

# Duurzame Staalproductie in Nederland: Mogelijkheden en randvoorwaarden

Alex Woldhuis, Joost Laarakkers, Niek Koopmeiners, Gert Woelderink en Selwyn  
Maduro

Juni 2026



wetenschappelijk  
bureau nsc



## Managementsamenvatting

Staal vormt een wezenlijk onderdeel van onze infrastructuur en samenleving en is essentieel voor het welzijn en de veiligheid van Nederland en Europa in de komende decennia. Hiernaast is het sterk circulair en (mits met lage emissies geproduceerd) zeer toekomstbestendig en duurzaam. Staal valt dus onder de kritische producten en diensten voor Nederland en Europese Unie. De volgende vraag is dan of productie bij Tata Steel Nederland (TSN) in Nederland essentieel is voor Nederland en Europa, en, zo ja, onder welke voorwaarden dit ook in de toekomst kan plaatsvinden.

Waar eerdere publicaties vaak TSN analyseren vanuit 1 tot 3 elementen, bijvoorbeeld klimaat of economie, toetst dit rapport TSN productie aan de hand van de brede criteria voor de Economische Activiteiten Strategie Nederland (EAS-NL), inclusief de randvoorwaarden voor klimaat en gezondheid.

TSN heeft een aantal kritische producten welke op geen of beperkte andere locaties in Europa worden gemaakt, waardoor het voor de **autonomie** (criterium EAS-NL 1) van NL en EU, een essentiële productie locatie is. Het behoud van productiecapaciteit van staal is essentieel voor **veiligheid en defensie** (EAS-NL 2), wat maakt dat TSN productie ook hiervoor belangrijk is, ondanks dat TSN op dit moment geen staal met direct doel voor defensie produceert. Ook draagt TSN bij aan de **Nederlandse economie** (EAS-NL 3), zowel financieel, maar ook met werkgelegenheid, kennis en sociale activiteiten. Hiernaast heeft TSN de afgelopen 100 jaar bewezen **sterk innovatief** (EAS-NL 4) te zijn, met hoogwaardige producten en een lage CO<sub>2</sub>-uitstoot per ton staal (binnen de top van de wereld producenten) door innovatie.

Dit maakt dat TSN een zeer sterke positie heeft binnen Europa, waarbij ook de ligging aan zee en geïntegreerde productielocatie sterke troeven zijn die pleiten voor TSN als toekomstige locatie voor groen staal producten, met een capaciteit die op zijn minst één geïntegreerde productielijn geeft voor de kritische producten (eventueel: TSN heeft nu 2 productielijnen).

Wel is er groen staal nodig (klimaat, EAS-NL 5) met een zeer lage CO<sub>2</sub>-uitstoot, op zijn minst voor één productie lijn. De technische en economische analyse in dit rapport laat onder de gehanteerde aannames zien dat DRI-NG EAF + CCS de meest realistische, economisch haalbare en betrouwbaarste oplossing is, en dat waterstof DRI met de verwachte prijs (meer dan 3 euro per kg voor 10-15 jaar) lange tijd niet haalbaar is of, indien in Nederland geproduceerd, niet CO<sub>2</sub>-reductie efficiënt (CO<sub>2</sub>-RE) is. De groene elektriciteit die nodig is voor DRI-H<sub>2</sub> zou wanneer het gebruikt wordt voor warmtepompen of elektrische auto's 1.5-2x meer CO<sub>2</sub> reductie realiseren.

Opvallend is dat de berekeningen aangeven dat DRI-NG EAF CCS optie tot goedkoper groen staal leidt dan zelfs dan klassiek staal productie door de invloed van CO<sub>2</sub>-belasting en CBAM, terwijl DRI-H<sub>2</sub> duurder, niet competitief staal, geeft.

Wel zijn er enkele eisen om het voortbestaan van TSN te garanderen. Allereerst is er een serieuze lokale gezondheid uitdaging (gezondheid, EAS-NL 5), waarvoor de plannen, beschreven in de JLol voor versnelde overlast reductie, zo snel mogelijk moeten worden uitgevoerd. Net als DRI-NG EAF + CCS implementatie voor de eerste lijn, en voor de tweede lijn snelle plaatsing van een EAF, met als voeding schroot, geïmporteerd HBI (met betrouwbare bron en prijs) of eigen DRI-NG CCS lijn, of een combinatie van deze voeding stromen. Hiernaast moet de management stijl (Management Culture Ladder, EAS-NL 6), verbeteren tot proactief, zowel om de transitie te borgen en vertrouwen te groeien in de relatie met de bureaus.



wetenschappelijk  
bureau nsc

Het beleidsadvies van dit rapport luidt als volgt: onder de gehanteerde aannames is er geen vanzelfsprekende rechtvaardiging voor directe subsidie op fabrieksspecifieke investeringen. Wel kan tijdelijke financiering of publieke infrastructuursteun aan de orde zijn, mits gekoppeld aan terugbetaling, zeggenschap, open data en harde publieke voorwaarden.



## Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	1
<b>1. Introductie en Probleemstelling</b>	<b>7</b>
1.1    Introductie	7
1.2    Probleemstelling	7
1.3    Opportunity Framing	8
1.4    Economische Activiteiten Nederland (EAS-NL) strategie	9
1.4.1    Autonomie	9
1.4.2    Defensie	11
1.4.3    Waarde voor Nederland	11
1.4.4    Hoogwaardige producten en innovatiekracht	12
1.4.5    Invloed op klimaat, milieu en publieke gezondheid	13
1.4.6    Management en publieke opinie	14
1.5    Technische introductie	15
1.5.1    Het huidige staalproces	16
1.5.2    Transitie naar groen staalproces bij de hoogovens in IJmuiden	18
1.6    CO <sub>2</sub> -RE	19
<b>2. Is staalproductie bij TSN nodig voor Nederland en de EU?</b>	<b>20</b>
2.1    EU staalmarkt en productie	20
2.2    Positie TSN ten opzichte van andere productie locaties	25
2.3    Productportfolio en kritische producten	29
2.4    Toetsing TSN tegen de EAS-NL criteria	33
2.4.1    Autonomie	33
2.4.2    Defensie	34
2.4.3    Waarde voor Nederland	36
2.4.4    Hoogwaardige producten en innovatiekracht	37
2.4.5    Invloed op klimaat en lokale gezondheid	38
2.4.6    Management, publieke opinie en eigenaarschap	39
2.4.7    Samenvattende EAS-NL-score TSN	42
2.5    Conclusie van de EAS-NL-toets	43
<b>3. Technische routes voor groen staal bij TSN</b>	<b>45</b>
3.1    Alternatieven beschikbaar voor TSN	45



3.1.1	Huidige route/ nul variant	45
3.1.2	DRI-(NG, LPG of Light Naphtha) + CCS met en/of zonder groen stroom	45
3.1.3	DRI-H <sub>2</sub>	46
3.1.4	EAF/schrootroute eventueel met lagere productie	46
3.1.5	DRI/HBI-import + eindproductie IJmuiden	47
3.1.6	JLol/Tata Green Steel Phase 1	48
3.1.7	JLol + versnelde overlastreductie	48
3.1.8	Gefaseerde afbouw/sluiting	49
3.2	Routematrix	49
	CO <sub>2</sub> -Reductie Efficiency (CO <sub>2</sub> -RE)	50
<b>4.</b>	<b>Uitvoerbaarheid, energiegebruik en investeringsanalyse</b>	<b>53</b>
4.1	Aannames en afbakening van de analyse	53
4.2	CO <sub>2</sub> , Aardgas en groene stroom effect	53
4.3	Analyse aardgasverbruik	55
4.4	Analyse van het elektriciteitsverbruik	56
4.5	Operationele kostenanalyse	59
4.6	Investerings voor schonere staalproductie via DRI en EAF	61
<b>5.</b>	<b>Beleidsopties, Europese marktordening en publieke randvoorwaarden</b>	<b>68</b>
5.1	Van technische route naar publieke keuze	68
5.2	ETS en CBAM als marktordening voor groen staal	69
5.3	Criteria voor beoordeling van beleidsopties	70
5.4	Beleidsoptie 1: geen aanvullende publieke steun; markt, ETS en vergunningen hun werk laten doen	71
5.5	Beleidsoptie 2: voorwaardelijke maatwerksteun voor verduurzaming	72
5.6	Beleidsoptie 3: publieke lening of converteerbare lening in plaats van subsidie	73
5.7	Beleidsoptie 4: staatsdeelname of publiek belangenaandeel in TSN Nederland	74
5.8	Beleidsoptie 5: hybride Europese ketenstrategie — IJmuiden als strategische productielocatie, HBI/DRI deels elders	75
5.9	Beleidsoptie 6: gecontroleerde afbouw of sluiting, maar alleen met Europees vervangingsplan	77
5.10	Vergelijking van de beleidsopties	78



5.11 Voorkeursrichting: voorwaardelijke transitie met DRI-NG + CCS, Europese ketenregie en publieke zeggenschap	79
<b>6. Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>81</b>
6.1 Hoofdconclusie	81
6.2 Reflectie op de beperkingen van dit rapport	81
6.3 Strategische conclusie: behoud van hoogwaardige staalcapaciteit, niet behoud van het verleden	82
6.4 Klimaat en gezondheid: de huidige situatie is geen optie	83
6.5 Technische conclusie: DRI-NG + CCS is op middellange termijn verstandiger dan volledige waterstofroute	83
6.6 Aanbevolen technische route: eerste lijn DRI-NG + EAF + CCS, tweede lijn mogelijk EAF-only	84
6.7 Economische conclusie: Tata Steel moet fabrieksinvesteringen in beginsel zelf dragen	85
6.8 Publieke steun: alleen voor publieke infrastructuur, niet voor private fabriekstransitie	85
6.9 Governance: harde voorwaarden, open data en publieke borging	86
6.10 Europese route: geen nationale subsidiewedloop, maar een groenstaalstrategie	87
6.11 Politieke beslisboom	87
6.12 Eindaanbevelingen	88
6.13 Slot	89
<b>7. Appendix 1 – Technologieën en routes voor duurzame staalproductie</b>	<b>90</b>
Inleiding	90
1. Huidige brandstof/staalproductie en CO <sub>2</sub> -uitstoot <sup>1</sup> .	90
2. De transitie naar klimaatvriendelijke staalproductie	92
2.1 Variaties in H <sub>2</sub> - en CO-verhoudingen bij DRI-fabrieken	94
2.2 SMR-proces simulaties	96
2.3 Waterstof DRI	99
2.4 De Electric Arc Furnace (EAF)	100
2.5 Vergelijking DRI op aardgas, waterstof en biogeen gas (incl. CCS)	104
2.5.1 Basisgegevens en aannames	104
2.6 Brandstofflexibiliteit in de IJzerproductie	107
<b>8. Appendix 2 –Scenario analyse en investering aspecten voor duurzame staalproductie</b>	<b>110</b>
8.1 Scenarioanalyse: emissies, energieverbruik en routekeuzes	110



Analyse brandstof en reactanten voeding	111
Scenario 0: nul variant	111
Scenario 1: schroot van 15% naar 30%	111
Scenario's 2a en 2b: NG DRI + HO6 + EAF zonder CCS	111
Scenario's 3a en 3b: NG DRI + HO6 + EAF met CCS	111
Scenario's 4a en 4b: volledige NG DRI + EAF met CCS	111
Scenario 5: H <sub>2</sub> DRI + EAF	112
Scenario 6: LPG DRI + EAF met CCS	112
Scenario 7: Light nafta DRI + EAF met CCS	112
Scenario's 8a, 8b en 8c: EAF alleen	112
8.1.3. Belangrijkste conclusies	112
8.1.4. Voorlopige rangschikking op strategische waarde	113
8.2 Economische analyse grondstoffen en energy	120
8.3 Investing aspecten voor schonere staalproductie via DRI en EAF	130
<b>9. Appendix 3 – Begrippenlijst</b>	<b>144</b>



## 1 Introductie en Probleemstelling

### 1.1 Introductie

De staalindustrie in Nederland, en in het bijzonder Tata Steel Nederland, speelt een cruciale rol in de economie. Staal is een strategisch materiaal voor bouw, mobiliteit, defensie, energie-infrastructuur en de energietransitie. Het behoud van de productie van hoogwaardig staal in Nederland en in de Europese Unie (EU) maakt de economie minder afhankelijk van externe en geopolitieke ontwikkelingen, dus autonomie van Nederland en vooral de EU.

De druk om de industrie te verduurzamen neemt toe door zowel nationale als internationale klimaatafspraken; de staalindustrie behoort tot een van de grootste uitstoters (van o.a. CO<sub>2</sub>). Dat maakt dat de toekomst van de energie-intensieve industrie een zeer actueel onderwerp is in Nederland en in de EU. De Nederlandse overheid heeft een eerste stap gemaakt door het tekenen van een Joint Letter of Intent (JLoI) met Tata Steel Nederland (TSN), waarin wordt afgesproken samen naar verduurzaming van TSN te streven, met een mogelijke 2 miljard aan overheid steun.

Er zijn al veel rapporten verschenen over TSN en groen staalproductie in Nederland, waarbij opvalt dat de meeste, of alle rapporten, een specifieke invalshoek hebben, zoals gericht op bijvoorbeeld economische aspecten, klimaat (voornamelijk gericht op Nederlandse doelen van CO<sub>2</sub>-reductie), lokale vervuiling, of zelfs woningbouw (als TSN wordt gesloten). Minder komt naar voren het belang voor de Nederlandse en Europese strategische autonomie wat betreft de afhankelijkheid van kritische producten of de noodzaak voor defensie van materialen die mogelijk bij TSN worden geproduceerd. Dit rapport probeert een bredere kijk te geven op de toekomst van TSN, waarin de informatie van al verschenen rapporten worden meegenomen.

Dit rapport richt zich op de vraag of duurzame staalproductie in Nederland mogelijk is in de komende decennia, en welke opties en randvoorwaarden hierbij een rol spelen. De transitie naar een circulaire, meer klimaatneutrale productie heeft potentieel, maar vereist technologische innovaties, beleidsmaatregelen en investeringen (zowel binnen TSN als in infrastructuur). De staalindustrie behoort tot de grootste energieverbruikers en is daarmee afhankelijk van een goed verloop van de energietransitie, maar is ook een wezenlijke bouwsteen voor de energietransitie in Nederland en Europa.

### 1.2 Probleemstelling

De probleemstelling voor dit rapport is:

***Is er een duurzame staalproductie in Nederland mogelijk in de komende 25 jaar, en zo ja, wat zijn hierbij de opties en randvoorwaarden?***

Hierbij zijn aanvullende vragen:

- A. Welke technologische opties en routes voor duurzame staalproductie zijn er beschikbaar of in ontwikkeling?
- B. Welke randvoorwaarden moeten vervuld worden om deze opties succesvol (en rendabel) toe te passen?
- C. Welke rol spelen overheidsbeleid en internationale klimaatafspraken in de transitie?
- D. Wat zijn de kosten, voordelen en risico's van deze transitie?



- E. Wat zijn de mogelijke gevolgen als het probleem niet wordt aangepakt.

### 1.3 Opportunity Framing

Hiernaast kan ook worden gekeken hoe strategische doelen kunnen worden bereikt en voordelen kunnen worden gerealiseerd, wat zich vertaalt naar hoe de ideale situatie er kan uitzien in de komende decennia (Opportunity Framing):

- A. Europa zal streven naar een zo groot mogelijke autonomie met betrekking tot staalproducten, zeker waar deze nodig zijn als of voor kritische goederen en kritisch voor de defensie-industrie. Ook, waar grondstoffen niet beschikbaar zijn of producten niet in de EU kunnen worden gemaakt, zal gestreefd worden naar het maken van strategische afspraken met landen buiten de EU om aanbod zeker te stellen (tegen een redelijke prijs) en logistiek te beschermen.
- B. De productie van staal zal transformeren naar klimaat acceptabele productie, waarbij de kosten van deze transitie zo laag mogelijk moeten blijven, om zowel concurrentie en bestaanszekerheid binnen EU zeker te stellen. Hierbij is splitsing van groen ruw staal productie (in lage energiekosten landen) en eind product fabricage (zeker in bestaande hoogwaardige fabrieken) een serieuze optie.
- C. Binnen EU zal maximaal worden gestreefd naar recyclen van metalen (en producten), om zowel de klimaat footprint minimaal te houden en autonomie te bevorderen.
- D. Rondom productie locaties zullen de levensomstandigheden moeten worden gegarandeerd, dus lokale emissies en andere belasting, binnen EU/NL aanvaardbare grenzen moeten zijn. Deze garantie zal ook inhouden dat (privaat) eigenaren van productie locaties de "Best Available Technology (BACT) en "beste werkwijzen" zullen toepassen.
- E. Geopolitieke aspecten moeten mee worden genomen in de plannen voor de toekomst, waarbij korte termijn voordelen (lage kosten Chinees staal) en klimaat doelstellingen (bijvoorbeeld relatief snelle vermindering CO<sub>2</sub>-uitstoot in Nederland), op een eerlijke manier moeten worden afgewogen van de nadelen (invloed en afhankelijkheid van grootmachten met eigen agenda, die zowel prijs als aanbod kunnen bepalen) en verplaatsing van productie uit Nederland naar een andere fabriek waar meer CO<sub>2</sub>-uitstoot per ton staal vrijkomt (negatief voor de energie transitie). De lessen van de Russisch gas dynamiek (2022-2025) en Iran (2026) moeten hierbij worden meegenomen.
- F. Maximalisering van hoogwaardige producten in Nederland, wat voor TSN en Nederland betekent dat gericht moet worden op innovatie en gebruikmaking van de huidige kennis in de staalverwerkende industrie om tot nieuwe duurzame en hoogwaardige producten te komen. Dit geeft naast economische en hoogwaardige arbeid voordelen, ook een betere uitgang positie bij geopolitieke uitdagingen en onderhandelingen (bijvoorbeeld voor sommige importtarieven werden uitzonderingen gemaakt, vanwege de kritische waarde van producten).
- G. Een sterke samenwerking is nodig tussen private partijen (deel/eigenaren), overheid, lokale gemeenschap en andere belanghebbenden (bijvoorbeeld defensie), waardoor een proactieve bestuursvorm nodig is en de belangen van alle partijen gewaarborgd kunnen worden o.a. door een sterke (onafhankelijk) en daadkrachtige inspectie organisatie.



wetenschappelijk  
bureau nsc



#### 1.4 Economische Activiteiten Nederland (EAS-NL) strategie

Om een analyse te maken over de toekomst van TSN met een staalfabriek in Nederland is het allereerst belangrijk te bepalen welke activiteiten strategisch voor Nederland zijn en of TSN hier binnen valt en dus moet blijven of niet. Om een goed kader te hebben voor langere termijn strategische industriële en economische activiteiten in Nederland is hier een opzet gemaakt voor een Economisch Activiteiten Strategie Nederland (*EAS-NL*), met de belangrijkste elementen die waarde (in de breedste zin des woords) voor Nederland hebben of ten koste van Nederlandse belangen gaan.

Waar de Industrie Politiek tot de jaren 1980 van belang werd gezien om belangrijke economische activiteiten te behouden, werd door o.a. het RVS schandaal deze politiek gezien als een belangrijke reden van overheidsgeld in onrendabele en niet cruciale industrie met overheidssteun ten onrechte te laten voortbestaan. Met de veranderde geopolitieke omstandigheden is er nu weer een vraag naar een duidelijker strategie waar ook autonomie als sterke pijler wordt meegenomen om op langere termijn welvaart voor Nederland zeker te stellen.

(ref:

<https://www.pa-academie.nl/industriepolitiek-is-terug-een-nieuwe-realiteit-voor-overheid-bedrijfs-leven-en-lobbyist/>)

Uitgangspunt voor de Economisch Activiteiten Strategie Nederland (*EAS-NL*) is dat er onderscheid wordt gemaakt tussen kritische en algemene producten en diensten, waarbij kritische producten en diensten essentieel zijn voor zowel de welvaart als het verdienen en onderhandel vermogen van Nederland, waarbij ook randvoorwaarden als gezondheid aspecten (klimaat en lokale emissies), gebruik van grondstoffen (bv water en duurzame energie) mee worden genomen. Voor algemene producten en diensten geldt dat deze relatief makkelijk beschikbaar zijn, of niet essentieel zijn voor de "eerste behoeften" om een gezonde economie en bevolking te bereiken, dus minder essentieel zijn om autonomie van NL/EU te waarborgen.

##### Criteria voor Economisch Activiteiten Strategie Nederland (EAS-NL)

Hieronder worden verschillende criteria genoemd die het kader moeten geven voor het toetsen van bestaande en toekomstige economische activiteiten. Eerst worden criteria voor groei van een sterk en welvarend Nederland genoemd, met erna criteria met negatieve effecten die moeten worden beheerd (bv randvoorwaarden voor gezondheid en beschikbaarheid).

##### 1.4.1 Autonomie

###### *Trend afgelopen decennia*

Afgelopen decennia hebben in het licht gestaan van het zo goedkoop mogelijk verkrijgen van producten en diensten om zodoende tegen de laagste prijs de hoogste welvaart in Nederland te kunnen verkrijgen. Globalisering en efficiency waren hierbij belangrijke uitgang punten, met ontwikkeling en productie op een plek waar dit kon worden gedaan tegen de laagste kosten.

In de wereld orde na de val van de muur en een meer open China (stabiliteit en globale economische samenwerking) en met opkomst van het internet waardoor "de wereld binnen handbereik" kwam, was dit een goede manier om een hoge welvaart te bereiken voor een groot deel van de Nederlandse bevolking.



Hiernaast werden Nederlandse bedrijven overgenomen door buitenlandse bedrijven (bijvoorbeeld Organon en energie bedrijven) en namen Nederlandse bedrijven buitenlandse bedrijven over (bijvoorbeeld Ahold en verschillende banken), waarbij wel het karakter van een Nederlands, soms familie bedrijf, overging naar een meer "global company" profiel. Ook binnen Nederland werden door velen de als "logge" openbare voorzieningen bedrijven (bijvoorbeeld nuts bedrijven en zorg instellingen) over geheveld naar "de markt" waar efficiency en concurrentie tot betere en beter betaalbare producten zouden leiden. Dit is in vele gevallen ook gebeurd en hebben we nu langere tijd de "gouden decennia" mee gerealiseerd.

#### *Nieuwe wereld orde*

Recente geopolitieke spanningen, handelspolitieke conflicten, oorlogslaten zien dat er een nieuwe geopolitieke werkelijkheid is ontstaan die kwetsbaarheden rond strategische afhankelijkheden heeft blootgelegd. Dit vraagt om een herbezinning van de huidige economische grondslag waarbij leveringszekerheid en zelfredzaamheid, zeker zo belangrijk is als puur de prijs van een artikel. Totale autonomie is niet mogelijk, maar is geen direct probleem als we kunnen onderhandelen omdat we zelf ook onmisbaar zijn (als Europese markt, of Nederlandse specifieke producten (b.v. ASML)). Hiernaast zou ook moeten worden meegenomen hoe geldstromen gaan en eigenaarschap/zeggenschap van bedrijven is, om zeker te stellen dat, in geval van crisis, Nederland wel gebruik kan blijven maken van de kritische producten en diensten en bv in geval van diensten de buitenlandse eigenaar de Nederlandse applicaties zouden kunnen afschakelen (email/internet applicaties, DigiD) of producten worden stopgezet (b.v. energie of defensie reserve onderdelen). Deze positie kan zelfs leiden tot het dreigen te stoppen door een buitenlandse partij of mogendheid, en dus als politieke wapen gebruikt om doelen te realiseren. Dit maakt dan de basis voor welvaart en onafhankelijk van Nederland erg/te smal.

Om dit te voorkomen moeten op risico gebaseerde beslissingen genomen worden over het strategisch belang, en is niet enkel prijs van een product of dienst leidend. Beter gezegd, de markt faalt wellicht in een deel van de kosten en baten van meer of minder strategische autonomie, goed weer te geven in de huidige prijs van producten of diensten. Het is aan de politiek om dat te corrigeren.

#### *Uitgangspunt voor autonomie en onmisbaarheid ("niet zelf op het menu staan")*

Als uitgang punten voor autonomie, zoals hierboven beschreven, worden de volgende aspecten gegeven:

- een overzicht van kritische producten en diensten is nodig om huidige activiteiten te kunnen rangschikken naar hun belang voor Nederland
- binnen de EU moeten productie locaties worden geïdentificeerd die de kritische producten maken. Voor belangrijke producten zoals specifieke strategische staal producten, zouden dit b.v. minimaal 3 locaties moeten zijn, om te voorkomen dat bij wegvallen (productie problemen, maar ook mogelijk sabotage) van een locatie er nog steeds voldoende aanvoer is om te voldoen aan de noodzakelijke vraag.
- Is aanvoer van grondstoffen en afvoer van producten gewaarborgd ook in crisis situaties (zowel vijandige acties (maar ook bv klimaat gerelateerde droogte of overstromingen)



- Voor meer kort houdbare en moeilijk transporteerbare producten moet dit regionaal worden getoetst (bv 500 km rondom NL voor noodzakelijke voedsel producten), en worden verkregen van bevriende en betrouwbare partners en landen.
- Is er zekerheid van aanvoer voor de benodigdheden om de producten of diensten te leveren (bv ertsen voor staal productie, servers en software toegang voor internet voorziening).
- Zijn de bedrijven die de producten en diensten leveren voldoende innovatief om waardevolle producten te blijven maken, zodat deze sterk kunnen bijdragen aan de Nederlandse en EU economie. Hierbij moet ook worden beseft dat sterke producten ook een positieve uitgang positie geven indien er moet worden onderhandeld over levering van strategische producten die nodig zijn en (nog) niet in NL/EU gemaakt worden.
- Is de levering van kritische producten en diensten gewaarborgd bij een publieke eigenaar (mogelijk niet onder Nederlands recht, of na overname in buitenlandse handen), waarbij helaas in de nieuwe geopolitiek geldt dat contracten en garanties beperkte bescherming geven.
- Als er veranderingen in het proces komen (bv groen staal) dan moet bovenstaande onderdeel zijn van de risico analyse en maatregelen om de productie van kritische producten en diensten te waarborgen?

#### **1.4.2 Defensie**

Naast de vraag of een product kritisch is voor de welvaart en daarmee veiligheid van NL/EU, is er met de Re-Arm Europe plannen ook een serieuze investering in defensie voorzien (800 miljard in komende jaren). Als voorbeeld, staal is een essentieel onderdeel van vrijwel alle defensie producten (munitie, voertuigen, schepen, vliegtuigen, gebouwen, maar ook bruggen die moeten worden versterkt). Gezien staal producten essentieel zijn voor defensie, dan draagt dit niet alleen bij aan de defensie/veiligheid van Nederland/EU, maar kan ook economisch sterk bijdragen aan de welvaart en het verdien vermogen van Nederland en de pijn van de extra defensie bijdrage (5% target) verlichten.

Hoewel Tata Steel Nederland op dit moment zelf nog geen staal produceert voor de Defensie-industrie, is het geen enorme uitdaging om dit wel te gaan doen . Echter, een veel belangrijker argument is dat wanneer je naar Europa als geheel kijkt en er een militaire crisis zou ontstaan en de vraag naar staal vanuit Defensie enorm toeneemt, beperkt dat het aanbod van staal voor andere economische doeleinden. Het behoudt van een staalfabriek als TSN die zich niet richt op de Defensie-industrie, kan in een tijd van militaire crisis alsnog een cruciaal onderdeel zijn van het aanbod van staal voor de gehele economie stabiel te houden.

#### **1.4.3 Waarde voor Nederland**

Nederland is een land waar zowel arbeid en energie relatief duur is, dus zou zich voornamelijk moeten richten op hoogwaardige producten en services, tenzij vanuit strategisch oogpunt gezien het een essentiële activiteit is (zoals autonomie of defensie).



Voor bestaande activiteiten is het belangrijk mee te nemen wat de gevolgen zijn voor Nederland (burgers, bedrijven, overheid) als de activiteit verdwijnt. Dat het bijvoorbeeld tot kapitaal vernietiging leidt en op langere termijn tot mogelijk een duurder prijs, meer afhankelijkheid, terwijl er ook moet worden gekeken of emissies niet worden ge-exporteert waardoor bijvoorbeeld met betrekking tot het klimaat het resulteert in meer CO<sub>2</sub>-emissies, echter nu buiten Nederland. Hierbij moet worden gerealiseerd dat ook afbraak en opbouw veel grondstoffen en energie kosten en dus extra o.a. CO<sub>2</sub>-uitstoot veroorzaakt.

Hierom is bij veranderingen van economische activiteiten (nieuw of stoppen) een analyse en afweging van winst of verlies van waarde voor Nederlandse maatschappij en burgers essentieel.

Hierbij kan aan de volgende aspecten worden gedacht:

1. Economische bijdrage; dus financiële waarde aan bruto nationaal inkomen, welke via BTW en andere belastingen bijdragen aan Nederland.
2. Werkgelegenheid; werk creëert direct waarde door zowel belasting inkomsten, welzijn van mensen en groei van potentieel (vooral bij scholing en hoogwaardige banen); aangezien er in tijden van economische hoogconjunctuur er een tekort aan werknemers kan zijn, moet er wel sprake van zijn van:
  - a. relatief veel hoogwaardige arbeid
  - b. bijdrage aan kennis in Nederland door scholing (kenniseconomie),
  - c. een goede balans met andere (meer praktische) arbeid, die aansluit bij het aanbod van arbeidskrachten op dit moment beschikbaar.
  - d. daar meer werkgelegenheid ook leidt tot potentieel meer bevolking, met serieuze uitdaging met huisvesting, zorg en voorzieningen, zal de groei zoveel mogelijk binnen het huidige aanbod en vraag van arbeid moeten gebeuren, met eventuele automatisering voor hogere efficiëntie.
3. Infrastructuur en energie; Als een bedrijf kan bijdragen aan de groei van Nederland door bijdrage aan infrastructuur en bijvoorbeeld bufferen van energie, dan ontlast dit mogelijk energie netwerken of kan met bijvoorbeeld een rest warmte net bijdragen aan opwarmen van wijken tegen lage (en voorspelbare kosten). Integratie en locatie van activiteiten is hierbij van groot belang mee te nemen in de analyse.
4. Sociale bijdrage aan omgeving: Bijdragen aan culturele activiteiten, lokale gemeenschappen, sportverenigingen, maar ook andere sociale aspecten zijn van belang voor Nederland en dragen daarom direct of indirect bij aan de welvaart en welzijn in Nederland. Hierbij waren enkele bedrijven ook leider in sociale netwerken en zorgden ze voor brede welvaart in wijken met daarmee geluk en veiligheid, bv Phillips wijken.

In sommige gevallen zal een analyse ook mee moeten nemen of als de activiteit in Nederland uitdagend is bijvoorbeeld door beschikbaarheid van duurzame energie, of er niet met directe buurlanden moet worden gekeken om de activiteit bijvoorbeeld over de grens met Duitsland te plaatsen, met de benodigde logistiek om het product wel in Nederland te waarborgen.



#### 1.4.4 Hoogwaardige producten en innovatiekracht

Zoals eerder genoemd zijn vooral bedrijven met hoogwaardige producten uitermate geschikt om in Nederland te worden gemaakt en gaan hoogwaardige producten vaak samen met sterke innovatie en vernieuwing. Deze innovatie is altijd de kracht van Nederland geweest en bedrijven die innovatief kunnen zijn, of bewezen hebben te zijn, zijn zeer belangrijk voor Nederland en het Nederlandse verdienvermogen. Vaak gaan innovatieve bedrijven gepaard met startups en andere initiatieven, waaruit nieuwe producten en diensten voortkomen, die sterk meewerken aan de waarde van Nederland en positie van Nederland in de wereld.

Voor nieuwe activiteiten in Nederland is het goed ook te kijken naar hoogwaardige activiteiten die in het verleden uit Nederland zijn vertrokken (bijvoorbeeld Organon na overname door een Amerikaans bedrijf), omdat met beperkte investeringen deze activiteiten weer terug kunnen worden gebracht. Dit omdat vaak kennis is achtergebleven bij werknemers die niet zijn vertrokken en zelfs soms nieuwe startups zijn begonnen.

Ook is het van belang te weten dat de sterkste innovatie vaak optreedt waar de totale waardeketen binnen 1 bedrijf of een regio te vinden is, inclusief afnemers. Hierom is het goed te kijken of bestaande activiteiten kunnen worden uitgebreid met aanverwante producten of eindproducten (als deze nog niet in Nederland worden gemaakt).

#### 1.4.5 Invloed op klimaat, milieu en publieke gezondheid

Met de klimaatdoelstellingen van Nederland en de EU, is het van belang om Nederlandse bedrijven te verduurzamen, of te verplaatsen, zeker als ze een belangrijke bijdrage aan klimaatverandering hebben.

Bij klimaatimpact moeten de bijdragen worden gerelateerd aan:

- Werkelijke absolute CO<sub>2</sub> equivalenten emissie van de productie, omdat dit aangeeft hoe wezenlijk een verlaging bijdraagt aan de Nederlandse doelstellingen.
- De relatieve CO<sub>2</sub> equivalenten emissie per product of dienst, omdat dit een maatstaf is voor waar het bedrijf staat ten opzichte van zijn concurrenten. Als het bedrijf bij de top van energiezuinige producenten behoort, zal het stoppen in Nederland niet leiden tot minder, maar mogelijk tot meer emissies, en wordt het einddoel (mondiaal klimaat produceren) enkel later bereikt (NIMBY “not in my back yard” of green washing).
- Bij het aangeven van prioriteit van economische activiteiten is het belangrijkste dat geld en prioriteit zou moeten gericht worden op maximale effect. In geval van economische activiteiten betekent dit dat het bevorderen (groeien) of juist afremmen of stoppen van een activiteit zou moeten worden gebaseerd op **de meeste vermindering van klimaat impact tegen de laagste kosten** (Maximaal CO<sub>2</sub> Reductie Effectiviteit (CO<sub>2</sub>-RE). Dit betekent de activiteit die bv 100 euro/ton CO<sub>2</sub> eq. verminderd kost beter is dan een andere activiteit of maatregel die 200 euro/ton CO<sub>2</sub> eq. verminderd kost. Je kan tenslotte met de eerste 2x zoveel verminderen voor het zelfde geld, dus meer effect op het klimaat hebben. Dit geld zowel voor of een activiteit in Nederland zou moeten plaatsvinden of worden uitgebreid, maar ook voor gebruik van duurzame energie! Duurzame energie is bv zeer effectief om voor warmte pompen te gebruiken, terwijl voor waterstof (voor energie opslag) dit factoren minder effectief is.



- Voor producten die hoog op de autonomie schaal staan maar wel veel klimaat gerelateerde uitstoot hebben, is het erg belangrijk te zoeken naar alternatieven voor de productie of producten en dit mee te nemen in het prioriteit geven aan een activiteiten (maar de alternatieven moeten ook langs de kaders van deze paragraaf worden geijkt).
- Lokale emissies dragen direct bij aan vermindering van welvaart, geluk en gezondheid. Het kader waarlangs een activiteit moet worden getoetst is hoever de uitvoering af ligt van "the best in class", en of het bedrijf actief zoekt naar oplossingen en verminderingen invloed op de omgeving. Mocht dit niet of traag gebeuren ten opzichte van andere vergelijkbare producenten, dan telt dit sterk mee in de beoordeling van de economische activiteit, maar moeten ook maatregelen worden genomen, en geborgd om in de toekomst wel "best in class" te worden (bijvoorbeeld door onafhankelijke metingen, dwangsommen of zelfs aansprakelijkheid stelling). Ook zal het bedrijf zelf moeten bijhouden of er andere spelers zijn met nieuwe "best practices" en deze met een plan te implementeren.
- Mocht er sprake zijn van onwettelijk (binnen Nederland of de Europese Unie) gebruik van producten of diensten van een economische activiteit, dan kan de activiteit niet blijven bestaan zonder een duidelijk plan om het binnen korte tijd binnen acceptabele grenzen te krijgen.

#### **1.4.6 Management en publieke opinie**

Direct van belang voor de waarde voor Nederland is de management cultuur in een bedrijf, daar dit staat voor visie en groei van het bedrijf, maar ook vooral bepaald of het een rolmodel is binnen de lokale en bredere invloedsfeer. Naast (financieel aandeelhouders) succes van het bedrijf, wordt dan ook naar de welvaart van werknemers, omgeving en bijdrage aan waarde voor Nederland gekeken en bedrijven die dit goed doen, zijn vaak zeer innovatief, bevorderen diversiteit, scoren hoog op veiligheid en bestaan vaak al langer (duurzaam bedrijf model). De stijl en waarde van management en bedrijfsvoering van een Nederlandse bedrijf kan worden getoetst aan de hand van de "Safety Culture Ladder", welke een begrip is binnen de industriële wereld. Binnen deze ladder zijn de treden:

1. Ontkennend (pathologisch); Weinig betrokkenheid van management, fouten en mogelijkheden worden genegeerd of gebagatelliseerd.
2. Reactief; Enige erkenning van problemen, maar vooral actie na problemen. Management reageert reactief
3. Berekenend; Systemen zijn ingevoerd en beslissingen worden genomen op basis van risico beheersing en Kosten besparing
4. Proactief; Systemen zijn ingevoerd, worden "geleefd" en er is een cultuur van innovatief denken over verbeteringen op gebied van veiligheid en impact, waarbij er open discussie is over risico's en incidenten
5. Vooruitstrevend; Veiligheid is een kernwaarde en wordt volledig omarmd door alle medewerkers. Innovaties op het gebied van veiligheid worden aangemoedigd en het bedrijf streeft naar excellentie op veiligheidsgebied.



Commerciële Activiteiten in Nederland die hoog in de Safety Culture Ladder zitten, hebben lange termijn grote waarde voor Nederland en voor het publiek belang en zouden hogere prioriteit moeten krijgen om in Nederland te blijven of te komen. De ladder wordt hier niet gebruikt als formele certificeringsscore, maar als hulpmiddel om de houding van management ten opzichte van veiligheid, gezondheid, leefomgeving en publieke verantwoordelijkheid te duiden.

## 1.5 Technische introductie

De technische kern van de verduurzaming van TSN is de overgang van een koolstofgedreven hoogovenroute naar een route waarin ijzererts wordt gereduceerd met gas of waterstof en vervolgens in een elektrische oven tot staal wordt verwerkt. In de huidige hoogovenroute vervult koolstof een dubbele functie: het levert warmte én verwijdert zuurstof uit ijzererts. Daardoor is het proces structureel verbonden met CO<sub>2</sub>-uitstoot. Verdere efficiëntieverbetering kan de uitstoot beperken, maar niet wegnemen.

De belangrijkste alternatieve route is Direct Reduced Iron in combinatie met een Electric Arc Furnace, oftewel DRI-EAF. Bij DRI wordt ijzererts niet gesmolten, maar in vaste vorm gereduceerd met een reductiegas. Dat reductiegas kan worden gemaakt uit aardgas, biomethaan, andere koolwaterstoffen of waterstof. Na de DRI-stap wordt het ijzer in een EAF gesmolten, eventueel samen met schroot. Daarmee verschuift de kern van staalproductie van kolen en kooks naar gas, elektriciteit, waterstof, schroot, HBI/DRI en mogelijk CCS.

De technische routekeuze is daarom geen detailvraag. Zij bepaalt hoeveel CO<sub>2</sub>-reductie mogelijk is, hoeveel elektriciteit en waterstof nodig zijn, hoeveel lokale emissies verdwijnen, welke grondstofafhankelijkheden ontstaan en of hoogwaardige staalproducten behouden kunnen blijven. De technische details, processchema's en scenario-aannames staan in Appendix 1; in de hoofdtekst worden alleen de gevolgen voor beleidskeuzes meegenomen. Hieronder volgt een begrippenlijst voor een aantal technische begrippen die veel terugkomen in dit rapport. Een volledige begrippenlijst is te vinden in Appendix 3.

<b>Begrip</b>	<b>Betekenis voor dit rapport</b>
BF-BOF	Huidige hoogoven- en zuurstofconverterroute; efficiënt maar structureel CO <sub>2</sub> -intensief door gebruik van koolstof
DRI	Direct gereduceerd ijzer; ijzererts wordt met gas of waterstof gereduceerd zonder hoogoven
EAF	Elektrische vlamboogoven; smelt DRI/HBI en/of schroot tot staal
HBI	Warm geperst DRI; geschikt voor transport en import als groene ijzerdrager
NG-DRI	DRI op aardgas; sneller en goedkoper dan H <sub>2</sub> -DRI, maar nog fossiel tenzij gecombineerd met CCS of later vervangen
H <sub>2</sub> -DRI	DRI op waterstof; eindbeeld voor zeer lage CO <sub>2</sub> -uitstoot, maar afhankelijk van grote hoeveelheden betaalbare groene waterstof

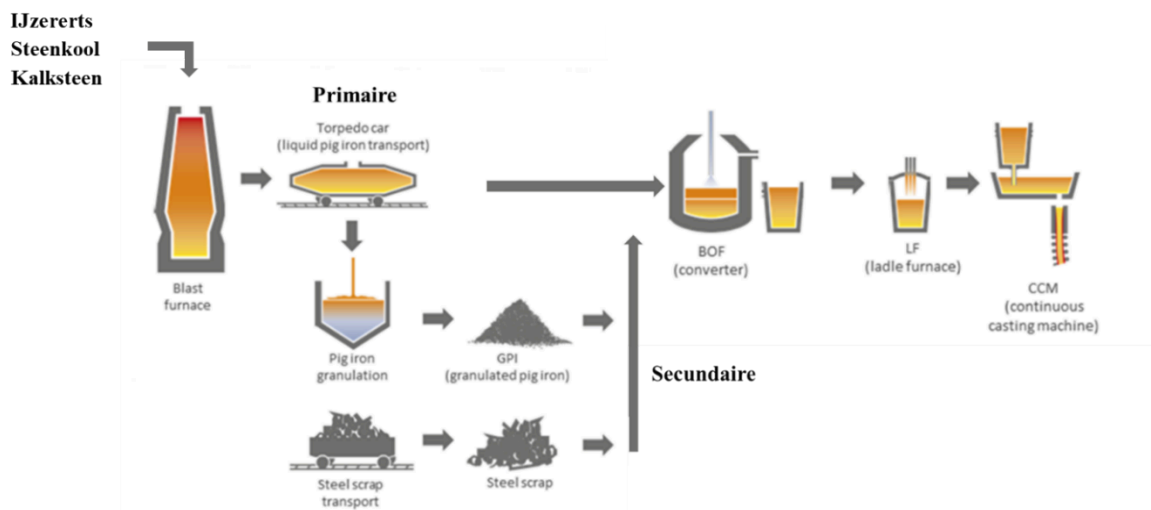


Begrip	Betekenis voor dit rapport
CCS	Afvang en opslag van CO <sub>2</sub> ; kan fossiele tussenroutes klimaatkundig verbeteren, maar vraagt infrastructuur en governance
Biomethaan	Hernieuwbaar gas dat technisch dicht bij aardgas ligt, maar waarvan beschikbaarheid, certificering en additionaliteit kritisch zijn
Pre-reformer	Technische optie om verschillende koolwaterstoffen stabiel om te zetten in geschikt reductiegas; relevant voor flexibiliteit en leveringszekerheid

### 1.5.1 Het huidige staalproces

Bij Tata Steel IJmuiden wordt staal geproduceerd via twee hoofdroutes: primaire staalproductie en secundaire staalproductie. Deze routes verschillen wezenlijk in grondstoffen, processtappen en energieverbruik.

#### Primaire staalproductie (Hoogovenroute)



Figuur 1 Conventioneel staalproductieproces

Bron UHT <https://uht.se/>

De primaire staalproductie start met ijzererts en steenkool en vindt plaats via de hoogovenroute. Het proces verloopt in hoofdlijnen als volgt:

Vorbewerking van grondstoffen



- a. IJzererts wordt gesinterd of gepelletiseerd.
- b. Steenkool wordt in cokesovens omgezet in cokes.
- c. Kalksteen wordt toegevoegd als flux.

## 2. Hoogovenproces

- a. In de hoogoven worden ijzererts, cokes en kalksteen van boven ingebracht.
- b. Hete lucht (en soms zuurstof en poederkool) wordt onderin ingeblazen.
- c. Cokes fungeert zowel als brandstof als reductiemiddel: IJzeroxiden worden gereduceerd tot vloeibaar ruwijzer ("pig" iron).
- d. Onzuiverheden vormen slak.

## 3. Staalbereiding

- a. Het ruwijzer gaat naar de zuurstofconvector "Basic Oxygen Furnace", BOF. Met zuivere zuurstof wordt het koolstofgehalte verlaagd en worden onzuiverheden geoxideerd.
- b. Het resultaat is vloeibaar staal met de gewenste samenstelling.

Deze route is zeer energie-intensief en verantwoordelijk voor het grootste deel van de CO<sub>2</sub>-emissies, omdat koolstof als chemisch reductiemiddel wordt gebruikt.

### Secundaire staalproductie (schrootroute)

De secundaire staalproductie, of schrootroute, is aanzienlijk korter dan de primaire route.

Bij deze route wordt staalschroot als grondstof ingezet. Bij TSN maakt schroot al deel uit van het huidige geïntegreerde staalproces. Op dit moment bedraagt het aandeel schroot ongeveer 15-25% van de staalproductmix<sup>1</sup>.

Het schroot wordt gemengd met heet ruwijzer uit de hoogovens. Daardoor koelt het hete metaal af en is in het BOF-proces minder extra energie nodig. Het mengsel wordt vervolgens verwerkt tot staalblokken en daarna verder bewerkt tot eindproducten. Zo daalt het energieverbruik en neemt ook de CO<sub>2</sub>-uitstoot per ton staal af.

Het aandeel schroot is echter niet onbeperkt te verhogen. Het schroot moet volledig smelten in de convector. Bij een te grote toevoer van koud schroot is onvoldoende warmte beschikbaar om het proces stabiel te houden. Daarom blijft het schrootaandeel in een conventionele hoogovenroute met BOF beperkt.

Een alternatief voor de verwerking van schroot is inzet van elektrische vlamboogovens, oftewel Electric Arc Furnaces (EAF's). In appendix 1 wordt deze technologie verder toegelicht.

De staalproductie bij TSN is in de huidige situatie gebaseerd op de primaire hoogovenroute in combinatie met het BOF-proces. Deze productieroute brengt aanzienlijke milieuproblemen en technische uitdagingen met zich mee.



## Uitdagingen

De belangrijkste milieuaspecten van het staalproductieproces via de hoogoven/BOF-route zijn de aanzienlijke CO<sub>2</sub>-emissies, die ontstaan doordat koolstof in het ruwijzer wordt geoxideerd tot CO en CO<sub>2</sub>, waarbij het grootste deel van de CO<sub>2</sub> al in de hoogoven en kooksfabriek wordt gevormd.

Per ton staal wordt typisch 1,8 tot 2,2 ton CO<sub>2</sub> uitgestoten. Daarnaast is luchtverontreiniging een belangrijk punt van aandacht, aangezien afvalgassen CO, CO<sub>2</sub>, stof, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> en sporen van zware metalen zoals zink en lood kunnen bevatten; fijnstof en metaaloxiden moeten daarom met gasreiniging worden afgevangen.

Ook slak en vaste reststoffen vragen om aandacht: convertorslak bevat verbindingen als CaO, FeO, MgO en oxiden van fosfor en mangaan, waarvan hergebruik mogelijk is (bijvoorbeeld in cement of wegenbouw), maar uitloging van zware metalen kan een probleem vormen.

Het proces vergt bovendien grote hoeveelheden koel- en waswater, dat vervuild kan raken met olie, zwevende stoffen, ammoniak, cyaniden en metalen.

Tot slot veroorzaken het zuurstofblazen en de gasafvoer hoge geluidsniveaus en een aanzienlijke warmtestraling.

Samengevat is de milieubelasting van de BOF-route groot door CO<sub>2</sub>-uitstoot, luchtverontreiniging, slakvorming en watergebruik. De centrale opgave voor de toekomst is de overgang naar een staalproductieroute met een lage of vrijwel nul CO<sub>2</sub>-uitstoot, zonder dat dit ten koste gaat van kwaliteit, capaciteit en kosten.

Binnen de energietransitie verschuift de aandacht daarom steeds meer naar alternatieven zoals directe reductie met waterstof of aardgas (DRI), al dan niet gecombineerd met secundaire staalproductie via schroot in EAF-installaties.

### 1.5.2 Transitie naar groen staalproces bij de hoogovens in IJmuiden

Bij Tata Steel IJmuiden wordt gewerkt aan een overgang van de traditionele hoogovenroute naar een groener staalproces. In deze nieuwe opzet worden de hoogovens en een deel van de kooksen gasfabrieken vervangen door DRI-installaties en EAF. Tata Steel beschouwt dit als de kern van het Groen Staal-plan voor IJmuiden.

DRI staat voor Direct Reduced Iron. In een DRI-installatie wordt ijzererts niet, zoals in een hoogoven, gesmolten, maar direct gereduceerd tot vast sponsijzer. Voor dit proces zijn geen kolen nodig voor de productie van reductiegas. In plaats daarvan kan de installatie werken op aardgas, waterstof (H<sub>2</sub>) of een combinatie van beide. In de eerste fase ligt aardgas het meest voor de hand, omdat groene waterstof voorlopig nog niet in voldoende hoeveelheden en tegen aanvaardbare kosten beschikbaar is. Aardgas leidt al tot minder CO<sub>2</sub>-uitstoot dan steenkool, maar is nog niet klimaatneutraal.

Op langere termijn kan aardgas geleidelijk worden vervangen door groene waterstof. Net als koolstof kan waterstof zuurstof uit ijzererts verwijderen. Het belangrijkste verschil is dat daarbij vooral waterdamp ontstaat in plaats van CO<sub>2</sub>. Daardoor kan de uitstoot van het staalproces sterk afnemen, vooral wanneer de waterstof met duurzame elektriciteit wordt geproduceerd. De



gekozen DRI-technologie is daarom waterstof-ready: dezelfde installatie kan eerst op aardgas draaien en later overstappen op waterstof zodra die voldoende beschikbaar is.

Na de DRI-stap wordt het sponsijzer verwerkt in een EAF, oftewel een elektrische vlamboogoven. In deze oven wordt het ijzer met elektriciteit gesmolten tot vloeibaar staal. Daarbij kan ook schroot worden toegevoegd. De EAF neemt daarmee een belangrijk deel over van het werk dat nu nog in de hoogoven en staalfabriek plaatsvindt. Hoe duurzaam deze processtap is, hangt sterk af van de herkomst van de gebruikte elektriciteit. Met groene stroom neemt de CO<sub>2</sub>-uitstoot verder af.

Samengevat betekent het groene staalproces in IJmuiden een overgang van kolengebaseerde hoogovens naar DRI op aardgas en later waterstof, gecombineerd met een EAF. Zo kan de staalproductie stap voor stap worden verduurzaamd, terwijl Tata Steel in IJmuiden actief blijft. Volgens Tata Steel moet deze omschakeling in de eerste grote fase leiden tot een CO<sub>2</sub>-reductie van ruim 40%.

In appendix 1 worden de groene staalprocessen uitvoeriger besproken.

## 1.6 CO<sub>2</sub>-RE

Voor dit rapport is niet alleen de absolute CO<sub>2</sub>-reductie relevant, maar ook de CO<sub>2</sub>-reductie-effectiviteit (CO<sub>2</sub>-RE): hoeveel emissiereductie wordt bereikt per euro, per eenheid duurzame elektriciteit, per kilogram waterstof en per ton strategisch behouden staalproduct. Een route die op papier klimaatneutraal is maar extreem veel groene stroom of waterstof vraagt, kan maatschappelijk minder aantrekkelijk zijn dan een tussenroute die sneller grote reducties oplevert met minder beslag op schaarse energie-infrastructuur. Daarom worden de routes in hoofdstuk 3 en 4 niet alleen beoordeeld op eindbeeld, maar ook op tempo, energieclaim, uitvoerbaarheid en productbehoud.



## 2. Is staalproductie bij TSN nodig voor Nederland en de EU?

Dit hoofdstuk probeert bovenstaande vraag te beantwoorden door eerst een schets te maken van de Europese staalmarkt, vervolgens een profiel neer te zetten hoe TSN zich verhoudt tot deze markt. Dit omvat ook een onderdeel omtrent de productportfolio van TSN. Als laatste toetst dit hoofdstuk TSN aan de eerder gedefinieerde EAS-NL-criteria.

### 2.1 EU staalmarkt en productie

De Europese staalmarkt bevindt zich op een kantelpunt. Staal blijft een basismateriaal voor bouw, mobiliteit, energie-infrastructuur, maakindustrie, verpakkingen en defensie, maar de productie ervan staat onder druk door klimaatbeleid, lokale gezondheidsnormen, energieprijzen, geopolitieke spanningen en wereldwijde overcapaciteit. Rabobank typeert staal als essentieel materiaal voor economie en energietransitie, maar benadrukt tegelijk dat staalproductie vervuילend is, een significant aandeel heeft in mondiale CO<sub>2</sub>-uitstoot, en dat de belangen rondom staalproductie ook geopolitiek van aard zijn. Volgens Rabobank zoeken overheden daarom naar een balans tussen normeren, beprijzen, subsidiëren en het behoud van groen staal in eigen land.<sup>1</sup>

Binnen de EU27 bestaat volgens Rabobank ongeveer 60% van de staalproductie uit primair staal, gemaakt uit ijzererts, en ongeveer 40% uit secundair staal, gemaakt door schroot te recyclen. De verduurzamingsopgave ligt vooral bij primair staal, omdat daarbij door het gebruik van kolen de grootste uitstoot ontstaat. Rabobank stelt bovendien dat de EU27 sinds 2016 meer staal importeert dan exporteert. In combinatie met een redelijk gelijkblijvende consumptie betekent dit dat Europese staalproducenten marktaandeel verliezen. Duitsland en Italië zijn de grootste staalproducenten van de EU; Nederland heeft volgens Rabobank met circa 7 van de 138 Mton staalproductie in 2022 een aandeel van ongeveer 5% binnen de Europese staalproductie.<sup>2</sup>

Voor Nederland en Europa is daarom niet alleen de vraag hoeveel staal wordt geproduceerd, maar vooral welk type staal wordt geproduceerd, waar in de keten waarde wordt toegevoegd, en hoe robuust de aanvoerketens zijn. TSN produceert volgens de Joint Letter of Intent (JLoI) jaarlijks gemiddeld circa 6–7 Mton staal. De JLoI stelt dat dit ongeveer overeenkomt met de Nederlandse staalconsumptie, genoemd als circa 5,6 Mton in 2023. Dezelfde JLoI typeert TSN als producent van hoogwaardig staal voor onder meer automotive, maakindustrie, verpakkingen en bouw.<sup>3</sup>

Tegelijkertijd erkent de JLoI dat TSN de grootste industriële broeikasgasuitstoter van Nederland is, met maximale emissies van 12,6 Mton CO<sub>2</sub> per jaar, en de grootste individuele NO<sub>x</sub>-uitstoter. Ook erkent de JLoI dat emissies die samenhangen met staalproductie, zoals fijnstof, negatieve impact hebben op het milieu en gezondheidsrisico's voor omwonenden kunnen opleveren. De maatwerkeraanpak met TSN heeft daarom twee doelen: vermindering van de impact op de lokale leefomgeving en gezondheidsrisico's, en significante CO<sub>2</sub>-reductie op korte en langere termijn.<sup>4</sup>

De staalmarkt waarin TSN opereert is nadrukkelijk Europees. CE Delft beschrijft dat Tata Steel IJmuiden niet alleen voor de Nederlandse markt produceert en dat Nederland ook niet uitsluitend nationaal geproduceerd staal gebruikt. Volgens CE Delft blijft zeker driekwart van de Nederlandse staalproductie binnen Europa, terwijl Nederland driekwart van zijn basismetalen en metaalproducten uit Europa haalt. Daarmee moet de toekomst van TSN worden beoordeeld binnen de Noordwest-Europese staalmarkt, niet alleen binnen de Nederlandse landsgrenzen.<sup>5</sup>



Binnen die Europese markt levert TSN volgens CE Delft aan vier grote productgroepen: auto-industrie, bouw, verpakkingen en overige industriële producten. CE Delft noemt daarbij aandelen van respectievelijk 32% voor auto-industrie, 22% voor bouw, 13% voor verpakkingen en 32% voor overige industriële producten. Vooral voor de auto-industrie en verpakkingen is volgens CE Delft hoogwaardig staal nodig; voor de bouw gaat het relatief vaker om laagwaardiger staal.<sup>6</sup>

Dit onderscheid is essentieel voor dit rapport: de strategische waarde van TSN zit niet alleen in tonnage, maar mogelijk vooral in hoogwaardige platte staalproducten, kwaliteitscontrole, wals- en coatingcapaciteit en kennis van specifieke toepassingen. Een concreet voorbeeld daarvan is staal voor elektrische voertuigen en batterijen. TSN vermeldt in zijn eigen productinformatie dat het staal produceert voor batterijen en e-motoren, en stelt daarbij dat het de enige leverancier in Europa is die dit volledige pakket aanbiedt. Daarnaast biedt TSN onder de merknaam HILUMIN® elektrolytisch nikkelgeplateerd, diffusiegegloeid staalband voor batterijtoepassingen, waaronder cilindrische batterijcellen voor elektrische voertuigen. Deze bedrijfsclaim moet later productspecifiek worden getoetst, maar zij onderstreept waarom het productportfolio van TSN niet alleen op volume, maar ook op strategische toepassing moet worden beoordeeld.<sup>7</sup>

De Europese staalvraag lijkt niet structureel te verdwijnen. CE Delft verwijst naar een verwachte stijging van de staalvraag in Europa en Nederland van maximaal 20% tot 2040, maar plaatst daarbij dat beleidskeuzes, prijsontwikkelingen, verduurzaming van bouw en auto-industrie en externe marktontwikkelingen deze prognose kunnen beïnvloeden. CE Delft benadrukt daarnaast dat verduurzamingsplannen bij TSN invloed kunnen hebben op de soorten staal die TSN kan produceren en op de productiekosten.<sup>8</sup>

Ook andere staalproducenten in Noordwest-Europa werken aan verduurzamingsplannen. CE Delft constateert dat in heel Europa verduurzamingsplannen voor de staalindustrie zijn gemaakt en dat daaraan subsidies en staatssteun zijn verbonden. Tot mei 2024 was volgens CE Delft €9,5 miljard subsidie toegezegd in Noordwest-Europa. Voor TSN wordt eveneens gewerkt aan verduurzamingsplannen, maar CE Delft merkt op dat deze plannen op het moment van publicatie nog niet definitief waren en dat er nog geen toezegging voor staatssteun was.<sup>9</sup>

Blom en Wijers plaatsen deze ontwikkeling in een bredere Europese concurrentiecontext. Zij verwachten dat de bestaande staalproductie in Europa richting 2030 met 10% tot 30% kan afnemen door een verslechterende concurrentiepositie van Europese staalproducten. Die trend wordt volgens hen veroorzaakt door dalende export vanwege toekomstige hoge CO<sub>2</sub>-kosten, toenemende import door groeiende mondiale productiecapaciteit, en nieuwe groene producenten die profiteren van lagere energieprijzen. Tegelijk stellen Blom en Wijers dat TSN, mede door de strategische ligging, in de positie is om in de toekomst te blijven concurreren met andere Europese staalproducenten. De zeehaven, geïntegreerde site en lokale pelletproductie bieden operationele voordelen ten opzichte van Europese concurrenten.<sup>10</sup>

Deze economische druk moet niet uitsluitend als normale marktuitskomst worden geïnterpreteerd. De mondiale staalmarkt wordt mede gevormd door staatssteun, energieprijverschillen, overcapaciteit, handelsbeleid en geopolitieke machtsverhoudingen. Goedkoop staal uit China of andere derde landen kan voor Europese afnemers op korte termijn aantrekkelijk zijn, maar vergroot bij strategische toepassingen het risico op afhankelijkheid van landen waarvan de belangen niet altijd samenvallen met die van Nederland en de EU.

Daarom is prijs alleen geen voldoende criterium voor de beoordeling van Europese staalproductie. Voor generieke staalproducten kan import in normale marktomstandigheden rationeel zijn. Voor hoogwaardige, kritische of moeilijk vervangbare staalproducten moeten



daarnaast leveringszekerheid, eigenaarschap, geopolitieke afhankelijkheid, crisisbestendigheid en Europese productiecapaciteit worden meegewogen. De geschiedenis van de Europese Gemeenschap voor Kolen en Staal laat zien dat staal in Europa nooit alleen een handelswaar is geweest, maar ook een strategische basis voor wederopbouw, vrede, economische macht en politieke autonomie.

Voor dit rapport betekent dit dat de Europese staalmarkt niet alleen moet worden beoordeeld op kostprijs, maar ook op de vraag welke staalcapaciteit Europa minimaal zelf wil behouden. Daarbij gaat het niet noodzakelijk om elke ton staal, maar vooral om productcategorieën die essentieel zijn voor defensie, energie-infrastructuur, voedselketens, mobiliteit, elektrificatie, hoogwaardige maakindustrie en strategische onderhandelingspositie.

