

RAPPORT

Detailstudie Energie en CO2-balans

MER Heracless - Groen Staal

Klant: Tata Steel IJmuiden B.V.

Referentie: BI3580-IB-RP

Status: Definitief

Datum: 15 september 2025

HASKONING NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Industry & Buildings

Telefoon: +31 88 348 20 00
Fax: +31 33 463 36 52
E-mail: info@rhdhv.com
Website: royalhaskoningdhv.com

Titel document: Detailstudie Energie en CO2-balans

Ondertitel: MER Heracless - Groen Staal
Referentie: BI3580-IB-RP
Uw kenmerk
Status: 1
Datum: 15 september 2025
Projectnaam: Tata Steel - Heracless
Projectnummer: BI3580
Auteur(s): Haskoning

Classificatie

Projectgerelateerd

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Heracless	1
1.2	Het MER en de plek van dit rapport in het MER	1
1.3	Fasering van de voorgenomen activiteit	2
1.4	Alternatieven en varianten	2
1.5	Referentiesituatie en overige maatgevende situaties	3
1.6	Korte introductie op voorliggend onderzoek	4
1.6.1	Advies reikwijdte en detailniveau	4
1.7	Leeswijzer	4
2	Beleid	5
2.1	Internationaal	5
2.2	Nationaal beleid	6
2.3	Lokaal beleid	6
2.4	Beleid van Tata Steel	7
2.5	Randvoorwaarden en normen voor effectbepaling	7
3	Beschrijving onderzoeksmethodiek	8
3.1	Energie	8
3.2	Klimaat	8
3.3	Afbakening	9
3.4	BBT en BBT+	10
3.5	Aansluiten bij Advies reikwijdte en detailniveau aanvullend op BBT	10
4	Huidige situatie en autonome ontwikkelingen (referentiesituatie)	13
4.1	Energiesysteem in bestaande situatie	13
4.1.1	Steenkool als de basis	13
4.1.2	Energiebedrijf Tata Steel	14
4.1.3	Andere energiedragers	15
4.1.4	Totaalbeeld	15
4.2	Autonome ontwikkelingen	16
4.2.1	Nieuwe installaties	16
4.3	Transitieperiode	18
5	Beschrijving Heracless	19
5.1	Heracless - veranderingen op hoofdlijnen	19
5.1.1	Nieuw bij Tata Steel	19
5.1.2	DRI-fabrieken en vlamboogovens elders	20
5.1.3	Andere veranderingen	20

5.2	Nieuwe installaties: de DRI-fabriek	21
5.2.1	Proces	21
5.2.2	Energiebalans	23
5.3	Nieuwe installaties: de vlamboogoven	26
5.3.1	Proces	26
5.3.1.1	Essentie	26
5.3.1.2	Energietoevoer	28
5.3.1.3	Schrootinvoer	29
5.3.1.4	Warmteterugwinning uit afgassen	29
5.3.1.5	Staalpannen	31
5.3.1.6	Afgassen en afgasbehandeling	31
5.3.2	Energiebalans vlamboogoven	31
5.4	Nieuwe installaties: secundaire metallurgie (panovenbehandeling)	33
5.4.1	Proces	33
5.4.2	Energiebalans	35
5.5	Aanpassingen aan het elektriciteitsnet op het terrein	36
5.6	Nieuwe buisleidingen	38
5.7	In het MER beschouwde alternatieven en varianten	38
5.7.1	Variant hogere inzet schroot	40
5.7.2	Variant energiecentrales	40
5.7.2.1	De referentie	40
5.7.2.2	Voorgenomen activiteit	40
5.7.2.3	Variant met IJM01 als hoofdgebruiker van productiegassen	40
5.7.2.4	Effect op brandstofgebruik bij de Vattenfallcentrales	41
5.7.2.5	Afweging	41
5.7.3	Varianten voor afvoer van afgevangen CO ₂	42
5.8	BBT-toetsen	42
5.8.1	BBT-toets DRI-fabriek	43
5.8.1.1	BBT-conclusie 2: optimaliseren van systemen voor een vlotte en stabiele werking	45
5.8.1.2	BBT-conclusie 3:	50
5.8.2	BBT-toets vlamboogoven	51
5.8.2.1	BBT-conclusie 2: optimaliseren van systemen voor een vlotte en stabiele werking	51
5.8.2.2	BBT-conclusie 2.II - Terugwinnen van overtollige warmte uit de processen	53
5.8.2.3	BBT-conclusie 2, lid II – IV proces-geïntegreerde technieken	56
5.8.2.4	BBT-conclusie 3	57
5.8.3	Maximaliseren van de warmteterugwinning	58
5.8.4	BBT-toets secundaire metallurgie	58
5.8.4.1	BBT-conclusie 2: Optimaliseren van systemen voor een vlotte en stabiele werking	60
5.8.4.2	BBT-conclusie 3	61

