=SE&utm_content=brand&gclid=CjwKCAjw9pGjBhBEiwAa5jl3DrIO6X_iMA2UzblbEvUIqfpr_KZqq9EhGlz8dHRdU6k2VYVcZLUBoC3X8QAvD_BwE) (Hämtat: 2023-05-17)

Pound Sterling. 2023. *Swedish krona historical reference rates from bank of England for 2008.* <https://www.poundsterlinglive.com/bank-of-england-spot/historical-spot-exchange-rates/usd/USD-to-SEK-2008> (Hämtat: 2023-05-17)

H2 Green steel. 2023. Mejlkontakt med [Press@h2greensteel](mailto:Press@h2greensteel) (Hämtat: 2023-03-08)

Prof. Dr. Horst J. Bossenmayer, Dr. Alexander Röder, Dr. Andreas Cirot. 2019. *EPD Hot rolled stainless steel.* [https://www.begroup.se/storage/39CCFB5D872F84CAB81052AFD952AE4C22725567244044AB668401F8DDF8338A/bad32693c25d4ce1a1462c1f38b8d25f/pdf/media/c0d4d11840bc405cb3f7ab37ef41c047/\(17\)%20EPD\\_Hot\\_Rolled\\_Stainless\\_Steel.pdf](https://www.begroup.se/storage/39CCFB5D872F84CAB81052AFD952AE4C22725567244044AB668401F8DDF8338A/bad32693c25d4ce1a1462c1f38b8d25f/pdf/media/c0d4d11840bc405cb3f7ab37ef41c047/(17)%20EPD_Hot_Rolled_Stainless_Steel.pdf) (Hämtat: 2023-04-25)

Regeringen . 2022. Regeringens skrivelse 2021/22:247 *Sveriges genomförande av Agenda 2030.* <https://www.regeringen.se/contentassets/9dfa88d8317f441189ba368ef4d506ae/sveriges-genomforande-av-agenda-2030-skr.-202122247.pdf> (Hämtat: 2023-05-25)

Regeringskansliet. 2023. *Cirkulär ekonomi - strategi för omställningen i Sverige.* <https://www.regeringen.se/rapporter/2023/01/strategi-for-cirkular-ekonomi/> (Hämtat: 2023-03-23)

Ruukka, Antti. 2013. *Carbon footprint for building products.* <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2013/T115.pdf> (Hämtat: 2023-03-08)

SFS 2021:787. *Lag om klimatdeklaration för byggnader.* (Hämtat: 2023-02-02)

Skandinavisk Enskilda Banken. 2022. *Tema: utsläppsrätter.* [https://webapp.sebgroup.com/mb/mblib.nsf/alldocsbyunid/BD8AB501BBEF21F5C12587DE004BB239/\\$FILE/Tema\\_Utslapp\\_feb2022.pdf](https://webapp.sebgroup.com/mb/mblib.nsf/alldocsbyunid/BD8AB501BBEF21F5C12587DE004BB239/$FILE/Tema_Utslapp_feb2022.pdf) (Hämtat: 2023-03-30)

Skanska . 2021. *Nu skrivs nya betongnormer på Hamnbanan.* <https://www.skanska.se/om-skanska/press/nyheter/nu-skrivs-nya-betongnormer-pa-hamnbanan/> (Hämtat: 2023-05-09)

Skanska . 2023a. *Electric site - världens första utsläppsfria bergtäkt.* <https://www.skanska.se/om-skanska/skanska-i-sverige/innovation/electric-site/> (Hämtat: 2023-05-15)