De economische en strategische waarde van Europese staalproductie kan echter niet los worden gezien van publieke kosten, energiebeleid en marktordening. Blom en Wijers stellen dat duurzame staalproductie in Nederland alleen tot stand zal komen met staatssteun, net zoals in andere EU-landen, en met actief energiebeleid. Volgens hen is TSN's toekomst sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van relatief goedkope groene energie. Nederland kan daarin alleen een voordeel houden als het actief stuurt op hernieuwbare opwek, flexibilisering van vraag en aanbod, netwerkkosten en een gelijk speelveld met buurlanden.<sup>11</sup>

Deze afhankelijkheid van energie en nieuwe grondstoffen geldt breder voor groen staal. Rabobank beschrijft dat de Europese staalindustrie grotendeels inzet op DRP-EAF-routes en groene waterstof, maar wijst tegelijk op twee bottlenecks. Ten eerste is de beschikbaarheid van DRI-grade ijzererts beperkt: volgens Rabobank is op dit moment slechts 3–4% van alle verscheepte ijzererts van deze kwaliteit, terwijl aangekondigde DRI-EAF-projecten richting 2030 een vraag creëren die ruim twee keer groter kan zijn dan de verwachte aanbodgroei. Ten tweede is groene waterstof nog onvoldoende beschikbaar en moet de markt sterk opschalen voor 2030.<sup>12</sup>

Daarbij is schroot belangrijk, maar geen volledige oplossing voor alle hoogwaardige staalproducten. Rabobank stelt dat secundaire staalproductie via EAF's een lagere CO<sub>2</sub>-voetafdruk heeft dan primaire staalproductie, maar dat opschaling wordt begrensd door twee factoren: de totale beschikbaarheid van schroot is kleiner dan de totale vraag naar staal, en het beschikbare end-of-life-schroot is vaak onvoldoende zuiver voor hoogwaardige toepassingen. Voor volledig circulair hoogwaardig staal is zuiver schroot met goed bekende chemische samenstelling nodig, maar dat ontstaat vooral bij staalfabrieken zelf en directe afnemers van primair staal; de beschikbaarheid daarvan is beperkt.<sup>13</sup>

Rystad Energy trekt dezelfde hoofdconclusie vanuit markt- en kostenperspectief. Volgens Rystad kunnen EAF's op groene elektriciteit de behoefte aan DRI verminderen, maar blijft DRI of pig iron nodig wanneer schrootaanbod beperkt is of wanneer afnemers lage toleranties hebben voor residuen, zoals koper in oud schroot. Rystad stelt daarnaast dat import van DRI/HBI uit landen met lagere energie- of waterstofkosten, zoals Oman of Australië, kosten kan verlagen, maar ook afhankelijkheden en transport- en geopolitieke risico's introduceert.<sup>14</sup>

Rystad wijst ook op het kostenverschil tussen verschillende verduurzamingsroutes. NG-DRI is volgens Rystad de goedkoopste DRI-optie, maar reduceert emissies met ongeveer 50%. Groene waterstof kan de emissies met meer dan 90% reduceren, maar is volgens Rystad nog ongeveer 50% duurder dan NG-DRI, ondanks verwachte kostendalingen richting het einde van het decennium. Voor de leesbaarheid van dit rapport is daarbij van belang dat deze Rystad-vergelijking ziet op NG-DRI zonder volledige CO<sub>2</sub>-afvang; DRI op aardgas met CCS moet afzonderlijk worden beoordeeld.<sup>15</sup>



De Europese staalmarkt wordt bovendien sterk beïnvloed door ETS, CBAM en importdruk. Follow the Money beschrijft op basis van een gelekte bestuursnotitie dat TSN tussen 2024 en 2030 mogelijk €685 miljoen extra kwijt is aan CO<sub>2</sub>-uitstootrechten, mede doordat het bedrijf minder gratis ETS-rechten ontvangt. De bron wijst daarnaast op wereldwijde overproductie van staal, hoge energieprijzen en goedkope import van staal uit landen buiten de EU die niet onder het Europese ETS vallen.<sup>16</sup>

Deze journalistieke bron moet voorzichtig worden gebruikt, omdat zij mede steunt op een gelekt intern document. Toch is de beleidsmatige relevantie groot: CO<sub>2</sub>-beprijzing is geen abstract instrument, maar raakt direct aan de financiële houdbaarheid van Europese staalproductie. Als Europese producenten stijgende CO<sub>2</sub>-kosten dragen, terwijl concurrenten buiten de EU die kosten niet of minder dragen, ontstaat druk op export, marktaandeel en investeringsvermogen. CBAM is bedoeld om een deel van dit verschil te corrigeren, maar lost niet automatisch alle problemen op, bijvoorbeeld wanneer staal buiten de EU wordt verwerkt in producten die niet of slechts gedeeltelijk onder CBAM vallen.<sup>17</sup>

De strategische relevantie van staal wordt versterkt door defensie en geopolitiek. Rabobank stelt dat door corona, oorlog en geopolitieke spanningen de kwetsbaarheid van internationale handelsketens zichtbaarder is geworden, en dat de oorlog in Oekraïne het denken over defensie en de opbouw van militair materieel heeft veranderd. Voor militaire toepassingen is staal nodig. Dit betekent niet automatisch dat TSN defensiekritisch is, maar het maakt wel duidelijk dat staalproductie niet alleen een marktactiviteit is, maar ook onderdeel kan zijn van bredere Europese weerbaarheid.<sup>18</sup>

HCSS onderbouwt deze bredere defensierelevantie op materiaalniveau. Het rapport \*Strategic raw materials for defence\* laat zien dat Europese defensietoepassingen afhankelijk zijn van een breed spectrum aan kritieke en strategische materialen. In de risicomatrix voor de maritieme sector komt iron/steel terug als materiaal in onder meer rompen, naval guns en andere onderdelen van marineschepen; in de landdomeinanalyse komt iron/steel terug in onder meer tanks, infantry fighting vehicles, artillery, ammunition en assault rifles. HCSS toont daarmee dat staal en staalgerelateerde materialen defensierelevant zijn, zonder daarmee te bewijzen dat TSN nu specifieke defensiekritische producten levert.<sup>19</sup>

De marktcontext moet daarom worden verbonden met een bredere Economische Activiteiten Strategie. DenkWerk stelt in \*Nederland in beweging\* dat voor niet-plaatsgebonden economische activiteiten ten minste de discussie moet worden gevoerd of zij in Nederland passen. Activiteiten met hoge toegevoegde waarde en lage externe kosten verdienen behoud en uitbouw; activiteiten met lage toegevoegde waarde en hoge externe kosten moeten worden afgeschaald of radicaal verduurzaamd. DenkWerk noemt staalproductie bij TSN expliciet als niet-plaatsgebonden activiteit met hoge externe kosten door uitstoot en gezondheidsrisico's voor omwonenden, die daarom moet worden afgeschaald en/of radicaal verduurzaamd.<sup>20</sup>

Deze redenering sluit aan bij de externe-kostenanalyse van CE Delft. CE Delft schat de huidige externe schade door luchtvervuiling rond TSN op circa €400 miljoen per jaar, waarvan ongeveer 85% gezondheidsschade. Daarnaast berekent CE Delft dat TSN per ton staal circa €58 externe schade veroorzaakt aan gezondheid, milieu en gebouwde omgeving. Dit betekent dat de waarde van staalproductie niet alleen in termen van banen, productievolume of export moet worden beoordeeld, maar ook in termen van externe kosten en publieke randvoorwaarden.<sup>21</sup>

Ook Urgenda benadrukt de schaal van de klimaat- en milieulast. De Urgenda-factsheet noemt Tata Steel de grootste CO<sub>2</sub>-uitstoter van Nederland en stelt dat het hoogovencomplex in 2021 verantwoordelijk was voor 11,6 Mton CO<sub>2</sub>, inclusief de Vattenfall-centrales die restgassen van



het hoogovencomplex gebruiken. Urgenda stelt verder dat TSN volgens het eigen duurzaamheidsverslag verantwoordelijk was voor 8% van de totale Nederlandse CO<sub>2</sub>-uitstoot en ongeveer 20% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de Nederlandse industrie.<sup>22</sup>

Roland Berger laat zien dat verduurzaming technisch mogelijk is, maar systeemvoorwaarden vereist. In de haalbaarheidsstudie wordt DRI-technologie gepresenteerd als vervanging van hoogovens, waarbij ijzererts direct wordt gereduceerd met aardgas, groen gas of waterstof. Volgens Roland Berger kan DRI-technologie staal van hoge kwaliteit produceren, schrootgebruik mogelijk maken en de CO<sub>2</sub>-uitstoot fors verlagen wanneer groene elektriciteit en waterstof worden gebruikt. Tegelijk wordt duidelijk dat dit grote veranderingen vraagt in technologie, infrastructuur en energievoorziening.<sup>23</sup>

De JLoI vertaalt deze algemene transitieopgave inmiddels naar concrete doelen. De JLoI beoogt dat TSN's jaarlijkse scope 1 CO<sub>2</sub>-emissies in 2030 met 5,4 Mta dalen ten opzichte van maximaal 12,6 Mta door DRP-EAF op aardgas, daarna met 0,6 Mta in 2032 door CCS, en vervolgens met 1,2 Mta tussen 2032 en 2037 door vervanging van aardgas door biomethaan en/of waterstof. Daarmee zou de uitstoot dalen naar maximaal 7,2 Mta vanaf 2030, 6,6 Mta vanaf 2032 en 5,4 Mta vanaf 2032–2037. Het langetermijndoel is klimaatneutraliteit uiterlijk in 2045.<sup>24</sup>

Voor de Europese staalmarkt leidt dit tot een kernspanning. Enerzijds is staalproductie strategisch relevant voor economie, energietransitie, maakindustrie, elektrificatie en mogelijk defensie. Anderzijds is de huidige staalproductie bij TSN een grote bron van CO<sub>2</sub>-uitstoot, lokale luchtvervuiling, gezondheidslasten en publieke controverse. De vraag is daarom niet of staal in abstracte zin belangrijk is, maar welke staalcapaciteit, welke productlijnen en welke productiefasen Nederland en Europa strategisch willen behouden, onder welke klimaat- en gezondheidsvoorwaarden, en tegen welke publieke kosten.

Voor dit rapport volgen uit de EU-staalmarkt drie conclusies. Ten eerste moet TSN niet worden beoordeeld op basis van nationaal staalvolume alleen, maar op haar positie binnen de Europese markt voor hoogwaardige staalproducten. Ten tweede moet elke verduurzamingsroute worden getoetst op gevolgen voor productportfolio, HBI-/schrootafhankelijkheid, CO<sub>2</sub>-reductie, lokale gezondheid, kostprijs en leveringszekerheid. Ten derde kan publieke steun alleen worden overwogen als onderdeel van een bredere Europese staalstrategie, met aandacht voor ETS, CBAM, vraag naar groen staal, energie-infrastructuur, strategische autonomie en publieke borging.

Het voorlopige antwoord van deze marktcontext is dus niet dat elke ton TSN-staal vanzelf strategisch is. Het voorlopige antwoord is dat TSN alleen strategisch behoudenswaardig is voor zover zij bijdraagt aan hoogwaardige, moeilijk vervangbare en toekomstbestendige staalcapaciteit binnen Europa, onder harde voorwaarden voor klimaat, lokale gezondheid, publieke waarde en bestuurlijke borging.

1. Rabobank/RaboResearch, \*De weg naar groen staal – deel 2: Het speelveld van belangen en beleid\*, 2024, p. 1.

2. Rabobank/RaboResearch, \*De weg naar groen staal – deel 2\*, p. 1–2.

3. Staat der Nederlanden, Provincie Noord-Holland, Tata Steel Nederland B.V. en Tata Steel Limited, \*Joint Letter of Intent Tata Steel\*, 2025, p. 2.

4. Staat der Nederlanden e.a., \*Joint Letter of Intent Tata Steel\*, p. 2.



5. CE Delft, \*Analyse toekomstplannen Tata Steel\*, 2024, p. 20.
6. CE Delft, \*Analyse toekomstplannen Tata Steel\*, p. 20.
7. Tata Steel Nederland, \*Automotive\*, productinformatie, geraadpleegd 13 mei 2026; Tata Steel Nederland, \*HILUMIN@\*, productinformatie, geraadpleegd 13 mei 2026; Tata Steel Nederland, \*Electro-plated steel\*, productinformatie, geraadpleegd 13 mei 2026. Zie ook: Tata Steel Nederland, \*Energy storage – Optimising battery cells\*, productinformatie, geraadpleegd 13 mei 2026. ([Tata Steel Nederland][1])
8. CE Delft, \*Analyse toekomstplannen Tata Steel\*, p. 20.
9. CE Delft, \*Analyse toekomstplannen Tata Steel\*, p. 4.
10. Blom & Wijers, \*Hoe Tata Steel Nederland te verduurzamen?\*, 2024, p. 8–9.
11. Blom & Wijers, \*Hoe Tata Steel Nederland te verduurzamen?\*, p. 12–13.
12. Rabobank/RaboResearch, \*De weg naar groen staal – deel 3: Het antwoord van de industrie\*, 2024, p. 5–6.
13. Rabobank/RaboResearch, \*De weg naar groen staal – deel 1: Hoe wordt staal gemaakt?\*, 2024, p. 5–6.
14. Rystad Energy, \*European steel mills waver on decarbonization despite promise of public funding\*, 2 mei 2024, z.p.
15. Rystad Energy, \*European steel mills waver\*, z.p.
16. Follow the Money, \*Gelekt document: Tata Steel moet 685 miljoen euro ophoesten vanwege trage verduurzaming\*, 2025, p. 1–3.
17. Follow the Money, \*Gelekt document\*, p. 3–5.
18. Rabobank/RaboResearch, \*De weg naar groen staal – deel 2\*, p. 3.
19. Girardi, B., Patrahau, I., Cisco, G. & Rademaker, M., \*Strategic raw materials for defence: Mapping European industry needs\*, The Hague Centre for Strategic Studies, 2023, p. 21–27.
20. DenkWerk, \*Nederland in beweging\*, 2023, p. 28.
21. CE Delft, \*Analyse toekomstplannen Tata Steel\*, p. 25 en p. 35–36.
22. Urgenda, \*Factsheet Emissies en verbruik Tata Steel\*, laatste update 12 april 2023, p. 1–2.
23. Roland Berger, \*Haalbaarheidsstudie klimaatneutrale paden TSN IJmuiden\*, 2021, p. 6–7.
24. Staat der Nederlanden e.a., \*Joint Letter of Intent Tata Steel\*, p. 10.

## 2.2 Positie TSN ten opzichte van andere productie locaties

De positie van Tata Steel Nederland moet niet alleen worden beoordeeld op de huidige productieomvang, maar vooral op de vraag of IJmuiden binnen de Europese staalmarkt een logische locatie is voor behoud en verduurzaming van hoogwaardige staalproductie. Daarbij zijn vier factoren bepalend: de fysieke ligging, de bestaande industriële integratie, de nabijheid van energie-infrastructuur en afzetmarkten, en de maatschappelijke inpasbaarheid in een dichtbevolkte regio.

Blom en Wijers stellen dat TSN door zijn ligging in potentie een sterke concurrentiepositie heeft als producent van groen staal binnen Europa. IJmuiden ligt aan zee, beschikt over directe



toegang tot een diepzeehaven, heeft een geïntegreerde industriële site en ligt relatief dicht bij potentiële aanlanding van wind op zee. Daarnaast heeft TSN een eigen pelletfabriek en een korte keten naar belangrijke afzetmarkten, waaronder Duitsland. Volgens Blom en Wijers leveren deze factoren TSN operationele voordelen op ten opzichte van andere Europese productielocaties.<sup>1</sup>

De zeehavenpositie heeft niet alleen een kostenvoordeel, maar ook een weerbaarheidsvoordeel. IJmuiden is voor aanvoer van ijzererts, schroot, DRI/HBI en andere grondstoffen minder afhankelijk van binnenvaartroutes dan meer landinwaarts gelegen staalclusters. Bij droogte, laagwater, verstoringen in binnenvaartketens of geopolitieke spanningen kan directe toegang tot zee daarom strategische waarde hebben. Dit voordeel wordt belangrijker wanneer toekomstige staalproductie afhankelijker wordt van internationale stromen van schroot, DRI, HBI, waterstofdragers, CO<sub>2</sub>-infrastructuur en groene energie.

De positie van TSN is bovendien niet uitsluitend fysiek. Rond IJmuiden bestaat een historisch gegroeid industrieel ecosysteem van werknemers, technische kennis, toeleveranciers, onderhoudsbedrijven, opleidingsstructuren, R&D-capaciteit en regionale economische verwevenheid. Bij volledige afbouw of sluiting verdwijnt daarom niet alleen productiecapaciteit, maar ook een deel van de opgebouwde proceskennis en industriële infrastructuur. Dat versterkt het argument om in ieder geval die onderdelen van TSN te behouden die aantoonbaar bijdragen aan hoogwaardige en strategische staalproductie.

De JLoI onderstreept deze bredere betekenis van TSN. Daarin wordt TSN beschreven als producent van hoogwaardig staal voor onder meer automotive, maakindustrie, verpakkingen en bouw, met een jaarlijkse productie van gemiddeld circa 6–7 Mton staal. De JLoI stelt daarnaast dat TSN bijdraagt aan Europese strategische autonomie en een belangrijke werkgever is in de IJmond en de Metropoolregio Amsterdam.<sup>2</sup>

Tegelijk is de locatie IJmuiden niet zonder meer ideaal. De fabriek ligt in een dichtbevolkte regio waar lokale emissies, geur, geluid, stof, gezondheidsrisico's en vertrouwen zwaar wegen. De JLoI erkent dat emissies van TSN bijdragen aan fijnstof, NO<sub>2</sub>, PAK's, metalen en andere stoffen, en dat de gezondheidsrisico's in het bijzonder rond Wijk aan Zee aandacht vragen. Daarmee is maatschappelijke inpasbaarheid geen bijzaak, maar een harde randvoorwaarde voor behoud van staalproductie in IJmuiden.<sup>3</sup>

Dat maakt de positie van TSN dubbel. Industrieel en logistiek heeft IJmuiden sterke kenmerken; maatschappelijk en gezondheidkundig is de locatie kwetsbaar. Juist omdat de fabriek in een dichtbevolkte regio ligt, kan zij alleen toekomstbestendig zijn wanneer lokale gezondheidslasten snel, meetbaar en afdwingbaar worden verminderd. De strategische waarde van de locatie kan dus alleen worden verzilverd wanneer de license to operate wordt hersteld.

Ook in Europees perspectief is TSN geen geïsoleerde casus. CE Delft beschrijft dat Noordwest-Europa zestien primaire staalproductielocaties kent met samen circa 75 Mton jaarlijkse hot metal-capaciteit, en dat vrijwel alle grote producenten verduurzamingsplannen hebben. In deze Europese context moet TSN worden vergeleken met locaties zoals Gent, Duinkerken, Duisburg, Linz/Donawitz, Port Talbot en Scunthorpe.<sup>4</sup>

CE Delft laat zien dat deze locaties verschillende routes kiezen. Sommige producenten zetten in op DRI-EAF, andere op HBI-import, EAF-routes of sluiting van hoogovens. Port Talbot en Scunthorpe worden daarbij genoemd als voorbeelden van locaties waar hoogovenroutes worden vervangen door EAF-routes, met gevolgen voor productiecapaciteit, werkgelegenheid en productportfolio. Zulke voorbeelden maken duidelijk dat verduurzaming niet alleen een



technische keuze is, maar ook bepaalt welke producten een locatie in de toekomst nog kan maken.<sup>5</sup>

Voor TSN is dit bijzonder relevant, omdat de strategische betekenis van IJmuiden niet alleen ligt in volume, maar in de combinatie van geïntegreerde productie, hoogwaardige producten, wals- en coatingcapaciteit, kwaliteitscontrole, R&D en klantrelaties. Een route die de lokale emissies sterk verlaagt maar hoogwaardige productlijnen verliest, kan strategisch zwakker zijn dan zij op het eerste gezicht lijkt. Omgekeerd is behoud van productievolume alleen onvoldoende wanneer dat niet gepaard gaat met snelle gezondheidswinst en substantiële CO<sub>2</sub>-reductie.

Roland Berger beschrijft de DRI-route als een manier om hoogwaardige staalproductie in IJmuiden te behouden terwijl hoogovens en kooksfabrieken stapsgewijs worden vervangen. DRI-technologie kan volgens Roland Berger staal van hoge kwaliteit produceren, schrootgebruik mogelijk maken en de CO<sub>2</sub>-uitstoot sterk verlagen wanneer groene elektriciteit en waterstof beschikbaar zijn. Tegelijk vraagt deze route grote investeringen in installaties, energie, infrastructuur en procesaanpassing.<sup>6</sup>

De JLoI vertaalt deze richting in Green Steel Phase 1. Daarin wordt voorzien dat Hoogoven 7 en Kooksgasfabriek 2 worden vervangen door een DRP-EAF-installatie, aanvankelijk op aardgas, met meer schrootinzet en later inzet van CCS, biomethaan en/of waterstof. Dit betekent dat TSN niet direct overstapt naar een volledig waterstofgebaseerde eindroute, maar een gefaseerde route volgt waarin behoud van productiecapaciteit, CO<sub>2</sub>-reductie en lokale emissiereductie gecombineerd moeten worden.<sup>7</sup>

De locatievoordelen van IJmuiden hangen ook samen met toekomstige energie- en infrastructuurkeuzes. Blom en Wijers wijzen erop dat de regio Noordzeekanaalgebied potentieel belangrijk is voor aanlanding van wind op zee, elektriciteitsinfrastructuur, elektrolyzers, waterstofimport, CO<sub>2</sub>-infrastructuur en havenactiviteiten. De JLoI noemt eveneens infrastructuurrisico's, waaronder aansluiting op hoogspanningsinfrastructuur en mogelijke verbinding met de waterstofbackbone.<sup>8</sup>

Tegelijk vormt energie juist een kwetsbaarheid. Nederland is niet vanzelfsprekend een lagekostenlocatie voor grootschalige groene waterstof of energie-intensieve productie van groen ruwzijzer. Blom en Wijers merken op dat groen staal in regio's met lagere energiekosten goedkoper kan worden geproduceerd. Dat betekent dat behoud van TSN niet automatisch hoeft te betekenen dat de volledige keten van ijzerreductie tot eindproduct altijd volledig in IJmuiden plaatsvindt.<sup>9</sup>

Daarom moet voor TSN een hybride locatiemodel serieus worden onderzocht. Waar de bestaande geïntegreerde line-up van IJmuiden noodzakelijk is voor strategische producten, kwaliteitscontrole, R&D, walsen, coaten en hoogwaardige eindproductie, ligt behoud in Nederland voor de hand. Voor bredere delen van de portfolio kan samenwerking met Europese partners voor DRI- of HBI-productie op locaties met lagere duurzame energiekosten aantrekkelijk zijn, mits leveringszekerheid, kwaliteit, eigenaarschap en crisisbestendigheid goed worden geborgd.

De voorlopige conclusie is dat TSN een sterke maar voorwaardelijke positie heeft ten opzichte van andere Europese productielocaties. IJmuiden beschikt over duidelijke locatievoordelen: zeehaventoegang, geïntegreerde industrie, bestaande kennis, hoogwaardige afwerking, nabijheid van afzetmarkten en mogelijke koppeling aan toekomstige energie-infrastructuur. Daartegenover staan zware nadelen: lokale gezondheidsbelasting, publieke weerstand, hoge



energiebehoefte, onzekerheid rond waterstof en afhankelijkheid van nieuwe grondstoffenstromen zoals DRI-grade ijzererts, schroot en HBI.

TSN is daarom niet strategisch behoudenswaardig omdat de fabriek nu eenmaal bestaat, maar omdat specifieke onderdelen van de locatie mogelijk vervangbare waarde hebben binnen de Europese staalmarkt. Die waarde moet gericht worden behouden: hoogwaardige eindproductie, strategische productlijnen, kennis, R&D, kwaliteitscontrole en kritische proces-capaciteit in IJmuiden; mogelijke Europese samenwerking voor energie-intensieve groene ijzerdragers waar dat economisch en strategisch verstandiger is. Behoud van TSN is alleen verdedigbaar wanneer deze locatievoordelen worden gekoppeld aan snelle verbetering van lokale gezondheid, harde CO<sub>2</sub>-reductie, publieke borging en een Europese strategie voor groen staal.

#### Overzichtstabel Locatiefactoren

Locatiefactor	Positie TSN	Beleidsbetekenis
Zeehaven en diepwaterlogistiek	Sterk	Efficiënte en crisisrobuuste aanvoer van ijzererts, schroot, DRI/HBI en afvoer van staal
Geïntegreerde site	Sterk	Voordeel voor procesbeheersing, productkwaliteit en ketenintegratie
Pelletfabriek en bestaande procesinfrastructuur	Sterk, maar routeafhankelijk	Kan waardevol zijn voor kwaliteit en overgangsrouten, maar relevantie hangt af van gekozen technologie
Walsen, coating en eindproductie	Sterk	Belangrijk voor hoogwaardige en mogelijk strategische producten
R&D, opleiding en technische kennis	Sterk	Behoud van industriële kennis en innovatiecapaciteit in Nederland
Nabijheid afzetmarkten	Sterk	Korte ketens naar Noordwest-Europese industrie, waaronder Duitsland
Nabijheid wind op zee en energie-infrastructuur	Potentieel sterk	Kansrijk, maar afhankelijk van netcapaciteit, kosten, H <sub>2</sub> , CCS en planning
Lokale gezondheid en leefomgeving	Zwak	Harde randvoorwaarde; snelle reductie van emissies noodzakelijk
Dichtbevolkte omgeving	Zwak	Minder maatschappelijke ruimte dan sommige buitenlandse locaties
Energie- en waterstofkosten	Onzeker/zwak	Kan concurrentiekracht ondermijnen; hybride DRI/HBI-model onderzoeken
Eigenaarschap Tata Steel Limited	Risico	Publieke steun vereist anti-leakage, zeggenschap en investeringsborging



1. Blom & Wijers, *Hoe Tata Steel Nederland te verduurzamen?*, 2024, p. 12.
2. Staat der Nederlanden, Provincie Noord-Holland, Tata Steel Nederland B.V. en Tata Steel Limited, *Joint Letter of Intent Tata Steel*, 2025, p. 2 en p. 4.
3. Staat der Nederlanden e.a., *Joint Letter of Intent Tata Steel*, p. 4–5.
4. CE Delft, *Analyse toekomstplannen Tata Steel*, 2024, p. 22 en p. 24.
5. CE Delft, *Analyse toekomstplannen Tata Steel*, p. 24 en p. 68–69.
6. Roland Berger, *Haalbaarheidsstudie klimaatneutrale paden TSN IJmuiden*, 2021, p. 5–8.
7. Staat der Nederlanden e.a., *Joint Letter of Intent Tata Steel*, p. 10 en p. 13.
8. Blom & Wijers, *Hoe Tata Steel Nederland te verduurzamen?*, p. 31; Staat der Nederlanden e.a., *Joint Letter of Intent Tata Steel*, p. 43.
9. Blom & Wijers, *Hoe Tata Steel Nederland te verduurzamen?*, p. 8.

### 2.3 Productportfolio en kritische producten

De strategische betekenis van Tata Steel Nederland hangt niet alleen af van de totale staalproductie, maar vooral van het productportfolio. Voor de vraag of staalproductie bij TSN nodig is voor Nederland en de EU is doorslaggevend welke staalproducten TSN maakt, voor welke sectoren die producten nodig zijn, hoe hoogwaardig of gespecialiseerd zij zijn, en of zij binnen Europa eenvoudig vervangbaar zijn.

Daarbij moet onderscheid worden gemaakt tussen generiek staal en strategische staalproducten. Generiek staal kan in normale marktomstandigheden relatief gemakkelijker worden geïmporteerd of elders geproduceerd. Voor hoogwaardige platte staalproducten, specifieke coatings, verpakingsstaal, automotive-staal, hoogsterktestaal, elektrotechnisch staal en batterijstaal ligt dat anders. Zulke producten kunnen strategisch relevant zijn wanneer zij moeilijk vervangbaar zijn, hoge kwaliteitseisen kennen, of nodig zijn voor kritieke ketens zoals mobiliteit, energie-infrastructuur, voedselverpakking, elektrificatie, defensie of hoogwaardige maakindustrie.

CE Delft beschrijft dat Tata Steel IJmuiden levert aan vier grote productgroepen: auto-industrie, bouw, verpakkingen en overige industriële producten. CE Delft noemt daarbij aandelen van respectievelijk 32% voor auto-industrie, 22% voor bouw, 13% voor verpakkingen en 32% voor overige industriële producten. Vooral voor de auto-industrie en verpakkingen is volgens CE Delft hoogwaardig staal nodig. Dit onderscheid is belangrijk: de strategische waarde van TSN ligt waarschijnlijk niet in elke ton staal, maar vooral in die productgroepen waar kwaliteit, materiaalspecificaties, coating, vlakheid, sterkte, corrosiebestendigheid, leverbetrouwbaarheid en klantgerichte ontwikkeling bepalend zijn.<sup>1</sup>

De Joint Letter of Intent beschrijft TSN eveneens als producent van hoogwaardig staal voor onder meer automotive, manufactured goods, packaging en construction. De JLoI stelt daarnaast dat TSN bijdraagt aan Europese strategische autonomie. Die erkenning is relevant, maar nog onvoldoende specifiek. De JLoI maakt niet precies duidelijk welke productlijnen van TSN uniek, schaars of moeilijk vervangbaar zijn binnen Europa. Daarom moet de strategische waarde van TSN verder worden onderbouwd via een productspecifieke toets.<sup>2</sup>

Een concreet voorbeeld van een mogelijk strategische productgroep is batterijstaal. Tata Steel Nederland vermeldt in eigen productinformatie dat Tata Steel Plating geavanceerde nikkelgeplateerde staalsoorten levert voor cilindrische batterijcellen en klanten ondersteunt met batterijtoepassingsexpertise. Het product HILUMIN® wordt door TSN omschreven als elektrolytisch nikkelgeplateerd, diffusiegegloeid staalband voor batterijtoepassingen, bedoeld voor toepassingen waar lage contactweerstand en hoge corrosiebestendigheid vereist zijn. TSN



vermeldt ook dat HILUMIN® wordt gebruikt voor cilindrische batterijcelbehuizingen in elektrische voertuigen.<sup>3</sup>

Deze informatie wordt versterkt door een externe industriële bron. H&T Recharge meldde in januari 2024 dat het met Tata Steel Nederland een Joint Development Agreement heeft gesloten om materiaal- en can-making-oplossingen te ontwikkelen voor cilindrische lithium-ion batterijcellen voor elektrische voertuigen. H&T Recharge noemt TSN daarbij een leidende producent van battery quality nickel-plated steel for battery applications en een partner voor EV-materiaaloplossingen. Ook stelt H&T Recharge dat TSN een uniek portfolio heeft van structural, electrical en battery steels die bijdragen aan prestaties, veiligheid en kosten van elektrische voertuigen.<sup>4</sup>

Batterijstaal is daarmee relevant voor de productkritikaliteitstoets. De energietransitie vraagt niet alleen om groene elektriciteit, maar ook om betrouwbare industriële ketens voor batterijen, elektrische voertuigen, elektromotoren en energieopslag. De Europese Commissie beschouwt lithium, kobalt en nikkel als materialen die worden gebruikt voor batterijen en noemt het versterken van Europese waardeketens voor kritieke grondstoffen, waaronder batterijgerelateerde ketens, een belangrijk onderdeel van Europese veerkracht, klimaatdoelen, digitalisering, defensie en ruimtevaart.<sup>5</sup> Dit bewijst niet dat TSN-batterijstaal op zichzelf Europees strategisch onmisbaar is, maar het laat wel zien dat batterijgerelateerde materiaal- en productieketens binnen de EU strategische relevantie hebben.

Ook voor defensie is voorzichtigheid nodig. Staal als materiaalgroep is defensierelevant, maar dat betekent niet automatisch dat TSN op dit moment aantoonbaar defensiekritische producten levert. Voor batterijstaal geldt hetzelfde. Batterijen worden steeds belangrijker voor drones, onbemande systemen, elektrische voertuigen en mobiele energievoorziening. Reuters beschreef in 2025 bijvoorbeeld dat het Slowaakse InoBat een batterijcel ontwikkelt voor militaire drones en unmanned aerial systems, mede door toenemende Europese defensie-uitgaven en vraag naar Europese high-spec batteries.<sup>6</sup> Dit ondersteunt de bredere strategische relevantie van Europese batterijcapaciteit, maar bewijst niet dat TSN-batterijstaal momenteel in defensiedrones wordt toegepast. De correcte conclusie is daarom dat batterijstaal een potentieel strategische productgroep is die in een vertrouwelijke defensie- en ketentoets moet worden meegenomen.

De routekeuze voor verduurzaming kan gevolgen hebben voor het productportfolio. CE Delft wijst erop dat verduurzamingsroutes invloed hebben op de soorten staal die TSN kan produceren. Volgens CE Delft kan een DRP-EAF-route mogelijk niet alle huidige TSN-producten blijven maken, met name een deel van de hoogwaardige producten voor automotive en verpakkingen. Tegelijk moet worden opgemerkt dat dergelijke claims deels afhankelijk zijn van bronmateriaal, technologische ontwikkeling en aannames over toekomstige installaties. Daarom moet het rapport niet alleen vragen hoeveel CO<sub>2</sub> een route reduceert, maar ook welke productlijnen na de route behouden blijven.<sup>7</sup>

Dit is vooral relevant bij routes met veel schroot of HBI-import. Schroot-EAF kan grote voordelen hebben voor circulariteit en lokale emissiereductie, maar de kwaliteit van beschikbaar schroot is niet altijd voldoende voor hoogwaardige toepassingen. Rabobank wijst erop dat end-of-life-schroot vaak onvoldoende zuiver is voor hoogwaardige staalproducten en dat zuiver schroot met bekende samenstelling beperkt beschikbaar is. Blom en Wijers noemen eveneens dat een 100% schroot-gebaseerde route volgens TSN risico's geeft voor het behoud van het huidige productportfolio.<sup>8</sup>

Daarmee ontstaat een belangrijke spanning. Een route die lokaal snel gezondheidswinst oplevert, kan strategisch minder aantrekkelijk zijn wanneer zij hoogwaardige of moeilijk



vervangbare productlijnen doet verdwijnen. Omgekeerd is een route die productievolume behoudt onvoldoende wanneer zij lokale gezondheidslasten en CO<sub>2</sub>-uitstoot te langzaam vermindert. De kernvraag is dus niet: hoeveel staal produceert TSN straks? De kernvraag is: welke hoogwaardige en strategische productlijnen blijven behouden, en onder welke klimaat- en gezondheids-voorwaarden?

Voor dit rapport moet het productportfolio daarom worden ingedeeld naar kritikaliteit. Daarbij kunnen ten minste drie categorieën worden onderscheiden. Ten eerste generieke producten die relatief goed vervangbaar zijn binnen Europa of via import. Ten tweede hoogwaardige maar niet per se kritische producten, waarbij behoud economisch wenselijk kan zijn maar niet automatisch strategisch noodzakelijk. Ten derde kritische of moeilijk vervangbare producten die relevant zijn voor autonomie, energietransitie, voedselketens, defensie, hoogwaardige maakindustrie of Europese onderhandelingspositie.

Een voorlopige productkritikaliteitstoets ziet er als volgt uit:

<b>Productgroep</b>	<b>Mogelijke strategische relevantie</b>	<b>Huidige bewijsstatus</b>	<b>Vervolgtoets</b>
Automotive flat staal	Mobiliteit, EV's, Europese maakindustrie	Middel	Exacte TSN-productlijnen en EU-alternatieven toetsen
Verpakkingsstaal	Voedselketens, chemie, industriële verpakking	Middel	Kritikaliteit, leveringszekerheid en alternatieven toetsen
Batterijstaal / HILUMIN®	EV-batterijen, energieopslag, elektrificatie	Middel/hoog als TSN-product; strategische relevantie nader te toetsen	Productaandeel, Europese alternatieven, afhankelijkheid van TSN en defensietoepassingen toetsen
Elektrotechnisch staal	E-motoren, elektrificatie, industriële aandrijvingen	Middel	TSN-capaciteit, EU-alternatieven en toepassingsketens toetsen
Hoogsterktestaal	Zware voertuigen, crashveiligheid, mogelijk militaire voertuigen	Zwak/middel	Toepassingen, sterkteklassen en EU-alternatieven toetsen
Defensierelevant staal	Voertuigen, schepen, infrastructuur, munitieketens	Zwak voor TSN-specifiek; sterk voor staal algemeen	Vertrouwelijke defensie- en materiaaltoets nodig
Generiek bouwstaal	Bouw en civiele werken	Middel, maar minder strategisch	Vervangbaarheid en CO <sub>2</sub> -impact toetsen



<b>Productgroep</b>	<b>Mogelijke strategische relevantie</b>	<b>Huidige bewijsstatus</b>	<b>Vervolgtoets</b>
Overige industriële producten	Diverse maakindustrie	Afhankelijk van toepassing	Productgroep per productgroep toetsen

Voor batterijstaal verdient een aparte toetsing aanbeveling. Daarbij moet worden vastgesteld: welk volume TSN produceert; voor welke batterijtypen het materiaal wordt gebruikt; welke klanten of ketens afhankelijk zijn van dit materiaal; welke alternatieve leveranciers in Europa bestaan; of de productie afhankelijk is van de geïntegreerde TSN-infrastructuur in IJmuiden; en of deze productgroep relevant is voor defensietoepassingen zoals drones, mobiele energievoorziening of militaire voertuigen. Deze laatste vraag kan mogelijk niet volledig openbaar worden beantwoord, maar moet wel worden meegenomen in een vertrouwelijke strategische toets.

De voorlopige conclusie is dat TSN's strategische belang vooral ligt in hoogwaardige en mogelijk kritische productlijnen, niet in ongedifferentieerd staalvolume. Batterijstaal is daarbij een belangrijk voorbeeld, omdat het TSN verbindt met elektrificatie, EV-ketens en mogelijk bredere Europese batterij-autonomie. Tegelijk moet het rapport daar voorzichtig mee omgaan: batterijstaal versterkt het autonomie- en innovatieargument pas echt wanneer onafhankelijk wordt vastgesteld dat deze productgroep moeilijk vervangbaar is binnen Europa, substantieel genoeg is binnen het TSN-portfolio, en afhankelijk is van behoud van strategische productie- en ontwikkelcapaciteit in IJmuiden.

Daarom moet de routekeuze voor TSN niet alleen worden beoordeeld op CO<sub>2</sub>, kosten en lokale emissies, maar ook op behoud van kritische productcapaciteit. Een route met lagere productie maar behoud van hoogwaardige eindproducten, batterijstaal, R&D, wals- en coatingcapaciteit en kwaliteitscontrole kan strategisch sterker zijn dan een route die vooral volume behoudt. Omgekeerd kan een snelle afbouwroute strategisch riskant zijn wanneer zij moeilijk vervangbare productlijnen verliest zonder dat die elders in Europa zijn geborgd.

De beleidsconclusie voor 2.3 luidt daarom:

TSN is alleen strategisch behoudenswaardig voor zover het bedrijf hoogwaardige, moeilijk vervangbare en toekomstbestendige staalproducten levert of kan blijven leveren. Batterijstaal, elektrotechnisch staal, verpakingsstaal, automotive-staal en mogelijke defensiegerelateerde toepassingen moeten daarom expliciet worden meegenomen in een productkritikaliteitstoets. Publieke steun of publieke borging kan alleen worden gerechtvaardigd wanneer duidelijk is welke strategische productlijnen Nederland en Europa daarmee behouden.

1. CE Delft, *Analyse toekomstplannen Tata Steel*, 2024, p. 20.
2. Staat der Nederlanden, Provincie Noord-Holland, Tata Steel Nederland B.V. en Tata Steel Limited, *Joint Letter of Intent Tata Steel*, 2025, p. 2 en p. 4.
3. Tata Steel Nederland, *Energy storage – Optimising battery cells*, productinformatie; Tata Steel Nederland, *HILUMIN®*, productinformatie; Tata Steel Nederland, *Automotive – Electrification*, productinformatie. Tata Steel Nederland vermeldt dat Tata Steel Plating nikkelgeplateerde staalsoorten levert voor cilindrische batterijcellen, dat HILUMIN® nikkelgeplateerd staalband is



- voor batterijtoepassingen, en dat HILUMIN® wordt gebruikt voor cilindrische batterijbehuizingen in elektrische voertuigen.
4. H&T Recharge, *Tata Steel Nederland and H&T Recharge sign JDA to accelerate development of cylindrical cans for Li-ion batteries for EV applications*, 10 januari 2024. H&T Recharge vermeldt dat Tata Steel Nederland en H&T Recharge samenwerken aan batterijcelbehuizingen voor EV-toepassingen, en noemt Tata Steel Nederland een leidende producent van battery quality nickel-plated steel.
  5. Europese Commissie, *European Critical Raw Materials Act*. De Commissie noemt lithium, kobalt en nikkel als materialen voor batterijen en stelt dat de EU kritieke grondstoffenketens wil versterken voor klimaat-, digitale, defensie- en ruimtedoelen.
  6. Reuters, *Slovak startup InoBat launches battery for military drones*, 19 mei 2025. Reuters beschrijft de ontwikkeling van een Europese batterijcel voor militaire drones en unmanned aerial systems, mede door toenemende Europese defensievraag.
  7. CE Delft, *Analyse toekomstplannen Tata Steel*, 2024, p. 20–21.
  8. Rabobank/RaboResearch, *De weg naar groen staal – deel 1: Hoe wordt staal gemaakt?*, 2024, p. 5–6; Blom & Wijers, *Hoe Tata Steel Nederland te verduurzamen?*, 2024, p. 28–29.

## 2.4 Toetsing TSN tegen de EAS-NL criteria

In de voorgaande paragrafen is vastgesteld dat TSN niet als een gewone industriële activiteit kan worden beoordeeld. TSN combineert grote economische waarde, hoogwaardige staalproductie, werkgelegenheid, proceskennis en mogelijke strategische autonomie met grote klimaatimpact, lokale gezondheidsbelasting, publieke weerstand en omvangrijke investeringsbehoefte. De EAS-NL-toets brengt deze belangen systematisch bij elkaar.

Daarbij is van belang dat de EAS-NL-criteria niet allemaal dezelfde functie hebben. Criteria zoals autonomie, defensie, waarde voor Nederland, hoogwaardige producten en innovatiekracht beoordelen vooral de positieve strategische waarde van een activiteit. Criteria zoals klimaat, lokale gezondheid, managementcultuur en publieke opinie functioneren vooral als randvoorwaarden: zij bepalen onder welke voorwaarden een strategisch waardevolle activiteit maatschappelijk aanvaardbaar en bestuurlijk verdedigbaar blijft.

De toets moet daarom niet worden gelezen als simpele optelsom van plus- en minpunten. Een activiteit kan hoge waarde hebben voor Nederland en toch alleen behoudenswaardig zijn wanneer negatieve effecten streng worden begrensd. Omgekeerd betekent de aanwezigheid van klimaat- of gezondheidsrisico's niet automatisch dat een activiteit moet verdwijnen; wel betekent het dat deze risico's via technologie, normen, governance, toezicht en publieke voorwaarden tot een aanvaardbaar niveau moeten worden teruggebracht.

Voor meerdere criteria, met name defensie en productspecifieke autonomie, is aanvullend onderzoek nodig. Wel kan op basis van de huidige bronnen al worden vastgesteld onder welke voorwaarden TSN strategisch behoudenswaardig is.

### 2.4.1 Autonomie

TSN scoort voorlopig middel tot hoog op het criterium autonomie, maar alleen wanneer autonomie niet wordt gelijkgesteld aan behoud van het volledige huidige productievolume. De strategische vraag is niet of elke ton staal in IJmuiden moet worden geproduceerd, maar welke productlijnen, processtappen en kennisposities Nederland en Europa zelf willen kunnen borgen.

De huidige bronnen wijzen erop dat TSN een belangrijke Europese producent is van hoogwaardig staal en beschikt over een geïntegreerde locatie aan zee, met bestaande



proceskennis, wals- en afwerkingscapaciteit, kwaliteitscontrole en aansluiting op Europese afzetmarkten. De JLoI beschrijft TSN als producent van hoogwaardig staal voor onder meer automotive, manufactured goods, packaging en construction, en noemt daarnaast de bijdrage van TSN aan Europese strategische autonomie.<sup>1</sup> CE Delft laat zien dat TSN levert aan onder meer auto-industrie, bouw, verpakkingen en overige industriële producten, waarbij vooral auto-industrie en verpakkingen hoogwaardige staalproducten vragen.<sup>2</sup>

Deze combinatie kan strategische waarde hebben wanneer zij wordt ingezet voor producten die moeilijk vervangbaar zijn binnen Europa, zoals hoogwaardige platte staalproducten, verpakingsstaal, automotive-staal, batterijstaal, elektrotechnisch staal, hoogsterktestaal of andere kritische toepassingen. Daarbij is relevant dat CE Delft erop wijst dat verduurzamings-routes invloed kunnen hebben op het productportfolio en dat bepaalde hoogwaardige producten mogelijk moeilijker te maken zijn met alternatieve routes.<sup>3</sup>

Daaruit volgt dat behoud van strategische eindproductie bij TSN centraal moet staan. Waar de bestaande geïntegreerde line-up in IJmuiden nodig is voor specifieke hoogwaardige producten, kwaliteitscontrole, productontwikkeling of leveringszekerheid, ligt behoud van deze eindproductie in Nederland voor de hand. In die gevallen gaat het niet alleen om staal als bulkproduct, maar om het behoud van een hoogwaardige industriële keten.

Tegelijk hoeft autonomie niet te betekenen dat alle benodigde ijzerdragers volledig in Nederland worden geproduceerd. Voor de bredere productportfolio kan samenwerking met Europese partners voor DRI/HBI-productie op locaties met lagere duurzame energiekosten strategisch zinvol zijn. Blom en Wijers wijzen erop dat energieprijzen en concurrentiepositie belangrijke factoren zijn voor de toekomst van duurzame staalproductie in Europa.<sup>4</sup> Daarmee kan TSN een hybride model ontwikkelen: behoud van strategische eindproducten, kennis en kritische procescapaciteit in IJmuiden, gecombineerd met Europese partnerschappen voor groene ijzerdragers waar dat kosten- en energie-efficiënter is.

Een dergelijk model vraagt wel harde borging. Afhankelijkheid van HBI- of DRI-import mag niet leiden tot nieuwe kwetsbaarheid. Partnerschappen moeten daarom bij voorkeur binnen de EU of met betrouwbare bondgenoten worden georganiseerd, met langjarige contracten, kwaliteitsafspraken, crisisclausules, mogelijk mede-eigendom of joint ventures, en voldoende redundantie in leveranciers. Voor strategische producten moet worden vastgesteld welke delen van de keten noodzakelijk in IJmuiden moeten blijven en welke delen veilig elders kunnen worden ondergebracht.

**Voorlopige score:** middel/hoog.

**Belangrijkste onzekerheid:** welke TSN-producten en processtappen zijn werkelijk kritisch of moeilijk vervangbaar binnen Europa?

**Randvoorwaarde:** behoud van TSN moet worden gekoppeld aan strategische productlijnen en ketenborging, niet aan ongedifferentieerd volumebehoud.

#### 2.4.2 Defensie

TSN scoort op dit moment laag tot middel op het criterium defensie, met potentieel voor een hogere score na aanvullend onderzoek.

Het HCSS-rapport *Strategic raw materials for defence* laat zien dat staal en staalgerelateerde materialen breed voorkomen in militaire toepassingen. In het landdomein noemt HCSS iron als



essentieel materiaal voor onder meer de body en barrel van assault rifles, en ook als materiaal in main battle tanks, infantry fighting vehicles, turrets, cannons en artillery. In het maritieme domein wordt iron/steel gekoppeld aan rompen en naval guns van marineschepen.<sup>5</sup> Daarmee is voldoende onderbouwd dat staal als materiaalgroep defensierelevant is. Defensiecapaciteit hangt immers niet alleen af van wapensystemen en munitie, maar ook van betrouwbare toegang tot materialen, halffabricaten, legeringen en industriële verwerkingscapaciteit.

Tegelijk bewijst deze bron niet dat TSN op dit moment specifieke defensiekritische staalproducten levert. Ook de JLoI noemt wel strategische autonomie, maar werkt defensie niet afzonderlijk uit.<sup>6</sup> Het is bovendien mogelijk dat TSN in het verleden geen duidelijke visie had op defensiegerichte productie, of daar zelfs terughoudend tegenover stond. Daar komt bij dat eventuele defensiegerichte productie of levering aan defensieketens niet altijd openbaar kan worden gedeeld, omdat zulke informatie strategisch of vertrouwelijk kan zijn.

Daarom moet het rapport hier terughoudend zijn. Het is onjuist om nu al te stellen dat TSN bewezen defensiekritisch is. De juiste conclusie is dat TSN mogelijk defensierelevant kan zijn, afhankelijk van het productportfolio, de kwaliteit van het staal, de beschikbaarheid van Europese alternatieven en de mogelijkheid om in crisissituaties productie te prioriteren.

Wel is aannemelijk dat sommige huidige TSN-producten indirect relevant kunnen zijn voor defensieketens. Staal voor dragende constructies van vrachtwagens kan bijvoorbeeld ook relevant zijn voor militaire voertuigen of militaire logistiek. Tegelijk is waarschijnlijk dat vergelijkbare staalproducten voor een deel ook door andere Europese producenten kunnen worden geleverd. De defensievraag is daarom niet alleen of TSN technisch staal kan leveren dat in militaire toepassingen bruikbaar is, maar of TSN staalsoorten levert die binnen Europa schaars, moeilijk vervangbaar, snel opschaalbaar of bijzonder hoogwaardig zijn.

Een aanvullende defensie- en materiaaltoets moet daarom vaststellen:

<b>Vraag</b>	<b>Belang</b>
Levert TSN direct of indirect aan defensieketens?	Bepaalt huidige defensierelevantie
Welke TSN-staalsoorten zijn bruikbaar voor militaire toepassingen?	Bepaalt productspecifieke relevantie
Welke Europese/NAVO-alternatieven bestaan?	Bepaalt kwetsbaarheid
Is volume of juist kwaliteit doorslaggevend?	Bepaalt welke capaciteit behouden moet blijven
Kan TSN bij crisisvraag omschakelen of prioriteren?	Bepaalt strategische waarde
Zijn batterijstaal, hoogsterktestaal of elektrotechnisch staal relevant voor defensietoepassingen zoals drones, voertuigen of mobiele energievoorziening?	Bepaalt toekomstige defensierelevantie



**Voorlopige score:** laag/middel, potentieel hoger.

**Belangrijkste onzekerheid:** er is nog geen productspecifiek openbaar bewijs dat TSN direct defensiekritische staalsoorten levert.

**Randvoorwaarde:** voer vóór definitieve publieke steun een defensie- en materiaaltoets uit, desnoods vertrouwelijk.

### 2.4.3 Waarde voor Nederland

TSN scoort voorlopig middel tot hoog op het criterium Waarde voor Nederland, wanneer dit criterium wordt beoordeeld op positieve maatschappelijke en economische waarde: werkgelegenheid, kennis, opleiding, innovatie, industriële infrastructuur, exportpositie, regionale economische betekenis en bijdrage aan strategische maakindustrie.

Binnen de EAS-NL-systematiek moet waarde voor Nederland analytisch worden onderscheiden van kosten, risico's en negatieve externe effecten. Waarde gaat over wat een activiteit toevoegt aan Nederland: banen, belastingbasis, verdienvermogen, kennisopbouw, opleidingscapaciteit, innovatiekracht, industriële ketens, regionale verankering en strategische positie. Klimaatimpact, lokale gezondheidsschade, publieke kosten en governance-risico's zijn geen reden om deze waarde te ontkennen, maar vormen randvoorwaarden die streng moeten worden beheerd.

Een vergelijking met automobiliteit maakt dit duidelijk. Een auto heeft waarde omdat zij autonomie, werkverkeer, sociale verbinding en bereikbaarheid mogelijk maakt. Het risico op ongelukken of vervuiling betekent niet dat de auto als zodanig waardeloos is; het betekent dat veiligheid, onderhoud, APK, katalysator, verkeersregels en emissienormen noodzakelijk zijn. Op dezelfde manier kan TSN aanzienlijke waarde hebben voor Nederland, terwijl klimaat- en gezondheidslasten alleen aanvaardbaar zijn wanneer zij via harde normen, technologie, toezicht en governance tot een acceptabel niveau worden teruggebracht.

Aan de positieve kant is TSN een grote werkgever, een producent van hoogwaardig staal, een kennisintensieve industriële locatie en een belangrijke speler in de IJmond en de Metropoolregio Amsterdam. De JLoI noemt TSN expliciet een belangrijke werkgever en producent van hoogwaardig staal voor meerdere sectoren.<sup>1</sup> Blom en Wijers benadrukken eveneens dat TSN een belangrijke regionale en nationale economische rol speelt, met werkgelegenheid, technische kennis, opleidingscapaciteit, industriële toelevering en bredere waarde voor hoogwaardige maakindustrie.<sup>7</sup>

TSN vertegenwoordigt daarmee niet alleen bestaande productie, maar ook industriële leer- en innovatiecapaciteit. Een land dat hoogwaardige industrie volledig laat verdwijnen, verliest niet alleen fabrieken en banen, maar ook praktische kennis, proceservaring, onderhoudscapaciteit, opleidingsstructuren, toeleveranciers en toekomstige ontwikkelruimte. Juist in een periode waarin Europa opnieuw nadenkt over strategische autonomie, defensie, energie-infrastructuur en maakindustrie, is deze waarde relevant.

Tegelijk is deze waarde niet onvoorwaardelijk. De publieke waarde van TSN wordt pas overtuigend wanneer zij wordt gekoppeld aan toekomstbestendige productie: hoogwaardige producten, groene staalcapaciteit, snelle vermindering van lokale emissies, bijdrage aan Europese autonomie en een aantoonbare rol in kritieke ketens. Waarde voor Nederland betekent dus niet dat elke bestaande activiteit behouden moet blijven, maar dat behoud en publieke steun gericht moeten zijn op die onderdelen van TSN die structureel bijdragen aan Nederlands en Europees publiek belang.



De negatieve effecten van TSN – CO<sub>2</sub>-uitstoot, lokale gezondheidsschade, watergebruik, publieke steunbehoefte en eigendomsrisico's – moeten daarom niet in dit criterium worden weggemiddeld, maar als harde randvoorwaarden terugkomen bij klimaat, lokale gezondheid, governance en publieke steun. De beleidsvraag is niet of TSN waarde heeft ondanks negatieve effecten, maar of de negatieve effecten zodanig kunnen worden teruggebracht dat de waarde maatschappelijk aanvaardbaar en strategisch wenselijk wordt.

**Voorlopige score:** middel/hoog op positieve waarde.

**Belangrijkste onzekerheid:** welk deel van de waarde hangt samen met strategische en hoogwaardige productie, en welk deel met generieke productie die ook elders kan plaatsvinden?

**Randvoorwaarde:** behoud van waarde voor Nederland vereist strenge handhaving van klimaat-, gezondheids- en governancevoorwaarden, zodat de maatschappelijke lasten beheersbaar worden.

#### 2.4.4 Hoogwaardige producten en innovatiekracht

TSN scoort voorlopig middel tot hoog op hoogwaardige producten en innovatiekracht. Anders dan bij defensie is hier de bewijsbasis sterker: TSN levert hoogwaardige staalproducten, beschikt over geïntegreerde proceskennis, heeft R&D- en opleidingscapaciteit en is volgens eigen en externe bronnen relatief efficiënt binnen de klassieke hoogovenroute.

CE Delft stelt dat Tata Steel levert aan auto-industrie, bouw, verpakkingen en overige industriële producten. Vooral auto-industrie en verpakkingen vragen volgens CE Delft hoogwaardig staal.<sup>2</sup> Daarnaast stelt CE Delft dat de overgang naar meer schroot en EAF invloed kan hebben op de soorten staal die TSN kan produceren. Volgens CE Delft kan de combinatie DRP-EAF ongeveer 15% van de huidige producten van Tata Steel niet maken, vooral hoogwaardige producten voor auto-industrie en verpakkingenindustrie. CE Delft plaatst daarbij wel de kanttekening dat deze claims niet volledig controleerbaar zijn.<sup>3</sup>

Blom en Wijers bevestigen dat volledig overstappen op schroot-EAF risico's heeft voor het huidige productportfolio. Zij geven aan dat TSN stelt dat bij 100% schroot de staalkwaliteit zodanig verslechtert dat het huidige productportfolio niet volledig behouden kan blijven. Ook merken zij op dat de internationale markt voor flat steel grotendeels niet kiest voor schroot-EAF en dat de HBI-markt in 2030 waarschijnlijk nog onvoldoende liquide is.<sup>7</sup>

Roland Berger ondersteunt dat de DRI-route een manier kan zijn om hoogwaardige staalproductie te behouden. De studie stelt dat de waterstofroute TSN de kans biedt om zijn leidende positie als staalproducent te behouden en met DRI-technologie hoogwaardig groen staal te maken.<sup>8</sup>

De innovatieve kracht van TSN blijkt niet alleen uit de mogelijkheid om nieuwe installaties te bouwen, maar ook uit het bestaande productportfolio. TSN maakt hoogwaardige staalsoorten voor automotieve en verpakkingen, en heeft specifieke expertise in batterijstaal en elektrotechnische toepassingen. Tata Steel Nederland vermeldt in eigen productinformatie dat het staal produceert voor batterijen en e-motoren, en stelt dat het de enige leverancier in Europa is die dit volledige pakket aanbiedt.<sup>9</sup> Het product HILUMIN® wordt door Tata Steel omschreven als nikkelgeplateerd staalband voor batterijtoepassingen, bedoeld voor toepassingen met lage contactweerstand en hoge corrosiebestendigheid.<sup>10</sup> Tata Steel Plating vermeldt daarnaast geavanceerde nikkelgeplateerde staalsoorten voor cilindrische batterijcellen.<sup>11</sup>



Ook externe industriële samenwerking ondersteunt dat batterijstaal geen bijzaak is. Tata Steel Nederland en H&T Recharge sloten een Joint Development Agreement om materiaal- en can-making-oplossingen te ontwikkelen voor cilindrische lithium-ion batterijcellen voor elektrische voertuigen.<sup>12</sup> In die samenwerking richt Tata Steel zich op materiaaloplossingen en H&T Recharge op expertise in cilindrische batterijbehuizingen.<sup>13</sup>

Daarnaast wijst Tata Steel Nederland zelf op zijn R&D-positie. Het bedrijf meldde in 2025 dat het op plaats 18 stond in de Nederlandse R&D Top 30, een lijst van innovatieve bedrijven in Nederland. Deze bron is bedrijfseigen, maar relevant als aanwijzing dat TSN zichzelf niet alleen als bulkproducent, maar als kennis- en innovatiebedrijf positioneert.<sup>14</sup>

Ook de relatief lage CO<sub>2</sub>-intensiteit per ton staal binnen de bestaande hoogovenroute kan als aanwijzing voor proceskennis en operationele efficiëntie worden gebruikt, maar dit moet zorgvuldig worden geformuleerd. Tata Steel Nederland stelt in zijn Sustainability Report 2022/2023 dat de productie in IJmuiden wereldwijd derde staat op laagste CO<sub>2</sub>-uitstoot per ton staal onder deelnemende staalbedrijven.<sup>15</sup> Een eerdere provinciale Expression of Principles formuleerde voorzichtiger dat TSN volgens World Steel Association-onderzoek uit 2018 tot de top 10% laagste CO<sub>2</sub>-uitstoters per ton staal behoort onder hoogoven-gebaseerde staalproducenten.<sup>16</sup> Deze claims zijn relevant, maar moeten als bedrijfs- of convenantclaims worden gepresenteerd en niet als onafhankelijk bewezen absolute wereldranglijst.

Het strategische punt is dat innovatiekracht niet alleen gaat over het bouwen van een nieuwe installatie. Het gaat ook over de vraag of TSN kennis, procesbeheersing, kwaliteitscontrole, productontwikkeling, coatings, walscapaciteit, batterijstaal, elektrotechnisch staal, R&D en klantrelaties kan behouden en vernieuwen in een groen staalmodel. Een route die CO<sub>2</sub> reduceert maar hoogwaardige productcapaciteit verliest, kan economisch en strategisch minder waardevol zijn dan een route die minder volume behoudt maar wel de hoogste productkwaliteit borgt.

**Voorlopige score:** middel/hoog.

**Belangrijkste onzekerheid:** exacte lijst van kritische en hoogwaardige TSN-producten, inclusief volume en Europese vervangbaarheid, ontbreekt nog.

**Randvoorwaarde:** productportfolio, routegevoeligheid, R&D-verankering en Europese vervangbaarheid moeten expliciet worden onderzocht.

#### 2.4.5 Invloed op klimaat en lokale gezondheid

TSN scoort in de huidige situatie laag op klimaat en lokale gezondheid. Na transitie kan de score verbeteren, maar alleen bij harde, meetbare en afdwingbare reducties.