5.8.4.3	Kanttekening bij BBT-toets	62
6	Effecten per fase	63
6.1	Operationele fase met gebruik aardgas	63
6.2	Operationele fase met gebruik waterstof	65
6.3	Verschuivingen in productie en gebruik van procesgassen	67
6.3.1	Inzet bij Vattenfall	67
6.3.2	Inzet bij ruwijzerproductie, pelletproductie en sinterproductie	70
6.3.3	Downstreamprocessen	70
6.3.4	Gebruik van gasvormige brandstoffen en reductiemiddelen bij DRI-fabriek en vlamboogoven	70
6.4	Totaal energiegebruik	71
7	Optimalisatie en mitigatie: BBT+	73
7.1	Inleiding	73
7.2	Gedeeltelijke of volledige elektrificatie van het procesfornuis	73
7.2.1	Principe	73
7.2.2	Voorbeeld(en)	74
7.2.2.1	Stegra, Zweden	74
7.2.2.2	Danieli E-PGH	75
7.2.3	Effecten op milieubelasting	75
7.2.4	Getroffen voorzieningen in Heracless	75
7.3	Optimalisatie infrastructuur voor elektriciteit	75
7.3.1	Transformatorverliezen	75
7.3.2	Kabelverliezen	76
7.3.3	Spanningsniveau van transport	76
7.3.4	Efficiënte componenten	77
7.4	Gebruik van biochar in de vlamboogoven	77
7.4.1	Principe	77
7.4.2	Voorbeeld(en)	77
7.4.3	Effecten op milieubelasting	78
7.5	Inzet van een warmtepomp voor hergebruik van warmte uit koelwater	78
7.6	Indicatie van cumulatieve CO ₂ -reductie	79
8	Leemten in kennis en informatie	81
9	Monitoring	81
	Verklarende woordenlijst	82
	Bronnen	86
	Bijlagen	91
A1	Energiebedrijf Tata Steel (KEMA, 2010)	

- A2 Beschrijving processturing vlamboogoven en secundaire metallurgie
- A3 Kosten-Baten Analyse warmtevoorziening - KBA volgens EED-richtlijn artikel 14 (versie 31 maart 2023)
 - A3.1 Inleiding
 - A3.2 Wettelijk kader
 - A3.2.1 De Europese richtlijn energie-efficiëntie (EED)
 - A3.2.2 De Nederlandse implementatie van de EED
 - A3.3 Is een KBA verplicht voor Heracless?
 - A3.3.1 Analyse
 - A3.3.2 Conclusie
 - A3.4 Showstopperanalyse
 - A3.4.1 KBA & BBT
 - A3.4.2 Showstoppers niveaus 1, 2 en 3
 - A3.4.3 Kosten-batenanalyse
 - A3.5 Voldoen aan een economisch aantoonbare vraag & aansluiting op een (stads)verwarming en -koeling(netwerk)
 - A3.6 Conclusies over showstoppers
- A4 Analyse McDermott
 - A4.1 INTRODUCTION
 - A4.2 Current situation
 - A4.3 Option considered for kinetic energy recovery
 - A4.4 BASIS FOR STUDY
 - A4.4.1 Price set
 - A4.4.2 Other design parameters
 - A4.5 EVALUATION
 - A4.5.1 Technical evaluation
 - A4.5.2 Economic evaluation
 - A4.6 CONCLUSIONS