- Skanska . 2023b. *Citygate, Göteborg*. [Citygate, Göteborg | skanska.se](https://www.skanska.se/citygate-goteborg) (Hämtat: 2023-05-09)
- Skanska . 2023c. *Grön betong*. <https://www.skanska.se/vart-erbjudande/produkter-och-tjanster/betong/gron-betong/> (Hämtat: 2023-04-20)
- Skanska. 2023. *Grön betong - för en hållbar framtid*. <https://www.skanska.se/4a47b2/siteassets/vart-erbjudande/produkter-och-tjanster/betong/gron-betong/produktblad-gron-betong.pdf> (Hämtat: 2023-03-07)
- SMHI. 2021. *Temperaturens ökning i Sverige sedan 1800-talet*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/sveriges-klimat/temperaturens-okning-i-sverige-sedan-1800-talet-1.158913> (Hämtat: 2023-03-07)
- Sperle J-O, Hallberg L, Almemark M, Lindfors L-G, Andersson G, Ekdahl Å, Larsson J, Johansson B, Johansson H, Kaplin C, Schedin E. 2013. Jernkontoret. *Miljövärdering av stål och stålkonstruktioner*. [https://www.jernkontoret.se/globalassets/publicerat/handbocker/stalkretsloppet\\_slutrapport\\_miljohandbok\\_svensk\\_web.pdf](https://www.jernkontoret.se/globalassets/publicerat/handbocker/stalkretsloppet_slutrapport_miljohandbok_svensk_web.pdf) (Hämtat: 2023-02-01)
- SSAB. 2022. *EPD structural hollow sections*. (Hämtat: 2023-03-08)
- Stadsledningskontoret. 2020. *Klimathandlingsplan*. <https://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/tema/klimat/klimathandlingsplan-sthlm-2020-2023.pdf> (Hämtat: 2023-05-10)
- Stadsledningskontoret. 2023. *Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram 2021 - 2030*. [https://www4.goteborg.se/prod/Stadsledningskontoret/LIS/Verksamhetshandbok/Forfattn.nsf//6B3CA866EF066429C12586B200449D53/\\$File/C12574360024D6C7WEBVCP4393.pdf?openElement](https://www4.goteborg.se/prod/Stadsledningskontoret/LIS/Verksamhetshandbok/Forfattn.nsf//6B3CA866EF066429C12586B200449D53/$File/C12574360024D6C7WEBVCP4393.pdf?openElement) (Hämtat: 2023-05-10)
- Statistiska Centralbyrån. 2023. *SCB:s arbete med Agenda 2030*. <https://www.scb.se/om-scb/scbs-verksamhet/agenda-2030/> (Hämtat: 2023-05-16)
- Stena stål. 2023. *Stena ståls prislista*. <https://www.stenastal.se/prislistor/> (Hämtat: 2023-03-08)
- Stripple Håkan. 2021. *Stena stål EPD Hot rolled stainless steel*. <https://www.stenastal.se/siteassets/hallbarhet/epd/s-p-04605-hot-rolled-stainless-steel.pdf> (Hämtat: 2023-04-25)
- Stålbyggnadsinstitutet. 2020. *Rostfritt stål*. <https://www.sbi.se/rostfritt-stal/#:~:text=Kromet%20g%C3%B6r%20att%20st%C3%A5let%20g%C3%A5r,om%2012%20procent%20eller%20mer> (Hämtat: 2023-04-25)
- Sveriges miljömål. 2022. *Utsläpp av växthusgaser till år 2020*. [Utsläpp av växthusgaser till år 2020 - Sveriges miljömål \(sverigesmiljomal.se\)](https://www.sverigesmiljomal.se/utslapp-av-vaxthusgaser-till-ar-2020) (Hämtat: 2023-01-23)
- Sveriges vattenmiljö. 2021. *Försurning*. <https://www.sverigesvattenmiljo.se/sa-mar-vara-vatten/2021/sammanfattningar/0/0/82#atgard> (Hämtat: 2023-03-22)
- Säfsten K., Gustavsson M.. 2019. *Forskningsmetodik för ingenjörer och andra problemlösare*. Upplaga 1:1. (Hämtat: 2023-05-02)



The international EPD system. 2023. *Product category rules*. [The PCR | EPD International \(environdec.com\)](https://www.environdec.com) (Hämtat: 2023-02-01)

Trafikverket. 2023a. *Klimatkrav*. <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/miljo---for-dig-i-branschen/minskad-klimatpaverkan/klimatkrav/> (Hämtat: 2023-05-10)

Trafikverket. 2023b. *Klimatkalkyl - infrastrukturens klimatpåverkan och energianvändning i ett livcykelperspektiv*. <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/miljo---for-dig-i-branschen/minskad-klimatpaverkan/Klimatkalkyl/> (Hämtat: 2023-05-10)

Träguiden. 2018. *Vikter på limträelement*.

<https://www.traguiden.se/konstruktion/limtrakonstruktioner/planering-och-montage-av-limtrakonstruktioner/att-montera-limtra/1.2-hantering-av-limtraelement-pa-byggarbetsplatsen/1.2.1-vikter-pa-limtraelement/#:~:text=I%20Sverige%20tillverkas%20limtr%C3%A4%20fr%C3%A4mst,cirka%20600%20kg%20m3>. (Hämtat: 2023-03-08)