De huidige klimaatimpact is groot. De JLoI noemt TSN de grootste industriële broeikasgasuitstoter van Nederland, met maximale emissies van 12,6 Mton CO<sub>2</sub> per jaar. Ook wordt TSN aangeduid als de grootste individuele NO<sub>x</sub>-uitstoter van Nederland.<sup>17</sup> Urgenda stelt dat Tata Steel in 2021 verantwoordelijk was voor 11,6 Mton CO<sub>2</sub>, inclusief de Vattenfall-centrales die restgassen van het hoogovencomplex gebruiken. Volgens de factsheet was Tata Steel daarmee verantwoordelijk voor 8% van de totale Nederlandse CO<sub>2</sub>-uitstoot en ongeveer 20% van de uitstoot van de Nederlandse industrie.<sup>18</sup>

Ook lokale gezondheid is een zwaarwegend probleem. CE Delft schat de externe schade door luchtvervuiling rond TSN op circa €400 miljoen per jaar, grotendeels gezondheidsschade.<sup>19</sup> CE Delft berekent bovendien dat het plan van Gezondheidsultimatum in 2030 tot 90% minder



schade door luchtvervuiling kan opleveren, terwijl het Tata-plan in 2030 naar verwachting 38% minder gezondheidsschade oplevert en na 2037 oploopt tot 62%.<sup>20</sup>

Die €400 miljoen moet serieus worden genomen, maar vraagt wel zorgvuldige interpretatie. Het bedrag is een gemonetariseerde schatting van externe schade door luchtvervuiling, niet een volledige maat voor regionale leefbaarheid, geluk of brede welvaart. Het kan dus niet één-op-één worden vergeleken met algemene leefbaarheidsverschillen tussen bijvoorbeeld de IJmond, Amsterdam, Rotterdam of Groningen zonder een aparte methodiek. Voor zo'n vergelijking zijn aanvullende indicatoren nodig, zoals ziektelast, levensverwachting, ervaren gezondheid, brede welvaart, woontevredenheid, geluid, veiligheid, inkomen, werkgelegenheid en sociale cohesie.

Voor de specifieke gezondheidseffecten rond TSN is de lokale bronbasis echter stevig genoeg om de problematiek zwaar te laten wegen. RIVM concludeerde in 2023 dat er een directe link is tussen emissies van Tata Steel, hinder en risico op ziekte, en berekende dat inwoners van Wijk aan Zee gemiddeld 2,5 maand korter leven door blootstelling aan fijnstof en NO<sub>2</sub> als gevolg van Tata Steel-emissies. RIVM noemt daarnaast verhoogde risico's op onder meer longkanker en astma bij kinderen.<sup>21</sup>

Voor een bredere vergelijking met andere regio's kan gebruik worden gemaakt van de Regionale Monitor Brede Welvaart van het CBS. Die monitor brengt brede welvaart in kaart voor gemeenten, provincies en COROP-gebieden, inclusief indicatoren rond gezondheid, leefomgeving en welzijn.<sup>22</sup> Zo'n vergelijking kan nuttig zijn om de IJmond niet geïsoleerd te beoordelen, maar zij moet niet worden gebruikt om specifieke industriële gezondheidsschade te relativeren zonder aparte analyse.

De JLoI bevat concrete doelen voor CO<sub>2</sub>-reductie. Het document beoogt dat TSN's jaarlijkse scope 1 CO<sub>2</sub>-emissies in 2030 met 5,4 Mta dalen ten opzichte van maximaal 12,6 Mta door DRP-EAF op aardgas, daarna met 0,6 Mta in 2032 door CCS, en vervolgens met 1,2 Mta tussen 2032 en 2037 door vervanging van aardgas door biomethaan en/of waterstof. Het langetermijndoel is klimaatneutraliteit uiterlijk in 2045.<sup>23</sup>

De JLoI bevat daarnaast doelen voor lokale emissies, waaronder NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM10, SVHC/ZZS, geur, geluid en ultrafijnstof. Het document erkent dat emissies van de TSN-site bijdragen aan fijnstof, stikstofdioxide, PAK's en metalen in de directe omgeving, en dat vooral Wijk aan Zee relatief zwaar wordt geraakt.<sup>24</sup>

Voor de EAS-NL-toets betekent dit dat klimaat en lokale gezondheid niet mogen worden samengevoegd tot één algemene duurzaamheidsscore. Een route kan goed scoren op CO<sub>2</sub>, maar minder op lokale gezondheid, of andersom. Het plan van Gezondheidsultimatum scoort volgens CE Delft sterk op snelle lokale gezondheidswinst, maar brengt risico's van emissieverplaatsing en HBI-afhankelijkheid mee. Het Tata-plan behoudt meer productcapaciteit, maar levert trager lokale gezondheidswinst op.<sup>25</sup>

De beleidsconclusie moet daarom tweeledig zijn. Ten eerste moet TSN's klimaatimpact worden beoordeeld op werkelijke CO<sub>2</sub>-reductie, inclusief keteneffecten en het risico op emissieverplaatsing. Ten tweede moet lokale gezondheid worden beoordeeld op concrete, meetbare gezondheidswinst in de IJmond, niet alleen op nationale CO<sub>2</sub>-doelen. Een route die CO<sub>2</sub> reduceert maar lokale gezondheidslast onvoldoende snel verlaagt, is maatschappelijk onvoldoende. Een route die lokale emissies snel verlaagt maar strategische productie volledig verplaatst naar minder schone of minder betrouwbare ketens, kan voor autonomie en klimaat eveneens problematisch zijn.



**Voorlopige score:** laag huidig; potentieel middel/hoog na transitie.

**Belangrijkste onzekerheid:** snelheid, afdwingbaarheid en meetbaarheid van lokale gezondheids-winst, plus vergelijking met bredere regionale leefbaarheidsindicatoren.

**Randvoorwaarde:** geen publieke steun zonder juridisch afdwingbare doelen, onafhankelijke monitoring, open data, sancties bij overschrijding en een duidelijke scheiding tussen CO<sub>2</sub>-reductie en lokale gezondheidswinst.

#### 2.4.6 Management, publieke opinie en eigenaarschap

TSN scoort op het EAS-NL-criterium management, publieke opinie en eigenaarschap niet alleen op basis van de huidige plannen, maar ook op basis van de ontwikkeling van de veiligheidscultuur over langere tijd. De beschikbare bronnen laten geen rechte ontwikkeling zien van een lage naar een hoge veiligheidscultuur. Het beeld is eerder dat Corus/Tata Steel Nederland lange tijd vooral berekenend opereerde: sterk gericht op vergunningen, technische beheersing, emissienormen, bestuurlijk overleg en formele naleving. Binnen die berekenende cultuur zijn in de omgang met omwonenden en gezondheidsrisico's ook reactieve en soms ontkennende kenmerken zichtbaar. Vanaf ongeveer 2019/2020 ontstaat duidelijker een beweging naar proactieve elementen, maar die beweging lijkt grotendeels tot stand gekomen onder druk van bewoners, media, overheid, toezichthouders en onderzoeksrapporten.

Voor de periode 2000-2010 past Corus het best op het niveau berekenend, met reactieve en deels ontkennende kenmerken. De managementstijl was in deze periode vooral technisch, vergunninggericht en bestuurlijk ingebed. Het RIVM-rapport uit 2009 over de invloed van Corus op de luchtkwaliteit laat zien dat de beoordeling van de impact van Corus sterk plaatsvond via emissiegegevens, berekeningen, meetgegevens, luchtkwaliteitsnormen en bijdragen aan concentraties in de woonomgeving.<sup>29</sup> Dit wijst op een organisatie die veiligheid en gezondheid primair via technische en formele beheerssystemen benadert: kenmerkend voor een berekenende veiligheidscultuur. Tegelijkertijd kwam de gezondheid van omwonenden vooral nadrukkelijk op de agenda na maatschappelijke zorgen en externe druk. Dat betekent niet automatisch dat Corus volledig ontkennend was, maar wel dat gezondheidsrisico's lange tijd onvoldoende vanuit voorzorg en eigen verantwoordelijkheid lijken te zijn opgepakt.

Voor de periode 2010-2020 blijft de dominante stijl berekenend/reactief. In deze periode werd gezondheid rond Tata Steel wel periodiek onderzocht, maar de aanpak bleef sterk gebaseerd op monitoring, causale onzekerheid, meetmodellen en formele onderzoeksprogramma's. Het RIVM-onderzoek Gezondheid in de IJmond uit 2013 beschrijft dat het eerste onderzoek betrekking had op de periode 2006-2010, dat de aanleiding lag in zorgen van omwonenden over luchtverontreiniging afkomstig van Tata Steel, en dat de daaropvolgende jaren ook onderzocht zouden worden. Hetzelfde rapport vermeldt dat periodieke gezondheidsmonitoring samenhang met maatregelen die Tata Steel moest nemen om de uitstoot van fijnstof terug te dringen.<sup>30</sup> Die combinatie van monitoring, onzekerheid en geleidelijke opvolging past niet bij een proactieve veiligheidscultuur waarin het bedrijf uit zichzelf maximale voorzorg centraal stelt. Aan het einde van deze periode ontstaan wel eerste proactieve elementen, maar de hoofdclassificatie blijft berekenend/reactief.

Voor de periode 2020-heden verschuift Tata Steel Nederland naar berekenend met duidelijke proactieve elementen, maar nog niet naar vooruitstrevend. Het Programma Tata Steel 2020-2050 van provincie Noord-Holland en de IJmondgemeenten benoemt expliciet de inzet op een gezondere leefomgeving, het verminderen van negatieve effecten op gezondheid en veiligheid, en thema's als ultrafijn stof, stikstofoxiden, Zeer Zorgwekkende Stoffen, geur, grof stof, geluid, externe veiligheid, klachtenafhandeling, informatievoorziening en dialoog.<sup>31</sup> Ook



Roadmap+ en de JLoI wijzen op een beweging naar emissiereductie, betere compliance, publieke rapportage, monitoring en governance.<sup>32</sup>

Tegelijkertijd maken recente onafhankelijke bronnen duidelijk waarom TSN nog niet overtuigend als vooruitstrevend kan worden geclassificeerd. De Onderzoeksraad voor Veiligheid concludeerde in 2023 dat bescherming van omwonenden niet vanzelfsprekend is binnen het bestaande stelsel van vergunningverlening, toezicht en handhaving en benoemde een reactieve houding bij bedrijven en overheden.<sup>33</sup> Het RIVM concludeerde in 2023 dat de huidige uitstoot vanaf het terrein van Tata Steel Nederland extra gezondheidsrisico's veroorzaakt voor bewoners van de IJmond, onder meer via hinder door stof, geur en geluid en via blootstelling aan fijnstof en stikstofdioxide.<sup>34</sup> In 2025 werkte het RIVM bovendien een methodisch kader uit voor een Gezondheidseffectrapportage Tata Steel Nederland.<sup>35</sup> Dat laat zien dat de gezondheidsbenadering verder wordt verdiept, maar ook dat deze verdieping nog steeds nodig is en dus niet vanzelfsprekend al volledig in de bedrijfscultuur was geïnternaliseerd.

De ontwikkeling over 25 jaar kan daarom als volgt worden samengevat:

Periode	Dominante ladderpositie	Onderbouwing	Beleidsmatige betekenis
2000-2010	Berekenend, met reactieve en deels ontkennende kenmerken	Nadruk op vergunningen, emissiegegevens, normen, berekeningen, meetgegevens en technische beheersing; gezondheidsrisico's kwamen vooral via externe zorgen op de agenda.	Strategische waarde van TSN werd onvoldoende gekoppeld aan actieve verantwoordelijkheid voor leefomgeving en voorzorg.
2010-2020	Berekenend/reactief	Periodieke monitoring en maatregelen, maar sterk afhankelijk van onderzoek, toezicht, meetmodellen en causale onzekerheid.	Gezondheid werd serieuzer gevolgd, maar was nog niet aantoonbaar leidend in bedrijfsstrategie en besluitvorming.
2020-heden	Berekenend met duidelijke proactieve elementen, maar nog niet vooruitstrevend	Roadmap+, Programma Tata Steel 2020-2050, JLoI, sterkere aandacht voor leefomgeving, klachten, emissiereductie, rapportage en governance; tegelijk blijven RIVM en OVV wijzen op extra gezondheidsrisico's	Publieke steun is alleen verdedigbaar bij harde borging, transparantie, onafhankelijke monitoring, sancties en aantoonbare verbetering richting proactief/vooruitstrevend niveau.



		en reactieve patronen.	
--	--	------------------------	--

De belangrijkste verandering is dat gezondheid, leefomgeving, klachtenafhandeling, dialoog en emissiereductie steeds explicieter onderdeel zijn geworden van beleid en communicatie. De belangrijkste continuïteit is dat Tata Steel Nederland volgens de beschikbare bronnen vooral reageert via systemen, normen, programma's, vergunningen, toezicht en technische maatregelen. Daarmee is de cultuur niet langer zuiver reactief of ontkennend, maar ook nog niet generatief of vooruitstrevend in de zin dat gezondheid en veiligheid aantoonbaar boven productie-, kosten- en vergunningslogica staan.

Voor het EAS-NL-kader betekent dit dat publieke steun aan TSN niet alleen afhankelijk is van techniek, CO<sub>2</sub>-reductie en economische haalbaarheid, maar ook van vertrouwen, bestuur en afdwingbaarheid. Een bedrijf met grote externe effecten en een grote behoefte aan publieke steun moet aantoonbaar hoger scoren op managementcultuur, transparantie en publieke verantwoording dan een gewone marktpartij. Publieke steun is daarom alleen verdedigbaar bij onafhankelijke monitoring, open data, sancties, anti-leakage, dividendbeperkingen, publieke zeggenschap en een afdwingbaar verbeterpad naar minimaal proactief niveau op de Management/Safety Culture Ladder.

Voorlopige score: laag/middel, met verbetering sinds circa 2020. Belangrijkste onzekerheid: of cultuurverandering en publieke borging werkelijk afdwingbaar worden in de definitieve maatwerkafspraken. Randvoorwaarde: publieke steun alleen bij aantoonbare verbetering van managementcultuur en bij governance-instrumenten die gezondheid, lokale emissies, werknemersbelang en publieke waarde boven louter productie-, kosten- en vergunningslogica plaatsen.

#### 2.4.7 Samenvattende EAS-NL-score TSN

criterium	Voorlopige score	Kernreden	Belangrijkste randvoorwaarde
Autonomie	Middel/hog	Grote Europese staalcapaciteit, hoogwaardige producten, mogelijke strategische productlijnen	Productkritikaliteit en EU-vervangbaarheid aantonen
Defensie	Laag/middel, potentieel hoger	Staal is defensierelevant, maar TSN-specifieke defensierol is niet bewezen	Defensie- en materiaaltoets uitvoeren
Waarde voor Nederland	Middel/hog	Banen, kennis, opleiding, R&D, industriële keten en regionale betekenis zijn waardevol	Negatieve effecten via harde randvoorwaarden beheersbaar maken
Hoogwaardige producten & innovatie	Middel/hog	TSN levert hoogwaardige producten, heeft batterijstaal/e-motorstaal,	Productportfolio, routegevoeligheid en Europese vervangbaarheid bewijzen



criterium	Voorlopige score	Kernredenen	Belangrijkste randvoorwaarde
		R&D, opleiding en proceskennis	
Klimaat en lokale gezondheid	Laag huidig, potentieel middel/hog	Huidige uitstoot en gezondheidsschade zijn groot; transitie kan veel verbeteren	Harde, meetbare reducties vóór 2030
Management en publieke opinie	Laag/middel, met verbetering sinds circa 2020	Langdurig berekenend/reactief patroon; duidelijker proactieve elementen sinds 2020, maar nog niet vooruitstrevend volgens beschikbare bronnen.	Publieke steun alleen bij afdwingbare verbetering van managementcultuur, onafhankelijke monitoring, open data, sancties en publieke zeggenschap.

## 2.5 Conclusie van de EAS-NL-toets

De EAS-NL-toets leidt tot een genuanceerd oordeel. TSN is niet vanzelfsprekend behoudenswaardig in zijn huidige vorm. De huidige CO<sub>2</sub>-uitstoot, lokale gezondheidsschade, publieke weerstand, eigendomsrisico's en benodigde publieke steun maken voortzetting zonder harde voorwaarden onverdedigbaar.

Tegelijk is sluiting of volledige afbouw evenmin vanzelfsprekend verstandig. TSN beschikt over grote staalcapaciteit, een sterke locatie aan zee, geïntegreerde proceskennis, hoogwaardige productlijnen, batterijstaal, elektrotechnisch staal, werkgelegenheid, opleidingscapaciteit, R&D en mogelijke strategische waarde voor Europese autonomie. Bovendien kan het verplaatsen van staalproductie leiden tot importafhankelijkheid, emissieverplaatsing en verlies van industriële kennis.

Daarom is de voorlopige beleidsconclusie:

TSN is strategisch behoudenswaardig mits de toekomstige productie wordt gericht op hoogwaardige en kritische staalproducten, de lokale gezondheidslast snel en aantoonbaar daalt, CO<sub>2</sub>-reductie juridisch wordt geborgd, publieke steun publieke waarde en zeggenschap oplevert, en de route past binnen een bredere Europese staalstrategie.

Dit betekent dat publieke steun niet moet worden gekoppeld aan behoud van TSN als zodanig, maar aan behoud van die onderdelen van TSN die aantoonbaar bijdragen aan autonomie, hoogwaardige productie, innovatie, werkgelegenheid, defensie- en infrastructuurketens, batterij- en elektrificatieketens, en groene Europese staalcapaciteit.

1. Staat der Nederlanden, Provincie Noord-Holland, Tata Steel Nederland B.V. en Tata Steel Limited, *Joint Letter of Intent Tata Steel*, 2025, p. 2 en p. 4.
2. CE Delft, *Analyse toekomstplannen Tata Steel*, 2024, p. 20.
3. CE Delft, *Analyse toekomstplannen Tata Steel*, p. 20–21.
4. Blom & Wijers, *Hoe Tata Steel Nederland te verduurzamen?*, 2024, p. 8.
5. Girardi, B., Patrahau, I., Cisco, G. & Rademaker, M., *Strategic raw materials for defence: Mapping European industry needs*, HCSS, 2023, p. 22–25.



6. Staat der Nederlanden e.a., *Joint Letter of Intent Tata Steel*, p. 4.
7. Blom & Wijers, *Hoe Tata Steel Nederland te verduurzamen?*, p. 12–13 en p. 28–29.
8. Roland Berger, *Haalbaarheidsstudie klimaatneutrale paden TSN IJmuiden*, 2021, p. 5.
9. Tata Steel Nederland, *Automotive*, productinformatie, geraadpleegd 13 mei 2026.
10. Tata Steel Nederland, *HILUMIN® ultra-clean nickel-plated steel*, productinformatie, geraadpleegd 13 mei 2026.
11. Tata Steel Nederland, *Energy storage – Optimising battery cells*, productinformatie, geraadpleegd 13 mei 2026.
12. Tata Steel Nederland, *Tata Steel Nederland and H&T Recharge sign JDA to accelerate development of cylindrical cans for Li-ion batteries for EV applications*, 10 januari 2024.
13. H&T Recharge, *Tata Steel Nederland and H&T Recharge sign JDA to accelerate development of cylindrical cans for Li-ion batteries for EV applications*, 10 januari 2024.
14. Tata Steel Nederland, *Tata Steel among most innovative companies in the Netherlands*, 16 januari 2025.
15. Tata Steel Nederland, *Sustainability Report 2022/2023*,; zie passage over derde plaats wereldwijd in laagste CO<sub>2</sub>-emissies per ton staal onder deelnemende staalbedrijven.
16. Provincie Noord-Holland e.a., *Amended and Restated Expression of Principles*, 15 juli 2022, p. 4.
17. Staat der Nederlanden e.a., *Joint Letter of Intent Tata Steel*, p. 2.
18. Urgenda, *Factsheet Emissies en verbruik Tata Steel*, laatste update 12 april 2023, p. 1–2.
19. CE Delft, *Analyse toekomstplannen Tata Steel*, p. 25 en p. 35–36.
20. CE Delft, *Analyse toekomstplannen Tata Steel*, p. 4–5 en p. 25.
21. RIVM, *Direct link between Tata Steel emissions, nuisance and risk of disease*, 22 september 2023.
22. CBS, *Regionale Monitor Brede Welvaart*, geraadpleegd 13 mei 2026.
23. Staat der Nederlanden e.a., *Joint Letter of Intent Tata Steel*, p. 10.
24. Staat der Nederlanden e.a., *Joint Letter of Intent Tata Steel*, p. 4–5.
25. CE Delft, *Analyse toekomstplannen Tata Steel*, p. 4–6.
26. Staat der Nederlanden e.a., *Joint Letter of Intent Tata Steel*, p. 27–29 en p. 39–41.
27. Follow the Money, *Gelekt document: Tata Steel moet 685 miljoen euro ophoesten vanwege trage verduurzaming*, 2025, p. 1–5.
28. Staat der Nederlanden e.a., *Joint Letter of Intent Tata Steel*, p. 27–29.
29. RIVM, *De invloed van Corus op de luchtkwaliteit in de leefomgeving*, RIVM-rapport 609021079, 2009, p. 29-30; RIVM, *Wonen in de IJmond, ongezond?*, RIVM-rapport 601797002, 2009, p. 4.
30. RIVM, *Gezondheid in de IJmond*, RIVM-rapport 601357015, 2013, p. 3 en p. 9; RIVM, *Gezondheid in de IJmond II: Monitoring medicijngebruik 2007-2015*, 2019.
31. Provincie Noord-Holland, gemeente Beverwijk, gemeente Heemskerk en gemeente Velsen, *Programma Tata Steel 2020-2050: Samenwerken aan een gezondere en veilige IJmond*, 2020, p. 2-3 en p. 6.
32. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, *Naar een gezonde leefomgeving in de IJmond*, 2021, p. 1
33. Onderzoeksraad voor Veiligheid, *Industrie en omwonenden*, 2023, samenvatting opvolgingsdocument, p. 1-2.
34. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, *Kamerbrief bij RIVM-rapport De bijdrage van Tata Steel Nederland aan de gezondheidsrisico's van omwonenden*, 2023
35. RIVM, *Kennisnotitie Methodisch kader Gezondheidseffectrapportage Tata Steel Nederland*, KN-2025-0020, 2025, p. 1-2.



### 3. Technische routes voor groen staal bij TSN

Dit hoofdstuk schetst de door ons geïdentificeerde technische routes voor verdere verduurzaming die TSN de komende jaren kan volgen.

#### 3.1 Alternatieven beschikbaar voor TSN

- Huidige route/ nul variant
- DRI-NG + CCS met en/of zonder groene stroom
- DRI-LPG + CCS met en/of zonder groene stroom
- DRI-Light Naphtha + CCS met en/of zonder groene stroom
- DRI-H<sub>2</sub> met groene stroom
- EAF/schrootroute, eventueel met lagere productie
- DRI/HBI-import + eindproductie in IJmuiden (alternatieve EAF-route)
- JLoI / Tata Green Steel Phase 1
- JLoI + versnelde overlastreductie
- Gefaseerde afbouw/sluiting

##### 3.1.1 Huidige route/ nul variant

De huidige staalproductie via de hoogovenroute is een grootschalig en continu industrieel systeem waarin ijzererts met kooks en hulpstoffen wordt omgezet in ruwijzer. Koolstof vervult daarin een dubbele rol: als energiedrager én als chemisch reductiemiddel bij de omzetting van ijzererts naar metaal. Daarmee is deze productieroute fundamenteel verbonden met het gebruik van fossiele grondstoffen. Hulpstoffen zoals kalksteen worden ingezet om onzuiverheden af te scheiden, terwijl nevenstromen zoals slak en hoogovengas deels opnieuw worden benut binnen de keten.

Hoewel in de afgelopen decennia belangrijke efficiëntieverbeteringen zijn gerealiseerd, onder meer via optimalisatie van warmtehuishouding, brandstofinzet en processturing, is het fundamentele karakter van het proces onveranderd gebleven. Zolang koolstof de energetische en chemische basis van de productie vormt, blijft sprake van een aanzienlijke CO<sub>2</sub>-uitstoot. Verdere optimalisatie kan die emissies beperken, maar is onvoldoende om klimaatneutraliteit te bereiken.

De Nederlandse staalproductie is in de huidige configuratie dan ook sterk fossiel georganiseerd. Jaarlijks wordt ongeveer 7,2 miljoen ton ijzerhoudend materiaal geproduceerd, met een CO<sub>2</sub>-uitstoot van circa 12,6 miljoen ton per jaar. De productie steunt vooral op kolen en in mindere mate op aardgas, terwijl de inzet van elektriciteit beperkt is en waterstof nauwelijks een rol speelt.

Vanuit klimaat-, industrie- en transitiebeleid betekent dit dat de opgave niet ligt in alleen verdere efficiëntieverbetering, maar vooral in een structurele omschakeling naar productieroutes met een veel lagere afhankelijkheid van fossiele energie en grondstoffen.

##### 3.1.2 DRI-(NG, LPG of Light Naphtha) + CCS met en/of zonder groen stroom

Het DRI-proces (Direct Reduced Iron) is een relevant alternatief voor de conventionele hoogovenroute. In deze productieroute wordt ijzererts gereduceerd met een gasmengsel dat



hoofdzakelijk uit waterstof en koolmonoxide bestaat, in plaats van met kooks in een hoogoven. Daardoor kan de CO<sub>2</sub>-uitstoot aanzienlijk lager uitvallen dan bij de traditionele BF/BOF-route.

In de huidige praktijk wordt het reductiegas voor DRI meestal geproduceerd uit aardgas, maar ook andere koolwaterstoffen, zoals LNG, LPG en lichte nafta, kunnen als grondstof dienen. Daarmee biedt DRI beleidsmatig perspectief als overgangstechnologie tussen de huidige fossiele staalproductie en een toekomstige route op basis van groene waterstof.

De toepasbaarheid van het DRI-proces hangt sterk samen met de kwaliteit en samenstelling van het reductiegas. Voor een stabiele en efficiënte reductie van ijzererts is een goede verhouding tussen waterstof en koolmonoxide nodig. Simulaties laten zien dat uiteenlopende koolwaterstofstromen, mits verwerkt via een reformer en vaak ook een pre-reformer, kunnen worden omgezet in een gasmengsel dat geschikt is voor DRI-installaties. Dat wijst op een zekere brandstofflexibiliteit, waardoor de technologie onder verschillende marktomstandigheden en grondstofbeschikbaarheden inzetbaar is.

Tegelijk geldt dat DRI, zolang het op fossiele koolwaterstoffen is gebaseerd, niet emissievrij is. Vooral de reformer, waarin de invoerbrandstof wordt omgezet in reductiegas, is energie-intensief en verantwoordelijk voor een substantieel deel van de resterende CO<sub>2</sub>-uitstoot. De klimaatwinst is reëel, maar blijft begrensd zolang koolstof onderdeel van het proces blijft zonder een adequate CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag.

In combinatie met CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag zijn deze DRI-routes interessante opties. CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag vormt hier een belangrijke schakel in het bereiken van de CO<sub>2</sub>-doelstellingen met betrekking tot de staalproductie in Nederland. Als dan ook nog biologisch aardgas wordt gebruikt, is dit een sterke optie ook voor langere tijd.

### **3.1.3 DRI-H<sub>2</sub>**

Vanuit strategisch en beleidsmatig perspectief is vooral van belang dat DRI technisch kan doorgroeien naar een systeem waarin waterstof een steeds grotere rol speelt. Hybride varianten, waarbij extra waterstof wordt ingezet naast conventioneel reformer gas, kunnen al aanzienlijke emissiereducties opleveren en tegelijk de overgang naar volledig waterstof gebaseerde productie voorbereiden.

Waterstof-DRI geldt daarbij als de meest toekomstbestendige route naar vrijwel klimaatneutrale staalproductie.

De uiteindelijke haalbaarheid van deze route hangt echter niet alleen af van industriële technologie, maar ook sterk van externe randvoorwaarden. Doorslaggevend zijn de beschikbaarheid van voldoende en betaalbare duurzame elektriciteit (zodat dit niet ten koste gaat van andere hogere CO<sub>2</sub>-RE toepassingen), de opschaling van elektrolysecapaciteit en de tijdige ontwikkeling van infrastructuur voor transport, opslag en distributie van waterstof, alsmede een stap sprong die nodig is in de productie kosten. De verdere uitrol van DRI moet daarom worden gezien als een integrale opgave op het snijvlak van industriebeleid, energiebeleid en infrastructuurontwikkeling.

### **3.1.4 EAF/schrootroute eventueel met lagere productie**



De Electric Arc Furnace (EAF) is een productieroute waarbij staal met elektriciteit wordt geproduceerd, meestal op basis van schroot en, waar nodig, voorbereid ijzer. Ten opzichte van de traditionele hoogovenroute verschuift de energie-inzet daarmee van kolen naar elektriciteit. Dat maakt de EAF tot een relevante optie voor de verduurzaming van de staalproductie. In de praktijk wordt deze route vaak gecombineerd met direct gereduceerd ijzer (DRI), zodat naast schroot ook primaire ijzerdragers met een lagere CO<sub>2</sub>-belasting kunnen worden ingezet.

De overstap naar EAF-technologie verandert het energieverbruik van de staalproductie ingrijpend. Waar de conventionele route vooral op fossiele brandstoffen leunt, vergt een EAF grote hoeveelheden elektriciteit. Voor de productie van één ton staal is gemiddeld circa 350 tot 450 kilowattuur nodig. Bij grootschalige toepassing resulteert dat in een jaarlijkse elektriciteitsvraag van 1 tot 1,5 terawattuur, vergelijkbaar met het stroomverbruik van een middelgrote Nederlandse stad. De invoering van EAF-technologie is daarmee niet alleen een industriële keuze, maar ook een opgave voor het energiesysteem en de bijbehorende infrastructuur. De mate van emissiereductie hangt sterk af van de herkomst van de gebruikte elektriciteit. Wanneer de extra stroomvraag wordt ingevuld met fossiele opwek, blijft de klimaatwinst beperkt. Ook in dat geval kan een EAF-route, gecombineerd met fossiele elektriciteitsopwekking en bijbehorende CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag, nog steeds een aanzienlijke reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot opleveren.

Wanneer daarentegen gebruik wordt gemaakt van hernieuwbare of anderszins CO<sub>2</sub>-arme elektriciteit, kan de uitstoot aanzienlijk dalen. De beoordeling van deze route moet daarom niet alleen betrekking hebben op de installatie zelf, maar ook op de manier waarop in de extra elektriciteitsvraag wordt voorzien.

Tegelijk stelt grootschalige toepassing van EAF's hoge eisen aan het elektriciteitssysteem. De benodigde vermogens kunnen het net zwaar belasten en maken investeringen in hoogspanningsverbindingen, transformatorcapaciteit en bredere netverzwaring noodzakelijk.

Een vraag die op dit moment niet kan worden beantwoord is of de EAF route ook tot de hoge kwaliteit staal types leidt die nodig zijn om het product portfolio acceptabel te houden en daarmee TSN te behouden.

DRI kan bijdragen aan hogere en constantere staalkwaliteit, vooral in combinatie met EAF en bij hoogwaardige staalsoorten. Maar DRI garandeert geen betere kwaliteit; de uiteindelijke staalproductkwaliteit hangt af van de grondstofkwaliteit, procesbeheersing en de gewenste staalsoort.

De beleidsmatige relevantie van EAF-technologie ligt dus niet alleen in het potentieel voor emissiereductie, maar ook in de randvoorwaarden rond energie-infrastructuur, ruimtelijke inpassing en leveringszekerheid. Alleen als aan die voorwaarden wordt voldaan, kan grootschalige elektrificatie van de staalproductie geloofwaardig bijdragen aan de nationale klimaatdoelstellingen.

### **3.1.5 DRI/HBI-import + eindproductie IJmuiden**

Een mogelijke route om de staalproductie in IJmuiden te verduurzamen is de import van DRI of HBI, terwijl de eindproductie van staal in IJmuiden behouden blijft. DRI en HBI zijn ijzerproducten die al grotendeels zijn voorbereid. De productie daarvan kan plaatsvinden in landen of regio's waar duurzame energie, aardgas of groene waterstof goedkoper en beter



beschikbaar zijn. Daarbij verdient het de voorkeur om te kiezen voor geopolitiek stabiele landen en regio's, bij voorkeur binnen Europa.

Het geïmporteerde materiaal wordt vervolgens naar IJmuiden vervoerd, waar het in elektrische ovens kan worden omgesmolten, bij voorkeur met groene stroom. Daarna wordt het staal verder verwerkt tot eindproducten. Zo kan IJmuiden een belangrijk deel van zijn industriële functie behouden, inclusief werkgelegenheid, kennis, infrastructuur en logistiek. Tegelijk vindt de meest energie-intensieve processtap dan deels buiten Nederland plaats, waardoor de CO<sub>2</sub>-uitstoot in IJmuiden sterk kan dalen.

Deze route kent ook duidelijke aandachtspunten. Nederland wordt afhankelijker van internationale aanvoer, transportkosten en de beschikbaarheid van voldoende duurzaam geproduceerd ijzer. Daarnaast is de kwaliteit van het geïmporteerde DRI of HBI van groot belang. Als de samenstelling per leverancier of partij sterk verschilt, kan dat gevolgen hebben voor de kwaliteit van het eindproduct. Dat is vooral relevant voor hoogwaardig staal, bijvoorbeeld voor de auto-industrie en verpakkingen.

Daarom zijn goede afspraken met leveranciers, strikte kwaliteitscontrole en voldoende flexibiliteit in de productie noodzakelijk. Alleen dan kan IJmuiden met geïmporteerd DRI of HBI betrouwbaar hoogwaardig staal blijven produceren.

Een belangrijk onderdeel voor deze controle kan het oprichten van een joint venture met de leverancier van HBI zijn, zodat er ontwikkeling en toepassing gerichte R&D binnen de JV plaats kan vinden met samenbrengen van TSN zijn kennis van de totale staalproductie keten en de JV-partner met de informatie van van het DRI/HBI proces.

### **3.1.6 JLol/Tata Green Steel Phase 1**

Het JLol/Tata Green Steel Phase 1-plan is een intentieafpraak tussen de overheid en Tata Steel over de verduurzaming van de staalproductie in IJmuiden. In deze eerste fase worden Hoogoven 7 en Kooks- en Gasfabriek 2 vervangen door een DRI-installatie en een elektrische oven. Hoogoven 7 is de grootste hoogoven van Tata Steel IJmuiden en heeft naar schatting een capaciteit van circa 3,5 miljoen ton ruwijzer per jaar. Samen met Hoogoven 6 levert deze installatie het grootste deel van het ruwijzer voor de jaarlijkse staalproductie in IJmuiden, die volgens Tata Steel circa 7 miljoen ton bedraagt.

De DRI-installatie draait in eerste instantie op aardgas en kan later overstappen op bio methaan of groene waterstof. De elektrische oven maakt bovendien een grotere inzet van schroot mogelijk. Volgens het plan moet dit leiden tot een CO<sub>2</sub>-reductie van ruim 35 tot 40% en tot minder uitstoot van fijnstof, stikstof, zwavel, geur en geluid in de omgeving. Het voorafgaande is met de aanname dat er geen CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag in phase 1 wordt meegenomen. Met een eventuele CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag (CCS) kan de haalbare reductie oplopen tot ongeveer 56%, voor deze fase 1.

Het betreft nog geen definitief contract, maar wel de basis voor een bindende maatwerkafpraak tussen Tata Steel en de overheid.

### **3.1.7 JLol + versnelde overlastreductie**



De huidige koers voor Tata Steel IJmuiden is vastgelegd in de Joint Letter of Intent (JLoI) tussen Tata Steel, de Nederlandse Staat en de provincie Noord-Holland, zie 4.1.6.

Naast CO<sub>2</sub>-reductie bevat de JLoI ook afspraken over versnelde overlastreductie. Dat betekent dat niet alleen op lange termijn wordt gekeken naar groen staal, maar ook op kortere termijn naar verbetering van de leefomgeving rond IJmuiden en Wijk aan Zee.

De afspraken richten zich op minder uitstoot van onder meer fijnstof, stikstofoxiden, zwaveldioxide en zeer zorgwekkende stoffen, en op beperking van geur-, stof- en geluidsoverlast (doel reductie van uitstoot 70-85%).

### 3.1.8 Gefaseerde afbouw/sluiting

Bij een gefaseerde afbouw van de staalindustrie en hoogovens in Nederland wordt de bestaande productie niet abrupt beëindigd, maar stapsgewijs teruggebracht. In deze route worden geen nieuwe investeringen meer gedaan in het productieproces zelf. Investeringsrichtingen richten zich uitsluitend op het beperken van milieuschade en overlast, bijvoorbeeld via maatregelen voor emissiereductie, stofbeheersing, geurbeperving, geluidsreductie en bescherming van de leefomgeving.

Welke milieumaatregelen in deze tussenfase nog verantwoord zijn, vraagt om een zorgvuldige afweging. Daarbij moet niet alleen worden gekeken naar het directe effect op gezondheid en leefomgeving, maar ook naar de resterende gebruiksduur van de installaties en de toekomstplannen voor het gebied. Investeringsrichtingen die op korte termijn beperkt effect hebben of niet passen binnen een bredere gebiedsontwikkeling kunnen minder logisch zijn dan maatregelen die direct gezondheidswinst opleveren en ook aansluiten bij de toekomstige inrichting van IJmuiden en de omliggende regio.

Een gefaseerde afbouw vraagt daarom om een samenhangende gebiedsstrategie, waarin industriële afbouw, milieumaatregelen, sanering en herontwikkeling met elkaar worden verbonden. Dat betekent ook dat tijdig duidelijkheid moet worden geboden aan werknemers, omwonenden en andere betrokkenen over het tempo van de afbouw en de toekomstige bestemming van het terrein. Zo kan worden voorkomen dat nog langdurig wordt geïnvesteerd in een aflopend proces, terwijl tegelijkertijd wel gericht wordt gewerkt aan een schonere, veiligere en toekomstbestendige inrichting van het gebied.

## 3.2 Routematrix

Route	CO <sub>2</sub> -reductie	Gezondheid	Product-portfolio	Autonomie	Kosten	Risico	Voorlopig oordeel
Nul variant	---	---	-/+	+ → -	+++	+++	Niet aanbevolen. ETS-risico en milieueffecten blijven hoog.



DRI-NG + CCS	+++	+++	++	++	++	++	Kansrijke tussenroute, mits alternatieve brandstoffen en infrastructuur goed worden uitgewerkt.
DRI-H <sub>2</sub>	+++	+++	++	+++	--	--	Lange-termijnroute, duur en sterk afhankelijk van H <sub>2</sub> - en elektriciteitsinfrastructuur.
EAF / schroot	+	+++	-/+	+++	++	++	Kan een deel van de staalproductie vervangen, maar CO <sub>2</sub> -effect blijft beperkt bij combinatie met hoogovens.
JLol	++	++	-/+	+++	++	++	Logische basisroute, maar vraagt scherpere afspraken over vervolgstappen en uitvoering.
Versnelde overlastreductie	++	++	-/+	+++	+++	++	Politiek het meest haalbare minimumscenario op korte termijn.
HBI-import + eindproductie	-/+	++	--	-/+	+	--	Flexibele hybride route, maar met grotere importafhankelijkheid en kwaliteitsrisico's.

Legenda bij de scores: +++ = zeer positief; ++ = positief; + = beperkt positief; -/+ = gemengd of contextafhankelijk; -- = negatief; --- = zeer negatief.

#### Opmerkingen:

JLol en versnelde overlastreductie zijn in feite een combinatie van technische opties die binnen een afgesproken tijdspanne worden uitgevoerd.

De EAF-/schroot- en HBI-importroute zijn grotendeels identiek en gebaseerd op de installatie van uitsluitend EAF's in IJmuiden. Het CO<sub>2</sub>-effect wordt sterk beïnvloed door het toepassen van CCS op de elektriciteit productie en/of het gebruik van groene stroom.

#### CO<sub>2</sub>-Reductie Efficiency (CO<sub>2</sub>-RE)

Vanuit het in de introductie beschreven uitgangspunt dat klimaatregelingen zo effectief moeten worden gedaan, waarbij groene energie en investeringen in klimaat effect reducerende maatregelen moeten worden gedaan waar per euro investering (of per groene kWh product) er de meeste reductie plaats vindt van broeikasgassen.

Bij Tata steel is voor de gehele implementatie van DRI-H<sub>2</sub> + EAF (voor 7 miljoen ton staal/jaar) een hoeveelheid groene stroom nodig van rond de 20 TWh en leidt tot een gereduceerde uitstoot van slechts 0.39 Mton CO<sub>2</sub> uitstoot per jaar.



Als wordt uitgegaan van scenario 4b, met DRI-NG, EAF en CCS, is hiervoor circa 4 TWh aan energie nodig. Dit scenario realiseert een resterende CO<sub>2</sub>-uitstoot van ongeveer 0,45 Mton per jaar, waarbij circa 4,04 Mton CO<sub>2</sub> wordt afgevangen. Vergeleken met een alternatief scenario betekent dit dat 16 TWh extra groene stroom slechts leidt tot een verdere reductie van ongeveer 0,06 Mton CO<sub>2</sub> per jaar.

In onderstaande tabel de volgende vergelijking:

1. Scenario DRI-NG en DRI-H2 als totaalproject t.o.v.
  - a) Warmte pomp
  - b) Electriscie auto
2. Verschil tussen DRI-NG en DRI-H2 oplossing. Er is 16 TWh meer nodig voor DRI-H2 en dit afgezet tegen:
  - a) Warmte pomp
  - b) Electriscie auto

Eigenlijk zou de base case moeten zijn:

Optie	TWh	CO <sub>2</sub> vermindering Mton/jaar	Opmerkingen
<b>Vergelijking 1</b>			
4b DRI-NG EAF CCS	4	10	Van 10.43 naar 0.45 Mton CO <sub>2</sub> /jaar
5 DRI – H2 EAF	20	10.5	Reductie tot 0.39 Mton CO <sub>2</sub> /jaar
Warmtepompen	20	11.7	
Electriscie auto	20	19	

Optie	TWh	CO <sub>2</sub> vermindering Mton/jaar	Opmerkingen
<b>Vergelijking 2</b>			
Scenario 5 t.o.v. 4b	16	0.06	H2 ipv aardgas voor Tata
Warmtepompen	16	9.4	Veel meer rendement dan H2 scenario t.o.v. NG
Electriscie auto	16	15.2	Veel meer rendement dan H2 scenario t.o.v. NG



Bij vergelijking 2: zelfs bij DRI-NG EAF zonder CCS zijn warmtepompen meer dan 2 keer en elektrische auto's meer dan 4 keer zo effectief per kWh dan het scenario DRI – H2 EAF.

#### Conclusie:

- De CO<sub>2</sub>-RE voor DRI-NG en DRI-H2 als geheel project zijn 10-10.5 MT CO<sub>2</sub>-reductie/jaar t.o.v. 11.7 en 19 MT CO<sub>2</sub> reductie/jaar voor warmtepompen en auto's bij dezelfde hoeveelheid elektriciteit.
  - In theorie zou de groene energie beter voor elektrische auto's en mogelijk warmte pompen kunnen worden gebruikt,
  - In praktijk zou (voor het klimaat effect) dan betrouwbaar en groene ijzer ergens anders vandaan moeten komen, waar geen garanties voor zijn
- Belangrijker is dat als er wordt besloten TSN te behouden en de groen staal transitie te doen, de keuze voor DRI-NG i.p.v. DRI-H2 (dus op aardgas i.p.v. waterstof) een eenvoudige is.
  - In praktijk kan door **niet op waterstof over te gaan**, een CO<sub>2</sub>-reductie die veel groter is worden bereikt door de 16 TWh groene stroom extra nodig voor H2 oplossing te gebruiken voor bijvoorbeeld warmtepompen of elektrische auto's.

Hiermee is het scenario 5 (DRI-H2) vanuit CO<sub>2</sub>-RE standpunt niet effectief en zou daarom dit enkel bij sterk veranderende technologische of andere essentiële factoren kunnen worden heroverwogen.

#### Berekening:

*Warmtepomp; Dit is gebaseerd op per huishouden 1300 m<sup>3</sup> aardgas en een warmtepomp van 4000 kWh (dit bij een COP van 3,2), wat leidt tot  $1300 * 1,8 \text{ kg} * 4M = 9,36 \text{ Mton CO}_2$  vermindering*

*Electrische auto: Voor een gemiddelde van 15000 km/jaar gebruikt een benzineauto bij 1 op 12 (conservatieve aanname) 1250 liter benzine, en stoot  $1250 * 2,3 \text{ kg CO}_2 = 2,9 \text{ ton CO}_2$  per auto uit. Uitgaande van 20 kWh/100 km voor een elektrische auto is dat dus voor 15000 km 3000 kWh. Met 16 TWh kunnen we dus 5,3 miljoen elektrische auto's van elektriciteit voorzien en dat bespaart dan  $1250 * 2,3 \text{ kg} * 5,3M = 15,2 \text{ Mton CO}_2$ .*



## 4 Uitvoerbaarheid, energiegebruik en investeringsanalyse

In appendix 2 worden verschillende scenario's behandeld zowel aan de hand van hun impact op CO<sub>2</sub>-emissie en beschikbaarheid van nutsvoorzieningen, waarna de economische aspecten van operatie (operationele kosten) als de investeringskosten (projectkosten) beschreven.

De operationele kosten worden per optie teruggebracht naar de kosten per ton staal geproduceerd en de project kosten worden uiteindelijk meegenomen in een Net Present Value berekening, die aangeeft of de investering rendabel is puur vanuit financieel bedrijfskundig oogpunt (naast wenselijkheid/noodzaak om de emissies te verminderen).

### 4.1 Aannames en afbakening van de analyse

De technische en economische analyse in dit hoofdstuk is gebaseerd op de scenario's en aannames die nader zijn uitgewerkt in Appendix 1 en Appendix 2. Daarbij zijn de verschillende routes voor duurzame staalproductie vergeleken op CO<sub>2</sub>-uitstoot, gebruik van aardgas of andere koolwaterstoffen, elektriciteitsvraag, operationele kosten, investeringsbehoefte en bedrijfseconomische haalbaarheid. De berekeningen moeten worden gelezen als een beleidsmatige scenarioanalyse, niet als een definitieve investeringsraming of projectspecifieke engineering-studie.

In de scenario's wordt uitgegaan van behoud van substantiële staalproductie in IJmuiden, met een vergelijking tussen onder meer de huidige hoogovenroute, extra schrootinzet, DRI op aardgas met en zonder CCS, DRI op waterstof, DRI op alternatieve koolwaterstoffen, EAF-routes en import van DRI/HBI als grondstof voor verdere verwerking. Voor de economische analyse wordt gerekend met aannames over productievolume, investeringsfasering, staalprijs, operationele kosten per ton staal, CO<sub>2</sub>-kosten, energieprijzen, inflatie, discontovoet, beschikbaarheid van groene elektriciteit en het moment waarop nieuwe installaties operationeel worden. De NPV-analyse hanteert daarbij een langetermijnperspectief, omdat de relevante installaties – DRI, EAF, CCS-infrastructuur, energievoorziening en overige utilities – kapitaalintensief zijn en over meerdere decennia worden afgeschreven.

De uitkomsten zijn vooral gevoelig voor de prijs en beschikbaarheid van groene elektriciteit, waterstof, aardgas, biomethaan, ETS-/CBAM-effecten, CCS-kosten, CAPEX-overschrijdingen, vertraging in ingebruikname en de toekomstige marktprijs voor groen staal. Ook de vraag of bepaalde hoogwaardige staalproducten volledig met EAF-, DRI- of HBI-routes kunnen worden geproduceerd, is van belang voor de uiteindelijke strategische beoordeling. De analyse geeft daarom geen exact toekomstbeeld, maar maakt zichtbaar welke routes onder de gehanteerde aannames het meest doelmatig zijn in termen van CO<sub>2</sub>-reductie, energiegebruik, uitvoerbaarheid en economische robuustheid.

### 4.2 CO<sub>2</sub>, Aardgas en groene stroom effect

Bij de operationele berekeningen worden prijzen van grondstoffen en energie meegenomen, maar ook de verwachte kosten aan CO<sub>2</sub>-uitstoot bij productie "CO<sub>2</sub> credits" (op dit moment gesteld op 100 euro/ton CO<sub>2</sub>).

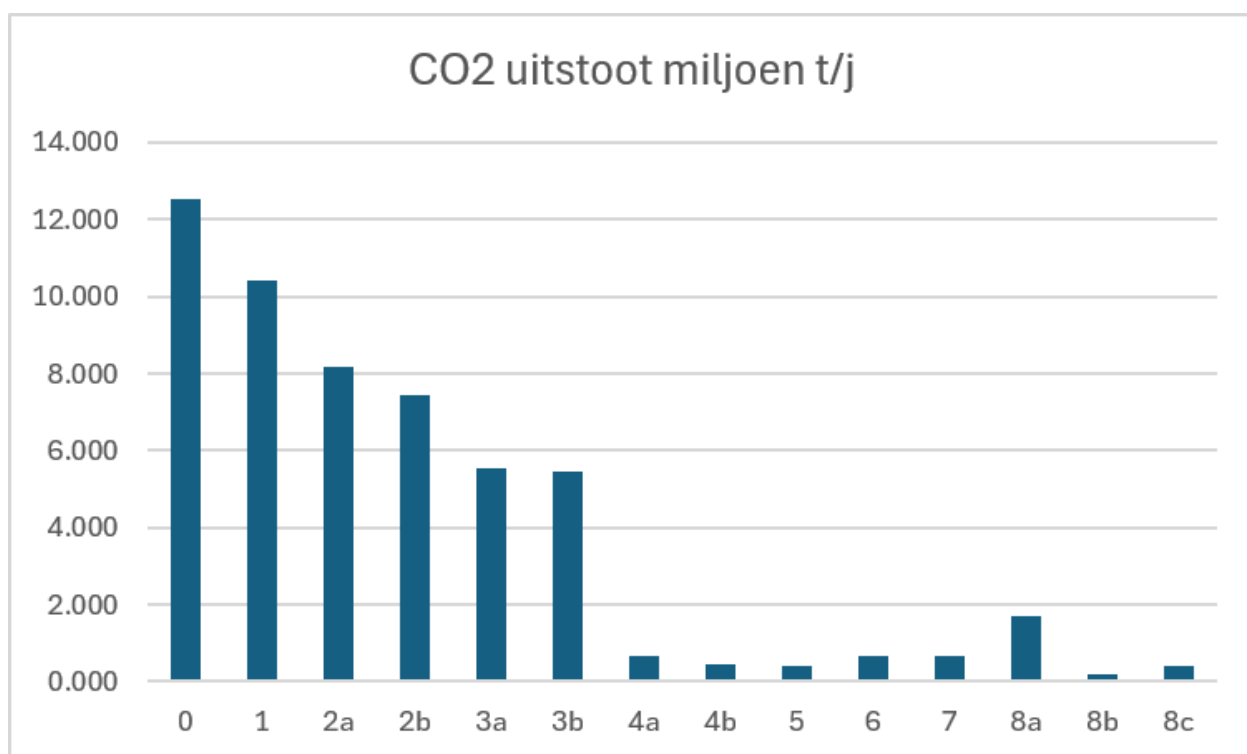


Binnen de scenario's die zijn bekeken, is er ook bij sommige scenario's een groene stroom variant meegenomen.

De scenario's die zijn beschreven zijn:

0. De nul variant.
1. Additionele schroot verwerking van 15% naar 30% (fossiele stroom)
2. NG DRI + EAF zonder CCS (fase 1)
  - a) Fossiel
  - b) Groene Stroom
3. NG DRI + EAF met CCS als vervanging van HO 7 (fase 1)
  - a) Fossiel
  - b) Groene Stroom
4. NG DRI + EAF met CCS als vervanging van HO 7 (fase 1)
  - a) Fossiel
  - b) Groene Stroom
5. H2 DRI + EAF (groene stroom) als vervanging van HO 7 en HO 6 (fase 1+2)
6. LPG DRI + EAF met CCS (fossiele elektriciteit) als vervanging van HO 7 en HO 6 (fase 1+2)
7. Light Nafta DRI + EAF met CCS (fossiele elektriciteit) als vervanging van HO 7 en HO 6 (fase 1+2)
8. Enkel EAF als vervanging van HO 7 en HO 6 (fase 1+2)
  - a) Elektriciteit fossiel
  - b) Fossiele elektriciteit met CCS
  - c) Groene stroom.

De effecten van de verschillende scenario's op de CO<sub>2</sub>-emissie worden in de grafiek hieronder gegeven.





Binnen dit overzicht zijn scenario's 1-3 met enkel vervanging van 1 cokes fabriek en HO (fase 1), waardoor zowel CO<sub>2</sub>-emissies en lokale emissies nog steeds significant zijn en daarom is het belangrijk te realiseren dat enkel scenario's 4 tot 8 de uiteindelijke oplossing zijn (fase 2).

Wel kan er voor fase 1 een ander technische oplossing gunstiger zijn en kan voor fase 2 een andere oplossing beter zijn, mede omdat fase 2 later wordt gerealiseerd met mogelijke nieuwe technische en kost inzichten (bv reële H2 prijs of HBI-markt).

Een ander aspect is dat voor sommige scenario's een hoog gebruik van bv groene stroom nodig is (bijna 20 TWh voor optie 5), wat dan ook wel beschikbaar moet zijn (en niet op ander manier gebruikt meer CO<sub>2</sub> effectief moet zijn).

In appendix 2 wordt ook dieper ingegaan naar de beschikbaarheid van aardgas en groene stroom voor de scenario's.

### 4.3 Analyse aardgasverbruik

De tabel laat zien dat verduurzaming via DRI/EAF de inzet van kolen en kooks vermindert, maar in veel scenario's leidt tot een aanzienlijke extra vraag naar aardgas of andere fossiele koolwaterstoffen. Vooral scenario's 4a, 6 en 7 vallen op met circa 2,8–2,9 miljard m<sup>3</sup> aardgasequivalent per jaar. Dat is bijna 10% van het huidige Nederlandse gasverbruik. Scenario's 5 en 8c zijn het gunstigst vanuit fossiele afhankelijkheid, omdat zij geen aardgas, LPG of light nafta gebruiken.

De huidige route, scenario 0, gebruikt relatief weinig aardgas: 0,305 miljoen ton per jaar, gelijk aan circa 0,43 miljard m<sup>3</sup> of ongeveer 1,4% van het Nederlandse jaarverbruik. Scenario 1, met extra schrootinzet, verandert dit aardgasverbruik niet. De klimaatwinst komt daar dus vooral door minder ijzererts, steenkool en kooks, niet door minder aardgas.

Scenario	Aardgas miljoen t/j	LPG miljoen t/j	Light miljoen t/j	Aardgas miljard m <sup>3</sup>	Aandeel t.o.v. NL-gasverbruik
0	0,305	0,000	0,000	ca. 0,43 mld m <sup>3</sup>	ca. 1,4%
1	0,305	0,000	0,000	ca. 0,43 mld m <sup>3</sup>	ca. 1,4%
2a	0,997	0,000	0,000	ca. 1,42 mld m <sup>3</sup>	ca. 4,7%
2b	0,731	0,000	0,000	ca. 1,04 mld m <sup>3</sup>	ca. 3,5%
3a	1,130	0,000	0,000	ca. 1,61 mld m <sup>3</sup>	ca. 5,4%
3b	0,731	0,000	0,000	ca. 1,04 mld m <sup>3</sup>	ca. 3,5%
4a	2,014	0,000	0,000	ca. 2,86 mld m <sup>3</sup>	ca. 9,5%
4b	1,157	0,000	0,000	ca. 1,64 mld m <sup>3</sup>	ca. 5,5%
5	0,000	0,000	0,000	0	0%
6	1,469	0,583	0,000	ca. 2,85 mld m <sup>3</sup> eq.	ca. 9,5%
7	1,468	0,000	0,594	ca. 2,83 mld m <sup>3</sup> eq.	ca. 9,4%
8a	0,481	0,000	0,000	ca. 0,68 mld m <sup>3</sup>	ca. 2,3%
8b	0,585	0,000	0,000	ca. 0,83 mld m <sup>3</sup>	ca. 2,8%
8c	0,000	0,000	0,000	0	0%

De tabel bevestigt drie hoofdpunten.



Ten eerste verhogen gedeeltelijke en volledige NG-DRI-routes de aardgasvraag sterk, ook wanneer CCS wordt toegepast. Groene stroom kan die vraag verlagen, maar neemt haar niet volledig weg.

Ten tweede zijn scenario's 6 en 7 strategisch interessant omdat zij kolen vervangen door aardgas in combinatie met LPG of light nafta, maar ze blijven sterk afhankelijk van fossiele energiedragers en betrouwbare CCS.

Ten derde hebben EAF-only routes een lagere directe gasvraag, al kan fossiel verbruik deels verschuiven naar de productie van geïmporteerde HBI/DRI buiten Nederland.

Als vermindering van aardgas- en fossiele koolwaterstofafhankelijkheid centraal staat, zijn scenario's 5 en 8c het sterkst. Scenario's 4a, 6 en 7 zijn juist het meest kritisch: zij reduceren wel CO<sub>2</sub> via DRI/EAF en CCS, maar vragen bijna een tiende van het huidige Nederlandse gasverbruik. Scenario 4b vormt een tussenpositie met lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot en minder aardgas dan 4a, maar nog steeds ruim 1,6 miljard m<sup>3</sup> aardgasequivalent per jaar.

De kernconclusie is dat aardgas-DRI een sterke CO<sub>2</sub>-transitieroute kan zijn, maar geen sterke route is voor vermindering van Nederlandse gasafhankelijkheid. De afhankelijkheid verschuift vooral van kolen en kooks naar aardgas, LPG of light nafta.

#### 4.4 Analyse van het elektriciteitsverbruik

Voor het stroomverbruik is vooral het onderscheid tussen fossiele stroom en groene stroom belangrijk. De scenario's verschillen namelijk niet alleen in hoeveel elektriciteit zij vragen, maar ook in de mate waarin die vraag extra druk legt op fossiele elektriciteitsproductie of op de beschikbaarheid van hernieuwbare elektriciteit.

Als referentiepunt kan Nederland worden genomen. In 2024 werd in Nederland in totaal ruim 120 TWh elektriciteit opgewekt, waarvan ongeveer 60 TWh uit hernieuwbare bronnen zoals wind, zon en biomassa kwam. Daarmee was ongeveer de helft van de Nederlandse elektriciteitsproductie hernieuwbaar. Het CBS geeft daarnaast aan dat de bruto genormaliseerde binnenlandse productie van hernieuwbare elektriciteit in 2024 overeenkwam met ongeveer 50% van het elektriciteitsverbruik.

Scenario	Fossiele stroom TWh	Groene stroom TWh	Totaal TWh	Aandeel van NL-stroomproductie, ±120 TWh	Aandeel van NL groene stroom, ±60 TWh
0	0,583	0,000	0,583	0,5%	0,0%
1	0,583	0,000	0,583	0,5%	0,0%
2a	1,839	0,000	1,839	1,5%	0,0%
2b	0,292	1,547	1,839	1,5%	7,7%
3a	2,611	0,000	2,611	2,2%	0,0%
3b	0,292	1,967	2,259	1,9%	3,2%



4a	4,983	0,000	4,983	4,2%	0,0%
4b	0,000	4,713	4,713	3,9%	7,7%
5	0,000	19,972	19,972	16,6%	32,7%
6	4,968	0,000	4,968	4,1%	0,0%
7	4,967	0,000	4,967	4,1%	0,0%
8a	2,800	0,000	2,800	2,3%	0,0%
8b	3,405	0,000	3,405	2,8%	0,0%
8c	0,000	2,800	2,800	2,3%	4,6%

De referentiescenario's 0 en 1 hebben een beperkte elektriciteitsvraag van 0,583 TWh per jaar, volledig fossiel. Dit is op nationale schaal klein: ongeveer 0,5% van de Nederlandse elektriciteitsproductie. Scenario 2a verhoogt de fossiele stroomvraag naar 1,839 TWh, terwijl scenario 2b dezelfde totale stroomvraag heeft, maar deze grotendeels verschuift naar groene stroom. Daarmee laat scenario 2b zien dat elektrificatie of vergroening niet altijd méér totale elektriciteit hoeft te vragen, maar vooral een andere herkomst van de stroom vereist.

Bij de CCS-scenario's neemt de stroomvraag duidelijk toe. Scenario 3a vraagt 2,611 TWh fossiele stroom, terwijl scenario 3b de fossiele stroom beperkt tot 0,292 TWh en daarnaast 1,967 TWh groene stroom gebruikt. De extra elektriciteitsvraag hangt samen met installaties zoals CO<sub>2</sub>-afvang, compressie en transport. Wanneer die elektriciteit fossiel wordt opgewekt, blijft een deel van de klimaatwinst beperkt; wanneer groene stroom wordt gebruikt, daalt de fossiele afhankelijkheid, maar ontstaat extra druk op de hernieuwbare elektriciteitsvoorziening.