1 Inleiding

1.1 Heracless

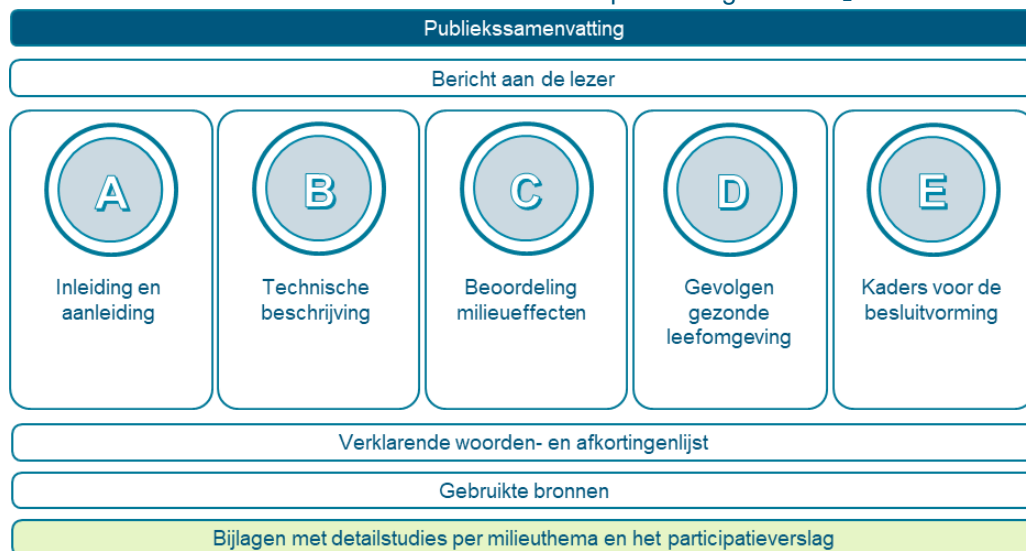
Tata Steel IJmuiden B.V. (Tata Steel) gaat het productieproces in IJmuiden ingrijpend veranderen en op een andere manier staal maken. De Hoogovens en Kooks- en Gasfabrieken worden vervangen door nieuwe installaties. Er zijn dan geen kolen meer nodig om energie aan het proces toe te voegen, maar er wordt gebruik gemaakt van (duurzame) groene elektriciteit, aardgas en waterstof. Dit gebeurt in stappen. Eerst worden Kooks- en Gasfabriek 2 en Hoogoven 7 vervangen door DRI-technologie. Deze technologie bestaat uit een DRI-fabriek (Direct Reduction Plant = DRP) waarin ijzererts wordt gereduceerd tot ijzer met behulp van aardgas en/of waterstof, en een elektrische smeltoven (Electric Arc Furnace = EAF) die het ijzer en schroot smelt. Dit project heet Heracless. Heracless staat voor H-era-C-less, om aan te geven dat in de toekomst waterstof wordt gebruikt en minder CO₂ ontstaat.

Heracless is een groot project dat ingrijpt op het hart van het staalproductieproces. Er komen nieuwe installaties en bestaande installaties verdwijnen, worden verplaatst of aangepast. Productielijnen en aanvoerroutes veranderen. Er worden andere grondstoffen en energiebronnen gebruikt en er ontstaan deels andere bijproducten en afvalstoffen. Tijdens de aanleg van Heracless gaat de huidige staalproductie door. Na de aanleg worden de nieuwe installaties opgestart, getest en in gebruik genomen. Tata Steel streeft ernaar om de nieuwe installaties in 2030 volledig operationeel te hebben.

1.2 Het MER en de plek van dit rapport in het MER

Ter onderbouwing van het projectbesluit en de vergunningaanvragen is een mer-procedure (mer) doorlopen en een milieueffectrapport (MER) gemaakt. Dat is een uitgebreid onderzoek waarin alle gevolgen van het project op het milieu vooraf in kaart zijn gebracht. Het MER zorgt dat de overheden die een besluit moeten nemen over het projectbesluit en de vergunningaanvragen alle effecten op het milieu goed kunnen beoordelen en afwegen.

Het MER Heracless is een omvangrijk onderzoek dat is opgebouwd uit verschillende rapporten. De rapportagestructuur staat in onderstaande figuur weergegeven. Daarbij neemt het detailniveau van boven naar beneden toe. Dit is de detailstudie over het aspect energie en CO₂-balans.



Figuur 1.1. Rapportagestructuur van het MER Heracless

In de detailstudies is het advies Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) zo veel als mogelijk meegenomen. In de detailstudies is aangegeven wat er met dit advies gedaan is.

1.3 Fasering van de voorgenomen activiteit

De voorgenomen activiteit is in fases opgedeeld. De fases zijn beschreven in onderstaande tabel. Een toelichting op de activiteiten in deze fases staat in Deel B – Technische beschrijving van het MER.

Tabel 1.1. Fasering Heracless

Fase	Activiteiten
Vorbereiding	De gronden voor de nieuwe installaties worden vrijgemaakt en een aantal bestaande installaties verplaatst
Aanleg	De installaties die horen bij de DRI-fabriek en EAF-installatie worden opgebouwd en er worden aanpassingen gedaan in bestaande installaties, elektriciteit en infrastructuur
Transitie	De nieuwe installaties worden getest en opgestart, ondertussen gaat de normale bedrijfsvoering door. Aan het einde van deze fase worden Kooks- en gasfabriek 2 en Hoogoven 7 uit bedrijf genomen
Operationele fase met aardgas	De nieuwe installaties zijn integraal onderdeel van het productieproces
Operationele fase met waterstof	In deze operationele fase wordt een mix van aardgas en waterstof gebruikt

Naast deze fasering zijn in het MER ook de effecten van bijzondere bedrijfssituaties betrokken en de eventuele milieugevolgen bij bedrijven die rechtstreeks beïnvloed worden door het voornemen, aangeduid als de ketenpartners.

1.4 Alternatieven en varianten

In het MER is, naast de voorgenomen activiteit, een alternatief onderzocht dat uitgaat van beter dan Best Beschikbare Techniek (BBT+) en varianten voor de inzet van schroot, de afvang en het transport van CO₂ en de inzet van energiecentrales. Een toelichting op de keuze van alternatieven en varianten en een beschrijving van deze alternatieven en varianten staat in Deel B – Technische beschrijving van het MER.

Tabel 1.2: Alternatieven Heracless

Alternatieven	
Voorgenomen activiteit	De voorgenomen activiteit gaat uit van de beste beschikbare technieken (BBT)
BBT+ alternatief	BBT+ zijn maatregelen die verder gaan dan de beste beschikbare technieken (BBT) zoals die zijn vastgelegd in de wet. Het zijn maatregelen volgens de laatste stand der techniek om de milieubelasting zoveel mogelijk te beperken, die op voldoende schaal zijn toegepast en ook binnen het bereik liggen van Tata Steel.

Tabel 1.3: Varianten Heracless

Varianten	
Hogere inzet schroot	In het huidige productieproces gebruikt Tata Steel ongeveer 20% schroot. Het is mogelijk extra schroot in te zetten in de nieuwe EAF-installatie. In de voorgenomen activiteit neemt het schrootgebruik van Tata Steel toe tot circa 30%. Als variant is gekeken naar een toename tot 50% schrootgebruik. In het verlengde van deze twee varianten is in het MER beschouwd wat de gevolgen zijn van meer of minder inzet van schroot.
Afvoer afgevangen CO ₂	In de voorgenomen activiteit wordt de CO ₂ , in de operationele fase, afgevangen in de reactor van de DRI-fabriek en afgelaten naar de lucht. Als varianten zijn onderzocht: verwerking en transport van afgevangen CO ₂ in gasvorm via pijpleidingen, of op hoge of medium druk in vloeibare vorm met schepen.
Energiecentrales	De elektriciteitscentrales bij het Tata Steel terrein gebruiken restgassen van het staalproductieproces voor de opwekking van elektriciteit. Doordat het productieproces bij Tata Steel verandert, verandert de hoeveelheid en samenstelling van de restgassen ook, wat gevolgen heeft voor de elektriciteitsproductie. In de voorgenomen activiteit wordt centrale-VN25 ingezet op basislast op 85% van de capaciteit met de nog beschikbare gassen van Tata Steel, aangevuld met aardgas. IJM-01 zal stand-by staan als back-up voor VN25 op 15%. Als variant is een verdeling van 15% van de capaciteit voor VN25 en 85% voor IJM-01 onderzocht.