De scenario's 4, 6 en 7 hebben de hoogste fossiele stroomvraag. Scenario 4a vraagt 4,983 TWh fossiele stroom, scenario 6 4,968 TWh en scenario 7 4,967 TWh. Elk van deze routes komt overeen met ongeveer 4,1–4,2% van de totale Nederlandse elektriciteitsproductie. Als deze stroom fossiel wordt geleverd, is dat op nationale schaal aanzienlijk.

Deze scenario's verlagen de directe CO<sub>2</sub>-uitstoot sterk, maar verschuiven een deel van de energievraag naar fossiele elektriciteit. Daardoor zijn zij vanuit klimaat- en energiesysteem-perspectief minder aantrekkelijk dan varianten met groene stroom.

Scenario 4b is de groene variant van scenario 4a. De fossiele stroomvraag daalt naar 0 TWh, maar daar staat een groene stroomvraag van 4,713 TWh tegenover. Dat is ongeveer 7,7% van de Nederlandse hernieuwbare elektriciteitsproductie in 2024. Dit is technisch niet onmogelijk, maar wel groot: voor één industriële route zou bijna een twaalfde van de huidige Nederlandse groene stroomproductie nodig zijn. De realiseerbaarheid hangt daardoor sterk af van extra wind-op-zee, netcapaciteit, directe aansluiting, opslag, flexibiliteit en langjarige groene-stroomcontracten.

Scenario 5 is veruit het meest veeleisend voor het Nederlandse elektriciteitssysteem. Het vraagt 19,972 TWh groene stroom per jaar, oftewel ongeveer 16,6% van de totale Nederlandse elektriciteitsproductie en ongeveer 32,7% van de Nederlandse hernieuwbare elektriciteitsproductie in 2024. Dit scenario is dus klimaatkundig aantrekkelijk omdat er geen fossiele stroom en geen aardgas worden gebruikt, maar systeemtechnisch zeer zwaar. Het zou een enorme uitbreiding van hernieuwbare opwek en infrastructuur vereisen. In de huidige



Nederlandse context is dit alleen realistisch als het wordt gekoppeld aan grootschalige nieuwe groene stroomcapaciteit, bijvoorbeeld wind op zee, en waarschijnlijk ook aan waterstofproductie, opslag en flexibiliteit.

Scenario 8c is veel minder zwaar dan scenario 5. Het vraagt 2,800 TWh groene stroom, gelijk aan ongeveer 4,6% van de Nederlandse hernieuwbare elektriciteitsproductie in 2024. Dit is nog steeds substantieel, maar aanzienlijk realistischer dan scenario 5. Scenario 8b daarentegen heeft de laagste CO<sub>2</sub>-uitstoot, maar gebruikt 3,405 TWh fossiele stroom. Dat betekent dat de emissiereductie in dit scenario sterk afhankelijk blijft van CCS en fossiele elektriciteit. Als de stroomvraag van scenario 8b in de toekomst vergroend zou worden, kan dit scenario energetisch en klimatologisch aantrekkelijker worden.

Wat realiseerbaar is in Nederland hangt niet alleen af van de hoeveelheid TWh, maar ook van netcapaciteit. Netbeheer Nederland geeft met de landelijke capaciteitskaart inzicht in gebieden waar voldoende transportcapaciteit beschikbaar is en waar tekorten zijn ontstaan. Netcongestie betekent dat nieuwe grote elektriciteitsvragen of terug levering niet overal direct kunnen worden aangesloten. Dit is een belangrijke beperking voor scenario's met veel elektrificatie en groene stroom, vooral scenario 4b, 5 en 8c.

Samenvattend zijn scenario's met een stroomvraag tot ongeveer 2–3 TWh per jaar relatief beter inpasbaar, mits aansluiting en netcapaciteit beschikbaar zijn. Scenario's 3b en 8c vallen in deze categorie en lijken daardoor realistischer dan scenario 5.

Scenario 4b is technisch mogelijk, maar vraagt met 4,713 TWh groene stroom al een forse reservering van Nederlandse hernieuwbare productie.

Scenario 5 is het meest ambitieus en vraagt zó veel groene stroom dat het in Nederland alleen haalbaar lijkt met grootschalige aanvullende opwek, directe koppeling aan offshore wind of geïmporteerde groene waterstof/elektriciteit. De fossiele-stroomscenario's 4, 6, 7 en 8a zijn eenvoudiger in termen van groene-stroombehoefte, maar minder gunstig voor structurele verduurzaming omdat zij een grote fossiele elektriciteitsvraag behouden.

## Uitdagingen

Aspect	Uitdaging	Impact
Aardgas	Voor fase 1 (scenario 2-3) is gebruik hoog, doch mogelijk.	3-5% van NL verbruik
	Voor fase 1 en 2 met fossiel, is ook met gebruik van LPG en Light Nafta het gebruik van aardgas hoog.	Tot 7-9% van NL verbruik
Groene Stroom	Fase 1 met groene stroom is significant maar haalbaar	3.2% van 2024 NL groene stroom (totaal 60 TWh 2024)
	Fase 1 en 2 geven een grotere uitdaging, maar met Noordzee windparken dichtbij realiseerbaar voor scenario 4	8% van 2024 NL groene stroom



	Fase 1 en 2 met Scenario 5 met H2 DRI, geeft zeer grote verandering en gebruik van groene stroom, welke op andere manieren beter kan worden gebruikt, dus wordt niet realistisch gezien.	33% van 2024 NL groene stroom
--	--	-------------------------------

#### 4.5 Operationele kostenanalyse

De analyse van operationele kosten wordt gedaan door het gebruik van grondstoffen en bv energie benodigdheden van huidige operatie en nieuwe scenario's tegen een aangenomen prijs (screening value), welke in appendix 2 worden gegeven.

De belangrijkste zijn:

- IJzererts is een standaard grondstof voor de staal industrie en wordt op grote schaal verhandeld. De prijs is daarom bekend en genomen uit een erkende bron.
- Hot Briquetted Iron (HBI); Dit is "groen ijzer" vervaardigd met het DRI-proces. Momenteel is de productie van HBI beperkt en zijn daarom de prijzen indicatief en niet openlijk beschikbaar. Ook is onbekend hoe toekomstige DRI fabrieken zullen worden gebouwd en of deze HBI voor de open markt zullen produceren of enkel voor bedrijven met leveringscontracten of zelfs enkel met eigenaarschap van bestaande staalfabrikanten of in JV's met die staalfabrikanten. Voor de studie is er een 2025 prijs genomen, maar voor zekerheid van beschikbaarheid met de hoeveelheden die TSN nodig zou hebben in 1e maar zeker in 2e fase, is het waarschijnlijk dat TSN een aandeel zou moeten nemen in een buitenlandse DRI-fabriek om de leverzekerheid en prijs voor de toekomst zeker te stellen.
- Staalschroot wordt ook als ijzererts op grote schaal verhandeld, doch transitie naar groen staal (veel EAF projecten in voorbereiding) en ook vergroting van aandeel van schroot bij traditionele staal fabrieken, maken dat de vraag naar vooral hoogwaardig schroot sterk toeneemt, en daarom is de prijs en beschikbaarheid onduidelijk wat essentieel is om lange termijn contracten af te sluiten om geen sterke prijsstijgingen te krijgen voor TSN in de toekomst. In de analyse is de prijs van 2025-2026 genomen, doch dit kan een optimistische inschatting zijn.
- Cokes kolen en metallurgische kolen: Deze grondstoffen worden openlijk en op grote schaal verhandeld en de prijs 2026 is genomen.
- Groene waterstof: Groene waterstof prijzen voor grotere afname zijn moeilijk momenteel te voorspellen doordat het een groeimarkt is en ook de prijs en afschrijving van het proces en kosten van infrastructuur nog niet goed bekend is. In Europa ligt er een indicatieve prijs van 5-9 euro/kg waterstof (gebaseerd op lage kosten groen stroom landen), maar voor Nederland worden momenteel prijzen van 12-16 euro/kg waterstof gezien. Dit maakt de route via DRI-H2 vanuit Nederland op dit moment zeer onaantrekkelijk (naast het feit dat groene elektriciteit in ander gebruik veel meer CO<sub>2</sub>-emissies kan verminderen (CO<sub>2</sub>-RE)
- Fossiele en Groene Elektriciteit: Fossiele elektriciteit prijs is eenvoudig voorhanden, maar toekomstige prijs wordt sterk beïnvloedt door netwerk kosten en CO<sub>2</sub> belasting. Voor Groene Stroom is de opwekking relatief goedkoop, maar ook hier zijn netwerk kosten onzeker, terwijl bij Groene Stroom er "onbalans" kosten mee moeten worden genomen. Groene stroom geen vast aanbod heeft (de wind en zon zijn er niet altijd) wat kosten voor opslag of back up met grijze stroom (fossiel met CCS) moet worden meegenomen.



- Fossiele Brandstoffen; De prijs van aardgas (en biogas), LNG, LPG en Light Nafta zijn vastgesteld op basis van 2026 waarden, maar fluctueren sterk door geopolitieke en ander economische situaties.

Een overzicht van de totale berekeningen is vermeld in onderstaande tabellen.

De analyse toont dat de prijzen voor de verschillende scenario's sterk verschillen, met kosten per ton staal tussen de 350 en 800 euro/ton staal.

Als stappen vallen op:

Toepassen van hogere schroot van 15 naar 30% (optie 0 naar scenario 1) levert minder CO<sub>2</sub>-uitstoot op (rond de 15-20%) en een lagere kosten per ton staal.

Scenario	Omschrijving	Voeding			Brandstof / Reactanten					CO2 uitstoot / CO2 afvang					
		Ijzererts miljoen t/j	Schroot import miljoen t/j	HBI/DRI staal import miljoen t/j	Steenkool / Kokes import miljoen t/j	Aardgas miljoen t/j	LPG miljoen t/j	Light Nafta miljoen t/j	Waterstof miljoen t/j	CCS	Totaal CO2 miljoen t/j	CO2 uitstoot miljoen t/j	CO2 afvang miljoen t/j	Fossiel stroom TWh	Groene stroom TWh
0	Denul variant (asis)	8925	1.050	0,000	6.962	0,305				Nee	12.526	12.526	0,000	0,583	0,000
1	Schroot van 15% naar 30%	7350	2.100	0,000	5.733	0,305				Nee	10.433	10.433	0,000	0,583	0,000
2a	NG DRI + HO6 + EAF no CCS, fossiel electra	7350	2.100	0,000	2.867	0,997				Nee	8.189	8.189	0,000	1,839	1,547
2b	NG DRI + HO6 + EAF no CCS, groene electra	7350	2.100	0,000	2.867	0,731				Nee	7.458	7.458	0,000	0,292	1,547
3a	NG DRI + HO6 + EAF + CCS, fossiel electra	7350	2.100	0,000	2.867	1,130				J	8.555	5.550	3,005	2,611	0,000
3b	NG DRI + HO6 + EAF + CCS, groene electra	7350	2.100	0,000	2.867	0,731				J	7.458	5.440	2,018	0,292	1,967
4a	NG DRI + EAF + CCS, fossiel electra	7350	2.100	0,000	0,000	2,014				J	6.839	0,684	6,155	4,983	0,000
4b	NG DRI + EAF + CCS, groene electra	7350	2.100	0,000	0,000	1,157				J	4.483	0,448	4,035	0,000	4,070
5	H2 DRI + EAF	7350	2.100	0,000	0,000	0,000			0,294	Nee	0,389	0,389	0,000	0,000	19,972
6	LPG DRI + EAF met CCS	7350	2.100	0,000	0,000	1,469	0,583			J	6.800	0,680	6,120	4,968	0,000
7	Light Nafta DRI + EAF met CCS	7350	2.100	0,000	0,000	1,468		0,594		J	6.798	0,680	6,119	4,967	0,000
8a	EAF alleen + Elektriciteit Fossiel	0,000	2.100	4,900	0,000	0,481				Nee	1,713	1,713	0,000	2,800	0,000
8b	EAF alleen + Fossiel met CCS	0,000	2.100	4,900	0,000	0,585				J	1,939	0,200	1,739	3,405	0,000
8c	EAF alleen + Groene stroom	0,000	2.100	4,900	0,000	0,000				Nee	0,389	0,389	0,000	0,000	2,800

Scenario	Omschrijving	Kostenoverzicht grond en brandstoffen				Kostenoverzicht al ternaleven				Kosten Elektriciteit		Kosten CO2		CAPEX		
		Ijzererts miljoen €	Steenkool / Kokes import miljoen €	Schroot import miljoen €	HBI/DRI staal import miljoen €	Aardgas miljoen €	LPG miljoen €	Light Nafta miljoen €	Waterstof miljoen €	Fossiel stroom miljoen €	Groene stroom miljoen €	CO2 niet afgevangen miljoen €	CO2 afvang aansluiting opslag miljoen €	Totaal kosten miljoen t/j	Totaal kosten €/miljoen t staal	Capex miljard €
0	Denul variant (asis)	815	238	352	313	361	590	690	7000	180	70	100	55	4309	616	0,00
1	Schroot van 15% naar 30%	671	1564	740	0	110	0	0	0	105	0	1253	0	4033	576	0,00
2a	NG DRI + HO6 + EAF no CCS, fossiel electra	671	341	740	0	360	0	0	0	331	0	819	0	3262	466	2,44
2b	NG DRI + HO6 + EAF no CCS, groene electra	671	341	740	0	264	0	0	0	53	108	746	0	2922	417	2,44
3a	NG DRI + HO6 + EAF + CCS, fossiel electra	671	341	740	0	408	0	0	0	470	0	555	165	3950	479	3,27
3b	NG DRI + HO6 + EAF + CCS, groene electra	671	341	740	0	264	0	0	0	53	138	544	111	2861	409	2,99
4a	NG DRI + EAF + CCS, fossiel electra	671	0	740	0	728	0	0	0	897	0	68	339	3442	492	6,57
4b	NG DRI + EAF + CCS, groene electra	671	0	740	0	418	0	0	0	0	285	45	222	2380	340	5,99
5	H2 DRI + EAF	671	0	740	0	0	0	0	2058	0	284	38	0	3791	542	5,41
6	LPG DRI + EAF met CCS	671	0	740	0	531	344	0	0	894	0	68	337	3584	512	7,09
7	Light Nafta DRI + EAF met CCS	671	0	740	0	531	0	410	0	894	0	68	337	3650	521	7,41
8a	EAF alleen + Elektriciteit Fossiel	0	0	740	1534	174	0	0	0	504	0	171	0	3123	446	2,56
8b	EAF alleen + Fossiel met CCS	0	0	740	1534	212	0	0	0	613	0	20	99	3217	460	3,06
8c	EAF alleen + Groene stroom	0	0	740	1534	0	0	0	0	0	196	39	0	2508	358	2,56

Noot De kosten van de groene elektriciteitsproductie voor waterstof productie is verwerkt in de "overall koste" voor groene waterstof

Puur economisch gezien zijn het gebruik van (goedkoop aangenomen) groene stroom en het totaal vervangen van de HO 6 en HO7 door EAF een gunstigste (scenario 8b) opleveren, echter dit zal effect hebben op de producten portfolio en daarmee in strijd kunnen zijn met het autonomie criteria, terwijl ook de beschikbaarheid van schroot en daarmee de prijs zal moeten worden meegenomen.



Met huidige groene H2 prijs is DRI-H2 (scenario 5) zeer ongunstig, zeker in het licht van onzekerheid mbt benodigde infrastructuur en de betere besteding van groene elektriciteit bij bv warmtepompen (welke veel hogere CO<sub>2</sub>-RE hebben)

Als het huidige producten portfolio ook in de toekomst moet worden zeker gesteld (autonomie en hoogwaardig staalproductie), een grote CO<sub>2</sub>-reductie en lokale emissie moet worden bereikt, lijkt zeker voor fase 1 DRI-NG met CCS (scenario 3 of 3a met groene stroom), het meest aantrekkelijk, terwijl voor fase 2 ook deze optie economisch zeer sterk is en zeer waarschijnlijk behoud van het producten portfolio realiseert.

Gesorteerd naar kosten per ton staal geeft de volgende rangschikking:

Scenario	Rangschikking laag naar hoog	Totaal €/miljoen t staal	Capex miljard €
----------	------------------------------	--------------------------------	--------------------

4b	NG DRI + EAF + CCS, groene electra	340	5.99
8c	EAF alleen+ Groene stroom	358	2.56
3b	NG DRI + HO6 + EAF + CCS, groene electra	409	2.99
2b	NG DRI + HO6 + EAF no CCS, groene electra	417	2.44
8a	EAF alleen + Elektriciteit Fossiel	446	2.56
8b	EAF alleen + Fossiel met CCS	460	3.06
2a	NG DRI + HO6 + EAF no CCS, fossiel electra	466	2.44
3a	NG DRI + HO6 + EAF + CCS, fossiel electra	479	3.27
4a	NG DRI + EAF + CCS, fossiel electra	492	6.57
6	LPG DRI + EAF met CCS	512	7.09
7	Light Nafta DRI + EAF met CCS	521	7.41
5	H2 DRI + EAF	542	5.41
1	Schroot van 15% naar 30%	576	0.00
0	De nul variant (as is)	616	0.00

Uit de analyse komt ook iets anders naar voren.

In alle scenario's is vervanging van de hoogoven door een EAF noodzakelijk. Daarnaast kan in fase 2 ook vervanging van de tweede cokesfabriek en hoogoven door uitsluitend een EAF een reële optie zijn, mits de schrootmarkt zich gunstig ontwikkelt.

Dit zou betekenen dat al nu kan worden besloten 2 EAF installaties te bouwen, omdat dit sowieso tot minder CO<sub>2</sub>-emissies leidt, verlaging van kosten per ton staal geeft en snelheid van implementatie realiseert.



#### **4.6 Investerings voor schonere staalproductie via DRI en EAF**

In Appendix 2, paragraaf 8.3, zijn de investeringen voor de transitie naar groener staal uitgewerkt op basis van vervanging van cokesovens, hoogovens en BOF door DRI en EAF, waarbij voor fossiele routes ook CCS is meegenomen.

De analyse laat zien dat aardgas-DRI + EAF momenteel de meest haalbare en relatief goedkoopste commerciële overstaproute is, terwijl LPG- en light-nafta-varianten hogere investeringen vragen door extra voorbehandeling en daarom vooral als niche- of overgangsopties relevant zijn.

Voor waterstof-DRI is het onderscheid cruciaal tussen externe aanvoer van waterstof, die qua investeringsniveau nog in dezelfde orde ligt als LPG-DRI, en geïntegreerde eigen productie van groene waterstof, die door elektrolyzers en aanvullende infrastructuur veruit de hoogste CAPEX vraagt.

Daarnaast vormt CO<sub>2</sub>-afvang een afzonderlijke grote investeringspost, waarvan de uiteindelijke kosten sterk afhangen van de gekozen techniek, rookgassamenstelling, energie-integratie en project specifieke omstandigheden.

#### **Basis voor economische analyse**

Voor staalindustrieprojecten in Nederland en Europa wordt de NPV-horizon meestal afgestemd op de technische levensduur van de installatie, contractduur, afschrijving, financieringsstructuur en beleidsdoelen richting 2030–2050. Voor grote geïntegreerde installaties zoals DRI, hoogovenvervanging, CCS-infrastructuur, waterstofstaalproductie en utilities is een 20–30 jaar analyseperiode verdedigbaar. Voor TEA-studies wordt vaak een 20-jaars discounted cash flow of levelized-cost benadering gebruikt als basisgeval, met gevoeligheden op langere levensduur.

Voor Nederlandse staalprojecten zijn de belangrijkste gevoeligheden: disconteringsvoet/WACC, elektriciteitsprijs, aardgasprijs, CO<sub>2</sub>/EU ETS-prijs, waterstofprijs, CAPEX, capaciteitsfactor en beleid/subsidies. Dit is vooral relevant omdat Nederlandse industriële elektrificatie afhankelijk is van netcapaciteit en offshore windontwikkeling; netcongestie en vertragingen in offshore wind kunnen de elektriciteitsprijs en beschikbaarheid beïnvloeden.

#### **Aanbevolen basisgeval**

Voor een Nederlands groen staal / DRI-EAF / waterstof / CCS-project:

- NPV-periode: 20 jaar
- Sensitiviteit: 15, 25 en 30 jaar
- Reële disconteringsvoet: 7-12%
- Inflatie: 2% indien nominaal gemodelleerd
- Ramp-up: 3 -4 jaar
- CO<sub>2</sub>-kosten: EU ETS + Nederlandse CO<sub>2</sub>-heffing indien van toepassing
- Subsidies: SDE++ alleen opnemen indien concreet toegekend of aannemelijk subsidiabel



Drie investeringsscenario's voor de periode 2026–2047 worden geanalyseerd. In alle scenario's blijft de staalproductie constant op 7 miljoen ton per jaar, met 2% inflatie en een discontovoet van 10%.

Het eerste scenario is een gefaseerde omschakeling naar aardgas-DRI met EAF. Dit scenario levert de hoogste netto contante waarde op: ongeveer € 6,96 miljard. De eerste investeringsfase veroorzaakt negatieve kasstromen tussen 2028 en 2030, maar vanaf 2031 verbetert de kasstroom sterk. Na de tweede fase, vanaf 2040, stijgen de jaarlijkse kasstromen tot boven € 2 miljard. De businesscase is aantrekkelijk doordat de kosten per ton staal dalen van € 576 naar € 479 en uiteindelijk naar € 340.

Het tweede scenario betreft een volledige ombouw naar twee DRI-installaties en twee EAF's in één projectfase. De totale investering bedraagt circa € 6,6 miljard, met de zwaarste financieringsdruk in 2028 en 2029. Vanaf 2031 is de installatie operationeel en dalen de kosten naar € 492 per ton. Vanaf 2039 zorgt de overstap naar groene elektriciteit voor een verdere daling naar € 340 per ton. De NPV bedraagt € 6,46 miljard. Dit scenario is dus financieel aantrekkelijk, maar vraagt veel kapitaal aan het begin.

Het derde scenario is een gefaseerde omschakeling naar H<sub>2</sub>-DRI. De eerste fase gebruikt nog aardgas-DRI met EAF en CCS, maar de tweede fase schakelt vanaf 2039 over op waterstof. Dit scenario is technisch haalbaar en biedt klimaatvoordelen, maar financieel veel zwakker. De NPV bedraagt € 3,59 miljard. De belangrijkste oorzaak is de hoge operationele kostenbasis van H<sub>2</sub>-DRI, die in dit scenario uitkomt op ongeveer € 542 per ton staal. Vooral de kosten van waterstof en de benodigde groene elektriciteit drukken zwaar op de exploitatie. Daardoor worden de kasstromen vanaf 2039 structureel negatief. H<sub>2</sub>-DRI wordt daarom pas mogelijk rendabel wanneer de operationele kosten aanzienlijk dalen, bijvoorbeeld door veel goedkopere waterstof, lagere elektriciteitskosten, hogere efficiëntie of een hogere marktprijs voor groen staal.

Uit de beleidsmatige vergelijking van de verschillende routes blijkt dat aardgas-DRI met EAF de goedkoopste commerciële overstaproute is, maar nog steeds fossiel blijft. LPG- en nafta-routes zijn technisch mogelijk, maar duurder en complexer. De geïntegreerde groene H<sub>2</sub>-DRI-route heeft het grootste klimaatpotentieel, maar vraagt de hoogste investering, veel elektriciteit en kent onder de huidige aannames de zwaarste operationele kosten.

De hoofdconclusie is dat DRI–EAF een belangrijke route is voor staalverduurzaming, maar dat de keuze voor waterstof onder de huidige aannames financieel kwetsbaar blijft. H<sub>2</sub>-DRI kan pas een rendabele route worden wanneer de operationele kosten significant dalen. Dat vereist vooral goedkopere koolstofarme waterstof, betaalbare groene stroom, effectieve CO<sub>2</sub>-beprijzing, publieke beleidssteun en mogelijk een hogere prijs of langjarige afnamecontracten voor groen staal.

Aardgas-DRI kan op korte en middellange termijn een haalbare overgangsroute zijn, mits installaties zo worden ontworpen dat latere omschakeling naar waterstof mogelijk blijft. Voor beleid betekent dit dat staalverduurzaming niet alleen een fabrieksinvestering is, maar een bredere systeeminvestering in elektriciteit, waterstof, infrastructuur, vergunningen, financiering en afzetmarkten voor laag-koolstofstaal.



**Tabel 4.1 Typische Nederlandse aannames voor staalproject-NPV**

Parameter	Typische aanname	Opmerking
NPV-periode	20 jaar basisgeval	Gebruik 25–30 jaar als sensitiviteit voor grote assets
Gevoeligheidsperiode	15 / 25 / 30 jaar	Goed toepasbaar voor DRI, CCS, H <sub>2</sub> en utilities
Disconteringsvoet / WACC	6–8% reel	Mature industriële assets
FOAK / waterstoftechnologie	8–12%	Hogere technologie- en marktrisico's
Inflatie	2%/jaar	Of volledig rekenen in reële prijzen
Vennootschapsbelasting	25,8%	Nederlands tarief boven €200.000 winst
Afschrijving	10–20 jaar	Asset-afhankelijk
Restwaarde	0–20% van CAPEX	Of resterende boekwaarde
Elektriciteitsprijs	€70–120/MWh basis/sensitiviteit	Sterk scenario-afhankelijk
CO <sub>2</sub> / EU ETS-prijs	€80–150/tCO <sub>2</sub> sensitiviteit	Projectspecifiek actualiseren
Nederlandse CO <sub>2</sub> -heffing	Meenemen indien van toepassing	Let op: regelgeving kan wijzigen
SDE++	Alleen indien subsidiabel	Subsidieduur meestal 12 of 15 jaar
Waterstofprijs	€3–6/kg basisrange	Test breder, bijvoorbeeld €2,5–7/kg
Capaciteitsfactor	85–95%	Voor mature installaties
Bouwperiode	2–4 jaar retrofit; 4–7 jaar greenfield	Projectspecifiek
Ramp-up	60–80% jaar 1; 85–95% jaar 2; volledig vanaf jaar 3	Voor nieuwe technologie conservatief modelleren

*DRI-NG EAF - Uitvoering projecten gefaseerd ( fase 1 en 2).*

Fase 1 DRI-NG en EAF en groene elektriciteit. Totale investering 2.58 miljard, incl inflatie.

Na opstart dalen de productie kosten voor nieuwe deel van installaties, berekend van 576 naar 515 euro/ton).

Fase 2 Tweede DRI-NG + AEF met CCS, 3 miljard euro investering (incl inflatie), en na installatie verlagen productie kosten, berekend van 515 naar 438 euro/ton.

In de spreadsheet worden de kosten en inkomsten inclusief project kosten, gegeven, wat leidt tot een totaal Net Present Value berekening 6.96 miljard euro, over totale periode tot 2047, wat inhoudt dat investeren in DRI-NG + AEF +CCS en voor fase 2 met groene stroom economisch loont als project.



Wel zijn er negatieve cash flow jaren in 2028, 2029 en 2037, met een totaal van rond de 1,5 miljard euro, welk gefinancierd moet worden, maar snel erna worden terugverdiend.

Essentieel voor fase 2 is dat er beschikbaarheid van groene stroom is en onbalans van energie beschikbaarheid (als er geen wind of zon is) moet worden opgelost. Dit laatste zou eventueel kunnen met als back up toch de energie voorziening met aardgas te houden met CCS, voor deze momenten.

Met als samenvatting:

Het scenario toont een tweefasige transitie naar DRI–EAF-staalproductie:

Kenmerk	Waarde
Productiecapaciteit	7 miljoen ton staal/jaar
Inflatie	2% per jaar
Discontovoet	10%
Eerste DRI + EAF operationeel	2031
Tweede DRI + EAF operationeel	2039
Kosten vóór project	576 €/t
Kosten fase 1 nieuwe route	515 €/t
Kosten na volledige omschakeling	438 €/t
CAPEX DRI/EAF/ CO <sub>2</sub> afvang	€ 5.7 miljard
NPV	€ 6.96 miljard

De belangrijkste conclusie is:

Ondanks hoge investeringen in twee bouwfases levert de omschakeling naar DRI–EAF volgens deze aannames een *positieve netto contante waarde* op, dus is op zich zowel *vanuit emissies en vanuit bedrijf economische oogpunt een gezonde investering*. De grootste financiële voordelen ontstaan na 2039, wanneer de volledige productie via de nieuwe route loopt en groene elektriciteit beschikbaar is.

*DRI-NG EAF - Versnelde uitvoering projecten ( fase 1 en 2 tegelijk starten).*

Als voor versnelde uitvoering van beide fases wordt besloten, dan zouden de projecten beide in periode 2027-2031 worden uitgevoerd (mogelijk is dit in praktijk een jaar langer), waarbij in eerste instantie de elektriciteit fossiel is met CCS en vanaf 2039 (of eerder) elektrisch.

Hierbij wordt uitgegaan van een totale investering 6.5 miljard, met een verlaging van de productie kosten van 576 euro/ton staal bij start, 515 euro/ton staal na 2031 (opstart beide fases), en bij overgang naar groene stroom 438 euro/ton staal in 2039. Hoe eerder



overgeschakeld kan worden op groene stroom, des te sneller ook de reductie in productie kosten effectief wordt.

Als totaal project levert dit een positieve netto contante waarde van 6.46 miljard euro, dus ook hier een gezonde investering.

Wel is de grootste uitdaging in dat tussen 2027 en 2030 investeringen moeten worden gedekt bij een negatieve kasstroom in 2027 t/m 2030, wat door investeerders, kredietverstrekkers, TSN en overheid moet worden gedekt.

#### *DRI-H2 EAF in 2<sup>e</sup> fase*

Het scenario om naar waterstof DRI + EAF in 2<sup>e</sup> fase te gaan, is op basis van de huidige prijs verwachtingen (onder andere een 7 euro/kg H2 prijs) duidelijk financieel zwak tot af te raden, daar de totale netto contante waarde voor zowel fase 1 (DRI-AEF + SSC) en fase 2 (DRI-H2) lager is dan bij de eerder genoemde opties.

De prijs van staal productie zal in dit geval van 576 euro/ton staal na fase 1 verlagen naar 515 euro/ton staal en na fase 2 omhoog schieten naar 542 euro/ton staal, wat de commerciële haalbaarheid in twijfel trekt, met als belangrijkste oorzaak de hoge investering

Dit betekent dat dit scenario bedrijf economisch niet rendabel is en slechts zeer beperkt tot extra CO<sub>2</sub> vermindering ten opzichte van de andere opties zal leiden.

Wel is wel opgenomen dat de 1<sup>e</sup> fase DRI-NG unit voorbereid is voor eventuele latere overgang naar H2, met betrekking tot extra ruimte, ontwerpkeuze, aansluitpunten, gasveiligheid, materiaalkeuzes en gasbehandeling.

### **Investering eindconclusie**

Op basis van project kosten en netto contante waarde berekeningen voor DRI op aardgas of op waterstof (1<sup>e</sup> fase H2 voorbereid maar DRI-NG EAF met CCS, 2<sup>e</sup> fase waterstof met import van waterstof), is er, geen economische basis voor de waterstof variant in fase 2 met import van waterstof (7 euro/kg), met de huidige prijs aannames.

In geval van de verwachte prijs voor productie van H2 in Nederland, zou dit zelfs nog sterk verslechteren door sterk hogere investerings kosten en huidige prijs van H2 in Nederland die ver boven de 7 euro/kg worden ingeschat.

### **Vergelijking scenario's**

Scenario	Kenmerk	NPV
<b>Gefaseerde NG/green-electricity route</b>	Eerst 1 DRI/EAF, later 2e DRI/EAF met groene elektriciteit	+\$6,69 miljard
<b>Volledige DRI-EAF in één fase</b>	2 DRI + 2 EAF direct operationeel in 2031	+\$6.46 miljard



<b>H<sub>2</sub>-DRI scenario</b>	Eerste fase NG-DRI, tweede fase H <sub>2</sub> -DRI vanaf 2039, Waterstof import.	\$3.59 miljard
-----------------------------------	--	-------------------

Het uitgangspunt in de JLOI is dat ook H<sub>2</sub> als einddoel wordt gesteld voor groen staal, maar op basis van deze analyse geeft dit grote risico's voor TSN en de Nederlandse staat, tenzij op termijn (bijvoorbeeld in periode 2030-2035) de kennis en technologie van H<sub>2</sub> productie duidelijk aangeeft dat H<sub>2</sub> tegen een veel lagere kost prijs kan worden geproduceerd (bv 2-3 euro/kg).

1. Bhaskar, A., Assadi, M., & Somehsaraei, H. N. (2022). Decarbonizing primary steel production: Techno-economic assessment of a hydrogen based green steel production plant in Norway. *Journal of Cleaner Production*.
2. Hydrogen Europe. (2022). *Steel from solar energy: A techno-economic assessment of green steel*.
3. IEA. (2020). *Iron and Steel Technology Roadmap*.
4. Netherlands Enterprise Agency / RVO. (2026). *SDE++: Features*.
5. PBL. (2025). *Climate and Energy Outlook of the Netherlands 2025*.
6. PwC. (2025). *Netherlands corporate income tax rates*.
7. OECD. (2025). *OECD Economic Surveys: Netherlands 2025 – Decarbonisation and grid congestion*.



## 5. Beleidsopties, Europese marktordening en publieke randvoorwaarden

### 5.1 Van technische route naar publieke keuze

De analyse in de voorgaande hoofdstukken leidt niet tot één eenvoudige keuze tussen behoud of sluiting van Tata Steel Nederland (TSN), maar zoals met zoveel zaken, is de centrale conclusie genuanceerder. TSN is niet vanzelfsprekend behoudenswaardig in de huidige vorm, maar evenmin vanzelfsprekend misbaar. De huidige hoogovenroute veroorzaakt aanzienlijke CO<sub>2</sub>-uitstoot, lokale milieubelasting en gezondheidsrisico's. Tegelijkertijd vertegenwoordigt TSN industriële kennis, hoogwaardige productcapaciteit, R&D, werkgelegenheid, ligging aan zee en mogelijke strategische waarde voor Nederland en Europa.

Hoofdstuk 3 heeft TSN daarom niet beoordeeld als gewone staalfabriek, maar langs de criteria van de Economische Activiteiten Strategie Nederland (EAS-NL): autonomie, defensie, waarde voor Nederland, hoogwaardige producten en innovatiekracht, klimaat en lokale gezondheid, en management en publieke opinie. Daaruit volgt dat publieke steun alleen te verdedigen is als TSN aantoonbaar bijdraagt aan strategische Europese staalcapaciteit én als klimaat, lokale gezondheid, governance en publieke waarde juridisch worden geborgd.

Hoofdstuk 4 heeft vervolgens laten zien dat er meerdere technische routes mogelijk zijn: voortzetting van de huidige hoogovenroute, DRI-EAF op aardgas, DRI-EAF met CCS, DRI-H<sub>2</sub>, EAF/schroot, DRI/HBI-import gecombineerd met eindproductie in IJmuiden, de JLoI-route, de JLoI-route met versnelde overlastreductie en uiteindelijk gefaseerde afbouw of sluiting. De technische keuze is daarmee geen puur industriële beslissing. Zij bepaalt hoeveel CO<sub>2</sub>-reductie mogelijk is, hoeveel elektriciteit, aardgas, waterstof, CCS-capaciteit, schroot en HBI nodig zijn, of hoogwaardige producten behouden blijven, en hoeveel afhankelijkheden worden verplaatst naar andere landen of ketens.

Hoofdstuk 5 voegt daar een tweede filter aan toe: uitvoerbaarheid en economische haalbaarheid. De berekeningen laten zien dat de huidige hoogovenroute ongeveer 12,5 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar uitstoot. Een volledige DRI-NG + EAF-route met CCS en groene stroom komt uit rond 0,45 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar, bij een groene-stroomvraag van ongeveer 4 TWh. DRI-H<sub>2</sub> komt uit rond 0,39 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar, maar vraagt bijna 20 TWh groene stroom. De extra 16 TWh groene stroom levert daarmee slechts ongeveer 0,06 miljoen ton extra CO<sub>2</sub>-reductie op ten opzichte van DRI-NG + CCS met groene stroom.

Dat verschil is beleidsmatig doorslaggevend. Als het doel van de Nederlandse overheid maximale CO<sub>2</sub>-reductie is, dan moet niet alleen worden gekeken naar de laagste uitstoot binnen TSN, maar naar de beste inzet van schaarse groene stroom in de gehele economie. Een extra beslag van ongeveer 16 TWh groene stroom voor slechts 0,06 miljoen ton aanvullende CO<sub>2</sub>-reductie bij TSN lijkt vanuit CO<sub>2</sub>-reductie-effectiviteit moeilijk te verdedigen. Diezelfde stroom kan vermoedelijk meer CO<sub>2</sub>-reductie opleveren in toepassingen zoals warmtepompen, elektrificatie van warmte, mobiliteit of andere industriële processen. DRI-H<sub>2</sub> blijft daarmee een mogelijk langetermijneindebeeld, maar is op basis van deze berekeningen geen logische eerste beleidskeuze.

Daar komt bij dat de berekeningen in H5 aangeven dat groen staal onder bepaalde aannames goedkoper kan zijn dan grijs staal wanneer productiekosten inclusief investeringen worden bekeken. Dat komt door een combinatie van ETS-kosten voor fossiele uitstoot, goedkopere of



efficiëntere inzet van grondstoffen zoals aardgas in combinatie met carbon capture, en lagere kosten van groene stroom ten opzichte van fossiele stroom in relevante scenario's. Daarmee verschuift de beleidsvraag: publieke steun is niet primair nodig omdat groen staal principieel onbetaalbaar is, maar om de investeringsprong, infrastructuur, timing, publieke voorwaarden en strategische borging mogelijk te maken.

De beleidsvraag van dit hoofdstuk luidt daarom:

**Welke rol moet de Nederlandse overheid spelen als TSN strategisch behoudenswaardig is, groen staal economisch en technisch verdedigbaar lijkt, maar voortzetting alleen aanvaardbaar is onder harde voorwaarden voor CO<sub>2</sub>-reductie, lokale gezondheid, publieke waarde, eigenaarschap, energie-inpasbaarheid en Europese ketenregie?**

Deze vraag kan niet worden beantwoord met een simpele keuze tussen subsidie of sluiting. De overheid beschikt over een spectrum aan beleidsopties: niets extra doen, voorwaardelijk subsidiëren, financieren via leningen, deelnemen in eigendom, sturen op een Europese ketenstrategie of gecontroleerd afbouwen. Daar komt een Europese dimensie bij: ETS, CBAM, groene-staalvraag, Europese investeringsfondsen en de besteding van CBAM-inkomsten bepalen mede of groene staalproductie in Europa economisch haalbaar wordt.

## 5.2 ETS en CBAM als marktordening voor groen staal

De verduurzaming van TSN vindt plaats binnen een veranderend Europees marktregime. De staalindustrie valt onder het Europese emissiehandelssysteem ETS. ETS beprijsd CO<sub>2</sub>-uitstoot en maakt uitstootrechten schaarser, waardoor fossiele productie geleidelijk duurder wordt. Voor TSN betekent dit dat voortzetting van de huidige hoogovenroute financieel steeds kwetsbaarder wordt naarmate gratis rechten worden afgebouwd en de CO<sub>2</sub>-prijs doorwerkt in operationele kosten.

ETS heeft daarmee twee effecten. Ten eerste maakt het grijs staal duurder. De huidige hoogovenroute is niet alleen milieukundig problematisch, maar wordt ook economisch kwetsbaarder door de kosten van CO<sub>2</sub>-emissies. Ten tweede verbetert ETS de businesscase voor groen staal. Wanneer uitstootkosten volledig worden meegenomen, kan een route met veel lagere emissies economisch aantrekkelijker worden dan voortzetting van fossiele productie.

Tegelijkertijd is ETS alleen onvoldoende. Een hoge CO<sub>2</sub>-prijs maakt fossiele productie duurder, maar garandeert niet automatisch dat een bedrijf miljarden investeert in DRI-EAF, CCS, waterstof, elektrificatie of HBI-ketens. In een internationaal concurrerende sector kan ETS ook leiden tot uitstel, krimp of verplaatsing van productie als de investeringsvoorwaarden onvoldoende zijn.

Daarom is CBAM van belang. CBAM, het Carbon Border Adjustment Mechanism, moet ervoor zorgen dat geïmporteerde producten, waaronder staal, een vergelijkbare koolstofprijs dragen als Europese productie onder het ETS. De Europese Commissie omschrijft CBAM als een instrument dat moet waarborgen dat voor ingebodde emissies van bepaalde importgoederen een koolstofprijs wordt betaald, zodat de koolstofprijs van import vergelijkbaar wordt met die



van binnenlandse productie en de klimaatdoelen van de EU niet worden ondermijnd.<sup>1</sup> De definitieve CBAM-periode is gestart op 1 januari 2026.<sup>2</sup>

Voor TSN heeft CBAM drie belangrijke effecten.

Ten eerste vermindert CBAM het risico dat Europese producenten die investeren in CO<sub>2</sub>-reductie worden weggeconcentreerd door import uit landen zonder vergelijkbare koolstofkosten. Dat is essentieel als Nederland of Europa wil dat groen staal niet alleen technisch mogelijk is, maar ook economisch kan concurreren.

Ten tweede versterkt CBAM de argumentatie dat publieke steun niet bedoeld moet zijn om een structureel verlieslatend fossiel model overeind te houden, maar om een transitie te versnellen die binnen het nieuwe Europese marktregime juist toekomstbestendig kan worden.

Ten derde is heeft de EU een Temporary Decarbonisation Fund gecreëerd als onderdeel van CBAM. Dit kan EU producenten van CBAM goederen (zoals TSN) ondersteunen, als ze kunnen demonstreren dat het gebruikt wordt voor CO<sub>2</sub>-reductie. De financiering van dit fonds komt voor 25% van lidstaten, uit de inkomsten die CBAM genereert door het heffen van belastingen op grijs staal. De overige 75% komt uit de EU begroting.<sup>3</sup> Zo zorgt de huidige invoering van CBAM ervoor dat inkomsten uit koolstofbeprijzing op staalimport mede terugvloeien naar investeringen in Europese groenstaalcapaciteit, groene ijzerdragers, DRI-EAF, CCS, waterstofinfrastructuur, elektrificatie en lead markets voor groen staal, mits TSN dit fonds succesvol gaat aanspreken.

Dit past binnen de bredere Europese koers. De Europese Commissie presenteerde in 2025 een Steel and Metals Action Plan om de concurrentiekracht en decarbonisatie van de Europese staal- en metaalindustrie te versterken.<sup>4</sup> Ook het Innovation Fund is gericht op decarbonisatie in sectoren die onder het ETS vallen en wordt gefinancierd uit ETS-inkomsten.<sup>5</sup> Nederland moet TSN daarom niet alleen als nationaal subsidiedossier behandelen, maar als onderdeel van Europese industriële marktordening: ETS beprijsst vervuiling, CBAM beschermt tegen oneerlijke koolstofconcurrentie, en Europese fondsen kunnen helpen de investeringssprong naar groen staal te financieren.

### 5.3 Criteria voor beoordeling van beleidsopties

De zes beleidsopties worden beoordeeld langs dezelfde logica als de eerdere hoofdstukken. Een beleidsoptie is sterker naarmate zij beter voldoet aan de volgende criteria:

1. **Strategische waarde:** behoudt de optie hoogwaardige en moeilijk vervangbare staalproducten, proceskennis, R&D en mogelijke defensierelevantie binnen Nederland of Europa?
2. **CO<sub>2</sub>-reductie:** levert de optie substantiële emissiereductie op richting 2030, 2035 en 2045?
3. **CO<sub>2</sub>-reductie-effectiviteit:** gebruikt de optie schaarse groene stroom en publieke middelen daar waar zij de meeste klimaatwinst per euro of per kWh opleveren?



4. **Lokale gezondheid:** leidt de optie tot snelle, meetbare en afdwingbare vermindering van fijnstof, PAK's, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, ZZS en andere lokale belasting?
5. **Uitvoerbaarheid:** past de optie binnen realistische beschikbaarheid van elektriciteit, waterstof, aardgas, CCS, schroot, HBI, infrastructuur, vergunningen en financiering?
6. **Economische robuustheid:** blijft de optie houdbaar onder ETS-kosten, energieprijzen, grondstofprijzen, investeringskosten en internationale concurrentie?
7. **Publieke waarde:** voorkomt de optie dat publieke middelen vooral private risico's afdekken zonder zeggenschap, terugbetaling of maatschappelijk rendement?
8. **Governance en eigenaarschap:** borgt de optie dat publieke belangen niet ondergeschikt blijven aan dividend, concernfinanciering, kostenreductie of investeringsbeslissingen van Tata Steel Limited?
9. **Europese inpasbaarheid:** sluit de optie aan bij ETS, CBAM, Europese vraag naar groen staal, strategische autonomie, Europese fondsen en mogelijke Europese productieketens?
10. **Schaal en kennisbehoud:** behoudt de optie voldoende productielijnen, schaal en proceskennis in Nederland om innovatievermogen, productkwaliteit en strategische waarde te behouden?

Vooraf het laatste criterium is van belang. Behoud van slechts één productielijn in Nederland kan minimaal nodig zijn om kennis, innovatievermogen en strategische waarde te behouden. Tegelijkertijd kan uit economische schaaloverwegingen volgen dat behoud van beide productielijnen nodig is om rendabele productie, productdiversiteit, continuïteit en investeringslogica overeind te houden. Dit hoofdstuk gaat daarom niet uit van een abstract minimum, maar van een productielijn- en schaaltoets: hoeveel productiecapaciteit moet in Nederland blijven om TSN niet te reduceren tot symbolische restcapaciteit?

#### **5.4 Beleids optie 1: geen aanvullende publieke steun; markt, ETS en vergunningen hun werk laten doen**

De eerste beleids optie is dat de Nederlandse overheid geen aanvullende maatwerksteun geeft aan TSN. De overheid laat bestaande instrumenten leidend zijn: ETS, CBAM, vergunningverlening, milieunormen, toezicht, handhaving, aansprakelijkheid en marktwerking.

De kern van deze optie is dat TSN zelf verantwoordelijk blijft voor verduurzaming. Als groen staal in de berekeningen goedkoper of economisch aantrekkelijker wordt dan grijs staal wanneer ETS-kosten, grondstoffen, groene stroom en CAPEX worden meegenomen, dan is er een stevig argument dat TSN en Tata Steel Limited zelf moeten investeren. De overheid hoeft dan niet automatisch publieke middelen in te zetten om een transitie te financieren die bedrijfs-economisch noodzakelijk en mogelijk rendabel is, zeker als er vanuit EU fondsen al publieke middelen naar TSN stromen.

Deze optie heeft duidelijke voordelen. Zij voorkomt blanco staatssteun, beperkt directe publieke uitgaven en houdt de verantwoordelijkheid waar die primair hoort: bij de eigenaar van de fabriek.



ETS maakt fossiele productie duurder; CBAM moet voorkomen dat hoog-emissie-import zonder vergelijkbare koolstofkosten de Europese markt ondermijnt; vergunningen en toezicht moeten lokale milieugrenzen afdwingen.

Het nadeel is dat ETS, CBAM en vergunningen vooral markt- en norminstrumenten zijn. Zij garanderen niet dat TSN tijdig investeert in de route die Nederland maatschappelijk wenselijk vindt. Zij garanderen ook niet dat strategische productlijnen, R&D, kennis, werkgelegenheid en schaal in Nederland behouden blijven. Een bedrijf kan onder druk van investeringen en concernprioriteiten ook besluiten tot afbouw, vertraging, verplaatsing of minimalisering van Nederlandse productie.

Deze optie is daarom vooral verdedigbaar als TSN niet strategisch kritisch blijkt, als groen staal inderdaad zonder publieke steun financierbaar is, of als Tata Steel Limited niet bereid is harde publieke voorwaarden te accepteren. Als TSN wél belangrijk wordt geacht voor hoogwaardige staalproducten, Europese autonomie, innovatiekracht en toekomstige groene staalcapaciteit, is alleen leunen op markt, ETS, CBAM en vergunningen waarschijnlijk te passief.

**Politiek oordeel:** verdedigbaar als harde ondergrens en onderhandelingspositie, maar zwak als Nederland strategische staalcapaciteit actief wil behouden.

## 5.5 Beleids optie 2: voorwaardelijke maatwerksteun voor verduurzaming

De tweede beleids optie is voorwaardelijke maatwerksteun. De overheid ondersteunt dan investeringen in verduurzaming, lokale emissiereductie of infrastructuur, maar uitsluitend onder harde, juridisch afdwingbare voorwaarden.

De kern van deze optie is: publieke steun in ruil voor publieke prestaties. De Staat draagt bij aan investeringen die maatschappelijk wenselijk zijn, maar maakt steun afhankelijk van meetbare resultaten: CO<sub>2</sub>-reductie, gezondheidswinst, behoud van strategische productie, open data, onafhankelijke monitoring en naleving van termijnen.

De berekeningen in H4 en H5 maken deze optie scherper dan een gewone subsidiecasus. Als DRI-NG + CCS met groene stroom rond 0,45 miljoen ton CO<sub>2</sub> uitkomt bij circa 4 TWh groene stroom, terwijl DRI-H<sub>2</sub> rond 0,39 miljoen ton uitkomt bij circa 20 TWh groene stroom, dan moet publieke steun niet automatisch naar de route met de laagste absolute uitstoot gaan. De relevante beleidsvraag is welke route de grootste zekere reductie oplevert tegen de laagste systeemkosten en met de minste druk op schaarse groene stroom.

Daarom zou voorwaardelijke steun primair gericht moeten zijn op:

- snelle vervanging van de meest vervuilende processtappen;
- DRI-EAF met CCS en groene stroom als realistische transitieroute;
- ontwerp dat later omschakeling naar waterstof of biomethaan mogelijk maakt;
- versnelling van lokale emissiereductie;
- aanleg van noodzakelijke infrastructuur;



- behoud van voldoende productielijnen en proceskennis in Nederland;
- Europese ketenborging voor HBI/DRI waar productie elders slimmer is.

Minimale voorwaarden zijn:

- harde CO<sub>2</sub>-tussendoelen voor 2030, 2035 en 2045;
- versnelde reductie van lokale emissies vóórdat de volledige groene-staalroute gereed is;
- onafhankelijke monitoring van uitstoot, gezondheidseffecten en voortgang;
- volledige publieke transparantie over emissiedata, investeringen en naleving;
- afdwingbare sancties bij vertraging of niet-naleving;
- clawback-bepalingen bij het niet halen van doelen;
- verbod op dividend, managementbonussen of waardeoverdracht naar Tata Steel Limited zolang publieke doelen niet zijn gehaald;
- anti-leakage-bepalingen om te voorkomen dat publieke steun weglekt naar de moedermaatschappij;
- behoud van strategische productielijnen, R&D en proceskennis in Nederland;
- toetsing of één productielijn voldoende is of dat twee productielijnen economisch noodzakelijk zijn;
- verplichting tot routeflexibiliteit, zodat investeringen niet leiden tot fossiele lock-in;
- maximale benutting van Europese middelen, waaronder ETS-gerelateerde fondsen en toekomstige CBAM-inkomsten.

De invoering van ETS en CBAM zorgen er naar onze inschatting voor dat bedrijfseconomisch, de transitie naar groen staal voor TSN, ook zonder subsidie vanuit de Nederlandse overheid, waarschijnlijk al een rendabele investering is. ETS maakt grijs staal duurder en CBAM corrigeert import, wat de productie van groen staal in Europa goedkoper en winstgevender maakt dan grijs staal. Daar komt bij dat CBAM-inkomsten kunnen worden gebruikt om de investeringsprong naar groen staal te versnellen, via het EU Temporary Decarbonisation Fund. De Nederlandse overheid kan mogelijk ondersteunen in het veiligstellen van investeringen vanuit dit fonds.

**Politiek oordeel:** verdedigbaar als instrument, maar alleen als tijdelijke, voorwaardelijke en juridisch harde steun. De steun moet gericht zijn op publieke prestaties, niet op het afdekken van private investeringsproblemen.

### 5.6 Beleids optie 3: publieke lening of converteerbare lening in plaats van subsidie

De derde beleids optie is dat de overheid geen gift verstrekt, maar een lening, achtergestelde lening of converteerbare lening. Een converteerbare lening kan bij vooraf vastgelegde voorwaarden worden omgezet in aandelen of een ander economisch belang.



De kern is eenvoudig: als de Staat risico neemt, krijgt de Staat ook recht op terugbetaling, rente, zeggenschap of upside.

Deze optie wordt sterker door de berekening dat groen staal onder bepaalde aannames goedkoper kan zijn dan grijs staal inclusief CAPEX. Als publieke middelen helpen om de investeringsdrempel te overbruggen, terwijl de groene route op termijn economisch aantrekkelijker wordt door ETS, CBAM, lagere emissiekosten en lagere operationele kosten, dan is een gift moeilijk te verdedigen. Een lening of converteerbare lening past dan beter: de Staat helpt de transitie mogelijk te maken, maar behoudt aanspraak op terugbetaling of waardeestijging.

Een publieke lening kan verschillende vormen aannemen:

- directe lening aan TSN Nederland;
- achtergestelde lening gekoppeld aan private cofinanciering;
- projectfinanciering voor DRI-EAF, CCS, elektrificatie of infrastructuur;
- garanties voor groene-staalinvesteringen;
- converteerbare lening die omzet in aandelen bij niet-naleving, niet-terugbetaling of overschrijding van publieke steun;
- cofinanciering naast Europese fondsen;
- brugfinanciering totdat CBAM- of Innovation Fund-middelen beschikbaar zijn.

Het voordeel is dat deze optie politiek en moreel sterker is dan subsidie. Zij erkent dat TSN mogelijk strategisch belangrijk is, maar voorkomt dat publieke middelen zonder tegenprestatie verdwijnen. Ook maakt een lening financiële discipline mogelijk: TSN en Tata Steel Limited blijven verantwoordelijk voor hun bedrijfsstrategie, terwijl publieke middelen worden gekoppeld aan terugbetaling, voorwaarden en governance.

Het nadeel is complexiteit. De overheid loopt financieel risico en moet industriële, juridische en financiële expertise organiseren. Ook moet worden voorkomen dat de Staat via een zwak vormgegeven lening alsnog het slechtste van twee werelden krijgt: wel risico, maar geen zeggenschap. Daarom moet elke lening worden gekoppeld aan informatie- en instemmingsrechten, beperkingen op dividend en concerntransacties, investeringsverplichtingen en duidelijke zekerheden.

**Politiek oordeel:** aantrekkelijker dan subsidie als groen staal economisch rendabel kan worden. Publieke steun moet dan vooral liquiditeit, timing, infrastructuur en strategische borging organiseren, niet private kosten definitief overnemen.

#### **5.7 Beleids optie 4: staatsdeelname of publiek belangenaandeel in TSN Nederland**

De vierde beleids optie is staatsdeelname of een publiek belangenaandeel in TSN Nederland. De Staat neemt dan direct of indirect een belang in de Nederlandse operatie, eventueel gekoppeld aan publieke steun voor verduurzaming. Dit kan via een minderheidsaandeel, een gouden



aandeel, deelname via een nationale investeringsinstelling, aandelen in een afgesplitste Nederlandse groenstaalentiteit, of een publiek belang in specifieke strategische onderdelen.

De kern van deze optie is:

**Publieke miljardensteun vereist publieke zeggenschap.**

Als TSN zo belangrijk is voor autonomie, hoogwaardige producten, werkgelegenheid, R&D en groene staalcapaciteit dat publieke steun richting miljarden gaat, dan is TSN ook strategisch genoeg om publieke zeggenschap te rechtvaardigen. Die zeggenschap hoeft niet te betekenen dat de Staat de fabriek operationeel leidt. Het doel is borging van publieke belangen die de markt alleen onvoldoende beschermt.

Een publiek belang kan worden gekoppeld aan zeggenschap over:

- behoud van strategische productlijnen;
- behoud van minimaal één, en waarschijnlijk twee, productielijnen in Nederland;
- investeringsbesluiten rond DRI-EAF, CCS, waterstof en HBI;
- dividendbeleid en waardeoverdracht naar Tata Steel Limited;
- verkoop, afsplitsing of sluiting van cruciale onderdelen;
- R&D, kennisbehoud en opleiding;
- naleving van gezondheids- en milieudoelen;
- crisisleveringen voor Nederland of Europa;
- afspraken over regionale werkgelegenheid en transitie.

Het vraagstuk van productielijnen is hierbij cruciaal. Behoud van één productielijn kan het minimum zijn om proceskennis, innovatievermogen, kwaliteitscontrole en strategische waarde in Nederland te behouden. Maar als één lijn onvoldoende schaal, productdiversiteit of rendement oplevert, kan behoud van twee productielijnen noodzakelijk zijn om de Nederlandse operatie economisch levensvatbaar te houden. Een publieke deelname moet daarom niet alleen sturen op “aanwezigheid” van staalproductie, maar op voldoende schaal om strategische en economische waarde te behouden.

**Politiek oordeel:** serieus te overwegen als de publieke bijdrage groot wordt en TSN strategisch behoudenswaardig blijkt. Hoe groter de publieke bijdrage en hoe belangrijker de productielijnen voor autonomie en innovatie, hoe sterker het argument voor publieke zeggenschap.

### **5.8 Beleids optie 5: hybride Europese ketenstrategie – IJmuiden als strategische productielocatie, HBI/DRI deels elders**

De vijfde beleids optie is een hybride Europese ketenstrategie. De overheid stuurt dan niet uitsluitend op de vraag of “alles in IJmuiden” moet blijven, maar op behoud van de meest strategische onderdelen: hoogwaardige eindproductie, kwaliteitscontrole, R&D, walsen, coaten,



productontwikkeling, proceskennis en kritische productlijnen. Energie-intensieve productie van groene ijzerdragers, zoals DRI of HBI, kan deels plaatsvinden op Europese locaties of in betrouwbare partnerlanden met lagere duurzame energiekosten, betere toegang tot hernieuwbare elektriciteit of waterstof, gunstiger infrastructuur of betere grondstofpositie.

De kern van deze optie is:

**Behoud wat strategisch uniek is in IJmuiden; organiseer energie-intensieve ketendelen Europees of internationaal waar dat slimmer is, maar borg eigendom, levering en kwaliteit.**

Deze optie volgt rechtstreeks uit de berekeningen. DRI-H<sub>2</sub> in Nederland vraagt ongeveer 20 TWh groene stroom voor een emissieniveau van circa 0,39 miljoen ton CO<sub>2</sub>. DRI-NG + CCS met groene stroom vraagt ongeveer 4 TWh voor circa 0,45 miljoen ton CO<sub>2</sub>. De extra 16 TWh voor volledige H<sub>2</sub>-DRI levert dus slechts ongeveer 0,06 miljoen ton extra reductie op binnen TSN. Vanuit nationaal CO<sub>2</sub>-beleid is het daarom rationeel om te onderzoeken of waterstofintensieve of stroomintensieve stappen elders goedkoper en effectiever kunnen plaatsvinden, terwijl IJmuiden zijn strategische rol behoudt.

Hier ligt een duidelijke rol voor de Nederlandse overheid. De Staat kan TSN ondersteunen bij het veiligstellen van HBI- en DRI-ketens in andere landen. Dat kan op verschillende manieren:

- diplomatieke ondersteuning bij joint ventures in EU-lidstaten of betrouwbare partnerlanden;
- deelname via publieke investeringsinstrumenten aan Europese DRI/HBI-projecten;
- garanties of leningen voor Nederlandse deelname in buitenlandse groenijzerproductie;
- ondersteuning bij contracten voor levering van HBI/DRI aan IJmuiden;
- koppeling aan Europese fondsen, CBAM-inkomsten en het Innovation Fund;
- afspraken over strategische voorraden of crisisleveringen;
- borging dat productkwaliteit aansluit bij de hoogwaardige staalproducten van TSN;
- ondersteuning bij gedeeltelijke vestiging van energie-intensieve productiestappen in landen met lagere duurzame energiekosten;
- waar nodig ondersteuning bij Europese infrastructuur voor transport, opslag en certificering van HBI/DRI.

Deze route kan aantrekkelijk zijn omdat Nederland relatief hoge energie- en netwerkkosten kent, terwijl staalproductie juist steeds sterker afhankelijk wordt van elektriciteit, waterstof en infrastructuur. De Europese Commissie erkent in haar Steel and Metals Action Plan dat hoge energieprijzen, wereldwijde overcapaciteit, oneerlijke handelspraktijken, toegang tot schroot, decarbonisatie-investeringen en lead markets centrale uitdagingen zijn voor de Europese staalindustrie.<sup>6</sup> Een Europese ketenstrategie sluit daarbij beter aan dan een louter nationale benadering.



De voorwaarden zijn echter zwaar. DRI/HBI-import mag geen nieuwe kwetsbaarheid creëren. Daarom zijn minimaal nodig:

- joint ventures, mede-eigendom of harde langjarige leveringscontracten;
- productie binnen de EU of in zeer betrouwbare partnerlanden;
- crisisclausules voor leveringszekerheid;
- kwaliteitsborging voor hoogwaardige staalproducten;
- behoud van kritische proceskennis in IJmuiden;
- behoud van minimaal één productielijn in Nederland;
- onderzoek of twee productielijnen nodig zijn voor economische rendabiliteit;
- toetsing welke TSN-producten strategisch of moeilijk vervangbaar zijn;
- afspraken over transport, opslag, CO<sub>2</sub>-footprint en certificering;
- bescherming tegen nieuwe geopolitieke afhankelijkheden;
- borging dat IJmuiden niet geleidelijk wordt uitgehold tot laagwaardige eindbewerking.

CBAM kan voorkomen dat Europese groenstaalproductie wordt weggeconcurrereerd door hoog-emissie-import. Maar CBAM alleen maakt nog geen betrouwbare HBI-keten. Daarom zou Nederland en TSN moeten inzetten om binnen of buiten Europa, duurzame infrastructuur voor DRI/HBI-ketens via strategische industriële joint ventures veilig te stellen, om zo leveringszekerheid te hebben. Hoe groter de rol van EAF wordt in IJmuiden, hoe relevanter de noodzaak om HBI-ketens veilig te stellen.

**Politiek oordeel:** waarschijnlijk een van de interessantste middenroutes. Zij combineert Nederlandse strategische waarde met Europese energie- en ketenoptimalisatie. De route is alleen verantwoord als eigendom, leveringszekerheid, kwaliteitsborging en behoud van Nederlandse productielijnen hard worden geregeld. Deze optie nodigt stevigere samenwerking uit tussen politiek en bedrijfsleven.

### **5.9 Beleids optie 6: gecontroleerde afbouw of sluiting, maar alleen met Europees vervangingsplan**

De zesde beleids optie is gecontroleerde afbouw of sluiting van geïntegreerde staalproductie in IJmuiden. De overheid kiest dan niet voor behoud van TSN in zijn huidige of vernieuwde vorm, maar voor gefaseerde beëindiging, sanering, regionale herontwikkeling en vervanging van strategische productcapaciteit elders in Europa.

De kern van deze optie is dat lokale gezondheid, klimaat, ruimtegebruik en publieke kosten zwaarder wegen dan behoud van geïntegreerde staalproductie in IJmuiden. Deze optie is principieel verdedigbaar als TSN niet strategisch noodzakelijk blijkt, als Tata Steel Limited onvoldoende investeringsbereidheid toont, als publieke voorwaarden niet afdwingbaar zijn of als de kosten van behoud niet opwegen tegen de maatschappelijke baten.



De berekeningen maken deze optie echter minder vanzelfsprekend. Als groen staal inclusief CAPEX onder relevante aannames goedkoper kan zijn dan grijs staal, en als DRI-NG + CCS met groene stroom de uitstoot van circa 12,5 miljoen ton naar circa 0,45 miljoen ton kan brengen bij een stroomvraag van ongeveer 4 TWh, dan is sluiting niet automatisch de meest rationele klimaatoptie. Sluiting kan lokale emissies beëindigen, maar kan ook leiden tot verlies van kennis, productcapaciteit en autonomie, terwijl mondiale emissies kunnen verschuiven naar andere landen. En zelfs als CBAM de prijs van dit geïmporteerde fossiele staal gelijktrekt aan groen staal, als er te weinig productiecapaciteit is van groen staal en er dus fossiel staal geïmporteerd moet worden, draagt dat nog steeds in de wereld bij aan meer CO<sub>2</sub>-emissie.

Daarom is gecontroleerde afbouw alleen verantwoord onder harde voorwaarden:

- een productkritekritekstoeits toont aan welke TSN-producten strategisch zijn;
- kritische producten kunnen elders in Europa worden geproduceerd;
- vervangende capaciteit is niet slechts theoretisch, maar contractueel en industrieel geborgd;
- emissieverplaatsing wordt beperkt of uitgesloten;
- werknemers, toeleveranciers en regio krijgen een realistisch transitieplan;
- sanering wordt volledig gefinancierd, inclusief aansprakelijkheid van de vervuiler;
- kennis, opleidingen en R&D worden waar mogelijk behouden of overgedragen;
- er ligt een Europees groenstaalplan dat strategische capaciteit waarborgt;
- de gevolgen voor Nederlandse autonomie, defensie, hoogwaardige industrie en innovatie zijn expliciet getoetst.

Deze optie mag daarom niet worden behandeld als simpele “sluit de fabriek”-route. Zonder Europees vervangingsplan kan sluiting leiden tot verlies van strategische capaciteit, afhankelijkheid van import en mondiale emissieverplaatsing. Met een hard Europees vervangingsplan kan afbouw wel een legitieme terugvaloptie zijn.

**Politiek oordeel:** alleen verdedigbaar als TSN niet strategisch noodzakelijk blijkt, publieke voorwaarden niet afdwingbaar zijn of Europese vervanging hard is geregeld. Zonder zulke borging is sluiting beleidsmatig riskant.

## 5.10 Vergelijking van de beleidsopties

De beleidsopties verschillen vooral in de mate waarin de overheid verantwoordelijkheid, risico en zeggenschap neemt.

De optie “geen aanvullende publieke steun” is financieel het veiligst voor de Staat. Zij wordt sterker wanneer groen staal door ETS, CBAM, grondstofkosten en groene stroom bedrijfseconomisch aantrekkelijker wordt dan grijs staal. Tegelijk biedt deze optie weinig regie over strategisch productbehoud, tempo van verduurzaming, lokale gezondheidswinst en Nederlandse kennispositie.



Voorwaardelijke maatwerksteun sluit aan bij de bestaande bestuurlijke praktijk, maar is alleen verdedigbaar als de voorwaarden juridisch afdwingbaar zijn. Deze steun moet niet worden vormgegeven als compensatie voor onrendabele fossiele productie, maar als tijdelijke ondersteuning voor investeringsprong, infrastructuur, gezondheid en strategische borging.

Een publieke of converteerbare lening is sterker dan subsidie omdat de Staat recht houdt op terugbetaling of upside. Deze optie verdient voorkeur boven een gift wanneer publieke middelen worden ingezet voor investeringen die ook private opbrengsten kunnen genereren. Beleidsopties waarbij de Staat extra financiële steun geeft, worden aantrekkelijker als energiekosten plotseling veel hoger worden, maar de productie van staal in Nederland als strategisch belangrijk wordt gezien.

Staatsdeelname of een publiek belangenaandeel is de meest directe manier om publieke zeggenschap te borgen. Deze optie wordt sterker naarmate de publieke bijdrage groter wordt, naarmate TSN strategischer wordt geacht en naarmate behoud van één of twee productielijnen noodzakelijk blijkt voor schaal, kennis en innovatie.

De hybride Europese ketenstrategie is inhoudelijk waarschijnlijk de interessantste middenroute. Zij combineert behoud van hoogwaardige eindproductie en kennis in IJmuiden met productie van groene ijzerdragers op locaties waar energie goedkoper of overvloediger is. Deze route vraagt actieve Nederlandse ondersteuning bij joint ventures, mede-eigendom, crisisclausules, kwaliteitsborging en Europese financiering.

Gecontroleerde afbouw of sluiting is geen voorkeursoptie zolang TSN strategisch behoudenswaardig is en verduurzaming onder harde voorwaarden mogelijk blijft. Het is wel een noodzakelijke terugvaloptie als publieke voorwaarden niet afdwingbaar zijn of als de maatschappelijke kosten van behoud te hoog blijken.

### **5.11 Voorkeursrichting: voorwaardelijke transitie met DRI-NG + CCS, Europese ketenregie en publieke zeggenschap**

Op basis van de voorgaande hoofdstukken lijkt de meest verdedigbare beleidsrichting niet te liggen in blanco subsidie, onmiddellijke sluiting of volledig vertrouwen op de markt. De meest verdedigbare richting is een **voorwaardelijke transitieovereenkomst** met zes pijlers.

Ten eerste moet TSN alleen publieke steun ontvangen als lokale gezondheidswinst versneld en afdwingbaar wordt gerealiseerd. Gezondheid kan niet wachten op volledige klimaatneutraliteit in 2045. Maatregelen tegen fijnstof, PAK's, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, ZZS en andere lokale belasting moeten vóór en naast de industriële routekeuze worden uitgevoerd.

Ten tweede moet de technische route worden gekozen op basis van CO<sub>2</sub>-reductie-effectiviteit. De berekeningen wijzen erop dat DRI-NG + CCS met groene stroom bijna dezelfde CO<sub>2</sub>-reductie bereikt als DRI-H<sub>2</sub>, maar met circa 16 TWh minder groene stroom. DRI-H<sub>2</sub> blijft een mogelijke langetermijnoptie, maar mag geen eerste beleidsanker zijn als het beslag op groene stroom elders veel meer CO<sub>2</sub>-reductie kan opleveren.

Ten derde moet groen staal niet worden behandeld als vanzelfsprekend duurder dan grijs staal. Door ETS, CBAM, lagere emissiekosten, goedkopere grondstoffen in de DRI-NG + CCS-route en



lagere kosten van groene stroom kan groen staal onder de gehanteerde aannames goedkoper of economisch robuuster worden dan voortzetting van fossiele productie. De publieke vraag is dan niet of de overheid een onrendabele fabriek moet redden, maar onder welke voorwaarden zij een strategisch relevante transitie mag helpen versnellen.

Ten vierde moet publieke financiering worden vormgegeven als lening, converteerbare lening of investering met zeggenschap, niet als eenvoudige subsidie. Hoe groter de publieke bijdrage, hoe sterker het argument voor publieke zeggenschap. Bij publieke miljardensteun hoort minimaal controle op dividend, concernttransacties, strategische productlijnen, investeringsbesluiten, open data en sancties.

Ten vijfde moet Nederland de Europese dimensie actief benutten. ETS en CBAM zijn niet alleen drukmiddelen, maar kunnen ook onderdeel zijn van de financieringslogica. Door het Temporary Decarbonisation Fund van de EU vloeien de inkomsten van koolstofbeprijzing mogelijk mede terug naar Europese groenstaalprojecten, groene ijzerdragers, DRI-EAF, CCS, waterstofinfrastructuur en vraagstimulering voor groen staal. Volgens ons is het in het strategisch belang van Nederland om te ondersteunen in het bepleiten van de casus TSN om aanspraak te maken op een bijdrage uit dit fonds, voor zover TSN die ondersteuning kan gebruiken.

Ten zesde moet Nederland TSN ondersteunen bij Europese en internationale ketenopbouw. Als volledige productie van groene ijzerdragers in Nederland te duur of systeemtechnisch kwetsbaar is, moet Nederland helpen om HBI/DRI-productie veilig te stellen via joint ventures, mede-eigendom, langjarige contracten en diplomatieke ondersteuning in andere EU-landen of betrouwbare partnerlanden. Tegelijk moet minimaal één productielijn, en waarschijnlijk beide productielijnen, in Nederland behouden blijven als dat nodig is voor kennis, innovatievermogen, strategische waarde en economische rendabiliteit.

De beleidslijn die de voorkeur heeft van dit rapport kan daarmee als volgt worden samengevat:

**Behoud TSN niet tegen elke prijs, maar behoud strategische staalcapaciteit wel als publieke waarde. Kies niet automatisch voor de symbolisch groenste route, maar voor de route met de beste verhouding tussen CO<sub>2</sub>-reductie, stroomgebruik, kosten en uitvoerbaarheid. Geef geen blanco subsidie, maar publieke financiering met publieke zeggenschap. Gebruik ETS en CBAM niet alleen als marktprikkels, maar ook als basis voor Europese financiering van groen staal. En organiseer IJmuiden als strategische productielocatie binnen een Europese groenstaalketen, inclusief veilige toegang tot HBI en DRI uit andere landen.**

1. Europese Commissie, *Carbon Border Adjustment Mechanism*.
2. Europese Commissie, *Carbon Border Adjustment Mechanism*.
3. Europese Commissie, *Commission strengthens the Carbon Border Adjustment Mechanism*, Press Release, 17 december 2025. ([https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_25\\_3088](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_3088))
4. Europese Commissie, *Action Plan to secure a competitive and decarbonised steel and metals industry in Europe*, 18 maart 2025. ([European Commission](#))
5. Europese Commissie, *Innovation Fund*. Het fonds ondersteunt decarbonisatie in ETS-sectoren en is gericht op nieuwe schone industriële businesscases. ([Climate Action](#))



6. Europese Commissie, *Steel and Metals Action Plan, 2025*; EUROFER, *European Steel in Action 2025, 2025*. EUROFER vat het actieplan samen rond energieprijzen, mondiale overcapaciteit, carbon leakage, schrootbeschikbaarheid, lead markets, investeringen in decarbonisatie en R&D. ([eurofer.eu](http://eurofer.eu))



## 6. Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 Hoofdconclusie

De centrale vraag van dit rapport is of duurzame staalproductie in Nederland in de komende 25 jaar mogelijk en wenselijk is, en zo ja onder welke voorwaarden. De conclusie is dat staalproductie bij Tata Steel Nederland strategisch behoudenswaardig kan zijn, maar alleen wanneer deze productie versneld wordt omgevormd tot een schonere, toekomstbestendige en publiek geborgde vorm van staalproductie.

TSN moet daarbij niet worden beoordeeld op basis van het behoud van staalvolume als doel op zichzelf.

De relevante vraag is welke staalcapaciteit, welke productlijnen en welke productiefasen strategische waarde hebben voor Nederland en Europa. TSN is vooral behoudenswaardig voor zover het bedrijf hoogwaardige en moeilijk vervangbare staalproducten levert, bijdraagt aan Europese strategische autonomie, innovatiekracht en leveringszekerheid, en tegelijk binnen aanvaardbare grenzen komt voor klimaat, lokale gezondheid, watergebruik en publieke waarde.

Sluiting is daarom geen logische voorkeursoptie. Sluiting zou alleen verdedigbaar zijn wanneer TSN niet aan harde publieke voorwaarden kan voldoen, wanneer strategische productcapaciteit elders in Europa tijdig en betrouwbaar kan worden vervangen, of wanneer behoud van de fabriek aantoonbaar meer maatschappelijke schade dan waarde oplevert. Zonder zulke borging zou sluiting leiden tot verlies van industriële kennis, werkgelegenheid, strategische capaciteit en mogelijk tot emissieverplaatsing naar landen of fabrieken met een hogere CO<sub>2</sub>-uitstoot per ton staal.

Tegelijkertijd is behoud van TSN niet vanzelfsprekend. De huidige hoogovenroute is maatschappelijk, klimaatkundig en politiek niet toekomstbestendig. De combinatie van CO<sub>2</sub>-uitstoot, lokale emissies, gezondheidszorgen, staalslakproblematiek, watergebruik en vertrouwensverlies maakt dat voortzetting van de bestaande situatie geen optie is. Behoud kan alleen onder harde voorwaarden: snelle reductie van lokale emissies, forse CO<sub>2</sub>-reductie, transparante metingen, onafhankelijke monitoring, afdwingbare normen, financiële verantwoordelijkheid van Tata Steel zelf en publieke zeggenschap waar publieke belangen direct geraakt worden.

De conclusie van dit rapport is daarom niet dat Tata Steel Nederland onvoorwaardelijk moet blijven. De conclusie is dat Nederland strategische staalcapaciteit moet behouden waar die van publieke waarde is, maar dat Tata Steel Nederland de industriële transitie in beginsel zelf moet dragen. Publieke steun moet zich richten op duurzame randvoorwaarden en infrastructuur die ook buiten Tata Steel om maatschappelijk verstandig zijn.

### 6.2 Reflectie op de beperkingen van dit rapport

Dit rapport beoogt een brede strategische beoordeling te geven van duurzame staalproductie in Nederland, maar kent daarbij enkele duidelijke beperkingen. De technische en economische analyse is gebaseerd op beschikbare publieke bronnen, beleidsdocumenten, sectorrapporten en eigen scenariovergelijkingen. Daarmee is het rapport geschikt om beleidsrichtingen, randvoorwaarden en strategische keuzes te beoordelen, maar niet om een definitief investeringsbesluit of projectspecifiek ontwerp voor Tata Steel Nederland te vervangen.



Een eerste beperking is dat de uitkomsten sterk afhankelijk zijn van aannames over toekomstige energieprijzen, waterstofprijzen, aardgasprijzen, ETS- en CBAM-effecten, CAPEX, CCS-kosten, discontovoet, staalprijzen en de beschikbaarheid van groene elektriciteit. Deze variabelen kunnen in de komende jaren aanzienlijk veranderen door geopolitiek, Europese marktordening, technologische ontwikkeling, netcongestie, vergunningverlening en internationale concurrentie. De conclusie dat DRI-NG + EAF + CCS op middellange termijn doelmatiger lijkt dan volledige H<sub>2</sub>-DRI moet daarom worden gelezen binnen deze aannames. Wanneer groene waterstof veel sneller goedkoper en ruimer beschikbaar wordt dan nu voorzien, kan de afweging veranderen.

Een tweede beperking is dat de strategische waarde van TSN niet volledig productspecifiek is doorgerekend. Het rapport onderbouwt dat hoogwaardige platte staalproducten, coatingcapaciteit, kennis, ligging aan zee en geïntegreerde productie strategisch relevant kunnen zijn voor Nederland en Europa. Voor een definitieve kritikaliteitsbeoordeling is echter aanvullend onderzoek nodig naar afzonderlijke productlijnen, Europese alternatieven, leveringszekerheid, overstapkosten voor afnemers, defensierelevantie en de mate waarin dezelfde productkwaliteit met alternatieve routes kan worden geleverd.

Een derde beperking betreft lokale gezondheid, managementcultuur en publieke legitimiteit. Dit rapport neemt deze factoren nadrukkelijk mee als randvoorwaarden voor voortzetting van staalproductie in IJmuiden, maar verricht zelf geen nieuw epidemiologisch onderzoek, emissieonderzoek of formele audit van de managementcultuur. De beoordeling steunt op bestaande rapporten, publieke informatie en het in dit rapport gehanteerde analysekader. Voor besluitvorming blijven onafhankelijke metingen, open data, toezicht, vergunningverlening en toetsing aan best beschikbare technieken noodzakelijk.

Deze beperkingen doen niet af aan de hoofdconclusie, maar geven wel aan hoe deze gelezen moet worden. Het rapport pleit niet voor behoud van Tata Steel Nederland onder alle omstandigheden, maar voor behoud van strategisch waardevolle, hoogwaardige en aantoonbaar schonere staalcapaciteit onder harde publieke voorwaarden. Als de technische, economische, gezondheidskundige of bestuurlijke randvoorwaarden niet worden gehaald, moet gecontroleerde afbouw of een alternatieve Europese ketenstrategie nadrukkelijk onderdeel blijven van de beleidsopties.

### **6.3 Strategische conclusie: behoud van hoogwaardige staalcapaciteit, niet behoud van het verleden**

De analyse langs de criteria van de Economische Activiteiten Strategie Nederland laat zien dat TSN op meerdere punten strategische waarde heeft voor Nederland en Europa. Het bedrijf beschikt over een gunstige ligging aan zee, een geïntegreerde productielocatie, hoogwaardige kennis, een lange industriële geschiedenis en een productportfolio met speciale staalsoorten. Die combinatie is niet eenvoudig elders opnieuw op te bouwen.

Voor Nederland en Europa is vooral van belang dat staal een basismateriaal blijft voor bouw, infrastructuur, energietransitie, mobiliteit, maakindustrie en defensie, waarbij het ook nog sterk circulair is waar geen vervanging voor te verwachten is in de komende decennia. In een wereld waarin geopolitieke afhankelijkheden zwaarder wegen, kan Europa zich niet volledig verlaten op goedkoop staal uit China of andere niet-Europese markten. Strategische autonomie betekent niet dat Nederland alles zelf moet produceren, maar wel dat Europa voldoende eigen capaciteit, kennis, hoogwaardige productielijnen en onderhandelingsmacht behoudt.



TSN is binnen die logica vooral relevant als producent van hoogwaardige staalproducten en als schakel in Europese waardeketens. Het rapport verdedigt daarom niet dat elke huidige ton staalproductie in IJmuiden per definitie behouden moet blijven. De verdedigbare lijn is scherper: behoud is gerechtvaardigd voor de productlijnen en productiefasen die bijdragen aan hoogwaardige Europese staalcapaciteit, innovatie, leveringszekerheid en strategische autonomie.

Dat vraagt om een gerichte transitie, niet om conservering van het bestaande industriële model. De overheid moet daarom scherp definiëren welke producten, productielijnen en kennisposities zij strategisch wil behouden. Daarbij hoort een onderscheid tussen aantoonbaar strategische staalproducten, economisch waardevolle maar vervangbare producten, en productiefasen die mogelijk efficiënter elders in Europa kunnen plaatsvinden wanneer energie, grondstoffen of infrastructuur daar structureel gunstiger beschikbaar zijn.

Behoud van TSN moet dus geen behoud van het verleden zijn, maar een keuze voor de industriële capaciteit die Nederland en Europa in de toekomst nodig hebben.

#### **6.4 Klimaat en gezondheid: de huidige situatie is geen optie**

De huidige hoogovenroute is niet toekomstbestendig. Zij veroorzaakt een grote absolute CO<sub>2</sub>-uitstoot, lokale luchtvervuiling en blijvende maatschappelijke onrust. Ook wanneer TSN per ton staal relatief efficiënt produceert ten opzichte van sommige buitenlandse producenten, blijft de absolute milieubelasting groot. Een strategische staalfabriek kan alleen maatschappelijk aanvaardbaar zijn wanneer zij aantoonbaar binnen de grenzen van klimaatbeleid en lokale gezondheid opereert.

De transitie naar schonere staalproductie is daarom geen vrijblijvende verduurzamingsambitie, maar een bestaansvoorwaarde. De vervanging van cokes- en hoogovenprocessen door DRI-EAF-routes kan zowel de CO<sub>2</sub>-uitstoot als lokale emissies substantieel verminderen. Vooral het verdwijnen of verminderen van cokesovens is daarbij van groot belang voor de leefomgeving rondom IJmuiden.

De Nederlandse overheid moet daarom niet kiezen tussen industriebeleid en gezondheid. Juist wanneer TSN strategisch belangrijk wordt geacht, moet de overheid hogere eisen stellen aan emissiereductie, transparantie en toezicht. Strategische waarde geeft een bedrijf geen vrijstelling van publieke normen. Strategische waarde vergroot juist de noodzaak tot publieke borging.

Gezondheid van omwonenden moet in de verdere besluitvorming een harde randvoorwaarde zijn. Afspraken over stof, PAK's, NO<sub>x</sub>, staalslakken, watergebruik en andere lokale milieueffecten mogen niet als bijlage bij een industriepolitiek akkoord worden behandeld, maar moeten onderdeel zijn van de maatschappelijke vergunning voor voortbestaan.

#### **6.5 Technische conclusie: DRI-NG + CCS is op middellange termijn verstandiger dan volledige waterstofroute**

Voor duurzame staalproductie bestaan meerdere technische routes. Vaak wordt DRI op groene waterstof gezien als het vanzelfsprekende eindbeeld. Dit rapport komt tot een andere, meer pragmatische conclusie. Waterstof kan op lange termijn een rol spelen, maar is niet per definitie



het eindstation. Ook biomethaan, aardgas met CCS, flexibele DRI-installaties, EAF-capaciteit en gedeeltelijke import van groene ijzerdragers kunnen onderdeel zijn van een verstandige route.

De kern van de technische analyse is dat volledige DRI-H<sub>2</sub> op de middellange termijn niet de meest doelmatige route lijkt. De route vraagt grote investeringen, zeer grote hoeveelheden groene elektriciteit, elektrolysecapaciteit, opslag, transportcapaciteit en forse netverzwaring. Daar staat in de analyse slechts een beperkte extra CO<sub>2</sub>-reductie tegenover wanneer zij wordt vergeleken met DRI-NG + CCS.

Daarom moet niet de theoretisch schoonste route centraal staan, maar de route die op korte en middellange termijn de grootste maatschappelijke reductie oplevert per geïnvesteerde euro, per gebruikte kilowattuur en per benodigde infrastructuurmaatregel. Vanuit dat perspectief is DRI-NG + EAF + CCS voor de eerste productielijn de meest logische route. Deze route kan de CO<sub>2</sub>-uitstoot fors terugbrengen, lokale emissies verminderen, cokesovens vervangen en de druk op het stroomnet aanzienlijk beperken ten opzichte van een directe volledige waterstofroute.

Dit betekent niet dat waterstof moet worden uitgesloten. Nieuwe DRI-installaties moeten waar mogelijk technisch flexibel worden ontworpen, zodat zij later ook kunnen werken met andere reductiegassen, waaronder waterstof of biomethaan. Maar het rapport moet helder zijn: op de middellange termijn is waterstof, gezien de investeringskosten en de druk op het stroomnet, niet vanzelfsprekend de beste keuze ten opzichte van DRI-NG + CCS.

Biomethaan verdient daarbij nadrukkelijk een plaats in de routekeuze. Wanneer voldoende duurzaam gecertificeerd biomethaan beschikbaar komt (en als hierbij ook mestvergisting mee wordt genomen snijdt het mes aan 2 kanten), kan dit een belangrijke bijdrage leveren aan verdere emissiereductie zonder dezelfde druk op het elektriciteitsnet als volledige waterstofproductie. De beschikbaarheid, additionaliteit, certificering en schaalbaarheid van biomethaan moeten wel zorgvuldig worden getoetst. Biomethaan is geen gratis of onbeperkte oplossing, maar wel een serieuze route die beter aansluit bij bestaande gasinfrastructuur en DRI-techniek dan een snelle volledige waterstofomschakeling.

## **6.6 Aanbevolen technische route: eerste lijn DRI-NG + EAF + CCS, tweede lijn mogelijk EAF-only**

Voor de korte en middellange termijn ligt het voor de hand om ten minste één bestaande productielijn te vervangen door een combinatie van DRI-NG, EAF en CCS. Daarmee kan een groot deel van de CO<sub>2</sub>-uitstoot worden gereduceerd, verdwijnen of verminderen de meest vervuilende onderdelen van de huidige hoogovenroute, en blijft hoogwaardige staalproductie in IJmuiden behouden.

Voor de tweede productielijn moet nadrukkelijk worden gekeken naar versnelling. Wanneer een tweede volledige DRI-route te veel tijd, kapitaal, infrastructuur of uitvoeringsrisico vraagt, kan een EAF-only route voor de tweede productielijn aantrekkelijk zijn. Daarmee kan de transitie naar schonere productie mogelijk eerder plaatsvinden, zeker wanneer gebruik wordt gemaakt van schroot, HBI of geïmporteerde groene ijzerdragers.

Deze combinatie biedt een pragmatische route:

- één productielijn met DRI-NG + EAF + CCS voor behoud van primaire ijzerproductie, kwaliteit, kennis en strategische autonomie;



- een tweede productielijn mogelijk met EAF-only op korte termijn wanneer dat de tijdlijn van emissiereductie en sluiting van vervuilende installaties naar voren haalt;
- technische flexibiliteit richting biomethaan, waterstof of andere reductiegassen wanneer die later beschikbaar en doelmatig worden;
- behoud van hoogwaardige eindproductie in IJmuiden;
- ruimte voor Europese ketenstrategie met DRI/HBI-productie op locaties waar duurzame energie goedkoper of ruimer beschikbaar is.

Deze route voorkomt dat Nederland wacht op een perfecte waterstofeconomie die op middellange termijn mogelijk niet tijdig beschikbaar is. Tegelijk voorkomt zij dat Nederland strategische staalcapaciteit opgeeft voordat duidelijk is hoe Europa zijn hoogwaardige staalvraag betrouwbaar en duurzaam kan organiseren.

### **6.7 Economische conclusie: Tata Steel moet fabrieksinvesteringen in beginsel zelf dragen**

De economische analyse verandert de aard van de discussie over publieke steun. Door ETS, CBAM, veranderende grondstofprijzen, hogere kosten voor CO<sub>2</sub>-uitstoot en de groeiende vraag naar groen staal wordt de transitie bedrijfseconomisch aantrekkelijker dan vaak wordt aangenomen. Vervuilende productie wordt duurder, terwijl schonere productie relatief gunstiger wordt. Juist daardoor is de transitie niet alleen een publieke klimaatopgave, maar ook een bedrijfseconomische noodzaak voor Tata Steel zelf.

Daarom is het niet logisch dat de Nederlandse overheid fabrieksinvesteringen subsidieert die Tata Steel, gezien de financiële gezondheid van het concern en de bedrijfseconomische voordelen van transitie, in beginsel zelf moet kunnen dragen. Investeringen in DRI-installaties, EAF's, interne procesaanpassingen en fabrieksspecifieke verduurzaming zijn primair de verantwoordelijkheid van Tata Steel. Publieke middelen moeten niet worden gebruikt om private investeringsverplichtingen over te nemen wanneer de baten later grotendeels privaat blijven.

Dat betekent niet dat de overheid geen rol heeft. De overheid heeft juist een belangrijke rol, maar die rol moet zich richten op publieke randvoorwaarden en duurzame infrastructuur die ook onafhankelijk van Tata Steel maatschappelijk verstandig zijn. Denk aan uitbreiding van groene elektriciteitsproductie, productie en distributie van duurzaam biomethaan, elektriciteitsnet-verzwarende, CCS-infrastructuur, haveninfrastructuur, vergunningverlening, meetinfrastructuur, onafhankelijke monitoring en Europese marktordening voor groen staal.

De hoofdregel moet zijn:

Publieke middelen moeten niet worden ingezet om Tata Steel te subsidiëren, maar om duurzame infrastructuur te bouwen die Nederland hoe dan ook nodig heeft.

Wanneer zulke infrastructuur ook door TSN wordt gebruikt, kan dat onderdeel zijn van een verstandige industriële transitie. Maar de rechtvaardiging ligt dan niet in steun aan één bedrijf. De rechtvaardiging ligt in de bredere publieke waarde: duurzame energie, CO<sub>2</sub>-infrastructuur, groen gas, leveringszekerheid, netstabiliteit, innovatie en strategische autonomie.



## **6.8 Publieke steun: alleen voor publieke infrastructuur, niet voor private fabriekstransitie**

Publieke steun moet scherp worden afgebakend. Subsidies, leningen of investeringen zijn verdedigbaar wanneer zij bijdragen aan infrastructuur of publieke goederen die breder inzetbaar zijn dan TSN alleen. Zij zijn niet verdedigbaar wanneer zij vooral dienen om Tata Steel te ontlasten van investeringen die noodzakelijk zijn voor de eigen toekomstige concurrentiepositie.

Daarom moet onderscheid worden gemaakt tussen drie categorieën.

Ten eerste zijn er investeringen die Tata Steel zelf moet dragen. Dit betreft de fabrieksspecifieke transitie: DRI-installaties, EAF's, interne procesinstallaties, interne logistiek, fabrieksaanpassingen en technologie die primair eigendom en verdienvermogen van Tata Steel versterken. Gezien ETS, CBAM en de bedrijfseconomische noodzaak tot verduurzaming ligt het voor de hand dat Tata Steel deze investeringen zelf financiert.

Ten tweede zijn er publieke of semi-publieke infrastructuurinvesteringen die breder maatschappelijk nut hebben. Denk aan extra groene stroomproductie, biomethaanproductie, netverzwaring, CCS-transport en opslag, haveninfrastructuur, waterinfrastructuur, meetnetten en eventueel infrastructuur voor import van HBI of DRI. Daar kan publieke betrokkenheid wel logisch zijn, mits de infrastructuur open, doelmatig en niet exclusief afhankelijk van Tata Steel wordt ingericht.

Ten derde zijn er financiële instrumenten voor versnelling of risicodeling. Wanneer de overheid toch financieel bijdraagt aan onderdelen die dicht tegen de fabriekstransitie aan liggen, moet dat niet in de vorm van vrijblijvende subsidie gebeuren. Dan ligt een lening, achtergestelde lening, garantie tegen marktconforme voorwaarden, bedrijfsaandeel, of converteerbaar instrument meer voor de hand. Hoe groter het publieke risico, hoe sterker de publieke zeggenschap en terugverdienmogelijkheid moeten zijn.

De overheid moet voorkomen dat publieke middelen worden gebruikt om private aandeelhouders te beschermen, dividendruimte te creëren of investeringen mogelijk te maken die door het bedrijf zelf gedragen kunnen worden. Publieke middelen moeten publieke waarde opleveren.

## **6.9 Governance: harde voorwaarden, open data en publieke borging**

De toekomst van TSN raakt publieke belangen: gezondheid, klimaat, werkgelegenheid, strategische autonomie, ruimtelijke ordening, energie-infrastructuur, watergebruik en industrie-beleid. Wanneer zulke belangen samenkomen, is vrijwillige bedrijfsrapportage onvoldoende.

Daarom moeten volgens dit rapport afspraken over de toekomst van TSN worden vastgelegd in een governance-structuur met onafhankelijke controle, open data, duidelijke mijlpalen en harde consequenties bij niet-naleving. Hiermee dwing je ook een calculatieve-proactieve management stijl af. Dit geldt ook wanneer de overheid geen directe fabriekssubsidie verstrekt. Juist omdat TSN gebruik zal maken van publieke infrastructuur, publieke vergunningen, publieke ruimte, de bedrijfsvoering effect heeft op de publieke gezondheid en ons gedeelde milieu, moet er ook publieke verantwoording zijn.

Bij voortzetting van TSN horen minimaal de volgende voorwaarden:



1. juridisch afdwingbare reductiedoelen voor CO<sub>2</sub> en lokale emissies;
2. onafhankelijke meting en openbaar toegankelijke emissiedata;
3. gezondheidsmonitoring voor de omgeving;
4. sancties bij het niet halen van afspraken;
5. heldere deadlines voor sluiting of vervanging van vervuilende installaties;
6. transparantie over geldstromen tussen TSN en het moederbedrijf;
7. dividend- en winstuitkeringsbeperkingen wanneer publieke financiële instrumenten worden gebruikt;
8. borging dat strategische productlijnen en kennis in Nederland of Europa behouden blijven;
9. anti-leakage-afspraken zodat publieke investeringen niet weglekken zonder publieke waarde;
10. periodieke toetsing aan de Economische Activiteiten Strategie Nederland.

Publieke steun zonder zulke voorwaarden zou bestuurlijk zwak zijn. Publieke infrastructuur-investeringen mét zulke voorwaarden kunnen juist onderdeel zijn van modern industriebeleid: niet het redden van een bedrijf, maar het sturen van een strategische industriële transitie in publiek belang.

### **6.10 Europese route: geen nationale subsidiewedloop, maar een groenstaalstrategie**

De toekomst van TSN moet niet uitsluitend nationaal worden bekeken. Staal is een Europese strategische sector. Energieprijzen, ETS, CBAM, defensievraag, importafhankelijkheid, industriële capaciteit en groene staalmarkten zijn allemaal Europese vraagstukken.

Nederland moet daarom inzetten op een Europees groenstaalplan. Dat plan moet niet alleen gericht zijn op aanbods subsidies aan individuele fabrieken, maar vooral op marktordening en vraagontwikkeling. ETS en CBAM maken vervuilende productie duurder en beschermen Europese producenten beter tegen oneerlijke concurrentie uit landen met lagere klimaatkosten. Die instrumenten kunnen worden aangevuld met vraagstimulering voor groen staal in bijvoorbeeld infrastructuur, auto-industrie, defensie, spoor, windparken en publieke aanbestedingen.

Een Europese aanpak voorkomt dat lidstaten elkaar beconcurreren met nationale subsidies aan eigen staalfabrieken. In plaats daarvan moet Europa sturen op strategische capaciteit, klimaatwinst, leveringszekerheid en eerlijke concurrentie. CBAM-opbrengsten kunnen daarbij worden ingezet voor Europese infrastructuur, vraagstimulering of ketenontwikkeling, niet voor vrijblijvende steun aan afzonderlijke bedrijven.

Ook de import van groene ijzerdragers, zoals HBI of DRI, moet onderdeel zijn van deze Europese strategie. Productie van ijzerdragers kan deels plaatsvinden op locaties met gunstiger toegang tot duurzame energie, terwijl hoogwaardige eindproductie, kwaliteitscontrole en innovatie in IJmuiden behouden blijven. Dit vraagt wel om borging via langjarige contracten, joint ventures, Europese partnerschappen en crisisbestendige leveringsafspraken.

### **6.11 Politieke beslisboom**

Voor politieke besluitvorming kan de volgende beslisboom worden gehanteerd.



Vraag 1: Is TSN strategisch behoudenswaardig voor Nederland en Europa?

Wanneer TSN geen aantoonbare bijdrage levert aan hoogwaardige, moeilijk vervangbare of strategisch relevante staalcapaciteit, ligt publieke betrokkenheid niet voor de hand. Wanneer die bijdrage wel aantoonbaar is, volgt vraag 2.

Vraag 2: Kunnen lokale gezondheid en emissies binnen harde termijnen voldoende worden verbeterd?

Wanneer dat niet juridisch afdwingbaar is, kan voortzetting niet maatschappelijk worden verdedigd. Wanneer emissiereductie en gezondheidswinst wel afdwingbaar zijn, volgt vraag 3.

Vraag 3: Welke technische route levert op middellange termijn de meeste CO<sub>2</sub>-reductie tegen de laagste publieke, energetische en infrastructurele kosten?

Op basis van de huidige analyse ligt DRI-NG + EAF + CCS voor de eerste productielijn het meest voor de hand. Volledige H<sub>2</sub>-DRI is op middellange termijn niet de voorkeursroute zolang de extra CO<sub>2</sub>-reductie beperkt is ten opzichte van DRI-NG + CCS en de druk op het stroomnet groot blijft.

Vraag 4: Kan de tweede productielijn sneller worden verduurzaamd met EAF-only?

Wanneer een tweede volledige DRI-route de transitie vertraagt, moet serieus worden onderzocht of EAF-only, gevoed met schroot, HBI of geïmporteerde groene ijzerdragers, de emissiereductie eerder kan realiseren.

Vraag 5: Welke investeringen moet Tata Steel zelf dragen en welke infrastructuur verdient publieke steun?

Fabrieksspecifieke investeringen moeten in beginsel door Tata Steel zelf worden gedragen. Publieke middelen kunnen worden ingezet voor duurzame infrastructuur die breder nuttig is: groene stroom, biomethaan, netcapaciteit, CCS-infrastructuur, haveninfrastructuur, meetnetten en Europese ketenvorming.

Vraag 6: Welke publieke voorwaarden zijn noodzakelijk?

Bij elke vorm van publieke betrokkenheid horen afdwingbare normen, open data, onafhankelijke monitoring, sancties, transparantie over geldstromen en borging van strategische productcapaciteit.

## 6.12 Eindaanbevelingen

Op basis van dit rapport worden de volgende aanbevelingen gedaan.

1. Behoud strategische staalcapaciteit, niet automatisch de huidige productieomvang. De overheid moet precies definiëren welke productlijnen, kennisposities en productiefasen van strategische waarde zijn voor Nederland en Europa.
2. Maak gezondheid en lokale emissiereductie harde randvoorwaarden. Zonder afdwingbare verbetering van de leefomgeving is voortzetting maatschappelijk niet verdedigbaar.
3. Kies voor DRI-NG + EAF + CCS als eerste grote transitiestap. Deze route lijkt op middellange termijn doelmatiger dan volledige H<sub>2</sub>-DRI, omdat zij grote CO<sub>2</sub>-reductie kan realiseren met minder druk op het stroomnet en lagere investeringsrisico's.



4. Beschouw waterstof niet als automatisch eindstation.  
Waterstof kan later een rol spelen, maar biomethaan, CCS, flexibele DRI-techniek, EAF-only en Europese HBI/DRI-ketens blijven serieuze alternatieven.
5. Onderzoek EAF-only voor de tweede productielijn als versnellingsroute.  
Wanneer dit sluiting van vervuilende installaties naar voren haalt, verdient deze optie serieuze uitwerking.
6. Laat Tata Steel fabrieksspecifieke investeringen in beginsel zelf dragen.  
Door ETS, CBAM, de bedrijfseconomische voordelen van transitie en de financiële draagkracht van Tata Steel is er geen vanzelfsprekende reden voor subsidie op investeringen in de fabriek zelf.
7. Richt publieke middelen op duurzame infrastructuur met bredere publieke waarde.  
Denk aan groene stroomproductie, biomethaanproductie, netverzwaring, CCS-infrastructuur, haveninfrastructuur, waterinfrastructuur en meetnetten.
8. Voorkom dat publieke steun private aandeelhouders ontlast.  
Subsidie mag niet leiden tot dividendruimte, winstlekkage of het overnemen van normale investeringsverantwoordelijkheid van Tata Steel.
9. Gebruik leningen of converteerbare instrumenten boven subsidies wanneer publieke financiering toch nodig is.  
Hoe dichter publieke middelen bij de fabriek zelf terechtkomen, hoe sterker terugbetalingsrechten, zeggenschap en voorwaarden moeten zijn.
10. Ontwikkel een Europese groenstaalstrategie.  
Nederland moet in Europa pleiten voor koppeling van ETS, CBAM, vraagstimulering, defensiebehoefte, groene infrastructuur en strategische autonomie.
11. Borg publieke controle met open data en onafhankelijke monitoring.  
Vertrouwen in TSN kan alleen worden hersteld wanneer prestaties zichtbaar, meetbaar en afdwingbaar zijn.
12. Houd gecontroleerde afbouw als terugvaloptie.  
Afbouw of sluiting is geen voorkeursroute, maar moet beschikbaar blijven wanneer TSN niet aan publieke voorwaarden voldoet of wanneer strategische vervanging elders in Europa beter wordt geborgd.

### 6.13 Slot

De toekomst van Tata Steel Nederland vraagt om een volwassen vorm van industriepolitiek. De keuze is niet tussen naïeve subsidie en harde sluiting. De juiste keuze is scherper: behoud van strategische staalcapaciteit, versnelde verduurzaming, geen blanco steun aan private fabriekstransitie, en publieke investeringen alleen waar zij brede maatschappelijke waarde creëren.

Nederland moet Tata Steel niet redden om Tata Steel. Nederland moet publieke belangen beschermen: gezondheid, klimaat, autonomie, energie-efficiëntie, werkgelegenheid, innovatie en strategische industriële capaciteit.

Dat vraagt om tempo, nuchterheid en publieke ruggengraat. De meest verstandige route is niet wachten op een waterstofeindbeeld dat op middellange termijn mogelijk te duur, te traag en te zwaar voor het stroomnet is. De meest verstandige route is nu grote reductie realiseren met DRI-NG + EAF + CCS, biomethaan en Europese ketenontwikkeling serieus meenemen, de tweede productielijn zo snel mogelijk schoner maken, en publieke middelen richten op infrastructuur die Nederland hoe dan ook nodig heeft.



wetenschappelijk  
bureau nsc

TSN kan onderdeel zijn van een toekomstbestendige Nederlandse en Europese industrie, maar alleen wanneer de fabriek zelf haar transitie draagt en publieke betrokkenheid wordt gebruikt voor publieke waarde.



## 7 Appendix 1 – Technologieën en routes voor duurzame staalproductie

### Inleiding

Tata Steel Nederland staat voor een strategische keuze om de overgang te maken van de traditionele hoogovenroute (BF-BOF) naar CO<sub>2</sub>-arme of CO<sub>2</sub>-vrije staalproductie.

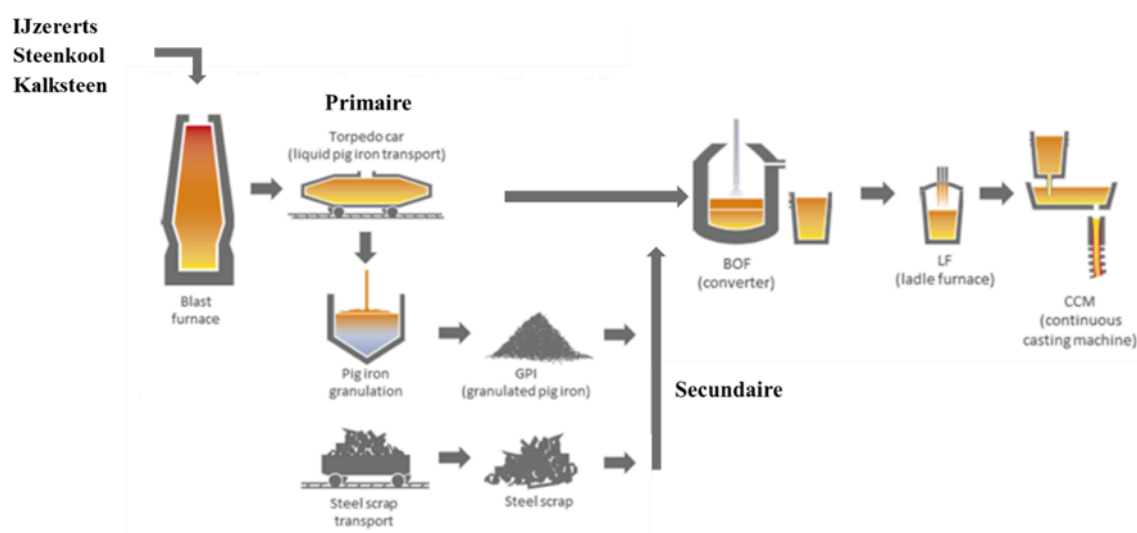
Het doel is om de technische haalbaarheid, kosten, emissies, infrastructuurbehoefte, leverings-zekerheid en strategische positie van Nederland te vergelijken.

De transitie naar klimaatvriendelijke staalproductie vereist inzicht in de benodigde grondstoffen, energie en infrastructuur. Het Direct Reduction Process (DRI), gecombineerd met een elektrische oven (EAF), vormt hierbij het meest kansrijke alternatief voor de conventionele hoogovenroute.

Afhankelijk van de keuze voor aardgas, waterstof of een combinatie als reductiedrager, verschillen de CO<sub>2</sub>-uitstoot, het energieverbruik, de benodigde infrastructuur en de vereisten voor CO<sub>2</sub>-opvang, evenals de mate van toekomstbestendigheid. Alternatieve scenario's worden onderzocht waarin aardgas wordt vervangen door LNG of door hogere koolwaterstoffen, zoals propaan, butaan, LPG en lichte nafta, ter verkrijging van het reductiegasmengsel.

### 1. Huidige brandstof/staalproductie en CO<sub>2</sub>-uitstoot<sup>1</sup>.

Het huidige hoogovenproces is een continu industrieel systeem waarin ijzererts, kooks en kalksteen samen worden omgezet in vloeibaar ruwijzer, zie figuur 1.

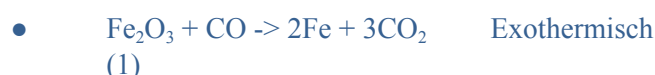


Figuur 1 Conventionele staalproductie proces



Bron UHT <https://uht.se/>

Boven in de hoogoven worden lagen sinter of pellets, kooks en kalksteen ingevoerd. Onderaan wordt extreem hete lucht ingeblazen, waardoor de kooks brandt en de gassen (voornamelijk CO) ontstaan die het ijzererts stap voor stap chemisch omzetten naar metaal. In een hoogoven vindt bijna alle reductie plaats met CO (reactie 1), dat wordt opgewekt uit cokes.



In de hogere zones wordt het erts vooral voorverwarmd en indirect gereduceerd, terwijl het dieper in de oven zo heet wordt dat het smelt en verandert in vloeibaar ijzer.

De volgende stap is het carbureren van staal: een warmtebehandeling waarbij het oppervlak van staal wordt verhard door het inbrengen van koolstof. Het doel is een hard, slijtvast oppervlak te creëren met een taaie, zachte kern, waardoor het staal beter bestand is tegen metaalmoetheid en slijtage. Dit wordt bereikt door het staal te verhitten in een koolstofrijke omgeving en vindt in de hoogoven automatisch plaats vanwege de grote hoeveelheid aanwezige koolstof (cokes). Inmiddels wordt bij veel hoogovens ook methaan (aardgas) geïnjecteerd voor carbureren, om het cokesgebruik te verminderen.

- $3\text{Fe} + \text{CO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{C} + \text{H}_2\text{O}$   
(3)
- $3\text{Fe} + \text{CH}_4 \rightarrow \text{Fe}_3\text{C} + 2\text{H}_2$   
(4)
- $3\text{Fe} + 2\text{CO} \rightarrow \text{Fe}_3\text{C} + \text{CO}_2$   
(5)

Kalksteen bindt de onzuiverheden tot slak, die boven op het ijzer drijft en samen met het metaal regelmatig wordt afgetapt.

Het geproduceerde ruwijzer gaat naar de staalfabriek, de slak wordt hergebruikt in onder andere de beton- en wegenbouw. De hoogoven produceert daarnaast een groot volume gas dat wordt gereinigd en opnieuw ingezet als energiebron binnen de fabriek.

Moderne hoogovens gebruiken technieken zoals poederkoolinjectie, zuurstof verrijkte lucht en digitale procescontrole om het energiegebruik te verlagen en de gasstroming te optimaliseren, maar door het gebruik van koolstof blijft het proces CO<sub>2</sub>-intensief.

De huidige staalproductie in Nederland is sterk afhankelijk van fossiele brandstoffen. Jaarlijks wordt ongeveer 10,3 miljoen ton ijzerhoudend materiaal geproduceerd. Dit proces leidt tot een totale CO<sub>2</sub>-uitstoot van circa 12,6 miljoen ton per jaar. De energie- en grondstofvoorziening bestaat voornamelijk uit kolen, waarvan ongeveer 4,6 miljoen ton per jaar wordt ingezet als zowel energiedrager als chemisch reductiemiddel. Daarnaast wordt jaarlijks ongeveer 8



petajoule aardgas gebruikt, equivalent aan 162 Mton/jaar (NCV 35,5 MJ/m<sup>3</sup>), voornamelijk voor warmteopwekking en procesondersteuning.

Het elektriciteitsgebruik is relatief beperkt en bedraagt ongeveer 0,6 Terawattuur per jaar, wat overeenkomt met een gemiddeld continuvermogen van circa 0,1 gigawatt. Waterstof wordt in het huidige staalproductiesysteem niet toegepast; het verbruik daarvan is nul. De huidige productieconfiguratie kenmerkt zich daardoor als volledig fossiel gebaseerd, met hoge CO<sub>2</sub>-emissies en een beperkte mate van elektrificatie.

Bron: Haalbaarheidsstudie klimaatneutrale paden TSN IJmuiden, IJmuiden, november 2021, Roland Berger.

## 2. De transitie naar klimaatvriendelijke staalproductie

De transitie naar klimaatvriendelijke staalproductie vereist inzicht in de benodigde grondstoffen, energie en infrastructuur. Moderne directe-reductie-installaties (DRI) vormen een alternatief voor de traditionele hoogoven door ijzererts te reduceren bij lagere temperaturen, zonder dat het smelt.

In plaats van kooks gebruiken deze installaties een gasstroom die zuurstof uit het erts verwijdert.

Het Direct Reduction Process (DRI), gecombineerd met een elektrische oven (EAF), is hierbij het genoemde alternatief voor de bestaande hoogovens.

Afhankelijk van de gekozen reductiedrager aardgas, waterstof of een mix ervan verschilt de CO<sub>2</sub>-uitstoot, het energieverbruik, de benodigde infrastructuur en de mate van toekomst-bestendigheid.

Het DRI-proces zoals hier beschreven kan worden bedreven met aardgas, methaangas uit biogas, LPG, nafta en waterstof.

### 2.1 Het Direct Reduction Process (DRI) op aardgas

De werking van de schachtoven is eenvoudig en overzichtelijk, zie figuur 2. Het ijzerhoudende materiaal wordt via een doseertrechter aan de bovenzijde van de oven ingebracht en zakt door zwaartekracht naar beneden. In de oven komt het in contact met opwaarts stromend, heet reductiegas, waardoor het wordt verhit en omgezet in DRI. Het reductiegas, dat voornamelijk bestaat uit waterstof (H<sub>2</sub>) en koolmonoxide (CO), reageert met het ijzeroxide (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) om zuurstof (O<sub>2</sub>) te verwijderen en het materiaal te carbureren vóór de afvoer. Voor de productie van Cold Direct Reduced Iron (CDRI) wordt het gereduceerde ijzer afgekoeld en gecarbureerd door het tegengesteld stromende koelgas in het onderste gedeelte van de schachtoven.

IJzer reductie kan tot stand komen door twee chemische reacties:

- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$  Exothermisch (1)
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$  Endothermisch (2)



Bij hoogovens verloopt reductie vooral met CO uit cokes. Het aardgas wordt in de DRI-fabriek eerst omgezet in een reductiegasmengsel. Bij directe reductie zijn zowel CO als H<sub>2</sub> betrokken. In standaard DRI-processen met aardgas gebeurt ongeveer 60% van de reductie door waterstof en 40% door CO. Omdat sommige reacties warmte afgeven (exotherm) en andere warmte vragen (endotherm), is temperatuurregeling bij DRI cruciaal.

De carburatie stap in een direct-reductieproces treedt op als het reductiegas CH<sub>4</sub> en CO bevat. Additioneel toevoegen van aardgas kan worden toegepast indien nodig.

Het afgas (topgas) dat uit de bovenkant van de schachtoven vrijkomt, wordt gereinigd en gekoeld door een natte gaswasser (topgaswasser) en vervolgens gerecirculeerd voor hergebruik. Het topgas, dat CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O bevat, wordt door een compressor op druk gebracht, gemengd met aardgas, voorverwarmd en in een reformeroven gevoerd.

Reductiegas dat voornamelijk bestaat uit H<sub>2</sub> en CO kan afkomstig zijn van uiteenlopende energie-bronnen.

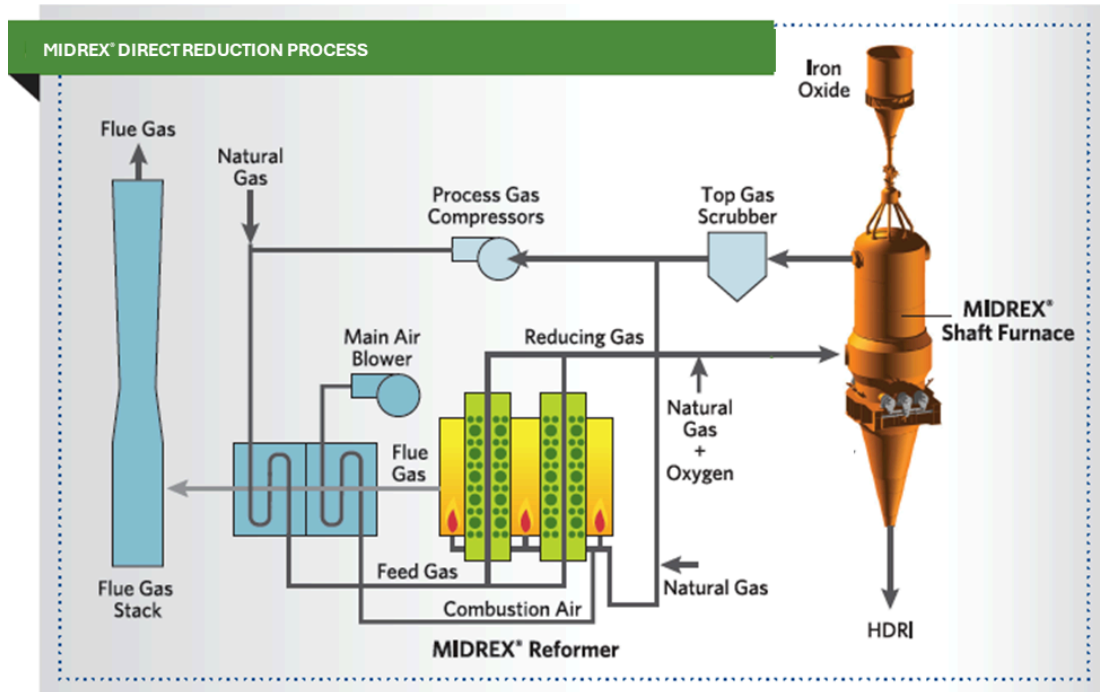
Aardgas bestaat hoofdzakelijk uit methaan, dat kan variëren van 83% tot 96%. Andere bestand-delen van aardgas zijn hogere koolwaterstoffen.

De reformingreacties (H<sub>2</sub>-vorming) treden op wanneer methaan aanwezig is in zowel hoogovens als DRI, volgens:



Het proces wordt geoptimaliseerd op basis van de H<sub>2</sub>-, CO- en CH<sub>4</sub>-verhoudingen.

Het vaste DRI-ijzer gaat daarna meestal naar een elektrische oven, waar het wordt omgesmolten tot staal.



Figuur 2 Het Midrex Proces

Bron: MIDREX

### Variaties in H<sub>2</sub>- en CO-verhoudingen bij DRI-fabrieken

DRI-fabrieken, het MIDREX®-proces is hierbij leidend, gebruiken variërende verhoudingen van waterstof en koolmonoxide in het reductiegas, afhankelijk van proces en grondstoffen;

Zo'n installatie, zie figuur 2, bestaat uit een schachtoven, reformer, gaswasser en warmte-wisselaar. Het top-gas wordt gewassen, gesplitst en deels gerecicleerd met aardgas om nieuw reductiegas te maken; de rest wordt samen met lucht verbrand voor verwarming. Rookgassen dienen om het inkomende gas voor te verwarmen.

De meeste DRI-fabrieken werken met aardgas als energiebron en zetten dit om in reductiegas via een standaard MIDREX®-reformer. Dit levert een gasmengsel op met ongeveer 55% H<sub>2</sub> en 36% CO, wat resulteert in een H<sub>2</sub>/CO-verhouding van 1,5. Hierdoor zal 60% van de reductie plaatsvinden met H<sub>2</sub> en 40% met CO.

Het MIDREX®-proces is in staat om DRI te produceren bij een brede range aan H<sub>2</sub>/CO-verhoudingen, variërend van 0,37 tot 3,8. De flexibiliteit van het proces maakt het mogelijk om verschillende grondstoffen en gassenstellingen te benutten, afhankelijk van de lokale beschikbaarheid en economische omstandigheden.

Vandaag werken de meeste DRI-fabrieken nog met aardgas, maar het proces kan ook worden ingezet met andere koolwaterstoffen als brandstof, zoals LNG met een hoger ethaan- en propaan/butaan of lichte nafta (pentanen en hexanen).



Uit het voorafgaande mag duidelijk zijn dat voor een efficiënte reductie van ijzererts de verhouding  $H_2/CO$  een belangrijke parameter is. Ook is een bepaalde hoeveelheid  $CH_4$  nodig om de carburerings processen te stimuleren.

De reformer in een DRI-installatie is de stap waarin aardgas of andere koolwaterstoffen (zoals LNG, LPG, butaan of lichte nafta) worden omgezet in een reductiegas dat geschikt is om ijzererts te reduceren. In deze reactor, gevuld met een nikkelhoudende katalysator en werkend bij hoge temperatuur ( $\pm 850-950$  °C), worden de koolwaterstoffen gemengd met stoom en soms  $CO_2$ . Door de warmte en de katalysator vallen de koolwaterstofmoleculen uiteen in waterstof ( $H_2$ ) en koolmonoxide (CO). Dit mengsel is cruciaal:  $H_2$  en CO strippen later in de reductietoren de zuurstof uit het erts. Dit proces produceert minder  $CO_2$  dan een hoogoven, omdat 60% van de reductie plaatsvindt met waterstof.

De reformer moet echter zeer stabiel draaien, omdat variaties in temperatuur, voedingsgas-verhouding of druk direct invloed hebben op de reductiegaskwaliteit en de metallisatie van het DRI. Bovendien moet de reformer continu gecontroleerd worden om koolafzetting (coking) te voorkomen, die de katalysator kan blokkeren. In moderne installaties is de reformer de meest energie-intensieve stap en vormt hij een groot deel van de  $CO_2$ -uitstoot, wat ook de reden is waarom toekomstige DRI-lijnen willen overstappen op reformer vrije waterstof reductie.

In een normale Steam Methane Reformer (op aardgas, LNG, LPG, butaan of lichte nafta) ligt de typische steam-to-carbon-ratio ( $H_2O/C$ ) tussen 2,5: 1 en 3,0 : 1.