1.5 Referentiesituatie en overige maatgevende situaties

De milieueffecten van Heracless zijn in beeld gebracht door de situatie die ontstaat met de voorgenomen activiteit (in de verschillende fases) te vergelijken met de situatie wanneer Heracless niet gerealiseerd zou worden (de referentiesituatie). Het verschil hiertussen is het effect van het project. De referentiesituatie is de situatie die in de toekomst ontstaat als het project niet wordt gerealiseerd, maar andere ontwikkelingen die daar los van staan wel. De referentiesituatie is in het geval van Tata Steel het resultaat van de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen.

In onderstaande tabel staan de situaties die zijn onderzocht in het MER. Voor een toelichting op deze situaties wordt verwezen naar Deel B – Technische beschrijving van het MER.

Het vergunde productievolume van Tata Steel bedraagt nu 8 megaton vloeibaar staal. Zoals uit de tabel blijkt, is in het MER rekening gehouden met een referentiesituatie waarbij 7,2 megaton vloeibaar staal wordt geproduceerd en een situatie met Heracless waarbij het productievolume 6,8 megaton vloeibaar staal bedraagt. Dit zijn de maatgevende productieniveaus voor de beoordeling van de milieueffecten.

Tabel 1.4. Situaties die zijn onderzocht in het MER

Situatie	Definitie
Huidige maatgevende situatie	- Productievolume 7,2 megaton vloeibaar staal - Inclusief reeds uitgevoerde (milieu)maatregelen, met name uit Roadmap Plus
Referentiesituatie	- Situatie die ontstaat uit de huidige situatie plus autonome ontwikkelingen - Autonome ontwikkelingen moeten voldoende zeker en specifiek zijn, los staan van Heracless, en gerealiseerd vóór de aanlegfase van Heracless (in beginsel 2028) - Productievolume 7,2 megaton vloeibaar staal. Integrale aspecten op basis van verhoudingen tussen fabrieken zoals in de huidige situatie
Heracless	- Situatie die ontstaat bij aanleg en operatie van Heracless - Productievolume 6,8 megaton vloeibaar staal - Uitgewerkt voor voorbereidende fase, aanlegfase, transitiefase, operationele fase met aardgas en later met (groene) waterstof, en voor bijzondere bedrijfssituaties

1.6 Korte introductie op voorliggend onderzoek

Dit detailrapport heeft betrekking op het energiegebruik en de CO₂-balans van Heracless. Het rapport geeft een gedetailleerde beschrijving van de energiestromen en de broeikasgasbalans van de voorgenomen activiteit in de verschillende fases en in de referentiesituatie. Dit is bepalend voor de milieueffecten ten aanzien van energiegebruik en broeikasgasemissies.

De milieueffecten worden beoordeeld door de ontwerpen en de verwachte operationele praktijk van Heracless te toetsen aan de hand van best beschikbare technieken (BBT), die in de wet zijn vastgelegd in BBT-conclusies op grond van de Europese BREFs. Daarnaast wordt een analyse uitgevoerd naar de mogelijkheden voor verdergaande reductie van milieueffecten, omdat de techniek op bepaalde punten verbeteringen mogelijk maakt die nog niet als BBT zijn vastgelegd. Dit wordt gedaan met gebruikmaking van de actuele stand van techniek en innovaties die hebben plaatsgevonden sinds de publicatie van BREF-documenten.

1.6.1 Advies reikwijdte en detailniveau

Conform het advies is in deze detailstudie rekening gehouden met de relevante wet- en regelgeving op de verschillende niveaus: EU, nationaal, regionaal en plaatselijk. De EU-richtlijn voor industriële emissies en de BBT-conclusies zijn hierin meegenomen, evenals de doelen uit het Klimaatakkoord.

Aanvullende zaken die geadviseerd zijn in het MER te onderzoeken en te omschrijven worden behandeld in paragraaf 3.5.