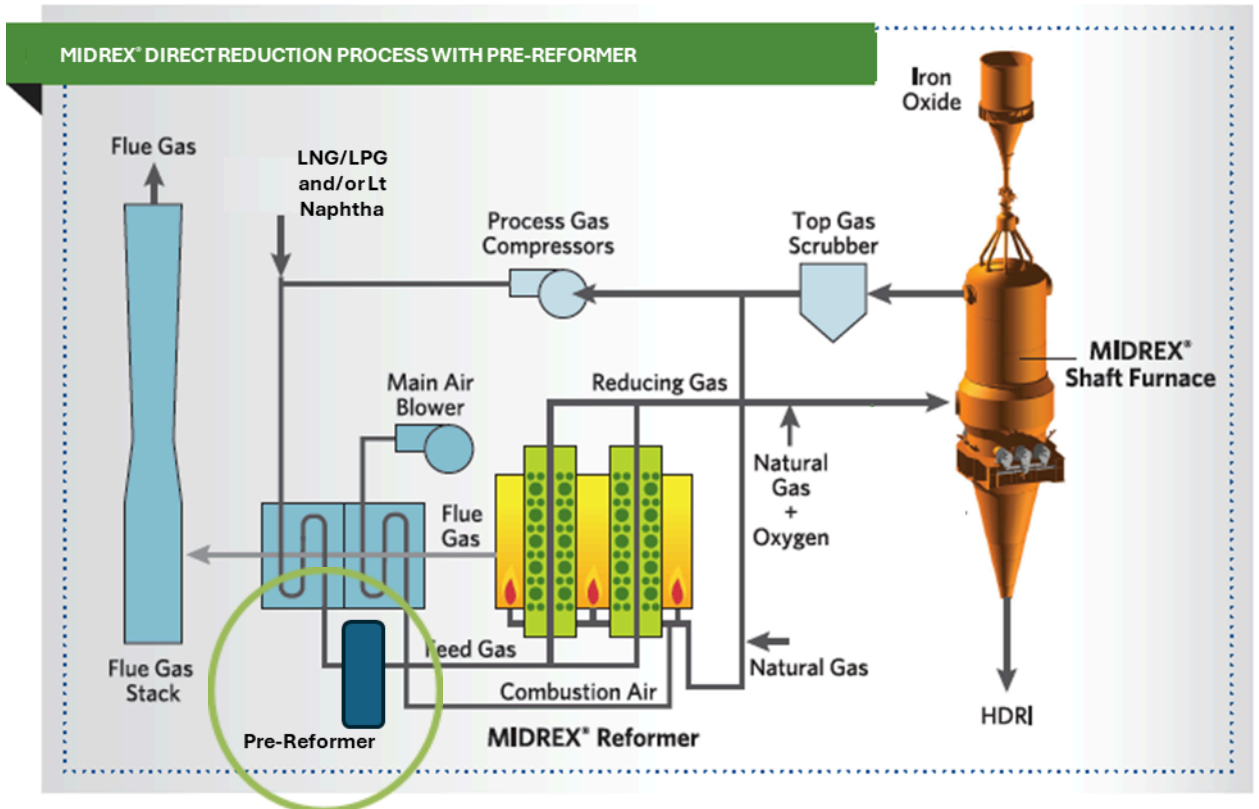
Deze ratio is belangrijk, omdat bij een ratio van:

- $< 2.0$  de risico op koolafzetting (coking) op de katalysator vergroot.
- 2.5-3.0 stabiele reforming, goede warmtebalans en lange levensduur van de katalysator.
- $> 3.0$  geeft nauwelijks extra voordeel en kost onnodige energie voor stoomproductie.

Het plaatsen van een pre-reformer als extra stap vóór de hoofd-reformer is gebruikelijk, zeker wanneer zwaardere koolwaterstoffen als voeding dienen, zoals weergegeven in figuur 3. In deze reactor worden LNG, LPG, butaan of licht nafta eerst afgebroken en omgezet naar een homogeen mengsel van methaan ( $CH_4$ ), waterstof ( $H_2$ ), koolmonoxide (CO), kooldioxide ( $CO_2$ ) en stoom. Vooral de zwaardere componenten ( $C_2+$ -koolwaterstoffen) worden zo omgezet in lichtere moleculen, wat zorgt voor een gestabiliseerde gasstroom richting de hoofd-reformer.

Dit stabiliseert de proceschemie, voorkomt hotspotvorming, minimaliseert het risico op coking en verlengt de levensduur van de reformer katalysator. Bovendien verhoogt een pre-reformer de procesflexibiliteit, waardoor de fabriek moeiteloos uiteenlopende gaskwaliteiten kan verwerken en tegelijkertijd de energie-efficiëntie en productiecapaciteit worden verbeterd. De pre-reformer werkt doorgaans met een stoom-tot-koolstofverhouding van 2,0 tot 2,5, waardoor er voldoende waterdamp beschikbaar is om de zware fracties veilig te converteren tot methaan en synthesegas. Dankzij deze aanpak kan de hoofd-reformer efficiënter opereren en een stabiel reductiegas produceren voor de DRI-reactor.

Een pre-reformer is daardoor een essentieel onderdeel als er variaties zijn in de voedingssamenstelling, zelfs in het geval van DRI op aardgas en LNG.



Figuur 3 Het Midrex Proces met Pre-Reformer

## 2.2 SMR-proces simulaties

Processimulaties van een SMR met pre-reformer, zie appendix 1, tonen aan dat verschillende koolwaterstofvoedingen aardgas/LNG, LPG en lichte nafta allemaal kunnen worden omgezet in geschikt reductiegas voor DRI wanneer een pre-reformer stap wordt toegepast.

In de pre-reformer worden zwaardere koolwaterstoffen ( $C_2-C_6$ ) gekraakt naar methaan, waterstof,  $CO_2$  en lichte koolwaterstoffen. Dit voorkomt koolstofvorming en zorgt ervoor dat de gascompositie aan de ingang van de hoofd-reformer sterk geharmoniseerd is, ongeacht het oorspronkelijke type brandstof. Dit is duidelijk zichtbaar in de kolom Pre-Reformer Feed, waar alle voedingen convergeren naar een mengsel dat voornamelijk bestaat uit stoom ( $\approx 66-68\%$ ) en methaan ( $\approx 11-33\%$ ).

Door deze gestandaardiseerde invoer naar de hoofd-reformer kunnen de SMR-reacties (steam methane reforming) en gedeeltelijke oxidatie gecontroleerd verlopen, met vergelijkbare reductiegassamenstellingen als resultaat. Na reforming vertonen alle voedingen overeenkomstige gasprofielen met waterstofpercentages tussen 52-60% en  $CO$ -niveaus tussen 17-24%, wat overeenkomt met de vereisten voor ijzerertsreductie.

Ondanks de grote verschillen in de oorspronkelijke brandstofsamenstelling, variërend van bijna puur methaan (aardgas) tot propaan/butaan (LPG) en mengsels met  $C_5-C_6$ -fracties (lichte nafta),



is de uiteindelijke reductiegassamenstelling opvallend consistent, met waterstof tussen 53-60%, CO tussen 17-24% en gecontroleerde CO<sub>2</sub>-concentraties rond 2-3,5%.

Deze resultaten bevestigen dat de pre-reformer een kritische homogeniserende rol speelt, waardoor verschillende koolwaterstofbronnen effectief kunnen worden omgezet in een vergelijkbaar reformer gas dat geschikt is als reductiegas voor zuurstofvrije DRI-processen.

**Tabel 1. SMR Processimulaties.**

<b>Aardgas/ LNG</b>	<b>Hydrocarbon Feed</b>	<b>Pre-Reformer feed</b>	<b>Reformer Feed</b>	<b>Pre-Shift</b>
Methane	98.0%	32.7%	45.0%	13.0%
Ethane	2.0%	0.7%	0.0%	0.0%
Propane	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
i-Butane	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
n-Butane	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
i-Pentane	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
n-Pentane	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
n-Hexane	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
CO <sub>2</sub>	0.0%	0.0%	3.8%	1.8%
CO	0.0%	0.0%	0.1%	17.6%
Hydrogen	0.0%	0.0%	14.7%	59.6%
H <sub>2</sub> O	0.0%	66.7%	36.3%	8.0%

<b>LPG</b>	<b>Hydrocarbon Feed</b>	<b>Pre-Reformer feed</b>	<b>Reformer Feed</b>	<b>Pre-Shift</b>
Methane	0.0%	0.0%	49.4%	12.3%
Ethane	2.0%	0.6%	0.0%	0.0%
Propane	49.0%	15.8%	0.0%	0.0%
i-Butane	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
n-Butane	49.0%	15.8%	0.0%	0.0%
i-Pentane	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
n-Pentane	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
n-Hexane	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
CO <sub>2</sub>	0.0%	0.0%	11.4%	2.7%
CO	0.0%	0.0%	0.3%	23.3%
Hydrogen	0.0%	0.0%	3.3%	53.6%
H <sub>2</sub> O	0.0%	67.7%	35.6%	8.1%



Lt Nafta	Hydrocarbon Feed	Pre-Reformer feed	Reformer Feed	Pre-Shift
Methane	0.0%	0.0%	49.2%	12.1%
Ethane	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
Propane	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
i-Butane	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
n-Butane	4.3%	1.4%	0.0%	0.0%
i-Pentane	17.4%	5.6%	0.0%	0.0%
n-Pentane	34.8%	11.2%	0.0%	0.0%
n-Hexane	43.5%	14.0%	0.0%	0.0%
CO <sub>2</sub>	0.0%	0.0%	10.8%	2.9%
CO	0.0%	0.0%	2.8%	24.3%
Hydrogen	0.0%	0.0%	0.3%	52.6%

Kort samengevat:

De pre-reformer maakt het mogelijk:

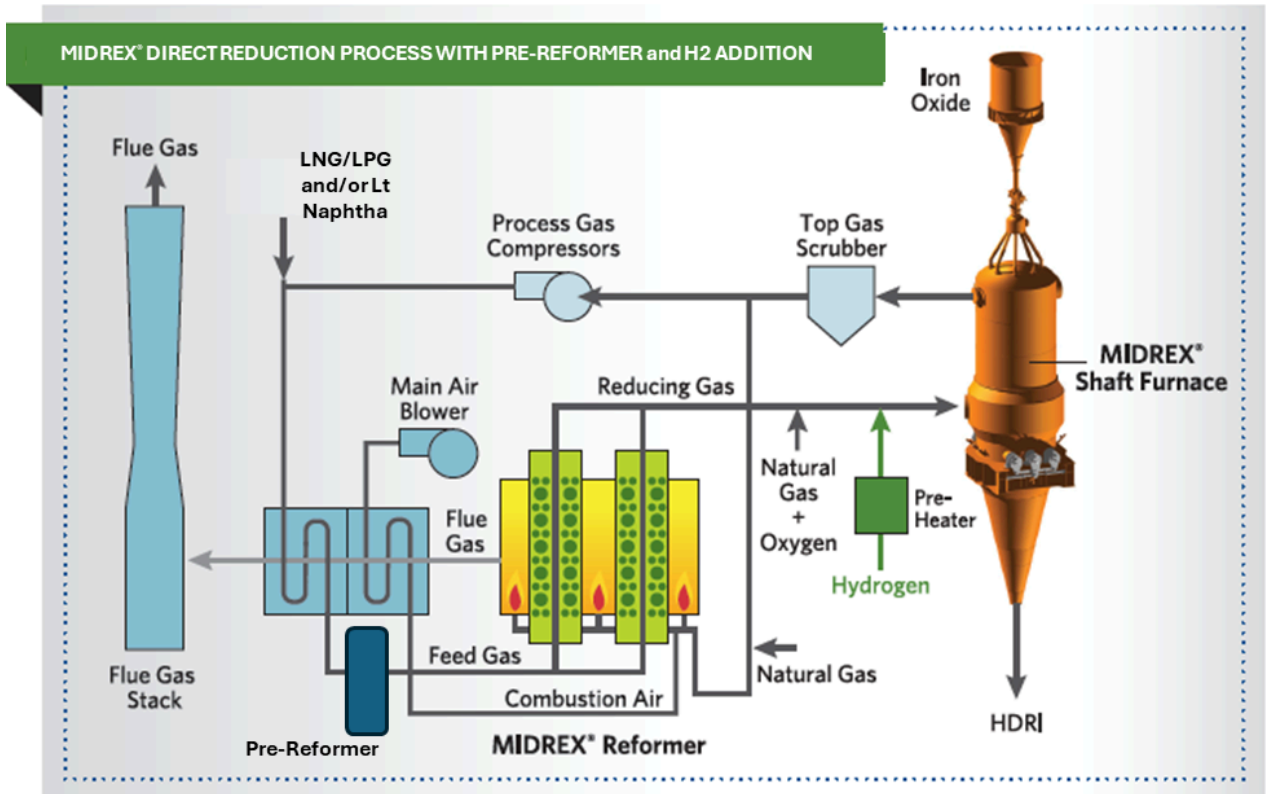
- Om flexibel om te gaan met verschillende koolwaterstofvoedingen (aardgas, LPG, lichte nafta);
- Levert een vergelijkbaar reductiegasmengsel (synthese gas) op, en
- Zorgt ervoor dat het gas bruikbaar is als reductiegas voor DRI, onafhankelijk van de oorspronkelijke voeding.

Het CO/H<sub>2</sub>-evenwicht is precies wat DRI nodig heeft: beide gassen reduceren ijzererts.

- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$  (Endothermisch)
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$  (Exothermisch)

Bij toepassing van een aparte shift-reactor zou het resulterende gasmengsel te veel H<sub>2</sub> bevatten, waardoor waardevolle CO verdwijnt en de DRI-reactie minder efficiënt wordt. Dit kan in bepaalde gevallen nodig zijn en moet per geval worden geanalyseerd. Door de aanwezigheid van water en de hoge temperaturen in de schachtoven zal er een zekere mate van de shiftreactie optreden.

De gewenste H<sub>2</sub>/CO-verhouding wordt gecontroleerd door recycling van het top gas.



Figuur 4 Het Midrex Proces met H2 toevoeging

Daarnaast is ook een hybride optie mogelijk, waarbij extra waterstof, zie figuur 4, via een voorverwarmer wordt gemengd met het gas uit de reformer om zo de  $H_2/CO$ -verhouding te sturen en de  $CO_2$ -uitstoot te verminderen. In het geval van  $H_2$ -toevoeging aan een MIDREX®-fabriek kan een derde van het benodigde aardgas worden vervangen. Het schema van deze aanpak staat in figuur 4.

Dit kan zowel bij bestaande als nieuwe fabrieken worden toegepast.

Met dit proces kan de  $CO_2$ -uitstoot tot 80% worden verminderd ten opzichte van de BF/BOF-route.

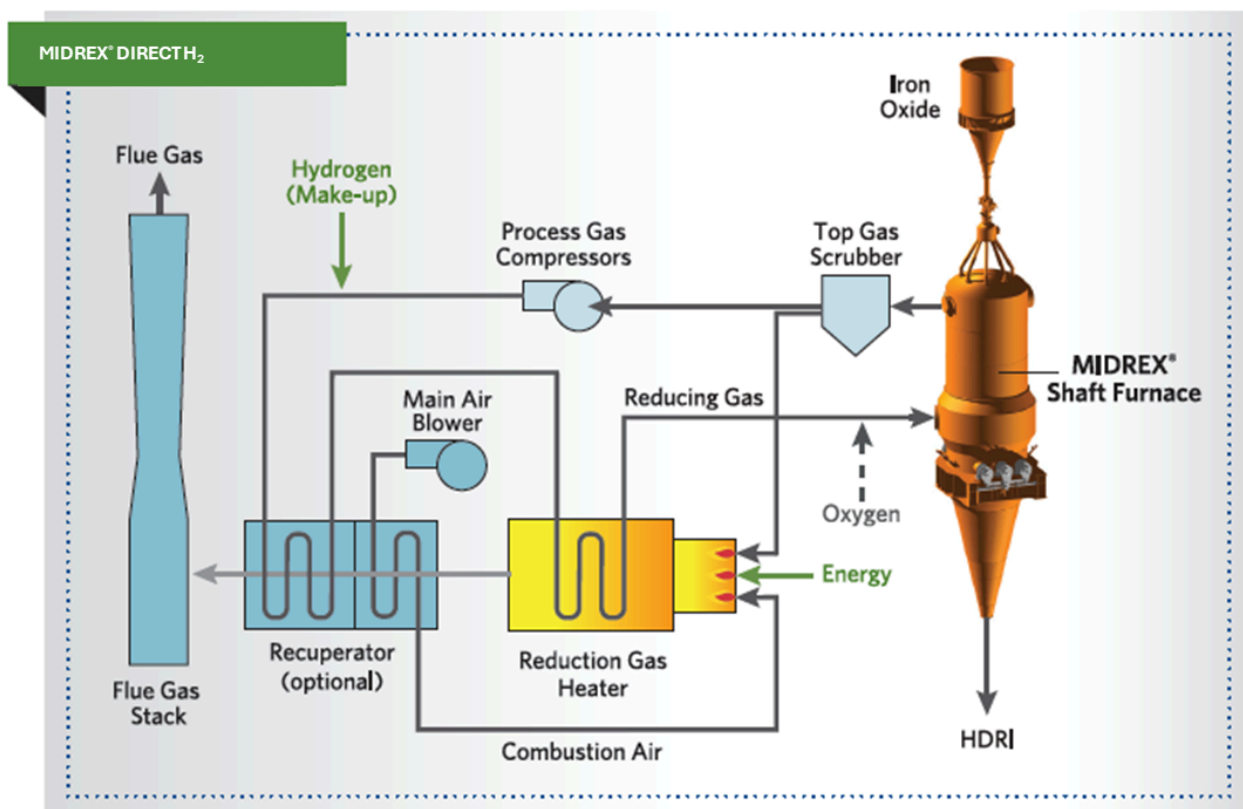
### 2.3 Waterstof DRI

Waterstof-DRI wordt echter gezien als de lange termijn route naar klimaatneutraal staal, terwijl aardgas-, LPG- en nafta gebaseerde DRI-lijnen dienen als tussenstap: ze zijn technisch verwant, relatief snel op te schalen en kunnen later worden omgebouwd voor volledig waterstofgebruik zodra voldoende groene waterstof beschikbaar is.

Hierbij moet worden opgemerkt dat deze transitie sterk afhankelijk is van de beschikbaarheid van groene waterstof, wat weer samenhangt met de grootschalige opwekking van duurzame elektriciteit en de grootschalige inzet van elektrolyse. De uitdagingen rond het realiseren van

voldoende groene stroom, de infrastructuur voor elektrolyse en de leveringszekerheid van waterstof zijn bepalend voor de haalbaarheid en het tempo van deze omschakeling.

Het schema van een op volledig H<sub>2</sub> gebaseerde Midrex staat in Figuur 5. Het lijkt sterk op het standaard MIDREX®-proces, behalve dat het H<sub>2</sub>-invoergas extern wordt opgewekt. Er is dus geen reformer nodig, maar een verhitter wordt gebruikt om het gas op de vereiste temperatuur te brengen.



Figuur 5 Het Midrex Proces op 100% H<sub>2</sub>

In de praktijk bedraagt het waterstofgehalte in het reductiegas ongeveer 90%, met de rest als CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub>. Deze componenten ontstaan door toevoeging van aardgas voor temperatuurregeling en koolstoftoevoer.

Omdat H<sub>2</sub> wordt omgezet in H<sub>2</sub>O en in de topgaswaster condenseert, is geen CO<sub>2</sub>-verwijderings-systeem nodig.

In de meest toekomstgerichte variant gebeurt dit met waterstofgas, waarbij de reactie alleen waterdamp als restproduct geeft; hierdoor ontstaat DRI-ijzer met een zeer lage CO<sub>2</sub>-voetafdruk.

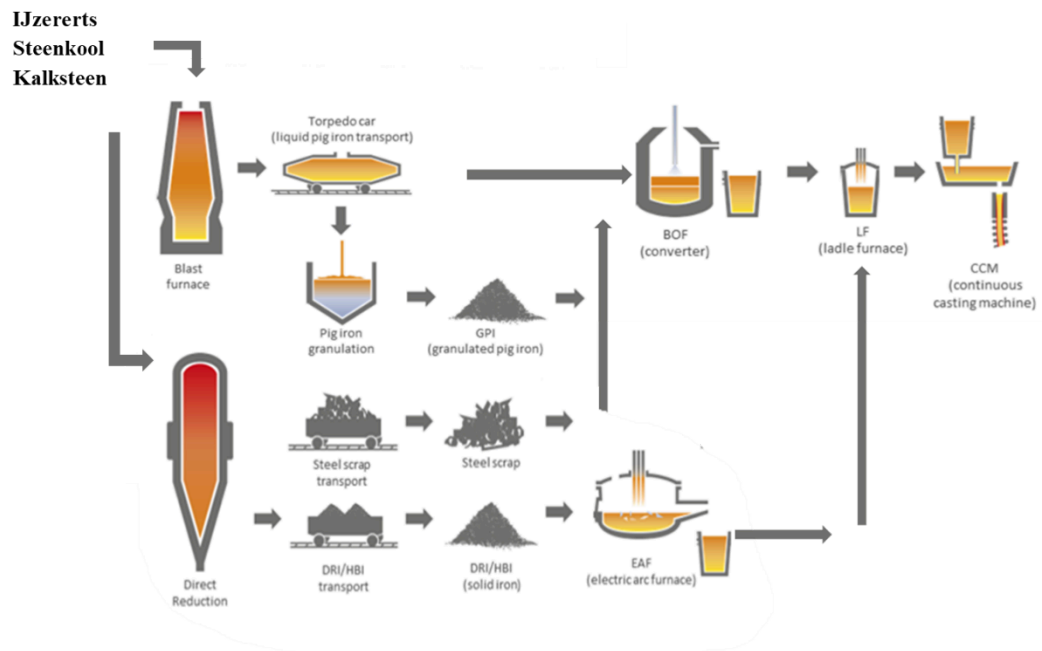
## 2.4 De Electric Arc Furnace (EAF)

Een Electric Arc Furnace (EAF) smelt staalschroot of DRI/HBI met elektrische energie via grafietelektroden tot staal van ongeveer 1600 °C. Elektrische bogen, opgewekt door een



transformator en elektrodesysteem, zorgen voor de benodigde hitte om het schroot te smelten en het staal te zuiveren; na het smelten volgt een "pan behandeling" voor de juiste samenstelling en kwaliteit. Naast de elektrische energie die hiervoor gebruikt wordt, kunnen in een vlamboogoven vaak ook gasbranders worden ingezet die werken op aardgas, om zo extra warmte toe te voegen.

In moderne "green steel"-configuraties zoals bij Tata Steel Nederland (IJmuiden) is voorgesteld wordt een EAF typisch gekoppeld aan een DRI-installatie om ook met laag-/CO<sub>2</sub>-arme ijzerdragers hoogwaardige staalsoorten te kunnen maken.



Figuur 6 Staalproductieproces conventioneel en DRI met EAF

Bron UHT <https://uht.se/>

### Processtappen

#### 1. Laden (Charging):

Staal en schroot, DRI/HBI en aanvullende materialen zoals flux (bijv. kalk) en reductiemiddelen worden in de oven geladen.

#### 2. Smelten (Melting):



Via grafiet elektroden ontstaat een elektrische boog die het materiaal smelt. Naast elektrische energie wordt vaak zuurstof en brandstof (bijv. oxy-fuel) geïnjecteerd om extra warmte te genereren en processen zoals foam slag te bevorderen.

3. Verfijnen (Refining):

In de gesmolten fase worden onzuiverheden chemisch verwijderd (bijv. decarburisatie, ontzwaveling) en worden legeringselementen toegevoegd. Slag vormt zich en absorbeert oxiden en verontreinigingen.

4. Tappen (Tapping):

De oven wordt gekanteld om het vloeibare staal in een pan (ladle) te tappen; de resterende slag blijft achter.

5. Nabehandeling:

In ladle-furnaces of vacuüminstallaties wordt verdere raffinage en temperatuurregeling uitgevoerd voordat staal wordt gegoten.

**Het specifieke elektriciteitsverbruik** hangt sterk af van schrootkwaliteit, voorverwarming, zuurstof-/branders, en het aandeel DRI/HBI. De theoretische minimum energie om een ton schroot te smelten is ongeveer 300 kWh/t, maar in de praktijk ligt het gemiddelde energiegebruik (elektrisch plus additionele energiebronnen) hoger. Industriële referenties geven vaak ~350–450 kWh elektriciteit per ton vloeibaar staal voor efficiënte EAF's. Terwijl in gecombineerde energiecijfers ongeveer 1.8–2.5 GJ/t staal wordt genoemd, afhankelijk van plant-ontwerp en ladingmix.

Kleinere en middelgrote EAF-fabrieken hebben doorgaans een capaciteit van circa 0,5–1,0 Mton/jaar en zijn vaak gericht op lokaal beschikbaar schroot of speciale staalproducten. De meeste moderne industriële EAF-installaties vallen in de range van 1,0–3,0 Mton/jaar, wat geldt als de standaard schaal voor nieuwe EAF-units. Boven ongeveer 3 Mton/jaar wordt de productie vrijwel altijd gerealiseerd met meerdere EAF-ovens in parallelbedrijf, omdat de economische schaal van één oven typisch beperkt is tot circa 1,5–2,5 Mton/jaar.

Grote EAF-complexen met meerdere ovens en geïntegreerde giet- en walsen bereiken zo totale capaciteiten van 3–5 Mton/jaar of meer, en in zeer grote geïntegreerde staalcomplexen zelfs boven 5 Mton/jaar. Het specifieke elektriciteitsverbruik ligt typisch tussen 350 en 450 kWh per ton vloeibaar staal (afhankelijk van het aandeel DRI, schroot en warm laden), wat neerkomt op een totaal stroomverbruik van ongeveer 0,35–0,45 TWh per Mton staal per jaar.

Voordelen van EAF's in de staalindustrie:

- Gebruiken tot 90% gerecycled staal, verminderen grondstofgebruik.
- Snelle en modulaire productie.
- Minder CO<sub>2</sub>-uitstoot bij gebruik van groene stroom.



De voorgenomen omschakeling van traditionele hoogovenprocessen naar staalproductie met elektrische vlamboogovens (Electric Arc Furnaces, EAF's) betekent een ingrijpende verandering in het energie- en emissieprofiel van de staalindustrie. In plaats van kolen en procesgassen wordt het staal gesmolten met elektriciteit. Internationale praktijkervaring met moderne EAF-installaties laat zien dat voor de productie van één ton vloeibaar staal gemiddeld circa **350–450 kilowattuur (kWh)** elektriciteit nodig is.

Bij een productie van enkele miljoenen tonnen staal per jaar komt dit overeen met een jaarlijkse elektriciteitsvraag van ongeveer 1–1,5 terawattuur (TWh), vergelijkbaar met het totale stroomverbruik van een middelgrote Nederlandse stad. Daarmee wordt de elektrificatie van de staalproductie niet alleen een industriële, **maar ook een nationale energie-infrastructuuropgave.**

De klimaatwinst van deze elektrificatie hangt echter sterk af van de herkomst van de elektriciteit. Ter illustratie kan worden gekeken naar de CO<sub>2</sub>-uitstoot die samenhangt met **450 kWh elektriciteit**, een representatieve waarde per ton staal in een moderne EAF:

- Wanneer deze 450 kWh wordt opgewekt in een **gemiddelde aardgasgestookte centrale zonder CO<sub>2</sub>-afvang**, met een emissiefactor van ongeveer **370–480 gram CO<sub>2</sub> per kWh**, resulteert dit in een uitstoot van ongeveer **170 tot 220 kilogram CO<sub>2</sub> per ton staal** (0,17–0,22 ton CO<sub>2</sub>).
- In het geval van een **moderne gascentrale met CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag (CCS)**, waarbij ongeveer 90% van de CO<sub>2</sub> wordt afgevangen, daalt de restemissie tot ongeveer **45–50 gram CO<sub>2</sub> per kWh**. Voor 450 kWh betekent dit een uitstoot van **20 tot 25 kilogram CO<sub>2</sub> per ton staal**.
- Wordt dezelfde hoeveelheid elektriciteit geleverd door **hernieuwbare bronnen** zoals wind- of zonne-energie, dan is de **operationele uitstoot vrijwel nul**. Rekening houdend met de volledige levenscyclus (bouw van installaties, materialen, onderhoud) liggen de emissies typisch in de orde van **3–25 kilogram CO<sub>2</sub>-equivalent per 450 kWh voor windenergie** en **8–80 kilogram CO<sub>2</sub>-equivalent per 450 kWh voor zonne-energie**, afhankelijk van locatie, technologie en aannames.

Deze vergelijking laat zien dat het verschil tussen fossiele en CO<sub>2</sub>-arme elektriciteit per ton staal kan oplopen tot **ruim 200 kilogram CO<sub>2</sub>**. Voor een staalproductie van enkele miljoenen tonnen per jaar gaat het daarmee om potentiële verschillen van **enkele miljoenen tonnen CO<sub>2</sub> per jaar** op nationaal niveau. Voor beleidsmakers is dit onderscheid cruciaal: de inzet van EAF-technologie levert alleen dan maximale klimaatwinst op wanneer de extra elektriciteitsvraag grotendeels wordt ingevuld met duurzame of anderszins CO<sub>2</sub>-arme opwek.

Tegelijkertijd betekent deze elektrificatie een forse belasting van het elektriciteitssysteem. EAF's vragen zeer hoge vermogens en veroorzaken piekbelastingen op het net, wat grote investeringen vergt in hoogspanningsverbindingen, transformatorstations en netverzwaring. Bovendien concurreren zij met andere grote elektrificatieopgaven, zoals waterstofproductie, verduurzaming van de chemische industrie en groei van datacenters. Transparante en verifieerbare energiebalansen en CO<sub>2</sub>-berekeningen per ton staal zijn daarom essentieel om onderbouwde politieke keuzes te kunnen maken over investeringen in duurzame opwek, netinfrastructuur en de voorwaarden waaronder grootschalige industriële elektrificatie



daadwerkelijk bijdraagt aan de nationale klimaatdoelstellingen en de leveringszekerheid van elektriciteit.

### Referenties

- 1 European Commission. (2013). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production*. Joint Research Centre. <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu>
- 2 Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change (Working Group III), Annex II: Metrics & Methodology*. Cambridge University Press.
- 3 Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *AR6 Working Group III: Mitigation of Climate Change*. Cambridge University Press.
- 4 International Energy Agency. (2020). *Iron and Steel Technology Roadmap: Towards more sustainable steelmaking*. IEA. <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>
- 5 World Steel Association. (2023). *Energy use and CO<sub>2</sub> emissions in the steel industry*. <https://worldsteel.org>



## 2.5 Vergelijking DRI op aardgas, waterstof en biogeen gas (incl. CCS)

In deze paragraaf gaan we in op de vergelijking van de drie hoofdroutes voor primaire staalproductie via DRI + EAF (Direct Reduced Iron + Electric Arc Furnace):

- DRI op aardgas (klassieke gas-DRI, bv. MIDREX) inclusief CCS.
- DRI op waterstof (H<sub>2</sub>-DRI), met groene waterstof.
- DRI op biogeen gas (bio methaan), zonder CCS.
- DRI op alternatieve koolwaterstoffen LPG en Nafta met CCS

### 2.5.1 Basisgegevens en aannames

#### DRI op aardgas (klassieke gas-DRI, bv. MIDREX) inclusief CCS.

De literatuur en industriële bronnen tonen een consistente bandbreedte voor het aardgasverbruik in aardgas-gebaseerde DRI-processen. Voor een standalone NG-DRI installatie rapporteren industriële gegevens van MIDREX een methaanverbruik van ongeveer 280–350 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> per ton DRI.

Wanneer de volledige NG-DRI/EAF-staalroute wordt beschouwd, inclusief aardgas reforming en elektriciteitsvoorziening, stijgt de totale methaanbehoefte volgens de IEA tot ongeveer 350–450 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> per ton ruwstaal.

Deze waarden komen goed overeen met gerapporteerde energie-input in de literatuur, variërend van circa 9,5–11 GJ aardgas per ton DRI of staal.

Bron	System / scope	Consumptie	Eenheid	Opmerkingen
MIDREX (2023)	DRI-installatie op aardgas	280 – 350	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton DRI	Afhankelijk van procesconfiguratie en erts-kwaliteit
IEA	Volledige NG-DRI + EAF route (incl. reforming + elektriciteit)	350 – 450	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton ruwstaal	Omvat gehele staalroute
Vogl et al. (2018)	NG-DRI staalproductie	8 – 11	GJ CH <sub>4</sub> / ton staal	Komt overeen met 220 – 310 kg CH <sub>4</sub> /t staal
Vogl et al. (2018)	NG-DRI staalproductie	220 – 310	kg CH <sub>4</sub> / ton staal	Afgeleid van energieverbruik
Lüngen (VDEh, 2022)	DRI-proces	9,5 – 10,0	GJ CH <sub>4</sub> / ton DRI	Technische industriebron
Scaccabarozzi et al. (2025)	DRI-proces	10,2 – 11	GJ CH <sub>4</sub> / ton DRI	Recente literatuur
ITK Research (2025)	DRI-proces	10,2 – 11	GJ CH <sub>4</sub> / ton DRI	Consistent met recente studies
AIST	DRI-proces	9,5 – 10,5	GJ CH <sub>4</sub> / ton DRI	Typische industriële range



De sterke overlap tussen industriële data en academische studies bevestigt dat een bandbreedte van ongeveer 9,5–11 GJ aardgas per ton DRI (280–350 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t DRI) representatief is voor modellering en techno-economische analyse van conventionele NG-DRI processen.

### **Waterstof gebaseerde DRI (H<sub>2</sub>-DRI)**

Voor de reductie van ijzererts in een waterstof gebaseerd direct-reductieproces bedraagt het stoichiometrische minimumverbruik ongeveer 54 kg H<sub>2</sub> per ton ruwstaal (Alikulov et al., 2024). In industriële praktijk ligt het werkelijke verbruik hoger door:

- Onvolledige conversie in de schachtoven,
- Warmteverliezen,
- Massatransport efficiency in de schachtoven,
- Gasrecycling en onvolledige terugwinning van niet-gereageerde waterstof.

Techno-economische studies en procesmodellen voor moderne HDRI-EAF-configuraties met waterstofrecycling en warmte-integratie rapporteren daarom typisch een bandbreedte van 50–70 kg H<sub>2</sub> per ton staal voor de DRI-sectie. Voor levenscyclusanalyses (LCA) en beleidsstudies wordt vaak een ruimere range van 50–100 kg H<sub>2</sub> per ton staal gehanteerd om variaties in efficiëntie, ontwerpkeuzes en implementatiefase te weerspiegelen.

In dit rapport wordt uitgegaan van een representatieve bandbreedte van 55–65 kg H<sub>2</sub> per ton staal, met 60 kg H<sub>2</sub>/t staal als centrale referentiewaarde overeenkomend met 6,5–7,8 GJ/t staal (LHV).

In tegenstelling tot aardgas gebaseerde DRI is reductie met waterstof sterk endotherm en vereist deze een externe warmtebron. Het gerecyclede waterstofgas moet vóór binnenkomst in de schachtoven worden voorverwarmd tot ongeveer 800–950 °C. In moderne HDRI-installaties gebeurt dit hoofdzakelijk via elektrische verwarming elementen, waardoor de energie-input verschuift van fossiele brandstoffen naar elektriciteit.

Voor het DRI-gedeelte van de HDRI-route (exclusief de elektrische boogoven) worden typisch de volgende waarden gehanteerd:

- 1,5–2,5 GJ elektriciteit per ton DRI
- 420–700 kWh/t DRI

Dit elektriciteitsverbruik omvat:

- Voorverwarming van recycle-waterstof tot 800–950 °C,
- Compressie en circulatie van procesgas,



- **Gasreiniging en droging.**

Aanvullende efficiëntiewinst wordt gerealiseerd via warmte-integratie, met name door warmteterugwinning uit heet DRI ( $\approx 600\text{--}700\text{ }^\circ\text{C}$ ) en uit koel- en procesgasstromen. In sommige procesconfiguraties wordt een beperkte hoeveelheid waterstof verbrand voor opstart of piekbelasting, maar dit wordt geminimaliseerd om de waterstofefficiëntie te behouden.

Het merendeel van deze energie is afkomstig van waterstof en elektriciteit, wat de fundamentele verschuiving illustreert van een fossiel-brandstof gebaseerd naar een elektriciteits- en waterstof gedreven staalproductieproces.

De verbruiksgegevens hierboven zijn exclusief het elektriciteitsverbruik dat nodig is om waterstof door middel van elektrolyse op te wekken.

- 1 Agora Industry & Wuppertal Institute. (2021). Breakthrough strategies for climate-neutral industry in Europe: Policy and technology pathways for raising EU climate ambition. Berlin, Germany: Agora Industry. <https://www.agora-industry.org/publications/breakthrough-strategies-climate-neutral-industry/>
- 2 International Energy Agency. (2020). Iron and steel technology roadmap: Towards more sustainable steelmaking. Paris, France: IEA. <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>
- 3 International Energy Agency. (2023). Global hydrogen review 2023. Paris, France: IEA. <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023>
- 4 Material Economics. (2019). Industrial transformation 2050 – Pathways to net-zero emissions from EU heavy industry. Stockholm, Sweden: Material Economics. <https://materialeconomics.com/publications/industrial-transformation-2050>
- 5 Midrex Technologies. (2021). MIDREX® process for direct reduction of iron ore using hydrogen. Charlotte, NC, United States: Midrex Technologies. <https://www.midrex.com/technology/>
- 6 Rissman, J., Bataille, C., Masanet, E., Aden, N., Morrow, W. R., Zhou, N., Elliott, N., Dell, R., Heeren, N., Huckestein, B., Cresko, J., Miller, S. A., Roy, J., Fennell, P., Cremmins, B., Koch Blank, T., Hone, D., Williams, E. D., de la Rue du Can, S., ... Helseth, J. (2020). Technologies and policies to decarbonize global industry: Review and assessment of mitigation drivers through 2070. *Energy Policy*, 147, 111789. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111789>
- 7 Vogl, V., Åhman, M., & Nilsson, L. J. (2018). Assessment of hydrogen direct reduction for fossil-free steelmaking. *Journal of Cleaner Production*, 203, 736–745. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.279>
- 8 World Steel Association. (2021). Climate change and the production of iron and steel. Brussels, Belgium: World Steel Association. <https://worldsteel.org>

### **DRI op biogeen gas (bio methaan), zonder CCS.**

Bij het toepassen van direct reduced iron-processen (DRI) op biogeen gas, zoals bio-methaan, verloopt het reductieproces technisch op vrijwel identieke wijze als bij conventioneel aardgas. Het bio-methaan fungeert zowel als energiebron als reductiemiddel en het verbruik per ton DRI ligt, net als bij fossiel aardgas, rond  $280\text{--}350\text{ Nm}^3\text{ CH}_4/\text{t DRI}$  (uitgaande van een calorische waarde van  $35,5\text{ MJ/m}^3$ ). Dit betekent dat de operationele parameters, inclusief energie-inbreng en procesefficiëntie, direct vergelijkbaar zijn met de klassieke gas-DRI-route.

Het cruciale verschil zit echter in het biogene karakter van het gebruikte gas. Omdat bio-methaan wordt geproduceerd uit hernieuwbare bronnen, zoals vergisting van biomassa, wordt de uitstoot van  $\text{CO}_2$  in het DRI-proces beschouwd als onderdeel van de korte koolstofcyclus. Hierdoor is er bij het gebruik van bio-methaan geen noodzaak voor carbon capture and storage (CCS): de vrijgekomen  $\text{CO}_2$  draagt niet bij aan netto stijging van



broeikasgassen in de atmosfeer. Dit maakt DRI op biogeen gas tot een duurzame en klimaatvriendelijke alternatieve route voor de productie van ijzer, zonder dat aanvullende afvang- of opslagtechnologieën nodig zijn.

## 2.6 Brandstofflexibiliteit in de IJzerproductie

### DRI op alternatieve koolwaterstoffen LPG en Nafta met CCS

#### De Strategische Noodzaak (Beleid)

In een instabiele energiemarkt is brandstofflexibiliteit synoniem aan industriële overleving. De traditionele afhankelijkheid van aardgas via pijpleidingen vormt een strategisch risico. Door een Midrex-installatie uit te rusten met een pre-reformer, wordt de fabriek "multi-fuel capable". Belangrijk hier zijn de volgende aspecten.

De implementatie van een "multi-fuel" Midrex-installatie is een strategische investering in de nationale en Europese leveringszekerheid. In een geopolitiek onvoorspelbaar landschap biedt de mogelijkheid om te switchen tussen pijpleidinggas, LNG, LPG en nafta een cruciale bescherming tegen prijsvolatiliteit en fysieke leveringsonderbrekingen.

- Economische Flexibiliteit: Hoewel LNG en nafta vaak een hogere OPEX kennen dan historisch goedkoop pijpleidinggas, stelt deze infrastructuur de industrie in staat om te arbitreren tussen mondiale energiemarkten.
- LNG als Transitiebrandstof: De overstap op LNG ontkoppelt de zware industrie van starre pijpleidinginfrastructuren en creëert een logistiek fundament dat compatibel is met de opkomst van vloeibare energiedragers.
- Pad naar Decarbonisatie: Belangrijk is dat deze technologische flexibiliteit de weg plaveit naar de klimaatdoelstellingen. De Midrex-installatie die vandaag wordt uitgerust voor diverse koolwaterstoffen, is morgen technisch gereed voor een naadloze overgang naar groene waterstof, hiermee wordt voorkomen dat investeringen leiden tot "stranded assets", terwijl de concurrentiepositie van de staalsector in de mondiale markt behouden blijft.

Het is technisch goed mogelijk om een DRI-proces te draaien met alternatieve koolwaterstoffen zoals LPG of nafta, mits gebruik wordt gemaakt van een pre-reformer. In een pre-reformer worden deze koolwaterstoffen omgezet tot een mengsel van waterstof, koolmonoxide en kooldioxide, waarbij het geproduceerde reformer gas qua samenstelling vrijwel identiek is aan het reduceergas dat ontstaat bij het reformen van aardgas of biogeen aardgas, zie tabel 1 in paragraaf 2.2.

Dit betekent dat de operationele parameters en procesefficiëntie van het DRI-proces met LPG of nafta vergelijkbaar zijn met die van conventioneel aardgas, waardoor een soepele integratie in bestaande DRI-installaties mogelijk is. Het toepassen van CCS bij deze alternatieve routes zorgt ervoor dat de uitstoot van CO<sub>2</sub> wordt afgevangen en opgeslagen, waardoor ook deze route kan bijdragen aan een klimaat neutrale staalproductie



In deze vergelijking wordt bepaald hoeveel verse koolwaterstof-feed (t/d) nodig is om 1 ton per dag droog reducerend gas ( $H_2 + CO$ ) te produceren voor een DRI-installatie met een representatieve gas specificatie: voor een MIDREX DRI reducerend gas met  $H_2/CO \approx 1,5$ .

Drie mogelijke feeds worden vergeleken: methaan (aardgas), LPG (aangenomen als 50 mol% propaan en 50 mol% butaan) en nafta (benaderd als een 50/50 mol mengsel van pentaan  $C_5H_{12}$  en hexaan  $C_6H_{14}$ ). Voor alle gevallen wordt uitgegaan van een procesconfiguratie met pre reformer + stoom reformer (SMR) zodat zwaardere koolwaterstoffen eerst naar lichtere componenten worden omgezet. De berekening is bewust stoichiometrisch (best-case) en telt alleen de verse koolwaterstof als feed.

Gerecyclede  $CO_2$  en  $H_2O$  uit het DRI-top gas worden niet meegerekend en verliezen zoals  $CH_4$ -slip, purge, inerts, warmteverliezen en niet-ideaal evenwicht blijven buiten beschouwing. Werkelijke fabriekscijfers liggen daarom hoger, maar de relatieve vergelijking tussen de verschillende voeding blijft representatief.

Voor een MIDREX-gebaseerde DRI-installatie bedraagt de typische samenstelling van het reducerende gas circa 55 mol%  $H_2$  en 36 mol%  $CO$ , overeenkomend met een  $H_2/CO$ -verhouding van ongeveer 1,5 (Midrex Technologies). Deze relatief lage verhouding is een fundamenteel kenmerk van het klassieke aardgas gebaseerde MIDREX-concept en wordt niet gerealiseerd via de water-gas-shiftreactie, aangezien deze reactie de  $H_2/CO$ -verhouding juist verhoogt. In plaats daarvan wordt de gewenste gassamenstelling verkregen via stoichiometrische reforming, waarbij naast aardgas en stoom ook  $CO_2$ - en  $H_2O$ -rijke recycle-stromen uit het topgas van de schachtoven worden ingezet.

De reformer functioneert hierdoor niet uitsluitend als een stoom reformer, maar ook als een  $CO_2$ -reformer (dry reforming). De gelijktijdige aanwezigheid van stoom- en  $CO_2$ -reforming bevordert de vorming van  $CO$  en verlaagt de  $H_2/CO$ -verhouding richting 1,5 zonder toepassing van een water-gas-shiftreactor. Het resulterende reducerende gas bevat daardoor relatief hoge  $CO$ -concentraties, wat gunstig is voor zowel de warmtebalans in de schachtoven als voor carburatie van het DRI-product.

- **Massastroombeheersing:** Hoewel het volume aan voeding bij Nafta met ca. 77% afneemt ten opzichte van aardgas om een constante syngas output te garanderen, blijft de benodigde massastroom relatief hoog (ca. 80-85%) vanwege de hogere dichtheid en koolstofintensiteit.
- **Stoom-Koolstof Ratio:** Een nauwgezette controle van de stoominjectie is cruciaal om de katalysator in de hoofd-reformer te beschermen.
- **Productkwaliteit:** Het gebruik van koolstofrijkere voeding vergemakkelijkt de productie van High-Carbon DRI (tot 4,5% C), wat de energetische efficiëntie van de opvolgende vlamboogoven (EAF) significant verbetert door een lagere specifieke elektriciteitsbehoefte en snellere "tap-to-tap" tijden.

Voor een constante syngas output (de drijvende kracht achter de ijzerreductie) is een nauwkeurige aanpassing van de voeding noodzakelijk. Naarmate de feedstock zwaarder wordt (hogere koolstofketens), stijgt het reductiepotentieel per mol, maar ook het risico op procesver-storingen.



### Operationele Parameters per Feedstock

Feedstock	Chemische Basis	Volumestroom (vs. aardgas)	Massastroom (vs aardgas)	Primaire Uitdaging
Aardgas	Gasvormig	100% (Basis)	100% (Basis)	Pijpleidingafhankelijkheid
LNG	Vloeibaar	~100%	100%	Logistiek & Hervergassing
LPG	Vloeibaar	~35%	~88%	Roetvorming (Coking)
Lt Nafta	Vloeibaar	~23%	~82%	Katalysatorbescherming

Conclusie: De integratie van een pre-reformer voor hogere koolwaterstoffen is geen loutere procesmatige aanpassing, maar een noodzakelijke voorwaarde voor een robuuste, flexibele en toekomstbestendige basisindustrie.

### Economische Impact (OPEX & Markt)

Hoewel de massastroom bij zwaardere feedstocks lager is, zijn de kosten per ton doorgaans hoger dan bij aardgas uit pijpleidingen.

- **Kostprijs:** LNG en Nafta kennen een prijsopslag van circa 10% tot 25% ten opzichte van aardgas (TTF), gedreven door vloeibaarmaking en transport.
- **Synergievoordeel:** Het gebruik van koolstofrijke voeding resulteert in High-Carbon DRI (tot 4,5%C). Dit verlaagt het elektriciteitsverbruik in de elektrische vlamboogoven (EAF) aanzienlijk, wat een deel van de hogere brandstofkosten compenseert.

### Conclusie en Advies

Voor technici betekent deze transitie een focus op geavanceerde procesautomatisering en katalysatorbeheer.

Voor beleidsmakers betekent dit het faciliteren van importinfrastructuur en het stimuleren van technologieën die de CO<sub>2</sub>-voetafdruk verkleinen zonder de industriële basis te verzwakken.

De investering in een pre-reformer is geen kostenpost, maar een verzekeringspremie tegen geopolitieke energie-instabiliteit en een noodzakelijke stap naar een groene staalsector.



## 8. Appendix 2 – Scenario analyse en investering aspecten voor duurzame staalproductie

### 8.1 Scenarioanalyse: emissies, energieverbruik en routekeuzes

Deze analyse is gebaseerd op de informatie hoofdstuk 4 en Appendix 1, aangevuld met literatuuronderzoek en “best practices” uit de industrie. Zij geeft een schatting van de te verwachten CO<sub>2</sub>-reductie bij verschillende investering scenario's, het aardgasverbruik, het elektriciteitsverbruik en het effect van CCS en/of groene stroom.

Tabel 8.1 Scenario's

Nr.	Variant/ route	Hoogovens	Productieconcept	Elektriciteit	Schroot-bijmenging	Korte omschrijving
0	Nul variant	HO 6 en HO 7 In gebruik	Huidige geïntegreerde staalproductie	Fossiel	15%	Voortzetting huidige bedrijfsvoering met 7 mln. ton staal/jaar. HO 6 max. 3 mln. t/j en HO 7 max. 3,5 mln. t/j.
1	Extra schrootverwerking	HO 6 en HO 7 In gebruik	Huidige staalproductie met hogere schrootinzet	Fossiel	30%	Voortzetting huidige bedrijfsvoering met verhoging van schrootbijmenging van 15% naar 30%.
2	NG DRI + EAF zonder CCS	HO 6 in gebruik HO 7 uit bedrijf	HO 6 + nieuwe DRI/EAF op aardgas, zonder CCS	2a: fossiel 2b: groen	30%	Staalproductie blijft 7 mln. ton/jaar; deelproductie via aardgas-DRI en EAF.
3	NG DRI + EAF met CCS	HO 6 in gebruik HO 7 uit bedrijf	HO 6 + nieuwe DRI/EAF op aardgas, met CCS	3a: fossiel 3b: groen	30%	Vergelijkbaar met variant 2, maar met CCS op de aardgas-DRI-route.
4	Volledige NG DRI + EAF met CCS	HO 6 en HO 7 Uit bedrijf	Nieuwe DRI/EAF op aardgas, met CCS	4a: fossiel 4b: groen	30%	Volledige vervanging van hoogovens door aardgas-DRI en EAF met CCS.
5	H <sub>2</sub> DRI + EAF	HO 6 en HO 7 Uit bedrijf	Nieuwe DRI/EAF op waterstof	Groen	30%	Volledige staalproductie via waterstof-DRI en EAF, met 7 mln. ton staal/jaar.
6	LPG DRI + EAF met CCS	HO 6 en HO 7 Uit bedrijf	Nieuwe DRI/EAF op LPG, met CCS	Fossiel	30%	Alternatieve DRI-route op LPG met CCS, zonder inzet van hoogovens.
7	Light nafta DRI + EAF met CCS	HO 6 en HO 7 Uit bedrijf	Nieuwe DRI/EAF op light nafta, met CCS	Fossiel	30%	Alternatieve DRI-route op light nafta met CCS, zonder inzet van hoogovens.
8	Alleen EAF-opties	HO 6 en HO 7 Uit bedrijf	Nieuwe EAF's	8a: fossiel 8b: fossiel + CCS 8c: groen	30%	Staalproductie volledig via nieuwe EAF's; drie elektriciteitsvarianten.

### Discussie

In de bovengenoemde scenario's zijn in:

- Scenario's 0 en 1 beide hoogovens in gebruik.
- Scenario's 2 en 3 hoogoven 6 in gebruik en hoogoven 7 gestopt. Deze scenario beschrijven een gefaseerde implementatie van de DRI-technologie bij Tata Steel Nederland.
- Scenario's 4,5,6 en 7 beschrijven een volledige implementatie van de DRI-technologie.
- Scenario 8 betreft de uitfasering van hoogovens en de transitie naar het verwerken van HBI/Schroot alleen.



**Tabel 8.2 Overzicht emissies, energieverbruik en routekeuzes**

Scenario	Omschrijving	Voeding			Brandstof / Reactanten					CO2 uitstoot / CO2 afvang						
		Ijzererts miljoen t/j	Schroot import miljoen t/j	HBI/DRI staal import miljoen t/j	Steenkool / Kokes import miljoen t/j	Aardgas miljoen t/j	LPG miljoen t/j	Light Nafta miljoen t/j	Waterstof miljoen t/j	CCS	Totaal CO2 miljoen t/j	CO2 uitstoot miljoen t/j	CO2 afvang miljoen t/j	Fossiel stroom TWh	Groene stroom TWh	
0	Denu variant (asis)	8,925	1,050	0,000	6,962	0,305					Nee	12,526	12,526	0,000	0,583	0,000
1	Schroot van 15% naar 30%	7,350	2,100	0,000	5,733	0,305					Nee	10,433	10,433	0,000	0,583	0,000
2a	NG DRI + HO6 + EAF no CCS, fossiel electra	7,350	2,100	0,000	2,867	0,997					Nee	8,189	8,189	0,000	1,839	0,000
2b	NG DRI + HO6 + EAF no CCS, groene electra	7,350	2,100	0,000	2,867	0,731					Nee	7,458	7,458	0,000	0,292	1,547
3a	NG DRI + HO6 + EAF + CCS, fossiel electra	7,350	2,100	0,000	2,867	1,130					.Ja	8,555	5,550	3,005	2,611	0,000
3b	NG DRI + HO6 + EAF + CCS, groene electra	7,350	2,100	0,000	2,867	0,731					.Ja	7,458	5,440	2,018	0,292	1,967
4a	NG DRI + EAF + CCS, fossiel electra	7,350	2,100	0,000	0,000	2,014					.Ja	6,839	0,684	6,155	4,983	0,000
4b	NG DRI + EAF + CCS, groene electra	7,350	2,100	0,000	0,000	1,157					.Ja	4,483	0,448	4,035	0,000	4,070
5	H2 DRI + EAF	7,350	2,100	0,000	0,000	0,000			0,294		Nee	0,389	0,389	0,000	0,000	19,972
6	LPG DRI + EAF met CCS	7,350	2,100	0,000	0,000	1,469	0,583				.Ja	6,800	0,680	6,120	4,968	0,000
7	Light Nafta DRI + EAF met CCS	7,350	2,100	0,000	0,000	1,468		0,594			.Ja	6,798	0,680	6,119	4,967	0,000
8a	EAF alleen + Elektra tot Fossiel	0,000	2,100	4,900	0,000	0,481					Nee	1,713	1,713	0,000	2,800	0,000
8b	EAF alleen + Fossiel met CCS	0,000	2,100	4,900	0,000	0,585					.Ja	1,999	0,200	1,799	3,405	0,000
8c	EAF alleen + Groene stroom	0,000	2,100	4,900	0,000	0,000					Nee	0,389	0,389	0,000	0,000	2,800

### 8.1.2 Analyse brandstof en reactanten voeding

De tabel vergelijkt staalroutes op basis van voedingsstromen en brandstof-/reactantenverbruik in miljoen ton per jaar. De scenario's lopen van voortzetting van de huidige hoogovenroute tot DRI/EAF-varianten en volledig EAF-gebaseerde productie.

#### Scenario 0: nul variant

Dit scenario houdt de bestaande hoogovenstructuur in stand en blijft daardoor sterk afhankelijk van ijzererts en steenkool/kooks. Vanuit CO<sub>2</sub>-perspectief is dit de minst gunstige route. Dit is duidelijk de meest kolen intensieve route. De schrootbijmenging is relatief laag, namelijk 15%.

#### Scenario 1: schroot van 15% naar 30%

De verhoging van schrootbijmenging verlaagt de behoefte aan ijzererts en steenkool/kooks aanzienlijk, dit is een relatief eenvoudige optimalisatie binnen de bestaande bedrijfsvoering. Het effect is positief, maar de route blijft nog steeds afhankelijk van hoogovens en steenkool/kooks.

#### Scenario's 2a en 2b: NG DRI + HO6 + EAF zonder CCS

Hier wordt HO7 uitgefaseerd, terwijl HO6 blijft draaien. De route combineert hoogovenproductie met aardgas-DRI en EAF. Dit is een hybride transitieroute. De koleninput daalt sterk ten opzichte van scenario 0 en 1, maar aardgasgebruik neemt toe. Scenario 2b is gunstiger dan 2a doordat groene elektriciteit het fossiele energiegebruik verlaagt.

#### Scenario's 3a en 3b: NG DRI + HO6 + EAF met CCS

Deze route lijkt sterk op scenario 2, maar voegt CCS toe. CCS verhoogt het energiegebruik, zichtbaar in het hogere aardgasverbruik bij 3a. Scenario 3b combineert CCS met groene stroom en is daardoor duidelijk aantrekkelijker dan 3a. Wel blijft HO6 in bedrijf, waardoor er nog steeds aanzienlijke koleninzet is.

#### Scenario's 4a en 4b: volledige NG DRI + EAF met CCS

Hier zijn HO6 en HO7 uit bedrijf. Steenkool/kooks valt volledig weg. Dit is een grote systeemomslag. De afhankelijkheid verschuift van steenkool naar aardgas. Scenario 4b is duidelijk gunstiger dan 4a door lagere aardgasvraag bij groene elektriciteit. Deze route heeft



waarschijnlijk een veel lagere directe CO<sub>2</sub>-uitstoot dan de hoogovenroutes, vooral met CCS, maar blijft afhankelijk van aardgas en CO<sub>2</sub>-opslag.

#### **Scenario 5: H<sub>2</sub> DRI + EAF**

Dit is de enige route met waterstof als reactant. Dit is de meest vergaande de-carbonisatieroute. De route elimineert steenkool/kooks en aardgas als reductiemiddel. De haalbaarheid hangt echter sterk af van voldoende groene waterstof en groene elektriciteit.

#### **Scenario 6: LPG DRI + EAF met CCS**

Deze route elimineert hoogovens en steenkool/kooks en introduceert LPG plus een relatief hoge aardgasvraag. Dit is alternatieve fossiele DRI-route met CCS waarbij brandstof flexibiliteit belangrijk (LPG vervangt aardgas voor de DRI).

#### **Scenario 7: Light nafta DRI + EAF met CCS**

Deze is analoog aan de LPG-route. Ook hier verdwijnt steenkool/kooks, maar wordt een fossiele koolwaterstof ingezet. Het voordeel kan liggen in flexibiliteit of beschikbaarheid van brandstof, maar het klimaatvoordeel hangt sterk af van CCS-prestaties.

#### **Scenario's 8a, 8b en 8c: EAF alleen**

Deze routes gebruiken geen lokaal ijzererts meer, maar importeren HBI/DRI.

De EAF-only route verplaatst een belangrijk deel van de upstream productie naar buiten de site. Scenario 8c is lokaal het schoonst, omdat het groene stroom gebruikt en geen aardgas toont. Maar de totale klimaatprestatie hangt sterk af van hoe het geïmporteerde HBI/DRI is geproduceerd.

### **8.1.3. Belangrijkste conclusies**

**Tabel 8.3 Belangrijke conclusies**

<b>Thema</b>	<b>Analyse</b>
<b>Kolenreductie</b>	De grootste stap vindt plaats bij volledige vervanging van HO6 en HO7. Scenario's 4 t/m 8 elimineren steenkool/kooks volledig.
<b>Schrootinzet</b>	Vanaf scenario 1 wordt schroot verhoogd naar 30%, wat ijzererts- en kolenverbruik verlaagt.
<b>Aardgasafhankelijkheid</b>	NG DRI-routes verminderen kolen, maar verhogen aardgasgebruik.
<b>Groene elektriciteit</b>	Varianten b en 8c zijn duidelijk gunstiger dan fossiele elektriciteitsvarianten.
<b>Waterstofroute</b>	Scenario 5 is technologisch de meest klimaatgerichte route, maar afhankelijk van groene H <sub>2</sub> -beschikbaarheid.
<b>EAF-only route</b>	Scenario 8c kan lokaal zeer schoon zijn, maar verschuift grondstof- en emissierisico's naar HBI/DRI-import.
<b>CCS-routes</b>	CCS kan belangrijk zijn als tussenoplossing, maar verhoogt mogelijk energiegebruik en introduceert opslag- en infrastructuurrisico's.



#### 8.1.4. Voorlopige rangschikking op strategische waarde

Tabel 8.4 Rangsikking op strategische waarde

Rang	Scenario	Beoordeling
1	5 - H <sub>2</sub> DRI + EAF	Beste lange-termijnroute bij voldoende groene H <sub>2</sub> en elektriciteit.
2	4b - NG DRI + EAF + CCS, groene stroom	Sterke tussenroute zonder hoogovens, maar nog aardgasafhankelijk.
3	8c - EAF alleen + groene stroom	Lokaal zeer schoon, maar afhankelijk van geïmporteerde HBI/DRI.
4	3b - NG DRI + HO6 + EAF + CCS, groene stroom	Realistische transitieroute met behoud van deel hoogovencapaciteit.
5	1 - extra schrootverwerking	Snelle verbetering binnen bestaande route, maar onvoldoende als eindbeeld.
6	0 – nul variant	Strategisch zwak door hoge kolen- en ijzerertsafhankelijkheid.

Kort samengevat: scenario 5 is de schoonste structurele route, scenario 4b is waarschijnlijk de sterkste tussenroute, en scenario 8c is aantrekkelijk voor lokale emissiereductie maar risicovol door importafhankelijkheid.

Bij toepassing van DRI op biogeen gas, zoals bio methaan, verloopt het reductieproces technisch vrijwel hetzelfde als bij conventioneel aardgas. Het belangrijkste verschil is het biogene karakter van het gas.

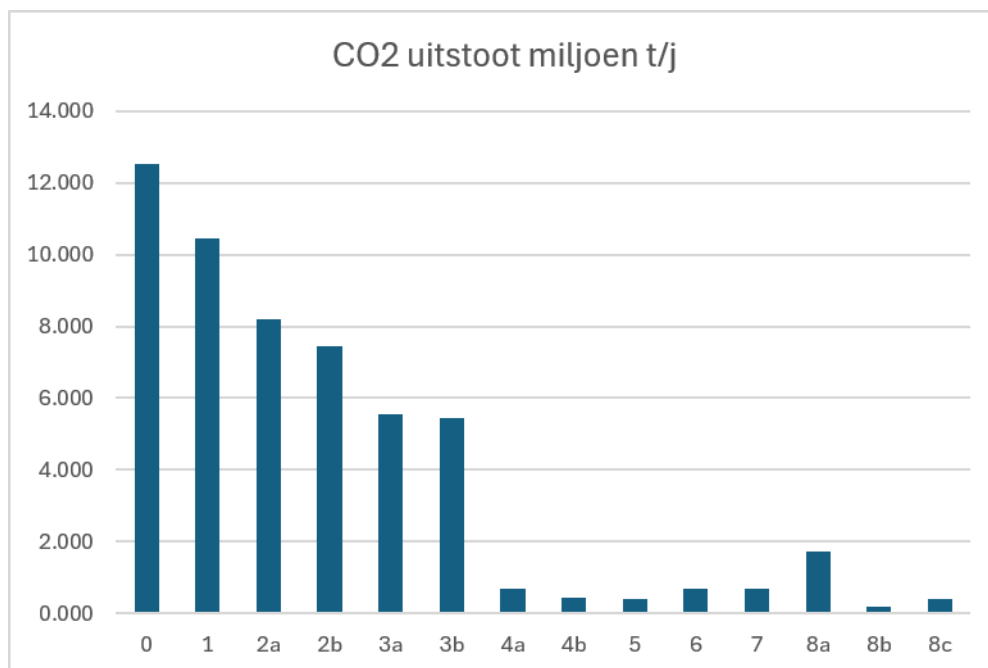
Omdat bio methaan wordt geproduceerd uit hernieuwbare bronnen, zoals biomassa, wordt de vrijkomende CO<sub>2</sub> beschouwd als onderdeel van de korte koolstofcyclus. Daardoor is bij gebruik van bio methaan geen CCS nodig om netto extra broeikasgasuitstoot te voorkomen. DRI op bio methaan kan daarmee gelden als een duurzame en klimaatvriendelijke route voor ijzerproductie. Het is daarom aannemelijk dat in zo'n geval zowel de bio methaan voeding als het gebruik van bio methaan als brandstof geen netto CO<sub>2</sub>-uitstoot veroorzaken.

#### Analyse CO<sub>2</sub>-emissies en elektriciteit verbruik

De tabel laat zien dat de beoordeling van de staalroutes niet alleen afhangt van de **CO<sub>2</sub>-uitstoot**, maar ook sterk van het **elektriciteitsverbruik** en het type stroom dat nodig is. Sommige routes reduceren de directe CO<sub>2</sub>-uitstoot sterk, maar doen dat ten koste van een veel hogere elektriciteitsvraag. Daardoor verschuift de kernvraag van alleen "hoeveel CO<sub>2</sub> wordt uitgestoten?" naar "hoeveel CO<sub>2</sub> wordt gereduceerd, tegen welke stroomvraag en met welk type elektriciteit?"



**Figuur 8.1**



De nul variant heeft met 12,526 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar de hoogste uitstoot, maar vraagt relatief weinig elektriciteit: 0,583 TWh fossiele stroom. Ook scenario 1, waarin de schrootbijmenging stijgt van 15% naar 30%, houdt hetzelfde stroomverbruik van 0,583 TWh fossiel, terwijl de CO<sub>2</sub>-uitstoot daalt naar 10,433 miljoen ton per jaar. Dit laat zien dat extra schrootinzet een nuttige eerste stap is, maar de klimaatwinst blijft beperkt zolang de hoogovenroute met steenkool en kooks dominant blijft.

Bij de hybride routes met NG DRI + HO6 + EAF neemt de elektriciteitsvraag duidelijk toe. Scenario 2a, met fossiele elektriciteit en zonder CCS, gebruikt 1,839 TWh fossiele stroom en stoot 8,189 miljoen ton CO<sub>2</sub> uit (35% reductie t.o.v. de nul variant). Scenario 2b gebruikt deels groene stroom: 0,292 TWh fossiel en 1,547 TWh groen, waardoor de uitstoot daalt naar 7,458 miljoen ton CO<sub>2</sub> (40% reductie). Dit verschil laat zien dat vergroening van elektriciteit direct invloed heeft op de CO<sub>2</sub>-prestatie, maar niet voldoende is zolang HO6 in bedrijf blijft.

Wanneer CCS wordt toegevoegd aan de hybride route, stijgt het elektriciteitsverbruik verder. Scenario 3a gebruikt 2,611 TWh fossiele stroom, vangt 3,005 miljoen ton CO<sub>2</sub> af en houdt nog 5,550 miljoen ton uitstoot over wat overeenkomt met een 56% reductie). Scenario 3b gebruikt vooral groene stroom, namelijk 1,967 TWh groen en 0,292 TWh fossiel, met een resterende uitstoot van 5,440 miljoen ton CO<sub>2</sub> (57% reductie) De conclusie is dat CCS helpt, maar wel extra energie vraagt. Het effect is beperkt omdat een deel van de hoogovenroute (HO 6) blijft bestaan.

De volledige omschakeling naar NG DRI + EAF met CCS laat de grootste structurele daling in CO<sub>2</sub>-uitstoot zien, maar vraagt veel elektriciteit. Scenario 4a gebruikt 4,983 TWh fossiele stroom, vangt een extra 6,155 miljoen ton CO<sub>2</sub> af en er blijft 0,684 miljoen ton CO<sub>2</sub>-uitstoot over (95% reductie). Scenario 4b gebruikt in plaats daarvan 4,070 TWh groene stroom, vangt 4,035 miljoen ton CO<sub>2</sub> af en komt uit op slechts 0,448 miljoen ton CO<sub>2</sub>-uitstoot (96% gerealiseerde reductie).



Dit maakt scenario 4b aantrekkelijker dan 4a: de CO<sub>2</sub>-uitstoot is lager en de fossiele stroomvraag verdwijnt. Tegelijk vraagt deze route wel een aanzienlijke hoeveelheid groene elektriciteit.

Scenario 5, H<sub>2</sub> DRI + EAF, heeft met 0,389 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar een van de laagste directe emissies zonder CCS. Het grote aandachtspunt is echter de elektriciteitsvraag: 19,972 TWh groene stroom per jaar (30% van de in 2024 geïnstalleerde groene stroom capaciteit). Dit is veruit de hoogste waarde in de tabel (16 TWh meer dan scenario 4b). De waterstofroute is dus klimaatmatig iets sterker dan scenario 4b, maar alleen realistisch als er op grote schaal groene stroom en groene waterstof beschikbaar zijn. Zonder die infrastructuur kan deze route moeilijk uitvoerbaar zijn op korte of middellange termijn.

De alternatieve fossiele DRI-routes met LPG en licht nafta in scenario's 6 en 7 (meegenomen in verband voor flexibiliteit van voeding zowel vanuit autonomie en economisch opportunistisch oogpunt) hebben dankzij CCS een lage resterende uitstoot van ongeveer 0,680 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar. Daar staat tegenover dat ze bijna 5 TWh fossiele stroom per jaar nodig hebben: 4,968 TWh voor LPG en 4,967 TWh voor licht nafta. Daarmee behalen ze lage lokale emissies, maar blijven ze sterk afhankelijk van fossiele energie en CCS. Vanuit energiesysteem perspectief zijn dit dus minder aantrekkelijke routes dan varianten met groene stroom alhoewel deze optie ook uitvoerbaar zijn met toepassing van groene stroom waardoor dezelfde voordelen als in scenario 4b.

De EAF-only routes hebben een relatief lage directe CO<sub>2</sub>-uitstoot en een duidelijker elektriciteitsprofiel. Scenario 8a gebruikt 2,800 TWh fossiele stroom en stoot 1,713 miljoen ton CO<sub>2</sub> uit. Scenario 8b gebruikt 3,405 TWh fossiele stroom, past CCS toe en verlaagt de uitstoot tot 0,200 miljoen ton CO<sub>2</sub>, de laagste waarde in de tabel. Scenario 8c gebruikt 2,800 TWh groene stroom en komt uit op 0,389 miljoen ton CO<sub>2</sub>, zonder CCS. Vooral 8c is lokaal aantrekkelijk: lage uitstoot, geen CCS en een veel lagere groene stroomvraag dan de waterstofroute. Wel blijft deze route afhankelijk van geïmporteerde HBI/DRI, waardoor een deel van de CO<sub>2</sub>-last mogelijk buiten de locatie ligt.

Samenvattend laat de combinatie van CO<sub>2</sub> en elektriciteit zien dat er vier typen routes zijn. De eerste groep, scenario's 0 en 1, heeft een lage elektriciteitsvraag maar een hoge CO<sub>2</sub>-uitstoot. De tweede groep, scenario's 2, 3, 4, 6 en 7, reduceert CO<sub>2</sub> sterk via DRI/EAF en CCS, maar vraagt uitzonderlijk veel elektriciteit, vooral wanneer fossiele stroom wordt gebruikt. De derde groep, scenario's 5 H<sub>2</sub> DRI + EAF, scoort zeer goed op directe CO<sub>2</sub>-uitstoot met groene stroom, maar vraagt zeer veel groene stroom (bijna 20 TWh) en de vierde groep scenario 8, EAF-only met groene stroom welk een meer realistische groene stroom behoefte heeft 2,800 TWh.

Daarmee zijn 4b, 5 en 8c de meest interessante routes vanuit CO<sub>2</sub> en uitstoot en elektriciteit verbruik standpunt, maar om verschillende redenen. 4b biedt een sterke CO<sub>2</sub>-reductie met volledige DRI/EAF-omschakeling, CCS en groene stroom, maar vraagt ruim 4 TWh groene elektriciteit. 5 is de meest fundamentele groene staalroute, maar heeft een uitzonderlijk hoge groene stroomvraag (30% van Nederlandse groene elektriciteit productie in 2024). 8c combineert lage lokale CO<sub>2</sub>-uitstoot met een relatief beperkte groene stroomvraag, maar verschuift afhankelijkheden naar HBI/DRI-import. De keuze tussen deze routes moet daarom niet alleen op CO<sub>2</sub>-uitstoot worden gebaseerd, maar ook op beschikbare groene stroom, netcapaciteit, waterstofinfrastructuur, CCS-beschikbaarheid en importafhankelijkheid.

De scenario's laten een duidelijke ontwikkeling zien: van een fossiel referentiesysteem met hoge CO<sub>2</sub>-emissies naar routes met aanzienlijk lagere emissies door inzet van CCS, elektrificatie en groene stroom.



Over het geheel genomen laten de scenario's zien dat diepe CO<sub>2</sub>-reductie technisch mogelijk is. Welke route het meest aantrekkelijk is, hangt echter sterk af van de gekozen combinatie van CCS, fossiele energie, waterstof, groene elektriciteit en de mate waarin wordt overgestapt op uitsluitend EAF's met import van DRI/HBI-materiaal.

Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat de gefaseerde implementatie van DRI, zoals voorgesteld in de JLoI, slechts een beperkte CO<sub>2</sub>-reductie zal opleveren.

Het aardgasverbruik verschilt sterk per scenario en vormt daarmee, naast de CO<sub>2</sub>-uitstoot, een belangrijke tweede beoordelingsfactor.

### Analyse aardgasverbruik

De tabel laat zien dat verduurzaming via DRI/EAF niet automatisch betekent dat het fossiele verbruik verdwijnt. In meerdere routes wordt het gebruik van steenkool/kooks sterk verlaagd of volledig beëindigd, maar daar komt een aanzienlijke vraag naar aardgas of andere fossiele koolwaterstoffen voor terug. Vooral de scenario's 4a, 6 en 7 springen eruit: deze routes vragen rond de 2,8 à 2,9 miljard m<sup>3</sup> aardgasequivalent per jaar. Dat komt overeen met bijna 9,5% van het totale Nederlandse aardgasverbruik in 2024.

De huidige route, scenario 0, gebruikt relatief weinig aardgas: ongeveer 0,43 miljard m<sup>3</sup>. Dat is ongeveer 1,4% van het Nederlandse jaarverbruik. Scenario 1, met extra schrootinzet, verandert dit aardgasverbruik niet. De klimaatwinst van scenario 1 komt dus niet uit minder aardgas, maar vooral uit minder ijzererts en minder steenkool/kooks.

Bij de gedeeltelijke DRI-routes (scenario's 2 en 3) neemt het aardgasverbruik duidelijk toe. Scenario 2a vraagt ongeveer 1,42 miljard m<sup>3</sup> aardgasequivalent. Dat is bijna 4,7% van het totale Nederlandse gasverbruik. Scenario 2b is lager, ongeveer 1,04 miljard m<sup>3</sup>, doordat groene stroom een deel van de fossiele energievraag vervangt. Dit laat zien dat groene elektriciteit niet alleen de CO<sub>2</sub>-uitstoot verlaagt, maar ook de aardgasvraag kan beperken.

Tabel 8.5 Analyse aardgasverbruik

Scenario	Aardgas Miljoen t/j	LPG Miljoen t/j	Light Miljoen t/j	Aardgas Miljard m <sup>3</sup>	Aandeel t.o.v. NL-gasverbruik
0	0,305	0,000	0,000	ca. 0,43 mld m <sup>3</sup>	ca. 1,4%
1	0,305	0,000	0,000	ca. 0,43 mld m <sup>3</sup>	ca. 1,4%
2a	0,997	0,000	0,000	ca. 1,42 mld m <sup>3</sup>	ca. 4,7%
2b	0,731	0,000	0,000	ca. 1,04 mld m <sup>3</sup>	ca. 3,5%
3a	1,130	0,000	0,000	ca. 1,61 mld m <sup>3</sup>	ca. 5,4%
3b	0,731	0,000	0,000	ca. 1,04 mld m <sup>3</sup>	ca. 3,5%
4a	2,014	0,000	0,000	ca. 2,86 mld m <sup>3</sup>	ca. 9,5%



4b	1,157	0,000	0,000	ca. 1,64 mld m <sup>3</sup>	ca. 5,5%
5	0,000	0,000	0,000	0	0%
6	1,469	0,583	0,000	ca. 2,85 mld m <sup>3</sup> eq.	ca. 9,5%
7	1,468	0,000	0,594	ca. 2,83 mld m <sup>3</sup> eq.	ca. 9,4%
8a	0,481	0,000	0,000	ca. 0,68 mld m <sup>3</sup>	ca. 2,3%
8b	0,585	0,000	0,000	ca. 0,83 mld m <sup>3</sup>	ca. 2,8%
8c	0,000	0,000	0,000	0	0%

Bij scenario's 3a en 3b, waarin CCS wordt toegevoegd terwijl HO6 nog in bedrijf blijft, blijft aardgas belangrijk. Scenario 3a vraagt ongeveer 1,61 miljard m<sup>3</sup> aardgasequivalent. Dat is ruim 5% van het huidige Nederlandse gasverbruik. Scenario 3b blijft met groene stroom lager, op ongeveer 1,04 miljard m<sup>3</sup>. CCS verlaagt dus de CO<sub>2</sub>-uitstoot, maar gebruikt meer energie- en gas als de benodigde energie fossiel wordt ingevuld.

De grootste aardgasvraag ontstaat bij volledige NG DRI + EAF met CCS. Scenario 4a vraagt ongeveer 2,86 miljard m<sup>3</sup> aardgasequivalent. Dat is bijna 10% van het totale Nederlandse aardgasverbruik. Dit is strategisch belangrijk: een volledige overstap naar aardgas-DRI kan de kolenafhankelijkheid sterk verminderen, maar creëert tegelijk een zeer grote nieuwe gasvraag. Scenario 4b laat zien dat groene stroom dit kan drukken: het aardgasverbruik daalt naar ongeveer 1,64 miljard m<sup>3</sup>, nog altijd ruim 5% van het Nederlandse jaarverbruik.

Scenario 5, de H<sub>2</sub> DRI + EAF-route, gebruikt enkel waterstof uit groene elektriciteit en zonder fossiele afhankelijkheid. De fossiele brandstofvraag verdwijnt in deze tabel volledig. De keerzijde is dat de route een zeer grote groene-stroom- en waterstofinfrastructuur vraagt, maar specifiek vanuit aardgasverbruik is scenario 5 het meest robuust.

Scenario's 6 en 7 zijn alternatieven voor aardgas scenario om een aanvullende strategische (autonomie) factor te hebben door toekomstige beschikbaarheid van **LPG en light nafta**. In scenario's 6 en 7 worden deze stromen gebruikt als alternatieve DRI-brandstof of reactant, respectievelijk **0,583 miljoen ton LPG per jaar** en **0,594 miljoen ton light nafta per jaar**, naast ongeveer **1,47 miljoen ton aardgas per jaar**.

Het aanbod van LPG en light nafta wordt sterk beïnvloed door de terugval van de Europese petrochemische sector. Europese steamcrackers staan onder druk door hoge energiekosten, zwakke marges, verouderde installaties en internationale concurrentie. Daardoor worden in Europa crackers gesloten of gepland gesloten, waaronder installaties van onder meer TotalEnergies in Antwerpen, en de sector kampt breder met rationalisatie van ethyleencapaciteit.

Omdat Europese steamcrackers traditioneel belangrijke afnemers zijn van nafta en LPG als petrochemische feedstock, kan een daling van crackeractiviteit leiden tot een verlaging van prijs van LPG en light nafta leiden, en daarmee economisch mogelijk aantrekkelijk als alternatieve industriële energiedragers of reductiemiddelen buiten de petrochemie, bijvoorbeeld in DRI-routes met CCS.



Op de zeer lange termijn (2045+) is het gebruik van fossiele brandstoffen ongewenst, doch tot die tijd zijn scenario's 6 en 7 strategisch interessant als mogelijke benutting van fossiele koolwaterstofstromen waarvoor de petrochemische vraag afneemt.

De EAF-only routes hebben een veel lagere directe aardgasvraag. Scenario 8a gebruikt 0,481 miljoen ton aardgas, ongeveer 0,68 miljard m<sup>3</sup> aardgasequivalent. Scenario 8b gebruikt iets meer, 0,585 miljoen ton, ongeveer 0,83 miljard m<sup>3</sup>. Scenario 8c gebruikt geen aardgas, LPG of light nafta. Wel geldt dat EAF-only routes afhankelijk zijn van geïmporteerde HBI/DRI; het fossiele verbruik kan dus deels buiten Nederland liggen, afhankelijk van hoe die HBI/DRI is geproduceerd.

### Conclusie

Als de focus ligt op vermindering van aardgas- en fossiele koolwaterstofafhankelijkheid, zijn scenario 5 en 8c het sterkst, omdat zij in deze tabel geen aardgas, LPG of light nafta gebruiken. Scenario's 4a, 6 en 7 zijn juist het meest kritisch: zij verlagen wel de CO<sub>2</sub>-uitstoot via DRI/EAF en CCS, maar vragen rond 2,8 to 2,9 miljard m<sup>3</sup> aardgasequivalent per jaar, bijna een tiende van het huidige Nederlandse aardgasverbruik. Scenario 4b is een tussenpositie: veel lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot en minder aardgas dan 4a, maar nog steeds een aanzienlijke aardgasvraag van ruim 1,6 miljard m<sup>3</sup> aardgasequivalent per jaar.

Daarmee is de kernconclusie: aardgas-DRI is een sterke CO<sub>2</sub>-transitieroute, maar geen sterke route voor vermindering van Nederlandse gasafhankelijkheid. Het verlaagt vooral de kolenafhankelijkheid, maar verschuift een belangrijk deel van de fossiele energievraag naar aardgas, LPG of light nafta.

### Analyse van het elektriciteitsverbruik

Voor het stroomverbruik is vooral het onderscheid tussen fossiele stroom en groene stroom belangrijk. De scenario's verschillen namelijk niet alleen in hoeveel elektriciteit zij vragen, maar ook in de mate waarin die vraag extra druk legt op fossiele elektriciteitsproductie of op de beschikbaarheid van hernieuwbare elektriciteit.

Als referentiepunt kan Nederland worden genomen. In 2024 werd in Nederland in totaal ruim 120 TWh elektriciteit opgewekt, waarvan ongeveer 60 TWh uit hernieuwbare bronnen zoals wind, zon en biomassa kwam. Daarmee was ongeveer de helft van de Nederlandse elektriciteitsproductie hernieuwbaar. Het CBS geeft daarnaast aan dat de bruto genormaliseerde binnenlandse productie van hernieuwbare elektriciteit in 2024 overeenkwam met ongeveer 50% van het elektriciteitsverbruik.

Tabel 8.6 Analyse van het elektriciteitsverbruik

Scenario	Fossiele stroom TWh	Groene stroom TWh	Totaal TWh	Aandeel van NL-stroomproductie, ±120 TWh	Aandeel van NL groene stroom, ±60 TWh
0	0,583	0,000	0,583	0,5%	0,0%



1	0,583	0,000	0,583	0,5%	0,0%
2a	1,839	0,000	1,839	1,5%	0,0%
2b	0,292	1,547	1,839	1,5%	7,7%
3a	2,611	0,000	2,611	2,2%	0,0%
3b	0,292	1,967	2,259	1,9%	3,2%
4a	4,983	0,000	4,983	4,2%	0,0%
4b	0,000	4,713	4,713	3,9%	7,7%
5	0,000	19,972	19,972	16,6%	32,7%
6	4,968	0,000	4,968	4,1%	0,0%
7	4,967	0,000	4,967	4,1%	0,0%
8a	2,800	0,000	2,800	2,3%	0,0%
8b	3,405	0,000	3,405	2,8%	0,0%
8c	0,000	2,800	2,800	2,3%	4,6%

De referentiescenario's 0 en 1 hebben een beperkte elektriciteitsvraag van 0,583 TWh per jaar, volledig fossiel. Dit is op nationale schaal klein: ongeveer 0,5% van de Nederlandse elektriciteitsproductie. Scenario 2a verhoogt de fossiele stroomvraag naar 1,839 TWh, terwijl scenario 2b dezelfde totale stroomvraag heeft, maar deze grotendeels verschuift naar groene stroom. Daarmee laat scenario 2b zien dat elektrificatie of vergroening niet altijd méér totale elektriciteit hoeft te vragen, maar vooral een andere herkomst van de stroom vereist.

Bij de CCS-scenario's neemt de stroomvraag duidelijk toe. Scenario 3a vraagt 2,611 TWh fossiele stroom, terwijl scenario 3b de fossiele stroom beperkt tot 0,292 TWh en daarnaast 1,967 TWh groene stroom gebruikt. De extra elektriciteitsvraag hangt samen met installaties zoals CO<sub>2</sub>-afvang, compressie en transport. Wanneer die elektriciteit fossiel wordt opgewekt, is CCS nodig om de klimaat winst te realiseren; wanneer groene stroom wordt gebruikt, daalt de fossiele afhankelijkheid, maar ontstaat extra druk op de hernieuwbare elektriciteitsvoorziening.

De scenario's 4, 6 en 7 hebben de hoogste fossiele stroomvraag. Scenario 4a vraagt 4,983 TWh fossiele stroom, scenario 6 4,968 TWh en scenario 7 4,967 TWh. Elk van deze routes komt overeen met ongeveer 4,1–4,2% van de totale Nederlandse elektriciteitsproductie. Als deze stroom fossiel wordt geleverd, is dat op nationale schaal aanzienlijk.

Deze scenario's verlagen de directe CO<sub>2</sub>-uitstoot sterk, maar verschuiven een deel van de energievraag naar fossiele elektriciteit. Daardoor zijn zij vanuit klimaat- en energiesysteem-perspectief minder aantrekkelijk dan varianten met groene stroom.

Scenario 4b is de groene variant van scenario 4a. De fossiele stroomvraag daalt naar 0 TWh, maar daar staat een groene stroomvraag van 4,713 TWh tegenover. Dat is ongeveer 7,7% van de



Nederlandse hernieuwbare elektriciteitsproductie in 2024. Dit is groot en zou een uitbreiding van bijna een twaalfde van de huidige Nederlandse groene stroomproductie (2024) zijn. De realiseerbaarheid hangt daardoor sterk af van extra wind-op-zee, netcapaciteit, directe aansluiting, opslag, flexibiliteit en langjarige groene-stroomcontracten.

Scenario 5 is veruit het meest veeleisend voor het Nederlandse elektriciteitssysteem. Het vraagt 19,972 TWh groene stroom per jaar, oftewel ongeveer 16,6% van de totale Nederlandse elektriciteitsproductie en ongeveer **32,7%** van de Nederlandse hernieuwbare elektriciteits-productie in 2024. Dit scenario is dus klimaatkundig aantrekkelijk omdat er geen fossiele stroom en geen aardgas worden gebruikt, maar systeemtechnisch zeer zwaar. Het zou een enorme uitbreiding (1/3e) van hernieuwbare opwek en infrastructuur vereisen. In de huidige Nederlandse context is dit alleen realistisch als het wordt gekoppeld aan grootschalige nieuwe groene stroomcapaciteit, bijvoorbeeld wind op zee, en waarschijnlijk ook aan waterstofproductie, opslag en flexibiliteit, wat een zeer proactief overheid en particuliere partijen beleid zou vereisen.

Scenario 8c is veel minder zwaar dan scenario 5. Het vraagt 2,800 TWh groene stroom, gelijk aan ongeveer 4,6% van de Nederlandse hernieuwbare elektriciteitsproductie in 2024. Dit is nog steeds substantieel, maar aanzienlijk realistischer dan scenario 5. Scenario 8b daarentegen heeft de laagste CO<sub>2</sub>-uitstoot, maar gebruikt 3,405 TWh fossiele stroom. Dat betekent dat de emissiereductie in dit scenario sterk afhankelijk blijft van CCS en fossiele elektriciteit. Als de stroomvraag van scenario 8b in de toekomst vergroend zou worden, kan dit scenario energetisch en klimatologisch aantrekkelijker worden.

Wat realiseerbaar is in Nederland hangt niet alleen af van de hoeveelheid TWh, maar ook van netcapaciteit. Netbeheer Nederland geeft met de landelijke capaciteitskaart inzicht in gebieden waar voldoende transportcapaciteit beschikbaar is en waar tekorten zijn ontstaan. Netcongestie betekent dat nieuwe grote elektriciteitsvragen of terug levering niet overal direct kunnen worden aangesloten. Dit is een belangrijke beperking voor scenario's met veel elektrificatie en groene stroom, vooral scenario 4b, 5 en 8c.

Samenvattend zijn scenario's met een stroomvraag tot ongeveer 2–3 TWh per jaar relatief beter inpasbaar, mits aansluiting en netcapaciteit beschikbaar zijn. Scenario's 3b en 8c vallen in deze categorie en lijken daardoor realistischer dan scenario 5.

Scenario 4b is technisch mogelijk, maar vraagt met 4,713 TWh groene stroom al een forse reservering van Nederlandse hernieuwbare productie.

Scenario 5 is het meest ambitieus en vraagt zó veel groene stroom dat het in Nederland alleen haalbaar lijkt met grootschalige aanvullende opwek, directe koppeling aan offshore wind of geïmporteerde groene waterstof/elektriciteit. De fossiele-stroomscenario's 4, 6, 7 en 8a zijn eenvoudiger in termen van groene-stroombehoefte, maar minder gunstig voor structurele verduurzaming omdat zij een grote fossiele elektriciteitsvraag behouden.

## 8.2 Economische analyse grondstoffen en energy

Prijsontwikkelingen voor ijzererts, schroot, HBI, cokeskolen, waterstof en elektriciteit, indicatieve marktprijzen per ton of per MWh, mei 2026.



De grondstoffen en energiedragers die relevant zijn voor staalproductie zijn onder meer ijzererts, schroot, metallurgische kolen/cokeskolen, elektriciteit en in toekomstige verduurzamings-scenario's Hot Briquetted Iron (HBI) en groene waterstof.

Bij de traditionele geïntegreerde hoogovenroute, de BF-BOF-route, is gemiddeld circa 1,37 ton ijzererts, 0,78 ton metallurgische kolen, 0,27 ton kalksteen en 0,125 ton schroot nodig om 1 ton ruwstaal te produceren. Deze verhouding is een gemiddelde en hangt af van de kwaliteit van de grondstoffen, de procesconfiguratie en de gewenste staalsoort. (worldsteel.org)

### **IJzererts**

De indicatieve benchmarkprijs voor ijzererts fines 62% Fe, China import/CFR, lag in mei 2026 rond \$100–112 per ton. Trading Economics rapporteerde op 12 mei 2026 een prijs van \$111,11 per ton voor ijzererts, op basis van een CFD die de benchmarkmarkt voor deze grondstof volgt. Deze prijs moet daarom worden gelezen als marktindicatie en niet als officiële "settlement" prijs voor alle fysieke leveringscontracten. ([Trading Economics](#))

### **Hot Briquetted Iron, HBI**

Hot Briquetted Iron, meestal afgekort als HBI, is een hoogwaardige vorm van Direct Reduced Iron, DRI.

HBI bevat doorgaans ongeveer 90–94% ijzer en kan worden ingezet als hoogwaardige metallische grondstof in elektrische ovens en andere staalroutes. Daardoor speelt HBI een belangrijke rol in scenario's voor verduurzaming van de staalindustrie, vooral wanneer het wordt geproduceerd met aardgas met CO<sub>2</sub>-afvang of met groene waterstof.

Een belangrijk voordeel van HBI is dat het door de hoge dichtheid stabiel en beter transporteerbaar is dan veel vormen van los DRI. Daardoor is maritiem transport over lange afstanden beter mogelijk.

Als tussenproduct lag de indicatieve HBI-prijs in 2025 grofweg in de orde van \$330–370 per ton, afhankelijk van regio, contractvorm, grondstofkwaliteit en energiekosten. Deze bandbreedte moet voorzichtig worden gebruikt, omdat openbare HBI-prijzdata beperkt beschikbaar zijn en formele prijsassessments vaak achter betaalmuren zitten.

### **Staalschroot**

Staalschroot is een belangrijk recycling alternatief in de staalindustrie, vooral in de elektrische-ovenroute, EAF. De prijs van schroot verschilt sterk per regio, kwaliteit en leveringsconditie. Voor internationale benchmarks, zoals HMS 1&2 of shredded scrap, lagen indicatieve prijzen in 2025–2026 vaak in de orde van \$380–430 per ton.

De schrootmarkt is relatief krap door de toenemende vraag vanuit elektrische staalfabrieken. Naarmate meer staalproducenten overstappen op EAF-routes, kan de vraag naar hoogwaardig schroot verder toenemen. Tegelijkertijd blijft de beschikbaarheid afhankelijk van sloopstromen, recyclingcapaciteit, exportbeperkingen en regionale industriële activiteit.

### **Cokeskolen en metallurgische kolen**



Voor de productie van 1 miljoen ton ruwstaal via de traditionele hoogovenroute is gemiddeld ongeveer 1,37 miljoen ton ijzererts en 780.000 ton metallurgische kolen nodig.

De indicatieve prijs voor cokeskolen lag in mei 2026 rond \$238 per ton. Deze prijs moet daarom worden gelezen als indicatieve marktinformatie en niet als universele contractprijs. ([Trading Economics](#))

De prijs van metallurgische kolen is gevoelig voor kwaliteitsspecificaties, waaronder zwavelgehalte, as gehalte, vochtgehalte, vluchtige stoffen en cokessterkte. Wanneer contractuele specificaties worden overschreden, kunnen kwaliteitskortingen of prijsboetes ontstaan. Een vaste universele zwavelnorm, zoals 0,6%, moet echter niet zonder specifieke contractbron als algemene marktregel worden gepresenteerd.

### **Groene waterstof**

De productiekosten van groene waterstof in Europa liggen in 2026 indicatief in de orde van €5–9 per kg, afhankelijk van elektriciteitsprijs, vollasturen, elektrolyse kosten, kapitaalkosten en netwerkkosten. Deze bandbreedte is vooral representatief voor gunstigere Europese projecten of algemene marktinschattingen. ([Atawey](#))

Voor Nederland liggen de kosten van lokaal geproduceerde groene waterstof momenteel hoger. PBL stelt dat groene waterstof uit elektrolyzers die nu in Nederland worden gebouwd de komende jaren ongeveer €12–16 per kg kan kosten. Deze hoge kostprijs hangt samen met investeringskosten, elektriciteitskosten, nettarieven en beperkte vollasturen. ([oeko.de](#))

In regio's met zeer gunstige zon- of windomstandigheden, zoals delen van het Midden-Oosten, Noord-Afrika en Australië, kunnen de productiekosten lager liggen. Toch moeten transport, conversie naar ammoniak of andere dragers, terug conversie, infrastructuur en certificering worden meegerekend voordat geïmporteerde waterstof met lokale Europese productie kan worden vergeleken.

### **Fossiele en groene elektriciteit**

Op Europese groothandelsmarkten wordt elektriciteit niet fysiek als “fossiel” of “groen” apart verhandeld. De kale marktprijs wordt bepaald door vraag, aanbod, brandstofkosten, CO<sub>2</sub>-prijzen, weersomstandigheden en netwerkbepalingen. De IEA rapporteerde dat de gemiddelde EU-groothandelsprijs voor elektriciteit in 2025 ongeveer USD 95/MWh bedroeg. Dit prijsniveau werd mede beïnvloed door hogere gasprijzen en EU-ETS-prijzen, die in 2025 gemiddeld rond €75 per ton CO<sub>2</sub> lagen. ([IEA](#))

Voor mei 2026 kan een kale groothandelsprijs in de orde van €80–95 per MWh als indicatieve bandbreedte worden gebruikt, maar de werkelijke prijs verschilt sterk per land, biedzone, uur, profiel en contractvorm. Voor industriële eindverbruikers komen daar transporttarieven, belastingen, heffingen, profielkosten, onbalanskosten, garanties van oorsprong en leveranciers-opslagen bij.

De totale inkoopprijs voor elektriciteit uit fossiele bronnen kan daardoor aanzienlijk hoger liggen dan de kale groothandelsprijs. Dit komt doordat fossiele elektriciteitsopwekking indirect wordt beïnvloed door brandstofprijzen en kosten voor CO<sub>2</sub>-emissierechten. Een vaste all-in bandbreedte van €160–200 per MWh moet echter alleen worden gebruikt wanneer duidelijk is



welke componenten zijn inbegrepen, bijvoorbeeld netkosten, belastingen, profielkosten, onbalans-kosten en contractopslagen.

#### Groene stroom en PPA-contracten

Grote industriële partijen kopen groene stroom vaak via langjarige Power Purchase Agreements, PPA's, met producenten van wind- of zonne-energie. Zulke contracten kunnen prijszekerheid geven voor een periode van bijvoorbeeld 10 tot 15 jaar. De prijs hangt af van technologie, land, looptijd, profielrisico, balansverantwoordelijkheid, garanties van oorsprong en de kredietwaardigheid van de afnemer.

Voor groene stroom via industriële PPA's kan een indicatieve bandbreedte van €60–90 per MWh, exclusief transport en specifieke profielkosten, realistisch zijn, maar deze bandbreedte moet per project worden gevalideerd. Om de herkomst van groene elektriciteit administratief aan te tonen, gebruikt de industrie Garanties van Oorsprong, GvO's. De prijs van GvO's varieert sterk naar land, technologie en leveringsjaar ([IEA](#)).

Hoewel de opwekkingskosten van wind- en zonne-energie in veel situaties concurrerend of lager zijn dan fossiele alternatieven, blijven voor de industrie twee grote kostenposten bestaan. Ten eerste stijgen de netwerkkosten door investeringen in netverzwaring en congestiemanagement. Ten tweede leidt de variabele productie van zon en wind tot profiel- en onbalanskosten. Wanneer het niet waait en de zon niet schijnt, moeten industriële afnemers back-upstroom inkopen, flexibiliteit contracteren, opslag gebruiken of de productie tijdelijk aanpassen.

#### Fossiele brandstoffen

De prijzen voor de fossiel brandstoffen aardas (en biogas), LNG, LPG en Light Nafta zijn vooralsnog vastgesteld op de volgende waarden, echter net als de ander prijzen zijn de waarden afhankelijk van de geopolitieke en andere economische situaties.

**Tabel 8.7 Fossiele brandstofprijzen Q1 2026 €/t**

Fossiele brandstofprijzen Q1 2026 €/t	Laag	Hoog	Midden
Aardgas	600	850	725
LNG	490	590	540
LPG	490	690	590
Light nafta	600	780	690

Alle genoemde prijzen zijn indicatieve marktbenchmarks op basis van publiek beschikbare prijsinformatie, sectorrapporten en marktdata. Ze moeten worden gelezen als afgeronde band-breedtes voor vergelijking en niet als officiële transactie prijzen of bindende contractprijzen voor een volledig kalenderjaar. Voor investeringsbeslissingen moeten prijzen altijd worden gevalideerd met actuele markt assessments, contractvoorwaarden, locatie, kwaliteit, valuta en leverings-datum.

De tabel 8.8 en 8.9 laten zien dat scenario 4b - NG DRI + EAF + CCS met groene elektriciteit economisch het gunstigst is. Dit scenario heeft de laagste totale jaarlijkse kosten: € 2.380



miljoen per jaar, oftewel € 340 per ton staal. Daarna volgt scenario 8c - EAF alleen met groene stroom, met € 2.508 miljoen per jaar en € 358 per ton staal.

**Tabel 8.8 Operationele kosten**

Scenario	Omschrijving	Kostenoverzicht grond en brandstoffen				Kostenoverzicht alternatieven				Kosten Elektriciteit		Kosten CO2		CAPEX			
		Ijzererts miljoen €	Steenkool / Kokes import miljoen €	Schroot import miljoen €	HB/DRI staal import miljoen €	Aardgas miljoen €	LPG miljoen €	Light Nafta miljoen €	Watersstof miljoen €	Fossiel stroom miljoen €	Groene stroom miljoen €	CO2 niet afgevangen miljoen €	CO2 afvang aansluiting opslag miljoen €	Totaal kosten miljoen €/j	Totaal kosten €/miljoen t staal	Capex miljoen €	
		€/t	91	220	352	313	361	590	690	7000	180	70	100	55			
0	Der nul variant (basis)	€/MWh	815	1657	370	0	110	0	0	0	105	0	1253	0	4309	616	0,00
1	Schroot van 15% naar 30%		671	1364	740	0	110	0	0	0	105	0	1043	0	4033	576	0,00
2a	NG DRI + HO6 + EAF no CCS, fossiel electra		671	341	740	0	360	0	0	0	331	0	819	0	3262	466	2,44
2b	NG DRI + HO6 + EAF no CCS, groene electra		671	341	740	0	264	0	0	0	53	108	746	0	2922	417	2,44
3a	NG DRI + HO6 + EAF + CCS, fossiel electra		671	341	740	0	408	0	0	0	470	0	555	165	3350	479	3,27
3b	NG DRI + HO6 + EAF + CCS, groene electra		671	341	740	0	264	0	0	0	53	138	544	111	2851	409	2,99
4a	NG DRI + EAF + CCS, fossiel electra		671	0	740	0	728	0	0	0	897	0	68	339	3442	492	6,57
4b	NG DRI + EAF + CCS, groene electra		671	0	740	0	418	0	0	0	0	285	45	222	2380	340	5,99
5	H2 DRI + EAF		671	0	740	0	0	0	0	2058	0	284	39	0	3791	542	5,41
6	LPG DRI + EAF met CCS		671	0	740	0	531	344	0	0	894	0	68	337	3584	512	7,09
7	Light Nafta DRI + EAF met CCS		671	0	740	0	531	0	410	0	894	0	68	337	3550	521	7,41
8a	EAF alleen + Elektriciteit Fossiel		0	0	740	1534	174	0	0	0	514	0	171	0	3123	446	2,56
8b	EAF alleen + Fossiel met CCS		0	0	740	1534	212	0	0	0	613	0	20	99	3217	460	3,06
8c	EAF alleen + Groene stroom		0	0	740	1534	0	0	0	0	0	196	39	0	2508	358	2,56

Noot De kosten van de groene elektriciteitsproductie voor waterstofproductie is verwerkt in de "overal kosten" voor groene waterstof

**Tabel 8.9 Rangschikking op totale kosten**

Rang	Scenario	Omschrijving	Totale kosten mln €/j	Kosten €/t staal	CAPEX mld €
1	4b	NG DRI + EAF + CCS, groene elektriciteit	2380	340	5,99
2	8c	EAF alleen + groene stroom	2508	358	2,56
3	3b <sup>1</sup>	NG DRI + HO6 + EAF + CCS, groene elektriciteit	2861	409	2,99
4	2b <sup>1</sup>	NG DRI + HO6 + EAF zonder CCS, groene elektriciteit	2922	417	2,44
5	8a	EAF alleen + fossiele elektriciteit	3123	446	2,56
6	8b	EAF alleen + fossiele elektriciteit met CCS	3217	460	3,06
7	2a <sup>1</sup>	NG DRI + HO6 + EAF zonder CCS, fossiele elektriciteit	3262	466	2,44



8	3a <sup>1</sup>	NG DRI + HO6 + EAF + CCS, fossiele elektriciteit	3350	479	3,27
9	4a	NG DRI + EAF + CCS, fossiele elektriciteit	3442	492	6,57
10	6	LPG DRI + EAF met CCS	3584	512	7,09
11	7	Light nafta DRI + EAF met CCS	3650	521	7,41
12	5	H <sub>2</sub> DRI + EAF	3971	542	5,41
13	1	Schroot van 15% naar 30%	4033	576	0,00
14	0	Nul variant	4309	616	0,00

<sup>1</sup> De CAPEX voor scenario's 2a, 2b, 3a en 3b behelst slechts 50% van de totale investering daar hoogoven no 6 nog in bedrijf wordt geacht in een gefaseerde implementatie.

Opvallend is dat de bestaande route, scenario 0, geen CAPEX vraagt, maar toch tot de duurste opties behoort. Dit komt vooral door hoge kosten voor steenkool/kooks en niet-afgevangen CO<sub>2</sub>.

## Analyse

### Scenario 0 en 1: lage CAPEX, maar hoge operationele kosten

Scenario 0: de nul variant heeft geen investeringskosten, maar de jaarlijkse kosten zijn hoog: € 4.309 miljoen per jaar. De grootste kostenposten zijn:

Tabel 8.10 Scenario 0 en 1

Kostenpost	Scenario 0 miljoen €/j
Steenkool/kooks	1657
CO <sub>2</sub> niet afgevangen	1253
IJzererts	815
Schroot	370
Aardgas	110
Fossiele stroom	105

De kosten voor steenkool/kooks en niet-afgevangen CO<sub>2</sub> bedragen samen € 2910 miljoen per jaar. Daarmee bestaat ongeveer twee derde van de totale kosten uit fossiele grondstoffen en CO<sub>2</sub>-kosten.

In scenario is het schroot aandeel van 15% naar 30% verlaagt de totale kosten naar € 4033 miljoen per jaar. De verbetering komt vooral door lagere ijzererts-, steenkool/kooks- en CO<sub>2</sub>-kosten. Toch blijft scenario 1 duur, omdat de hoogovenroute behouden blijft.



### Scenario 2a en 2b: NG DRI + HO6 + EAF zonder CCS

Tabel 8.11 Scenario's 2a en 2b

Scenario	Elektriciteit	Totale kosten mln €/j	Kosten €/t staal	CAPEX <sup>1</sup> mld €
2a	Fossiel	3262	466	2,44
2b	Groen	2922	417	2,44

<sup>1</sup> De CAPEX voor scenario's 2a, 2b, 3a en 3b behelst slechts 50% van de totale investering daar hoogoven no 6 nog in bedrijf wordt geacht in een gefaseerde implementatie.

Scenario's 2a en 2b zijn goedkoper dan de nul variant, doordat HO7 wordt vervangen door DRI/EAF en de inzet van steenkool/kooks sterk daalt. Het verschil tussen 2a en 2b is vooral de elektriciteitsmix.

Scenario 2b is € 340 miljoen per jaar goedkoper dan scenario 2a. Dit komt doordat groene stroom in de tabel goedkoper is dan fossiele stroom en doordat de aardgaskosten lager uitvallen. Toch blijven de CO<sub>2</sub>-kosten relatief hoog, omdat HO6 nog in bedrijf is en CCS ontbreekt.

### Scenario 3a en 3b: NG DRI + HO6 + EAF met CCS

Tabel 8.12 Scenario's 3a en 3b

Scenario	Elektriciteit	Totale kosten mln €/j	Kosten €/t staal	CAPEX <sup>1</sup> mld €
3a	Fossiel	3350	479	3,27
3b	Groen	2861	409	2,99

<sup>1</sup> De CAPEX voor scenario's 2a, 2b, 3a en 3b behelst slechts 50% van de totale investering daar hoogoven no 6 nog in bedrijf wordt geacht in een gefaseerde implementatie.

Scenario's 3a en 3b voegen CCS toe aan de hybride route. CCS verlaagt de kosten voor niet-afgevangen CO<sub>2</sub>, maar introduceert kosten voor afvang, aansluiting en opslag.

Bij scenario 3a bedragen de CO<sub>2</sub>-kosten zonder afvang nog € 555 miljoen per jaar, plus € 165 miljoen per jaar voor CO<sub>2</sub>-afvang en opslag. Bij scenario 3b zijn deze posten respectievelijk € 544 miljoen en € 111 miljoen. De resterende CO<sub>2</sub>-kosten blijven aanzienlijk, omdat HO6 nog steeds operationeel is.

Scenario 3b is duidelijk sterker dan 3a: het is € 489 miljoen per jaar goedkoper en heeft een lagere CAPEX. Dit bevestigt dat groene stroom de kostenpositie van CCS-routes sterk verbetert.

### Scenario 4a en 4b: volledige NG DRI + EAF met CCS

Tabel 8.13 Scenario's 4a en 4b

Scenario	Elektriciteit	Totale kosten mln €/j	Kosten €/t staal	CAPEX mld €
4a	Fossiel	3442	492	6,57
4b	Groen	2380	340	5,99

Scenario 4a en 4b vervangen beide hoogovens volledig door NG DRI + EAF met CCS. Hierdoor verdwijnen de kosten voor steenkool/kooks volledig.



Scenario 4b is de goedkoopste optie in de hele tabel. De belangrijkste kostenposten zijn:

De combinatie van geen steenkool/kooks, lage resterende CO<sub>2</sub>-kosten en groene stroom maakt scenario 4b financieel zeer aantrekkelijk. Wel vraagt dit scenario een hoge CAPEX van € 5,99 miljard en volledige omschakeling van de productieroute.

#### Scenario 5: H<sub>2</sub> DRI + EAF

Scenario 5 heeft hoge totale kosten: € 3972 miljoen per jaar, of € 542 per ton staal. De belangrijkste reden is de hoge waterstofkostenpost van € 2058 miljoen per jaar.

Tabel 8.14 Scenario 5

Kostenpost	Scenario 5 mln €/j
IJzererts	671
Schroot	740
Waterstof	2058
Groene stroom	284
CO <sub>2</sub> niet afgevangen	39
<b>Totaal</b>	<b>3972</b>

Scenario 5 is dus vanuit CO<sub>2</sub>-perspectief aantrekkelijk, maar economisch ongunstig bij de gehanteerde prijzen. De route wordt pas concurrerender bij veel lagere groene waterstofprijzen en lagere elektriciteitskosten.

#### Scenario 6 en 7: LPG en light nafta met CCS

Tabel 8.15 Scenario's 6 en 7

Scenario	Route	Totale kosten mln €/j	Kosten €/t staal	CAPEX mld €
6	LPG DRI + EAF met CCS	3584	512	7,09
7	Light nafta DRI + EAF met CCS	3650	521	7,41

Scenario's 6 en 7 zijn relatief duur. De kosten worden veroorzaakt door een combinatie van de hogere CAPEX, de hogere LPG en Light nafta prijs. Deze opties zijn het beste te vergelijken met scenario 4a. De CAPEX is ongeveer 10% hoger dan voor scenario 4a.

- Scenario 6 gebruikt jaarlijks € 531 miljoen aardgas en € 344 miljoen LPG.
- Scenario 7 gebruikt jaarlijks € 531 miljoen aardgas en € 410 miljoen light nafta.

Light nafta is in deze tabel duurder dan LPG, waardoor scenario 7 iets duurder uitvalt dan scenario 6. Strategisch kunnen deze routes relevant worden als LPG en light nafta goedkoper of beter beschikbaar worden door teruglopende vraag vanuit de petrochemische sector, maar



binnen deze kostenopstelling zijn ze minder aantrekkelijk dan scenario 4b of 8c. Dit is dan ook een optie om wel al ruimte voor te reserveren, maar geen ontwikkeling te doen, tot de economische en/of geopolitieke situatie sterk wijzigt.

### Scenario 8a, 8b en 8c: EAF-only routes

Tabel 8.16 Scenario's 8

Scenario	Elektriciteit / CCS	Totale kosten mln €/j	Kosten €/t staal	CAPEX mld €
8a	Fossiele stroom	3123	446	2,56
8b	Fossiele stroom + CCS	3217	460	3,06
8c	Groene stroom	2508	358	2,56

De EAF-only routes hebben geen kosten voor ijzererts en steenkool/kooks, maar wel een grote kostenpost voor HBI/DRI-import van € 1534 miljoen per jaar.

Scenario 8c is financieel zeer sterk. Het is de tweede goedkoopste optie in de tabel en vraagt een relatief lage CAPEX van € 2,56 miljard. De belangrijkste kostenposten zijn schroot, HBI/DRI-import en groene stroom.

Scenario 8b verlaagt de CO<sub>2</sub>-kosten via CCS, maar wordt duurder dan 8a door extra aardgas-, stroom- en CCS-kosten. In deze tabel is CCS bij EAF-only met fossiele stroom dus niet goedkoper dan de fossiele EAF-only route zonder CCS, maar het levert wel lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot op.

### CAPEX in scenario-perspectief

Tabel 8.17 CAPEX

Scenario	CAPEX mld €	Interpretatie
0 / 1	0,00	Geen nieuwe grote investeringen, maar hoge operationele kosten.
2a / 2b	2,44	Relatief lage transitiekosten voor hybride DRI/EAF-route.
3b	2,99	CCS + groene stroom, nog relatief beperkte CAPEX.
8a / 8c	2,56	EAF-only vraagt relatief beperkte CAPEX.
5	5,41	Hoge investering voor waterstofroute.
4b	5,99	Hoge investering, maar laagste jaarlijkse kosten.
4a	6,57	Hoge investering en minder gunstig door fossiele stroom.
6	7,09	Zeer hoge CAPEX voor LPG-route met CCS.
7	7,41	Hoogste CAPEX; light-naftaroute met CCS.

<sup>1</sup> De CAPEX voor scenario's 2a, 2b, 3a en 3b behelst slechts 50% van de totale investering daar hoogoven no 6 nog in bedrijf wordt geacht in een gefaseerde implementatie.

De tabel laat zien dat scenario 4b een hoge investeringsdrempel heeft, maar operationeel het goedkoopst is. Scenario 8c is interessant omdat het lage operationele kosten combineert met veel lagere CAPEX dan scenario 4b.

### Eindbeoordeling



Vanuit kostenperspectief zijn vooral scenario 4b en scenario 8c aantrekkelijk.

Scenario 4b NG DRI + EAF + CCS met groene elektriciteit is de goedkoopste route in jaarlijkse kosten en €/ton staal. Het nadeel is de hoge CAPEX van bijna € 6 miljard en de afhankelijkheid van CCS, aardgas en groene stroom.

Scenario 8c EAF alleen met groene stroom is de tweede goedkoopste route, met lagere CAPEX en lage operationele kosten. Het nadeel is de afhankelijkheid van geïmporteerde HBI/DRI.

Scenario 5 H<sub>2</sub> DRI + EAF is bij de gehanteerde aannames economisch het zwakst, ondanks zijn goede CO<sub>2</sub>-profiel. De waterstof - en elektriciteitskosten maken deze route voorlopig zeer duur.

Scenario 0 en 1 hebben geen CAPEX nodig, maar blijven financieel kwetsbaar door hoge kosten voor steenkool/kooks en CO<sub>2</sub>. Daardoor zijn ze op korte termijn misschien eenvoudig, maar op middellange termijn economisch risicovol.

1. Atabaş Grup. (2025, April 20). *HBI and DRI trade, production, prices and export destinations*. <https://atabas.com.tr/hbi-and-dri-trade-production-prices-and-export-destinations/>
2. Future Energy Go. (2025, January 25). *The turnaround of the Guarantees of Origin price (GO) from 10 EUR to under 1 EUR/MWh*. <https://futureenergygo.com/guarantees-of-origin-price/>
3. International Energy Agency. (2026). *Prices – Electricity 2026: Analysis*. <https://www.iea.org/reports/electricity-2026/prices>
4. International Iron Metallics Association. (n.d.). *Hot briquetted iron (HBI)*. <https://www.metallics.org/about-metallics/hbi/>
5. International Iron Metallics Association. (2025). *HBI: A guide to shipping, handling and storage*. [https://www.metallics.org/wp-content/uploads/2025/08/IIMA\\_Guide\\_SHS\\_HBI\\_August\\_2025.pdf](https://www.metallics.org/wp-content/uploads/2025/08/IIMA_Guide_SHS_HBI_August_2025.pdf)
6. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. (2025). *Groene waterstof: De praktische uitdagingen tussen droom en werkelijkheid*. <https://www.pbl.nl/downloads/pbl-2025-groene-waterstof-de-praktische-uitdagingen-tussen-droom-en-werkelijkheid-5608pdf>
7. S&P Global Commodity Insights. (2026, January 2). *Platts changes EU Guarantees of Origin assessments to AIB Guarantees of Origin*. <https://www.spglobal.com/energy/en/pricing-benchmarks/our-methodology/subscriber-notes/01022-6-platts-changes-eu-guarantees-of-origin-assessments-to-aib-guarantees-of-origin>
8. Trading Economics. (2026a). *Coking coal – Price, chart, historical data, news*. Retrieved May 13, 2026, from <https://tradingeconomics.com/commodity/coking-coal>
9. Trading Economics. (2026b). *Iron ore – Price, chart, historical data, news*. Retrieved May 13, 2026, from <https://tradingeconomics.com/commodity/iron-ore>
10. World Steel Association. (2023). *Steel and raw materials: Fact sheet*. <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Fact-sheet-raw-materials-2023-1.pdf>



### 8.3 Investing aspecten voor schonere staalproductie via DRI en EAF

Staal is onmisbaar voor woningen, havens, bruggen, energie-infrastructuur, voertuigen en industrie. Tegelijk is staalproductie één van de moeilijkste sectoren om te verduurzamen, omdat traditionele staalproductie veel kolen en cokes gebruikt.

Voor beleidsmakers is de kernvraag niet alleen: “welke technologie is het schoonst?”, maar ook: welke infrastructuur, energievoorziening en investeringen zijn nodig om deze route betrouwbaar te laten werken?

#### 1. De basisroute: aardgas-DRI + EAF

De gangbare commerciële DRI-route gebruikt meestal aardgas als reductiemiddel. Aardgas wordt omgezet in een gasmengsel met waterstof en koolmonoxide, waarmee ijzererts wordt gereduceerd.

Voor een moderne aardgas-DRI + EAF-installatie, exclusief walsen en exclusief waterstof-productie, is dit een realistische investeringsbandbreedte:

Tabel 8.18 Basisroute: aardgas-DRI + EAF

Onderdeel	Richtwaarde \$/tpa	Middenwaarde €/tpa*
DRI-installatie op aardgas	500–600	473
Elektrische vlamboogoven, EAF	350–500	366
Totaal aardgas-DRI + EAF	850–1.100	839

\* US \$ to € = 1.16

#### 2. DRI met LPG of light nafta: waarom wordt het duurder?

Sommige landen en eilandoeconomieën hebben geen goedkoop aardgas via pijpleidingen, maar wel toegang tot LPG of lichte nafta. Deze brandstoffen zijn technisch bruikbaar voor DRI, maar vragen extra voorbehandeling. Aardgas is relatief licht en eenvoudig te reformeren, terwijl LPG en vooral light nafta zwaardere koolwaterstoffen bevatten.

Zonder voorbehandeling kunnen deze componenten leiden tot roetvorming, koolafzetting en katalysatorproblemen. Daarom is een pre-reformer nodig, die de zwaardere fracties eerst omzet in een beter beheersbaar gasmengsel voor de hoofd reformer. Bij zwaardere feedstocks zijn vooral zwavelvergiftiging en coke vorming belangrijke risico's. Daardoor ligt de DRI-CAPEX hoger dan bij aardgas.



## LPG-DRI + EAF

Tabel 8.19 LPG-DRI + EAF

Onderdeel	Richtwaarde \$/tpa	Middenwaarde €/tpa *
DRI-basisinstallatie	500–600	473
Extra LPG-front-end: verdamping, ontzwaveling, pre-reformer, stoomintegratie	80–150	99
Totaal DRI op LPG	600–750	581
EAF	350–500	366
Totaal LPG-DRI + EAF	950–1.250	925

\* US \$ to € = 1.16

## Light nafta-DRI + EAF

Light nafta is technisch complexer dan LPG. Deze brandstof vraagt extra aandacht voor verdamping, superheating, ontzwaveling, guard beds en de bescherming van katalysatoren.

Tabel 8.20 Light Nafta PG-DRI + EAF

Onderdeel	Richtwaarde \$/tpa	Middenwaarde €/tpa*
DRI-basisinstallatie	500–600	473
Extra nafta-front-end: verdamping, ontzwaveling, pre-reformer, guard beds, stoomintegratie	120–220	146
Totaal DRI op light nafta	650–850	645
EAF	350–500	366
Totaal nafta-DRI + EAF	1.000–1.350	1011

\* US \$ to € = 1.16



Voor de besluitvorming is vooral dit van belang: LPG en light nafta maken de fabriek niet automatisch klimaatneutraal. Ze kunnen nuttige overgangsbrandstoffen zijn, of een alternatief waar aardgas ontbreekt, maar het blijven fossiele koolwaterstoffen. De klimaatwinst hangt daarom af van efficiëntie, CO<sub>2</sub>-intensiteit, eventuele CO<sub>2</sub>-afvang en een latere overstap naar waterstof.

### 3. Waterstof-DRI: twee totaal verschillende investeringsvragen

Bij waterstof-DRI moet men altijd onderscheid maken tussen twee situaties.

#### Situatie A: waterstof wordt extern geleverd

In dit geval hoeft de staalfabriek zelf geen elektrolyzers te bouwen. De fabriek koopt waterstof in via een pijpleiding, haven, industrieel cluster of waterstof hub. De DRI-installatie wordt dan ontworpen voor waterstofgebruik, met extra aandacht voor gasverwarming, waterdamp-verwijdering, recycling en veiligheid.

**Tabel 8.20 H<sub>2</sub>-DRI + EAF (externe H<sub>2</sub> productie)**

Onderdeel	Richtwaarde \$/tpa	Middenwaarde €/tpa*
H <sub>2</sub> -DRI-installatie, exclusief waterstofproductie	600–750	581
EAF	350–500	366
Totaal H <sub>2</sub> -DRI + EAF, zonder elektrolyse	950–1.250	946

\* US \$ to € = 1.16

Deze case lijkt qua investeringsniveau op LPG-DRI, maar het grote verschil zit in de brandstof: bij H<sub>2</sub>-DRI komt de klimaatprestatie vooral uit de herkomst van de waterstof.

#### Situatie B: de fabriek produceert zelf groene waterstof

In dit geval moet de staalfabriek ook investeren in:

- elektrolyzers;
- waterzuivering;
- compressie;
- buffertanks of opslag;
- elektrische infrastructuur;
- veiligheidssystemen;
- koppeling met hernieuwbare stroom.

Dan wordt het project veel kapitaalintensiever.

**Tabel 8.21 H<sub>2</sub>-DRI + EAF (eigen H<sub>2</sub> productie)**



Onderdeel	Richtwaarde \$/tpa	Middenwaarde €/tpa*
H <sub>2</sub> -DRI-installatie	600–750	581
EAF	350–500	366
Elektrolyser + waterstofinfrastructuur	800–1.800	1118
Totaal geïntegreerde groene H <sub>2</sub> -DRI + EAF	1.750–3.000	2046

\* US \$ to € = 1.16

### CAPEX voor een amine CO<sub>2</sub>-absorber + regeneratie-unit

Bij de economische evaluatie van CO<sub>2</sub>-afvangprojecten is het belangrijk onderscheid te maken tussen de kapitaalkosten (CAPEX) en de afvangkosten (capture cost). Deze begrippen worden regelmatig door elkaar gebruikt, terwijl zij verschillende aspecten van de projecteconomie beschrijven.

De kapitaalkosten (CAPEX) vertegenwoordigen de investering die nodig is voor de bouw van de CO<sub>2</sub>-afvanginstallatie en worden doorgaans uitgedrukt als euro per ton jaarlijkse afvangcapaciteit (€/tCO<sub>2</sub>-jaar). Voor grootschalige post-combustion amine-installaties worden in techno-economische studies typisch waarden van ongeveer €150–400 per tCO<sub>2</sub>-jaar gerapporteerd, waarbij voor transitiestudies vaak een centrale waarde van €250–300 per tCO<sub>2</sub>-jaar wordt gehanteerd.

Deze investeringskosten omvatten normaal gesproken de:

- absorptiekolom,
- stripper/regenerator,
- solventcirculatiesysteem,
- warmtewisselaars,
- reboiler,
- condensor,
- pompen,
- solventreclaiming,
- utilities en
- basis rookgasconditionering.

Niet inbegrepen zijn CO<sub>2</sub>-transportinfrastructuur, geologische opslag, omvangrijke rookgasvoor-behandeling, grote energievoorzieningsaanpassingen, civiele werken, financieringskosten, owner's costs en contingencies.