1.7 Leeswijzer

- In Hoofdstuk 2 staat het nationale en lokale beleid en het beleid van Tata Steel zelf dat van toepassing is op dit onderzoek. Uit het beleid en de regelgeving volgen de randvoorwaarden en normen waarop de effecten zijn bepaald.
- Hoofdstuk 3 beschrijft de onderzoeksmethodiek en geeft een overzicht van de gebruikte informatie.
- In Hoofdstuk 4 staat de referentiesituatie die de basis vormt voor de bepaling van de effecten van Heracless. Het hoofdstuk geeft aan hoe de huidige situatie is bepaald en wat de gevolgen zijn van de autonome ontwikkelingen.
- Hoofdstuk 5 beschrijft het project Heracless.
- In Hoofdstuk 6 zijn de effecten per fase van het voornemen en de alternatieven en varianten beschreven.
- Daar waar in Hoofdstuk 6 is geconstateerd dat er negatieve effecten kunnen optreden, zijn in Hoofdstuk 0 voorstellen gedaan om de negatieve effecten te beperken (mitigatie) of het ontwerp te optimaliseren (iteratieslag, in samenwerking met technische teams van Tata Steel).
- Hoofdstuk 8 geeft aan hoe is omgegaan met leemten in kennis en informatie.
- Hoofdstuk 9 gaat nader in op de monitoring.

2 **Beleid**

Naast het vastgestelde beleid en de wettelijke regelingen zijn op alle niveaus (internationaal, nationaal, regionaal en lokaal) doelen gesteld voor het klimaat, het energiegebruik en voor het duurzaam gebruik van grondstoffen en materialen. Deze doelstellingen worden zo volledig mogelijk meegenomen in dit hoofdstuk.

2.1 **Internationaal**

VN-Klimaatverdrag

In 1992 hebben de landen van de Verenigde Naties (VN) het VN-Klimaatverdrag opgesteld, waarin is afgesproken dat klimaatverandering moet worden beperkt, zodat ecosystemen zich kunnen aanpassen, de voedselvoorziening geen gevaar loopt en duurzame ontwikkeling kan plaatsvinden. Het verdrag verplicht landen onder meer tot het voeren van een klimaatbeleid, samenwerking bij wetenschappelijk onderzoek en duurzaam beheer van bossen.

Klimaatakkoord (Akkoord van Parijs)

Op de klimaatconferentie in Parijs (2015) is een nieuw klimaatakkoord (Akkoord van Parijs) gepresenteerd, dat betrekking heeft op de periode na 2020. Het belangrijkste doel van het akkoord is om de opwarming van de aarde onder de 2°C te houden. Daarnaast zal ernaar worden gestreefd om die opwarming te beperken tot 1,5°C. Hiervoor is het belangrijk dat de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen in 2050 afneemt met ten minste 50% ten opzichte van 1990. In 2100 moet de totale emissie zijn teruggebracht tot nul. Elke vijf jaar wordt het klimaatbeleid van alle landen geëvalueerd. De eerste controle vond plaats in 2023.

Europese afspraken

Nederland heeft met andere Europese landen de afspraak gemaakt om de uitstoot van CO₂ (en andere broeikasgassen) verder terug te dringen. Het gaat hier om een reductie van 20% in 2020 (ten opzichte van 1990).

Het Europees Parlement (EP) heeft zich vervolgens achter het doel van (west-) Europese landen geschaard om de uitstoot van broeikasgassen met 40% te verminderen in 2030. Verder heeft het EP aangegeven dat in 2030 30% van de energie opgewekt zou moeten worden door duurzame energiebronnen, waarvoor een deel van de opbrengsten van het emissiehandelssysteem zou worden aangewend voor klimaatmaatregelen.

In april 2018 stemde het EP in met nieuwe klimaatwetgeving. Deze wetgeving verplicht lidstaten de uitstoot van broeikasgassen in de landbouw-, transport-, afval-, en bouwsector en van gebouwen vanaf 2021 via jaarlijkse doelen te verlagen. In 2030 moet deze uitstoot gemiddeld 30% lager zijn dan in 2005.

De Europese Commissie heeft haar inspanningen CO₂-emissie te reduceren en energie-efficiëntie te verhogen vertaald in allerlei verordeningen en richtlijnen (Environment And Climate Change - EUR-Lex, z.d.). Met name van belang zijn de Richtlijn energie-efficiëntie (*Richtlijn 2012/27/EU Van Het Europees Parlement En De Raad*, 2012) en het emissiehandelssysteem (*EU-Emissiehandelsstelsel* | EUR-Lex, n.d.).