Voor een geïntegreerde staalfabriek met een afvangcapaciteit van 7 MtCO<sub>2</sub> per jaar resulteert een CAPEX-intensiteit van €250–300 per tCO<sub>2</sub> jaar in een totale investering van circa €1,75–2,10 miljard. De bredere bandbreedte van €150–400 per tCO<sub>2</sub>-jaar komt overeen met een investering van ongeveer €1,05–2,80 miljard.



De afvangkosten (capture cost) vertegenwoordigen daarentegen de totale kosten per ton daadwerkelijk afgevangen CO<sub>2</sub> gedurende de exploitatie van de installatie. Deze kosten omvatten o.a. de jaarlijkse kapitaalkosten als de operationele kosten, waaronder energieverbruik, stoom-voorziening, solventverbruik, onderhoud, personeel en overige operationele uitgaven. Voor grootschalige industriële amine-gebaseerde CO<sub>2</sub>-afvanginstallaties wordt in transitiestudies vaak gerekend met afvangkosten van ongeveer €80–100 per ton afgevangen CO<sub>2</sub>, met een gevoeligheidsbandbreedte van circa €50–150 per ton CO<sub>2</sub>. Voor een staalfabriek met een afvang-capaciteit van 7 MtCO<sub>2</sub> per jaar komt dit overeen met jaarlijkse afvangkosten van ongeveer €560–700 miljoen in de basisvariant.

Voor staaltoepassingen blijven de uiteindelijke investerings- en exploitatiekosten sterk afhankelijk van de rookgassamenstelling, de gekozen afvangtechnologie, de gewenste afvanggraad, de mate van warmte-integratie, de retrofitcomplexiteit en de lokale energieprijzen. Daarom is een project specifieke techno-economische analyse noodzakelijk voor een betrouwbare kostenraming.

1. Aromada, S. A., Eldrup, N. H., & Øi, L. E. (2021). Capital cost estimation of CO<sub>2</sub> capture plant using Enhanced Detailed Factor (EDF) method: Installation factors and plant construction characteristic factors. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 110, 103394.
2. Roussanaly, S., Berghout, N., Fout, T., Garcia, M., Gardarsdottir, S., Nazir, S. M., & Ramirez, A. (2021). Towards improved cost evaluation of Carbon Capture and Storage from industry. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 106, 103263.
3. IEAGHG. (2018). Cost of CO<sub>2</sub> Capture in the Industrial Sector: Cement and Iron and Steel Industries (2018-TR03).
4. Opmerking: De bandbreedtes (€150–400/tCO<sub>2</sub>-jaar en €50–150/tCO<sub>2</sub> capture cost) zijn literatuurgebaseerde ordegrottes voor transitie- en techno-economische studies. Ze zijn geen letterlijk citaat uit één enkele bron, maar een synthese van de bovengenoemde studies en gangbare CCS-kostenanalyses. Dat onderscheid is belangrijk voor academische nauwkeurigheid.



#### 4. Beleidsmatige vergelijking van de routes

Tabel 8.21 Beleidsmatige vergelijking van de routes

Route	DRI/ front-end €/tpa	EAF €/tpa	Totaal CAPEX €/tpa	Beleidsduiding
Aardgas-DRI + EAF	473	366	<b>839</b>	Goedkoopste commerciële overstaproute, maar fossiel.
LPG-DRI + EAF	581	366	<b>925</b>	Nuttig waar aardgas ontbreekt; extra pre-reformer nodig.
Light nafta-DRI + EAF	645	366	<b>1011</b>	Technisch complexer door zwaardere feedstock.
H <sub>2</sub> -DRI + EAF, waterstof extern geleverd	581	366	<b>946</b>	Interessant als er een betrouwbare H <sub>2</sub> -hub is.
Geïntegreerde groene H <sub>2</sub> -DRI + EAF	581+1118	366	<b>2046</b>	Grootste klimaatpotentieel, maar hoogste kapitaal- en stroomvraag.

#### Beschrijving van het investeringsscenario 2026–2047

Zie spreadsheet.

#### Gefaseerde omschakeling naar aardgas-DRI

Dit scenario beschrijft een gefaseerde omschakeling van een bestaande staalproductie-installatie naar een DRI–EAF-route op aardgas. De analyse loopt van 2026 tot en met 2047 en gebruikt een jaarlijkse inflatie van 2%. Alle kosten en opbrengsten worden daardoor jaarlijks geïndexeerd. De gebruikte discontovoet voor de contante waarde berekening is 10%.

De staalproductie wordt gedurende de hele periode constant gehouden op 7 miljoen ton staal per jaar. De verkoopprijs van staal bedraagt in 2026 650 €/t, wat overeenkomt met een jaarmzet van ongeveer €4,55 miljard. Door inflatie stijgt deze omzet geleidelijk tot ongeveer €6,90 miljard in 2047.



**Figuur 2 Gefaseerde omschakeling naar aardgas-DRI**

Jar		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047
Inflatie	2%	1	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
Scenario		1	1.02	1.040	1.061	1.082	1.104	1.126	1.149	1.172	1.195	1.219	1.243	1.268	1.294	1.319	1.346	1.373	1.400	1.428	1.457	1.486	1.516
Project start	2027											Totale investering over 2 fasen											
	Project duur 4 jaar																						
	1ste DRI en 1ste EAF operationeel in 2031											Fase 1 3.3											
	Electriciteit fossiel met CCS											Fase 2 2.4											
												Totaal 5.7											
	2de DRI en 2de EAF operationeel in 2039																						
	Electriciteit groen																						
Capex expenditure in 4 years		1 DRI plus EAF prijsniveau 2026										1 DRI plus EAF prijsniveau 2026										Totaal	
Jaar	Jaarlijks	Ommutatief	Staal	CCS	Totaal miljoen €																		
1	10%	10%	244.0	82.6	244.0																		
2	30%	40%	732.0	247.9	732.0																		
3	40%	30%	975.9	308.5	975.9																		
4	20%	100%	498.0	168.3	498.0																		
	S/12026				2439.9																		
Staal productiemiljard t/j		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Inkomsten Miljard €	650	4.55	4.64	4.73	4.83	4.93	5.02	5.12	5.23	5.33	5.44	5.55	5.66	5.77	5.89	6.00	6.12	6.25	6.37	6.50	6.63	6.76	6.90
Kosten pre project	576	4.03	4.11	4.20	4.28	4.37																	
Project kosten fase 1			0.33	1.02	1.39	0.71																	
Kosten post project fase 1 Bestaand	576																						
Kosten post project fase 1 Nieuw	479																						
Project kosten fase 2																							
Kosten post project fase 2	340																						
Totaal		0.52	0.19	-0.48	-0.84	-0.15	0.95	0.97	0.99	1.01	0.73	0.15	-0.15	0.47	2.81	2.86	2.92	2.98	3.04	3.10	3.16	3.22	3.29
Discount %	10%																						
NPV	€ 6.96																						

**NPV en economische betekenis**

De berekende NPV is positief: € 6,96 miljard bij een disconteringsvoet van 10%. Dat is een sterke positieve uitkomst. Dit betekent dat de toekomstige netto kasstromen, zelfs na aftrek van de investeringskosten en verdiscontering, aanzienlijk hoger zijn dan de kapitaalsuitgaven.

De positieve NPV komt vooral door drie elementen:

Factor	Effect
Lagere kosten per ton na fase 1	Verbeterd kasstroom vanaf 2031
Verdere kostendaling na fase 2	Grote kasstroomsprong vanaf 2040
Inflatie-indexatie van inkomsten	Omzet stijgt jaarlijks bij gelijke productie

De uitkomst is financieel aantrekkelijk, maar hangt sterk af van enkele aannames:

Risico	Toelichting
Staalprijs	De omzet is gebaseerd op € 650/t en jaarlijkse inflatie. Lagere staalprijzen kunnen de NPV sterk drukken.
Kosten per ton	De post-projectkosten van € 479/t en € 340/t zijn bepalend voor de positieve kasstroom.
CAPEX-overschrijding	Vooraf fase 1 en fase 2 zijn kapitaalintensief. Hogere investeringskosten verlagen de NPV.



Timing	Vertraging van operationele start in 2031 of 2039 schuift kasstroomvoordelen naar achteren.
Discontovoet	Bij een hogere kapitaalkostenvoet daalt de contante waarde van de voordelen na 2040.
Energie- CO <sub>2</sub> -prijzen	en De kostendaling is afhankelijk van aannames over stroom, CCS, aardgas en CO <sub>2</sub> -kosten.

### Conclusie

De tabel laat een economisch sterk gefaseerd transitie scenario zien. De eerste fase veroorzaakt tussen 2027 en 2030 een duidelijke investeringsdruk, met negatieve kasstromen in 2028, 2029 en 2030. Vanaf 2031 verbetert de kasstroom sterk door de ingebruikname van de eerste DRI + EAF. De tweede fase veroorzaakt opnieuw een tijdelijke dip rond 2036–2039, maar vanaf 2040 ontstaat de grootste structurele verbetering, met jaarlijkse kasstromen boven € 2 miljard.

De positieve NPV van € 6,96 miljard wijst erop dat het project onder deze aannames economisch aantrekkelijk is. De kern van de businesscase is dat hoge investeringen vooraf worden terugverdiend door een veel lagere kostenbasis per ton staal na transitie: eerst van € 576/t naar € 479/t, en uiteindelijk naar € 340/t (groene stroom effect).



### Volledige aardgas-DRI-EAF-ombouw in één projectfase

Dit scenario beschrijft een volledige omschakeling naar 2 DRI-installaties en 2 EAF's in één investeringsronde. In tegenstelling tot het vorige scenario, waarin de transitie in twee fasen werd uitgevoerd, wordt hier de volledige DRI-EAF-capaciteit al in de eerste projectfase gebouwd.

**Figuur 3 Volledige aardgas-DRI-EAF-ombouw in één projectfase**

Jar	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047		
Inflatie	2%	1	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02		
Scenario	1	1,02	1,040	1,061	1,082	1,104	1,126	1,149	1,172	1,195	1,219	1,243	1,266	1,294	1,319	1,346	1,373	1,400	1,428	1,457	1,486	1,516		
Project start	<b>2027</b> Project duur 4 jaar Full DRI project Electriciteit fossiel met CCS t/m 2038 Vanaf 2039 Electriciteit groen					Totale investering over 2 fasen Fase1 6,6 Fase2 0,0 Totaal 6,6																		
Capex expenditure in 4 years	2 DRI plus 2 EAF Jaarlijks Cumulatief Staal CCS Totaal 1 10% 10% 488 169,3 657,2 2 30% 40% 1464 507,8 1971,7 3 40% 60% 1982 677,1 2659,0 4 20% 100% 976 338,6 1314,5																							
Staal productie milj t/j	\$/T2026					7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		
Inkomsten Miljard €	650	4,55	4,64	4,73	4,83	4,93	5,02	5,12	5,23	5,33	5,44	5,55	5,66	5,77	5,89	6,00	6,12	6,25	6,37	6,50	6,63	6,76	6,90	
Kosten preproject	576	4,03	4,11	4,20	4,28	4,37																		
Project kosten fase 1	0,67					2,05	2,79	1,42																
Kosten post project fase 1 Bestaand						3,90	3,98	3,95	4,00	4,11	4,20	4,28	4,37											
Kosten post project fase 1 Nieuw	-492																							
Project kosten fase 2																3,03	3,14	3,20	3,27	3,33	3,40	3,47	3,54	3,61
Kosten post project fase 2	-240																							
Totaal	0,52	-0,14	-1,51	-2,24	-0,86	1,22	1,25	1,27	1,30	1,32	1,35	1,38	1,40	2,81	2,86	2,92	2,98	3,04	3,10	3,16	3,22	3,29		
Discount %	10%																							
NPV	€ 6,46																							

Dit scenario beschrijft een versneld volledig DRI/EAF-transitiescenario waarbij het project in 2027 start en in één bouwfase van vier jaar wordt uitgevoerd. In tegenstelling tot een gefaseerde aanpak wordt hier direct geïnvesteerd in 2 DRI-installaties en 2 EAF's. De totale investering bedraagt € 6,6 miljard, waarvan circa € 4,88 miljard voor staalinstallaties en circa € 1,69 miljard voor CCS. De installatie is vanaf 2031 operationeel. Tot en met 2038 draait het systeem met fossiele elektriciteit en CCS; vanaf 2039 wordt overgeschakeld naar groene elektriciteit.

De investeringsuitgaven zijn verdeeld over vier jaren volgens een klassiek CAPEX-profiel van 10% / 30% / 40% / 20%. Daardoor bedragen de projectkosten ongeveer € 0,67 miljard in 2027, € 2,05 miljard in 2028, € 2,79 miljard in 2029 en € 1,42 miljard in 2030. De grootste financieringsdruk ligt dus in 2028 en 2029, met 2029 als zwaarste investeringsjaar. Dit is ook zichtbaar in de kasstroom: de totale kasstroom wordt negatief in de bouwperiode, met als dieptepunt -€ 2,24 miljard in 2029.

Na ingebruikname in 2031 verbetert het financiële beeld sterk. De productiekosten dalen dan naar € 492 per ton staal voor de volledige nieuwe DRI/EAF-route met fossiele elektriciteit en CCS. Bij een constante staalproductie van 7 miljoen ton per jaar en een geïndexeerde staalprijs stijgt de jaarlijkse kasstroom vanaf 2031 naar ongeveer € 1,22 miljard, oplopend tot € 1,40 miljard in 2038. Dit laat zien dat de volledige omschakeling na de bouwfase een duidelijke structurele verbetering oplevert ten opzichte van de pre-projectkosten van € 576 per ton.



Vanaf 2039 treedt een tweede verbetering op, niet door extra CAPEX, maar door de overstap naar groene elektriciteit. De kostenbasis daalt dan verder naar € 340 per ton staal. Hierdoor stijgt de jaarlijkse kasstroom fors, van € 1,40 miljard in 2038 naar € 2,81 miljard in 2039. Daarna loopt de kasstroom door inflatie en stijgende inkomsten verder op tot € 3,29 miljard in 2047.

De tabel laat daarmee zien dat dit scenario een zware initiële investeringspiek kent, maar daarna een sterke operationele verbetering oplevert. De negatieve kasstromen liggen geconcentreerd in de bouwjaren 2027–2030, terwijl vanaf 2031 structureel positieve kasstromen ontstaan. De grootste economische sprong ontstaat vanaf 2039, wanneer groene stroom wordt ingezet en de kosten per ton staal dalen van € 492/t naar € 340/t.

De berekende NPV van € 6,46 miljard bij een discontovoet van 10% wijst erop dat dit scenario onder de gehanteerde aannames financieel aantrekkelijk is. Vergeleken met een gefaseerde aanpak vraagt dit scenario meer kapitaal aan het begin, maar levert het ook eerder volledige operationele voordelen op. De belangrijkste kwetsbaarheden blijven de hoge CAPEX in de eerste vier jaar, de beschikbaarheid en prijs van groene elektriciteit vanaf 2039, de werking van CCS tot die tijd en de aanname dat de staalprijs jaarlijks met 2% meegroeit.

Vanaf 2031 keert het beeld om. De nieuwe installatie is dan operationeel en de kostenbasis daalt naar € 492 per ton staal, waardoor de kasstroom positief wordt met ongeveer € 1,22 miljard in 2031.

De kern van de cashflowdruk zit dus niet in de structurele rentabiliteit van het project, maar in de hoge financieringsbehoefte tijdens de bouwfase.



### Beschrijving scenario: gefaseerde omschakeling naar H<sub>2</sub>-DRI

Dit scenario beschrijft een gefaseerde transitie naar DRI-EAF-staalproductie, waarbij de **eerste stap nog gebaseerd is op NG-DRI** en de tweede stap overstapt naar H<sub>2</sub>-DRI.

De productie blijft gedurende de hele periode constant op 7 miljoen ton staal per jaar. De analyse loopt van 2026 tot en met 2047, met 2% jaarlijkse inflatie en een discontovoet van 10%.

**Figuur 4 Gefaseerde omschakeling naar H<sub>2</sub>-DRI**

Jar		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	
Inflatie	2%	1	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	
Scenario		1	1.02	1.040	1.061	1.082	1.104	1.126	1.149	1.172	1.195	1.219	1.243	1.268	1.294	1.319	1.346	1.373	1.400	1.428	1.457	1.486	1.516	
Project start	2027						Totale investering over 2 fasen																	
	Project duur 4 jaar						Fase 1 3,3																	
	1ste DRI en 1ste EAF operationeel in 2031						Fase 2 2,7																	
	Electriciteit fossiel met CCS						Totaal 6,0																	
	Pre-invest for H2 DRI																							
	2de DRI en 2de EAF operationeel in 2039																							
	Electriciteit groen																							
Capex expenditure in 4 years		1 DRI plus EAF prijsniveau 2026					1 DRI plus EAF prijsniveau 2026																	
Jar		Jaarlijks	Cumulatief	Staal	CCS	Totaal miljoen €	Jaarlijks	Cumulatief	Staal	CCS	Totaal miljoen €													
1	10%	10%	244.0	82.6	326.6	270.4	10%	10%	270.4	0.0	270.4													
2	30%	40%	752.0	247.9	999.9	811.3	30%	40%	811.3	0.0	811.3													
3	40%	80%	975.9	330.5	1306.4	1091.8	40%	80%	1091.8	0.0	1091.8													
4	20%	100%	499.0	165.3	664.3	540.9	20%	100%	540.9	0.0	540.9													
		Σ1/2026					2704.5																	
Staal productie (milj. t)		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
Inkomsten (Miliard €)		660	4.55	4.64	4.73	4.83	4.93	5.02	5.12	5.23	5.33	5.44	5.55	5.66	5.77	5.89	6.00	6.12	6.25	6.37	6.50	6.63	6.76	6.90
Kosten pre project		576	4.03	4.11	4.20	4.28	4.37																	
Project kosten fase 1				0.33	1.02	1.39	0.71																	
Kosten post project fase 1 Bestaand		576						2.23	2.27	2.32	2.36	2.41	2.46	2.51	2.56									
Kosten post project fase 1 Nieuw		479						1.65	1.99	1.92	1.96	2.00	2.04	2.08	2.12									
Project kosten fase 2											0.32	0.99	1.35	0.69										
Kosten post project fase 2		542											4.90	5.00	5.10	5.20	5.31	5.41	5.52	5.63	5.75			
Totaal			0.52	0.19	-0.48	-0.84	-0.15	0.95	0.97	0.99	1.01	0.70	0.06	-0.28	0.40	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.11	1.13	1.15
Discount %		10%																						
NPV		€ 3.59																						

De uitkomst is financieel duidelijk zwakker dan die van de eerdere aardgas-/groene-elektriciteitsscenario's: NPV: €3.59 miljard.

Dit betekent dat het scenario, onder deze aannames marginaal rendabel is.

Het scenario bestaat uit twee fasen:

Hieronder staat de analyse van dit scenario. Dit scenario lijkt op de eerdere gefaseerde DRI/EAF-route, maar met één belangrijk verschil: fase 2 wordt voorbereid als H<sub>2</sub> DRI-route, waardoor de kosten na 2039 sterk stijgen in plaats van dalen.

Fase	Inhoud	Operationeel vanaf	Kostenbasis na ingebruikname	Investering
Fase 1	1e DRI + 1e EAF met CCS	2031	combinatie bestaand + nieuw	€ 3,3 mld
Fase 2	2e DRI + 2e EAF, voorbereid op H <sub>2</sub> DRI	2039	€ 542/t staal	€ 2,7 mld
Totaal	Gefaseerde transitie	2039 volledig operationeel	H <sub>2</sub> -kostenbasis	€ 6,0 mld



De eerste fase is financieel positief na ingebruikname. De tweede fase veroorzaakt echter een structurele verslechtering, omdat de kostenbasis na 2039 stijgen naar € 542/t (voornamelijk H<sub>2</sub> gerelateerd). Dat is hoger dan de NG DRI + CCS groene route van € 340/t uit de eerdere scenario's.

De cashflowdruk in fase 1 is duidelijk, maar beheersbaar. De zwaarste jaren zijn 2028 en 2029, met het dieptepunt in 2029. Vanaf 2031 is fase 1 operationeel en verbetert de cashflow.

De NPV bedraagt € 3,59 miljard bij een discontovoet van 10%. Dat is positief, maar duidelijk minder sterk dan de eerdere varianten met volledige NG DRI/EAF + CCS of groene elektriciteit.

De positieve NPV komt vooral door de goede kasstromen in de periode 2031–2035. De latere lagere kasstromen na 2039 drukken de waarde sterk, maar wegen door verdiscontering minder zwaar dan eerdere kasstromen.

Daarom is deze NPV kwetsbaar. Kleine tegenvallers kunnen het project snel onaantrekkelijk maken, bijvoorbeeld:

Risico	Effect
Hogere CAPEX	Drukt de NPV direct.
Hogere waterstofprijs	Kan leiden tot negatieve kasstromen na 2039.
Lagere staalprijs	Verlaagt inkomsten en marge.
Vertraging fase 1	Stelt de positieve kasstromen vanaf 2031 uit.
Hogere discontovoet	Verlaagt de waarde van toekomstige kasstromen.

### Vergelijking met strategische logica

Dit scenario is strategisch begrijpelijk: eerst een tussenstap met DRI-NG/EAF + CCS, daarna voorbereid zijn op H<sub>2</sub> DRI. Vanuit verduurzaming kan dat aantrekkelijk zijn, omdat het een pad opent richting een zeer lage CO<sub>2</sub>-uitstoot.

Financieel is het echter minder overtuigend. De eerste fase creëert waarde, maar de tweede fase vernietigt een deel van die waarde doordat de waterstofroute onder de gehanteerde aannames te duur is. De tabel laat daarmee zien dat H<sub>2</sub>-ready investeren niet automatisch economisch aantrekkelijk is zolang waterstof duur blijft.

### Eindconclusie

Dit scenario heeft een positief begin, maar een zwak eindbeeld. De eerste fase levert vanaf 2031 duidelijke financiële voordelen op, met jaarlijkse positieve cashflows rond € 1 miljard. De tweede fase vraagt extra CAPEX en leidt vanaf 2039 tot marginaal positieve cashflow wat zeer afhankelijk is van de waterstof prijs.

De NPV blijft met € 3,59 miljard nog positief, maar de marge is beperkt door de waterstof kosten. De break-even waterstof prijs zal bij de aangenomen prijs scenario's rond € 2.0/kg H<sub>2</sub> liggen.

De kernconclusie is daarom:



Dit scenario is alleen aantrekkelijk als opstap naar H<sub>2</sub> DRI wanneer waterstofkosten en groene-stroomkosten vóór 2039 substantieel dalen. Onder de huidige aannames is de eerste fase waarde creërend, maar de H<sub>2</sub>-gebaseerde tweede fase maakt het totaalproject financieel kwetsbaar.

#### Vergelijking met de eerdere scenario's

Scenario	Kenmerk	NPV
<b>Gefaseerde NG/green-electricity route</b>	Eerst 1 DRI/EAF, later 2e DRI/EAF met groene elektriciteit	€ 6,96 miljard
<b>Volledige DRI-EAF in één fase</b>	2 DRI + 2 EAF direct operationeel in 2031	€ 6,46 miljard
<b>H<sub>2</sub>-DRI scenario</b>	Eerste fase NG-DRI, tweede fase H <sub>2</sub> -DRI vanaf 2039	€ 3.59 miljard

De H<sub>2</sub>-route scoort dus financieel slechter, ondanks een klein klimaatvoordeel. De kernoorzaak is de hoge operationele kost van waterstof in dit scenario.

#### Korte conclusie

De analyse laat zien dat een gefaseerde overstap naar H<sub>2</sub>-DRI technisch haalbaar is, marginaal meer CO<sub>2</sub> reduceert en financieel kwetsbaar blijft.

De eerste fase, waarin vanaf 2031 NG-DRI met EAF wordt toegepast, genereert positieve kasstromen.

De tweede fase, waarin vanaf 2039 wordt overgeschakeld op H<sub>2</sub>-DRI, komt echter uit op een kostenniveau van €542 per ton staal. Daardoor worden de jaarlijkse kasstromen vanaf 2039 structureel minder.

De kernconclusie is dat de H<sub>2</sub>-DRI-route onder deze aannames een minder rendabele businesscase vormt. Financiële haalbaarheid vereist goedkopere waterstof, een hogere marktprijs voor groen staal, effectieve CO<sub>2</sub>-beprijzing, een CfD-regeling of andere publieke beleidsinstrumenten.

Voor politici betekent dit dat DRI-EAF niet moet worden gezien als een gewone technologiekeuze, maar vooral als een infrastructuurkeuze. Een fabriek die draait op aardgas, LPG, nafta of waterstof kan vergelijkbaar staal produceren, maar vraagt om een wezenlijk andere energievoorziening, logistiek, veiligheidsaanpak en CO<sub>2</sub>-strategie.

Waterstof-DRI wordt alleen betaalbaar en klimatologisch wanneer de volledige waterstofketen op orde is. Zonder goedkope, betrouwbare en koolstofarme waterstof is een H<sub>2</sub>-DRI-fabriek economisch kwetsbaar en kan daardoor moeilijk concurreren. De IEA laat zien dat elektrolyseren projectkosten per regio sterk uiteenlopen, en dat engineering en bouw een groot deel van de totale investering bepalen.



Overgangsroutes (voor de komende 20 jaar) kunnen daarom een belangrijke rol spelen. Aardgas-DRI kan de CO<sub>2</sub>-uitstoot sterk verlagen ten opzichte van klassieke kolenroutes, terwijl LPG of lichte nafta relevant kan zijn op locaties zonder aardgasnet. Het wordt wel aanbevolen deze routes zo te ontwerpen dat een latere overstap naar waterstof technisch en economisch mogelijk blijft.

Publiek beleid moet daarbij verder gaan dan het subsidiëren van apparatuur. Nodig zijn betrouwbare elektriciteitsinfrastructuur, toegang tot betaalbare laag-koolstofwaterstof, langjarige afnamecontracten voor groen staal, tijdige vergunningen en netaansluitingen, opleiding en arbeidsmarktbeleid, een duidelijke CO<sub>2</sub>-prijs of productnorm, en financiering die de hoge aanvangsinvestering verlaagt.

Financieringsinstrumenten voor staal de-carbonisatie moet niet alleen kapitaal bieden, maar ook projectontwikkeling, technische assistentie, risicoreductie, monitoring en afspraken met afnemers moeten ondersteunen. Voor beleid betekent dit dat staalverduurzaming niet alleen een fabrieksinvestering is, maar een systeeminvestering in elektriciteit, waterstof, infrastructuur, vergunningen, financiering en afzetmarkten voor laag-koolstofstaal.

1. Climate Policy Initiative. (2022). *Financing steel decarbonization*. Climate Policy Initiative.
2. European Economic and Social Committee. (2022). *Hydrogen for the decarbonization of the resources and energy intensive industries*. European Economic and Social Committee.
3. Hüttel, A., & Lehner, J. (2024). *Revisiting investment costs for green steel: Capital expenditures, firm level impacts, and policy implications* (DIW Discussion Paper No. 2082). DIW Berlin.
4. International Energy Agency. (2025). *Global Hydrogen Review 2025: Executive summary*. IEA.
5. thyssenkrupp Uhde. (n.d.). *Hydrogen technologies: Solutions*. thyssenkrupp Uhde.
6. thyssenkrupp Uhde. (2008). *Integrated hydrogen production schemes for refineries*. thyssenkrupp Uhde.
7. Boon, J. (2008). *Adiabatic diesel pre-reforming*. TNO.



## 9 Appendix 3 – Begrippenlijst

Deze begrippenlijst verklaart de belangrijkste technische, economische, beleidsmatige en strategische termen die in dit rapport worden gebruikt. De definities zijn toegespitst op de betekenis van deze begrippen binnen dit rapport.

Begrip	Betekenis voor dit rapport
<b>Additionaliteit</b>	Principe dat duurzame energie, biomethaan of andere klimaatmaatregelen alleen als echte verduurzaming meetellen wanneer zij aanvullend zijn op wat anders toch al zou zijn gerealiseerd. Relevant bij de beoordeling of biomethaan of groene stroom werkelijk tot extra CO <sub>2</sub> -reductie leidt.
<b>Aardgas-DRI / NG-DRI</b>	Direct Reduced Iron-proces waarbij aardgas wordt gebruikt als basis voor reductiegas. In dit rapport geldt NG-DRI, vooral in combinatie met EAF, CCS en groene stroom, als een realistische middellangetermijnroute voor forse CO <sub>2</sub> -reductie.
<b>Aardgasverbruik</b>	De hoeveelheid aardgas die nodig is voor een bepaalde staalroute. In het rapport wordt aardgasverbruik gebruikt als maatstaf voor energieafhankelijkheid, emissies en systeemkosten.
<b>Afvangpercentage</b>	Het aandeel CO <sub>2</sub> dat via CCS daadwerkelijk wordt afgevangen. Dit percentage is belangrijk omdat de klimaatprestatie van DRI-NG + CCS sterk afhangt van hoeveel CO <sub>2</sub> in de praktijk wordt afgevangen en opgeslagen.
<b>Autonomie</b>	Het vermogen van Nederland en de EU om voor kritische producten, diensten en materialen niet te afhankelijk te zijn van externe of geopolitiek kwetsbare leveranciers. In dit rapport is autonomie een belangrijk criterium voor de beoordeling van TSN.
<b>BACT / Best Available Technology</b>	De best beschikbare technologie om emissies, milieuschade en gezondheidsrisico's te beperken. Binnen dit rapport wordt BACT gebruikt als norm voor wat van een industriële speler als TSN verwacht mag worden.
<b>Basisindustrie</b>	Industrie die basismaterialen produceert voor andere sectoren, zoals staal, chemie en energie-intensieve materialen. Staalproductie wordt in dit rapport gezien als onderdeel van de strategische basisindustrie.
<b>Basic Oxygen Furnace / BOF</b>	Zuurstofconvector waarin vloeibaar ruwijzer uit de hoogoven wordt omgezet in staal door zuurstof in te blazen. De BOF vormt samen met de hoogoven de huidige BF-BOF-route.
<b>BF-BOF-route</b>	De huidige hoogoven- en zuurstofconvectorroute. BF staat voor Blast Furnace, BOF voor Basic Oxygen Furnace. Deze route is efficiënt en levert hoogwaardig staal, maar is structureel CO <sub>2</sub> -intensief door het gebruik van kolen, cokes en koolstof als reductiemiddel.



<b>Begrip</b>	<b>Betekenis voor dit rapport</b>
<b>Biogeen gas</b>	Gas van biologische oorsprong, zoals biomethaan. In dit rapport wordt biogeen gas gezien als mogelijke vervanger van aardgas in DRI-routes, mits beschikbaarheid, certificering en additionaliteit goed geborgd zijn.
<b>Biomethaan</b>	Hernieuwbaar gas met eigenschappen die sterk lijken op aardgas. Biomethaan kan technisch relatief goed passen in bestaande of nieuwe gasgebaseerde DRI-processen, maar de beschikbaarheid is beperkt en de duurzaamheid hangt af van herkomst en certificering.
<b>Blast Furnace / BF</b>	Hoogoven waarin ijzererts, cokes en kalksteen worden verwerkt tot vloeibaar ruwijzer. De hoogoven is de kern van de huidige kolengebaseerde primaire staalproductie.
<b>Borging</b>	Het juridisch, bestuurlijk of technisch vastleggen van afspraken, doelen en controlemechanismen. In dit rapport is borging belangrijk bij publieke steun, emissiereductie, governance en strategische productielijnen.
<b>Brandstofflexibiliteit</b>	Het vermogen van een installatie om verschillende brandstoffen of reductiegassen te gebruiken, zoals aardgas, biomethaan, LPG, nafta of waterstof. Brandstofflexibiliteit vergroot leveringszekerheid en vermindert lock-in-risico.
<b>Carbon Border Adjustment Mechanism / CBAM</b>	Europees grenscorrectiemechanisme dat moet voorkomen dat producten van buiten de EU een oneerlijk voordeel hebben doordat zij niet onder vergelijkbare CO <sub>2</sub> -kosten vallen. In dit rapport wordt CBAM gezien als onderdeel van de marktordening die groen staal in Europa concurrerender kan maken.
<b>Carbon Capture and Storage / CCS</b>	Afvang en ondergrondse opslag van CO <sub>2</sub> . In dit rapport is CCS vooral relevant als manier om DRI op aardgas, LPG of nafta aanzienlijk klimaatvriendelijker te maken tijdens de transitie naar zeer lage emissies.
<b>Carbon leakage</b>	Het risico dat productie en emissies verschuiven naar landen met minder strenge klimaatregels, waardoor de uitstoot mondiaal niet daalt of zelfs stijgt. Dit is belangrijk bij de beoordeling van sluiting, import en Europese marktordening.
<b>Circulair staal</b>	Staal dat opnieuw wordt gebruikt of geproduceerd uit schroot. Staal is goed recyclebaar, maar de kwaliteit en beschikbaarheid van schroot bepalen of het geschikt is voor hoogwaardige toepassingen.
<b>Clawback-bepaling</b>	Voorwaarde waarbij publieke steun kan worden teruggevorderd als afgesproken doelen niet worden gehaald. In dit rapport relevant bij voorwaardelijke steun aan TSN.



<b>Begrip</b>	<b>Betekenis voor dit rapport</b>
<b>CO</b>	Koolmonoxide. In staalprocessen kan CO dienen als reductiegas dat zuurstof uit ijzererts verwijdert. Bij verbranding of verdere oxidatie ontstaat CO <sub>2</sub> .
<b>CO<sub>2</sub></b>	Koolstofdioxide. Het belangrijkste broeikasgas dat in dit rapport centraal staat bij de beoordeling van staalroutes, klimaatbeleid en emissiereductie.
<b>CO<sub>2</sub>-equivalent / CO<sub>2</sub>-eq.</b>	Maatstaf waarin verschillende broeikasgassen worden omgerekend naar hun klimaateffect ten opzichte van CO <sub>2</sub> . In dit rapport vooral relevant voor klimaatimpact in brede zin.
<b>CO<sub>2</sub>-heffing / CO<sub>2</sub>-beprijzing</b>	Financiële prikkel waarbij uitstoot van CO <sub>2</sub> geld kost. ETS is hiervan de belangrijkste Europese vorm. CO <sub>2</sub> -beprijzing beïnvloedt de businesscase van grijs en groen staal.
<b>CO<sub>2</sub>-reductie</b>	Vermindering van de CO <sub>2</sub> -uitstoot ten opzichte van een referentiesituatie, zoals de huidige hoogovenroute. Het rapport vergelijkt routes mede op absolute CO <sub>2</sub> -reductie.
<b>CO<sub>2</sub>-reductie-effectiviteit / CO<sub>2</sub>-RE</b>	De hoeveelheid CO <sub>2</sub> -reductie die wordt bereikt per euro, per eenheid groene stroom, per kilogram waterstof of per ton behouden strategisch staal. Dit rapport gebruikt CO <sub>2</sub> -RE als belangrijk beoordelingscriterium voor routekeuzes.
<b>Cokes</b>	Brandstof en reductiemiddel gemaakt uit steenkool. Cokes wordt gebruikt in de hoogoven en is een belangrijke oorzaak van de CO <sub>2</sub> -intensiteit van de huidige staalproductie.
<b>Cokesfabriek</b>	Installatie waarin steenkool wordt omgezet in cokes. Cokesfabrieken zijn relevant voor zowel CO <sub>2</sub> -uitstoot als lokale emissies.
<b>Converteerbare lening</b>	Lening die onder voorwaarden kan worden omgezet in aandelen of eigendomsbelang. In dit rapport is dit een mogelijke vorm van publieke steun met meer zeggenschap dan subsidie.
<b>Decarbonisatie</b>	Het verminderen of verwijderen van fossiele koolstof uit productieprocessen. Voor TSN betekent dit vooral de overgang van kolen en cokes naar DRI, EAF, CCS, groene stroom, biomethaan en/of waterstof.
<b>Defensierelevantie</b>	De mate waarin een productielocatie of product belangrijk is voor defensie, militaire productie, infrastructuur of crisisbestendigheid. Staal wordt in dit rapport als defensierelevant materiaal beschouwd, ook als TSN niet noodzakelijk direct defensiestaal produceert.



<b>Begrip</b>	<b>Betekenis voor dit rapport</b>
<b>Direct Reduced Iron / DRI</b>	Direct gereduceerd ijzer. Hierbij wordt ijzererts in vaste vorm gereduceerd met gas of waterstof, zonder hoogoven. DRI is een kerntechnologie voor groenere primaire staalproductie.
<b>DRI-grade ijzererts</b>	Hoogwaardige ijzererts kwaliteit die geschikt is voor DRI-processen. De beschikbaarheid van deze ertskwaliteit is een belangrijke randvoorwaarde voor grootschalige DRI-productie.
<b>DRI-H<sub>2</sub> / H<sub>2</sub>-DRI</b>	DRI-route waarbij waterstof als reductiemiddel wordt gebruikt. Deze route kan zeer lage directe CO <sub>2</sub> -emissies opleveren, maar vraagt grote hoeveelheden betaalbare groene waterstof en groene elektriciteit.
<b>DRI-NG + CCS</b>	Route waarbij aardgasgebaseerde DRI wordt gecombineerd met CO <sub>2</sub> -afvang en opslag. In dit rapport wordt deze route gezien als kansrijke middellangetermijnoptie, omdat zij grote CO <sub>2</sub> -reductie kan bereiken met minder beslag op groene stroom dan volledige waterstofroute.
<b>DRP</b>	Direct Reduction Plant. Installatie waarin ijzererts wordt gereduceerd tot DRI. In beleidsstukken wordt DRP vaak gebruikt in combinatie met EAF.
<b>EAF-only-route</b>	Route waarbij staalproductie in IJmuiden vooral of volledig via elektrische ovens plaatsvindt op basis van schroot, geïmporteerde DRI of HBI. Deze route kan lokaal schoon zijn, maar verplaatst een deel van de primaire ijzerproductie naar elders.
<b>EAS-NL</b>	Economische Activiteiten Strategie Nederland. Door het rapport gebruikt beoordelingskader om economische activiteiten te toetsen op strategische waarde, autonomie, defensie, innovatie, klimaat, gezondheid, management en publieke randvoorwaarden.
<b>Electric Arc Furnace / EAF</b>	Elektrische vlamboogoven waarin DRI, HBI en/of schroot wordt gesmolten tot staal. De klimaatprestatie van een EAF hangt sterk af van de herkomst van de gebruikte elektriciteit.
<b>Elektrificatie</b>	Vervanging van fossiele energie door elektriciteit. In dit rapport is elektrificatie vooral relevant bij EAF's en bij de bredere vraag waar schaarse groene stroom het meeste CO <sub>2</sub> -reductie oplevert.
<b>Elektriciteitsverbruik</b>	De hoeveelheid stroom die nodig is voor een staalroute. Dit rapport vergelijkt routes mede op stroomverbruik, omdat groene elektriciteit schaars is en ook elders in de economie CO <sub>2</sub> -reductie kan opleveren.
<b>Emissie-intensiteit</b>	Uitstoot per eenheid product, bijvoorbeeld ton CO <sub>2</sub> per ton staal. Een lage emissie-intensiteit betekent niet automatisch lage totale uitstoot wanneer het productievolume groot is.



<b>Begrip</b>	<b>Betekenis voor dit rapport</b>
<b>End-of-life-schroot</b>	Schroot dat ontstaat aan het einde van de levensduur van producten, zoals auto's, gebouwen of machines. Dit schroot is vaak minder zuiver dan fabrieksschroot en daardoor niet altijd geschikt voor hoogwaardige staalproducten.
<b>Energie-infrastructuur</b>	Netten, leidingen, opslag, aansluitingen en installaties die nodig zijn voor elektriciteit, gas, waterstof, CO <sub>2</sub> -transport en andere energiestromen. In dit rapport is energie-infrastructuur een centrale randvoorwaarde voor verduurzaming.
<b>Energie-intensieve industrie</b>	Industrie die veel energie gebruikt per eenheid productie. Staalproductie valt hieronder en wordt daardoor sterk geraakt door energieprijzen, netcapaciteit en klimaatbeleid.
<b>ETS / EU ETS</b>	European Emissions Trading System. Europees emissiehandelssysteem waarin bedrijven rechten moeten hebben voor hun CO <sub>2</sub> -uitstoot. In dit rapport is ETS belangrijk omdat het grijs staal duurder maakt en de businesscase voor groen staal kan verbeteren.
<b>ETS-rechten</b>	Emissierechten binnen het EU ETS. Bedrijven moeten voldoende rechten hebben voor hun uitstoot. Minder gratis rechten verhogen de kosten van CO <sub>2</sub> -intensieve productie.
<b>Externe kosten</b>	Kosten die niet volledig in de marktprijs zitten, zoals gezondheidsschade, milieuschade, klimaatschade en schade aan leefomgeving. In dit rapport zijn externe kosten belangrijk bij de maatschappelijke beoordeling van TSN.
<b>Fabrieksinvesteringen</b>	Investeringen in de installaties van TSN zelf, zoals DRI-installaties, EAF's, aanpassingen aan ovens of procesapparatuur. Het rapport maakt onderscheid tussen zulke private investeringen en publieke infrastructuur.
<b>Fijnstof</b>	Kleine stofdeeltjes in de lucht die schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid. Fijnstof is een belangrijk onderdeel van de lokale gezondheidsproblematiek rond staalproductie.
<b>Flux</b>	Hulpstof, zoals kalksteen, die in het staalproces wordt gebruikt om onzuiverheden te binden en slak te vormen.
<b>Gefaseerde afbouw/sluiting</b>	Beleids- of routescenario waarbij staalproductie bij TSN niet abrupt stopt, maar gecontroleerd wordt afgebouwd. In dit rapport geldt dit als optie die alleen verantwoord is met een Europees vervangingsplan voor strategische capaciteit.
<b>Geïntegreerde productielocatie</b>	Locatie waar meerdere schakels van de staalproductieketen samenkomen, zoals grondstofvoorbewerking, ijzerproductie, staalproductie, walsen, coating en verdere bewerking. IJmuiden



<b>Begrip</b>	<b>Betekenis voor dit rapport</b>
	wordt in het rapport mede vanwege deze integratie als strategisch relevant gezien.
<b>Geopolitieke afhankelijkheid</b>	Afhankelijkheid van landen of partijen waarvan belangen kunnen afwijken van Nederlandse of Europese belangen. Relevant bij import van staal, HBI, DRI, waterstof, energie en grondstoffen.
<b>Governance</b>	De manier waarop besluitvorming, toezicht, zeggenschap, transparantie en verantwoordelijkheid zijn georganiseerd. In dit rapport is governance belangrijk bij publieke steun, emissiedata, managementcultuur en strategische borging.
<b>Greenwashing</b>	Het groener voorstellen van een activiteit dan gerechtvaardigd is. In dit rapport is dit risico relevant wanneer emissies worden verplaatst in plaats van verminderd, of wanneer duurzame energie niet additioneel is.
<b>Groen staal</b>	Staal geproduceerd met veel lagere CO <sub>2</sub> -uitstoot dan conventioneel staal. In dit rapport kan groen staal via meerdere routes ontstaan, waaronder DRI-NG + CCS, DRI-H <sub>2</sub> , biomethaanroutes, EAF met schroot en import van duurzaam geproduceerde HBI/DRI.
<b>Groene elektriciteit / groene stroom</b>	Elektriciteit uit hernieuwbare bronnen zoals wind en zon. De beschikbaarheid van groene stroom is een belangrijke beperking bij waterstofproductie en EAF-routes.
<b>Groene infrastructuur</b>	Infrastructuur die bijdraagt aan verduurzaming en ook buiten TSN maatschappelijke waarde kan hebben, zoals groene stroomproductie, netverzwaring, biomethaaninfrastructuur, waterstofinfrastructuur of CO <sub>2</sub> -transport.
<b>Groene waterstof</b>	Waterstof geproduceerd met hernieuwbare elektriciteit. In dit rapport is groene waterstof relevant als mogelijk eindbeeld voor DRI, maar de beschikbaarheid, prijs en stroomvraag vormen grote beperkingen.
<b>Grijs staal</b>	Staal dat wordt geproduceerd via conventionele, CO <sub>2</sub> -intensieve routes, zoals de huidige hoogovenroute op kolen en cokes.
<b>HBI / Hot Briquetted Iron</b>	Warm geperst DRI. Door DRI tot briketten te persen wordt het beter transporteerbaar en veiliger te verhandelen. HBI is relevant als importeerbare groene of groenere ijzerdrager voor EAF's.
<b>HBI/DRI-import</b>	Route waarbij IJmuiden niet alle primaire ijzerproductie zelf doet, maar DRI of HBI invoert uit andere regio's. Dit kan energievoordelen hebben, maar creëert nieuwe afhankelijkheden.
<b>H<sub>2</sub></b>	Chemische aanduiding voor waterstof. In het rapport vooral relevant als reductiemiddel in H <sub>2</sub> -DRI en als energiedrager.



<b>Begrip</b>	<b>Betekenis voor dit rapport</b>
<b>H<sub>2</sub>-ready</b>	Ontwerpkarakteristiek van installaties die eerst op aardgas kunnen draaien en later kunnen overschakelen op waterstof. Dit is belangrijk om lock-in te beperken.
<b>Hoogoven</b>	Installatie waarin ijzererts met cokes en kalksteen wordt omgezet in vloeibaar ruwijzer. De hoogovenroute is de basis van de huidige primaire staalproductie bij TSN.
<b>Hoogwaardige staalproducten</b>	Staalproducten met hoge kwaliteitseisen, specifieke samenstelling, coating, sterkte, zuiverheid of toepassing. In dit rapport vormen hoogwaardige producten een belangrijk deel van de strategische waarde van TSN.
<b>Ijzererts</b>	Grondstof voor primaire staalproductie. In de hoogoven wordt ijzererts gereduceerd met koolstof; in DRI-processen met gas of waterstof.
<b>Ijzerproductie</b>	Processtap waarin ijzererts wordt omgezet in ruwijzer, DRI of HBI. Dit is te onderscheiden van staalbereiding, waarin ijzer verder wordt verwerkt tot staal.
<b>Innovatiekracht</b>	Het vermogen van een bedrijf of productielocatie om nieuwe producten, processen en technologieën te ontwikkelen. In dit rapport is innovatiekracht een EAS-NL-criterium.
<b>JLol / Joint Letter of Intent</b>	Gezamenlijke intentieverklaring tussen de Nederlandse overheid en Tata Steel Nederland over verduurzaming, CO <sub>2</sub> -reductie, lokale emissiereductie en mogelijke publieke steun.
<b>Ketenborging</b>	Het veiligstellen van cruciale schakels in de waardeketen, zoals grondstoffen, HBI/DRI, energie, transport, eindproductie en afzet. In dit rapport vooral relevant bij Europese staalstrategie.
<b>Ketenregie</b>	Actieve sturing op de gehele productieketen, niet alleen op één fabriek. In dit rapport relevant bij de vraag of HBI/DRI deels elders kan worden geproduceerd terwijl hoogwaardige eindproductie in IJmuiden blijft.
<b>Klimaatneutraliteit</b>	Situatie waarin netto geen broeikasgasemissies meer worden toegevoegd aan de atmosfeer. Voor staalproductie vraagt dit zeer lage procesemissies, groene energie, mogelijk CCS en/of compensatie van restemissies.
<b>Kolenintensiteit</b>	Mate waarin een productieroute afhankelijk is van steenkool en cokes. De huidige hoogovenroute is kolenintensief; volledige DRI-EAF-routes verminderen of beëindigen kolengebruik.
<b>Kooks</b>	Zie cokes. In het rapport worden kooks en cokes gebruikt voor de koolstofrijke brandstof die in de hoogovenroute noodzakelijk is.



<b>Begrip</b>	<b>Betekenis voor dit rapport</b>
<b>Kritische producten en diensten</b>	Producten en diensten die essentieel zijn voor welvaart, veiligheid, infrastructuur, defensie, voedselketens, energievoorziening of strategische autonomie. Hoogwaardige staalproducten kunnen hieronder vallen.
<b>LCA / levenscyclusanalyse</b>	Analyse van milieueffecten over de hele levenscyclus van een product. In dit rapport is het onderliggende principe relevant wanneer emissies niet alleen lokaal, maar in de hele keten worden beoordeeld.
<b>Leveringszekerheid</b>	De mate waarin grondstoffen, energie, halffabricaten of eindproducten ook onder ongunstige omstandigheden beschikbaar blijven. Leveringszekerheid is essentieel bij strategische staalcapaciteit.
<b>Light nafta / lichte nafta</b>	Lichte koolwaterstoffractie die als alternatieve feedstock kan dienen voor reductiegasproductie in DRI-routes, vooral in combinatie met CCS en pre-reforming.
<b>Lock-in</b>	Het risico dat investeringen een bedrijf langdurig vastzetten in een ongewenste technologie of fossiele route. In dit rapport is routeflexibiliteit belangrijk om fossiele lock-in te voorkomen.
<b>Lokale emissies</b>	Emissies die direct invloed hebben op de leefomgeving rond de fabriek, zoals fijnstof, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , zware metalen en geur- of stofoverlast. Deze staan los van, maar naast, de klimaatimpact van CO <sub>2</sub> .
<b>LPG</b>	Liquefied Petroleum Gas. Mengsel van lichte koolwaterstoffen dat als alternatieve brandstof of feedstock kan worden gebruikt in DRI-routes, vooral wanneer aardgas minder beschikbaar of strategisch kwetsbaar is.
<b>Management Culture Ladder / Safety Culture Ladder</b>	Ladder waarmee de volwassenheid van management- en veiligheidscultuur wordt beoordeeld, van ontkennend/pathologisch tot vooruitstrevend. In dit rapport wordt dit gebruikt om TSN's houding ten opzichte van veiligheid, omgeving, risico's en verbetering te duiden.
<b>Maatwerksteun</b>	Specifieke publieke steun aan een bedrijf of project, vaak gekoppeld aan verduurzamingsafspraken. In dit rapport kan maatwerksteun alleen verdedigbaar zijn onder harde voorwaarden.
<b>Middellange termijn</b>	Periode waarin substantiële verduurzaming mogelijk moet zijn, maar waarin groene waterstof waarschijnlijk nog beperkt of duur is. In dit rapport is dit de periode waarin DRI-NG + CCS als realistischer wordt gezien dan volledige H <sub>2</sub> -DRI.



<b>Begrip</b>	<b>Betekenis voor dit rapport</b>
<b>MIDREX</b>	Veelgebruikte DRI-technologie waarbij ijzererts met reductiegas wordt omgezet in DRI. In dit rapport genoemd als voorbeeld van klassieke gas-DRI.
<b>Nafta</b>	Koolwaterstofmengsel uit raffinage dat als alternatieve feedstock voor reductiegas kan dienen. In het rapport relevant bij brandstofflexibiliteit en DRI-routes met CCS.
<b>Netcapaciteit</b>	Beschikbare capaciteit van het elektriciteitsnet om extra stroomvraag of -aanbod te verwerken. Belangrijk bij EAF's, elektrolyse voor waterstof en grootschalige elektrificatie.
<b>NG</b>	Natural Gas, oftewel aardgas. In dit rapport vooral gebruikt in NG-DRI: DRI op aardgas.
<b>NIMBY</b>	"Not in my backyard". Houding waarbij lokale productie of overlast wordt afgewezen zonder dat de bredere systeemgevolgen worden meegewogen. In dit rapport relevant bij het risico dat emissies naar elders worden verplaatst.
<b>NOx</b>	Verzamelnaam voor stikstofoxiden. NOx is een belangrijke lokale emissie en relevant voor gezondheid, natuur en vergunningverlening.
<b>NPV / Net Present Value</b>	Netto contante waarde. Economische maatstaf waarmee toekomstige kosten en opbrengsten worden omgerekend naar hun huidige waarde. In dit rapport relevant bij investeringsanalyse.
<b>Nulvariant</b>	Scenario waarin de bestaande hoogovenstructuur grotendeels in stand blijft. Dit is in het rapport de minst gunstige route vanuit CO <sub>2</sub> -perspectief.
<b>OPEX</b>	Operationele kosten: terugkerende kosten voor productie, zoals energie, grondstoffen, onderhoud, arbeid en CO <sub>2</sub> -kosten. OPEX is belangrijk bij de vergelijking tussen grijs en groen staal.
<b>Opportunity framing</b>	Benadering waarbij niet alleen problemen worden geanalyseerd, maar ook strategische kansen: autonomie, innovatie, groene industrie, hoogwaardige productie en Europese ketenregie.
<b>Pellets / pelletiseren</b>	Ijzererts kan tot pellets worden verwerkt om geschikt te zijn voor gebruik in hoogovens of DRI-installaties. DRI-routes vragen vaak hoogwaardige pellets.
<b>Pig iron / ruwijzer</b>	Vloeibaar ijzer uit de hoogoven met een hoog koolstofgehalte. Ruwijzer wordt in de BOF verder verwerkt tot staal.
<b>Platte staalproducten</b>	Staalproducten zoals platen, rollen en bandstaal. TSN is vooral relevant door hoogwaardige platte staalproducten voor onder meer automotive, verpakkingen en industrie.



<b>Begrip</b>	<b>Betekenis voor dit rapport</b>
<b>Pre-reformer</b>	Installatie die verschillende koolwaterstoffen omzet in een stabielere en bruikbaarere reductiegas voor DRI-processen. In dit rapport relevant voor brandstofflexibiliteit en leveringszekerheid.
<b>Primaire staalproductie</b>	Productie van staal uit ijzererts. Dit staat tegenover secundaire staalproductie uit schroot. Primaire staalproductie is nodig wanneer schroot onvoldoende beschikbaar of onvoldoende zuiver is.
<b>Procesemissies</b>	Emissies die voortkomen uit de chemische reacties in het productieproces zelf, niet alleen uit energiegebruik. In staalproductie zijn procesemissies belangrijk omdat koolstof zuurstof uit ijzererts verwijdert.
<b>Publieke infrastructuur</b>	Infrastructuur met bredere maatschappelijke waarde, zoals elektriciteitsnetten, CO <sub>2</sub> -transport, waterstofnetten, biomethaanproductie of haveninfrastructuur. Het rapport stelt dat publieke steun eerder hierop gericht moet zijn dan op private fabrieksinvesteringen.
<b>Publieke randvoorwaarden</b>	Voorwaarden die de overheid stelt aan productie, steun of vergunningen, zoals emissiereductie, transparantie, lokale gezondheid, strategische borging en sancties bij niet-naleving.
<b>Publieke zeggenschap</b>	Mogelijkheid voor overheid of samenleving om invloed uit te oefenen op strategische beslissingen, vooral wanneer publieke middelen of vitale belangen in het geding zijn.
<b>ReArm Europe</b>	Europese beleidscontext waarin defensiecapaciteit wordt versterkt. In dit rapport relevant omdat staal een basismateriaal is voor defensie, infrastructuur en militaire productie.
<b>Reactant</b>	Stof die actief deelneemt aan een chemische reactie. In DRI-processen zijn waterstof en koolmonoxide belangrijke reactanten die zuurstof uit ijzererts verwijderen.
<b>Reductiegas</b>	Gas dat zuurstof uit ijzererts verwijdert. Het kan bestaan uit waterstof, koolmonoxide of mengsels daarvan, afhankelijk van aardgas, biomethaan, waterstof of andere feedstocks.
<b>Reductiemiddel</b>	Stof die zuurstof onttrekt aan ijzererts. In de hoogoven is koolstof uit cokes het belangrijkste reductiemiddel; in DRI-routes zijn dat gasmengsels of waterstof.
<b>Restemissies</b>	Emissies die overblijven nadat grote reductiemaatregelen zijn genomen. Restemissies moeten mogelijk via CCS, verdere elektrificatie, biomethaan, waterstof of compensatie worden aangepakt.



<b>Begrip</b>	<b>Betekenis voor dit rapport</b>
<b>Routeflexibiliteit</b>	Het vermogen om een gekozen technische route later aan te passen, bijvoorbeeld van aardgas naar biomethaan of waterstof. In dit rapport is routeflexibiliteit belangrijk om lock-in te vermijden.
<b>Routematrix</b>	Overzicht waarin verschillende technische routes worden vergeleken op criteria zoals CO <sub>2</sub> -reductie, energiegebruik, grondstoffen, uitvoerbaarheid, strategische waarde en kosten.
<b>Ruwstaal</b>	Staal in een vroege productiefase voordat verdere bewerking, walsen of coating plaatsvindt.
<b>Safety Culture Ladder</b>	Zie Management Culture Ladder. De ladder wordt gebruikt om te beoordelen of een organisatie ontkennend, reactief, berekenend, proactief of vooruitstrevend omgaat met veiligheid en risico's.
<b>Scenarioanalyse</b>	Vergelijking van verschillende mogelijke routes of investeringspaden. In Appendix 2 worden scenario's vergeleken op emissies, energieverbruik, aardgasverbruik, elektriciteitsverbruik en investeringsaspecten.
<b>Schrootbijmenging</b>	Het aandeel schroot dat wordt toegevoegd aan het staalproces. In de huidige hoogovenroute is dit beperkt; in EAF-routes kan het aandeel schroot veel hoger zijn.
<b>Schrootroute</b>	Secundaire staalproductie waarbij schroot wordt omgesmolten, meestal in een EAF. Deze route heeft vaak lagere CO <sub>2</sub> -uitstoot, maar is afhankelijk van voldoende en kwalitatief geschikt schroot.
<b>Secundaire staalproductie</b>	Staalproductie uit schroot in plaats van uit ijzererts. Dit is circulaire, maar kan niet alle primaire staalvraag vervangen.
<b>Sinteren</b>	Vorbewerking waarbij fijne ijzerertsdeeltjes worden samengevoegd tot groter materiaal dat geschikt is voor gebruik in de hoogoven.
<b>Slak</b>	Restproduct uit staalproductie waarin onzuiverheden worden gebonden. Slak kan deels worden hergebruikt, maar kan ook milieuvraagstukken opleveren.
<b>SMR / Steam Methane Reforming</b>	Proces waarbij aardgas met stoom wordt omgezet in waterstof en koolmonoxide. In dit rapport relevant voor reductiegasproductie en simulaties van DRI-processen.
<b>SO<sub>2</sub></b>	Zwavel dioxide. Lokale emissie die schadelijk kan zijn voor gezondheid en milieu. Relevant bij industriële uitstoot.
<b>Sponsijzer</b>	Nederlandse term voor DRI. IJzererts dat in vaste vorm is gereduceerd en poreus van structuur is.



<b>Begrip</b>	<b>Betekenis voor dit rapport</b>
<b>Staatsdeelname</b>	Eigendomsbelang van de staat in een bedrijf. In dit rapport besproken als alternatief voor subsidie wanneer strategische autonomie en publieke zeggenschap zwaar wegen.
<b>Staalcapaciteit</b>	De hoeveelheid staal die een productielocatie kan produceren. In dit rapport gaat het niet alleen om volume, maar vooral om strategisch relevante en hoogwaardige capaciteit.
<b>Staalproductmix</b>	Samenstelling van de geproduceerde staalsoorten, bijvoorbeeld automotieve staal, verpakkingsstaal, bouwstaal en industriële staalproducten. De productmix bepaalt mede de strategische waarde van TSN.
<b>Strategische autonomie</b>	Vermogen van Nederland en Europa om eigen keuzes te blijven maken zonder te grote afhankelijkheid van externe machten voor kritische materialen, productiecapaciteit of technologie.
<b>Strategische productielocatie</b>	Productielocatie die door haar producten, kennis, infrastructuur, ligging of ketenpositie van bijzonder belang is voor Nederland of Europa. TSN wordt in dit rapport langs deze lat beoordeeld.
<b>Strategische waarde</b>	De waarde van een activiteit voor autonomie, defensie, economische weerbaarheid, innovatie, kennisbehoud, leveringszekerheid en maatschappelijke belangen.
<b>Subsidie</b>	Publieke financiële bijdrage zonder directe eigendomsverwerving. In dit rapport wordt subsidie aan fabrieksinvesteringen kritisch beoordeeld, zeker als TSN de transitie bedrijfseconomisch zelf kan dragen.
<b>Systeemkosten</b>	Totale kosten voor de samenleving of het energiesysteem, inclusief infrastructuur, netcapaciteit, energieopwek, CO <sub>2</sub> -opslag, importafhankelijkheid en alternatieve inzet van schaarse middelen.
<b>Tijdelijke steun</b>	Publieke steun die alleen voor een afgebakende periode geldt en gekoppeld is aan meetbare voorwaarden. In dit rapport alleen verdedigbaar als doelen, transparantie en sancties juridisch hard zijn.
<b>TSN / Tata Steel Nederland</b>	De Nederlandse tak van Tata Steel, met de geïntegreerde staalproductielocatie in IJmuiden. Centrale casus van dit rapport.
<b>Upstream productie</b>	Eerdere schakels in de keten, zoals winning, pelletisering, reductie van ijzererts en productie van DRI/HBI. Bij HBI/DRI-import verschuift een deel van de upstream productie naar buiten IJmuiden.
<b>Vergunningverlening</b>	Juridisch kader waarmee productieactiviteiten worden toegestaan en begrensd. In dit rapport relevant voor emissies, lokale gezondheid en afdwingbaarheid van verduurzaming.