Routekaart naar een CO₂-arme economie

Op de lange termijn - 2050 en verder - wil Europa toewerken naar een CO₂-arme (klimaatneutrale) economie. In de routekaart voor een koolstofarme economie staat hoe de EU (Europese Unie) de uitstoot aan broeikasgassen nog verder kan verlagen (tot hooguit 20% van de uitstoot van 1990 tegen het jaar 2050) zonder aan concurrentievermogen in te boeten:

- Ieder jaar minstens 3% minder energieverbruik in openbare gebouwen en uitsluitend energie-efficiënte goederen en diensten bij overheidsopdrachten.
- Lager energiegebruik in bedrijfsgebouwen.
- Nog energiezuinigere huishoudelijke apparaten.
- Efficiëntere energieopwekking en verwarming.
- Strengere energienormen voor industriële apparatuur.
- Energie-audits en een apart energiebeleid voor grote ondernemingen.
- Slimme netwerken waardoor consumenten energie kunnen besparen en hun uitgaven kunnen berekenen.

2.2 Nationaal beleid

Het nationale beleid ten aanzien van energie, broeikasgasemissies, circulariteit en duurzaamheid valt sinds het aantreden van kabinet Schoof onder het nieuwe ministerie Klimaat en Groene Groei (KGG). Het energiebeleid heeft als doel de reductie van broeikasgasemissies tot 0 in 2050. Dit betekent ook dat de industrie haar jaarlijkse uitstoot van 54 megaton in 2021 moet reduceren naar 29,6 megaton per jaar in 2030 en vervolgens naar 0 megaton per jaar en volledige circulariteit en klimaatneutraliteit in 2050 (Ministerie van Klimaat en Groene Groei, 2025). Een belangrijk instrument hiervoor is het maken van Maatwerkafspraken met de grootste industriële uitstoters, waaronder Tata Steel. De realisatie van Heracless is onderdeel van de Maatwerkafpraak, welke momenteel nog in ontwikkeling is.

In het nationaal beleid is de energiebesparingsplicht verankerd en uitgewerkt in het Besluit activiteiten leefomgeving (*Besluit Activiteiten Leefomgeving*, 2025) en het Besluit bouwwerken leefomgeving, twee besluiten onder de Omgevingswet (*Besluit Bouwwerken Leefomgeving*, 2023).

2.3 Lokaal beleid

Lokaal beleid voor de energiehuishouding van Tata Steel wordt bepaald door de provincie Noord-Holland en de gemeenten Beverwijk, Heemskerk en Velsen. De uitvoering van het energiebeleid van deze overheden is deels uitbesteed aan de Omgevingsdienst IJmond en Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied.

De vier genoemde overheden hebben in december 2023 een gezamenlijk programma over Tata Steel opgesteld en dit in januari 2024 geactualiseerd (Olthof et al., 2023). Met dit Programma Tata Steel 2024-2030 stellen de vier overheden vast hoe ze tot 2030 hun taken op het gebied van Vergunningverlening, Toezicht en Handhaving (VTH) ten aanzien van Tata Steel invullen.

De hoofdpunten van het programma zijn:

- Meer en intensiever toezicht.
- Aangescherpte vergunningen.
- Continu onderzoek naar de gezondheid en de leefomgeving.
- Betere monitoring.
- Betere communicatie met de omwonenden.
- Werken aan meer vertrouwen in de overheid.
- Nu doen wat nodig is voor de transitie naar een innovatieve en duurzame staalproductie.

Ten aanzien van energie stelt het programma:

“De door Tata Steel ingezette eerste verduurzamingsstap moet er onder andere toe leiden dat de Kookgasfabriek 2 en Hoogoven 7 voor 2030 sluiten. Dat is voor ons een belangrijke tussenstap, maar geen einddoel. Wij willen ook zicht op verdere verbetering en verdere verduurzaming na

2030. Tata Steel heeft de ambitie om in 2045 CO₂-neutraal staal te maken. Het is daarom belangrijk om tijdig vooruit te kijken naar wat er nodig is tussen 2030-2045 voor de ambitie van Tata Steel.”

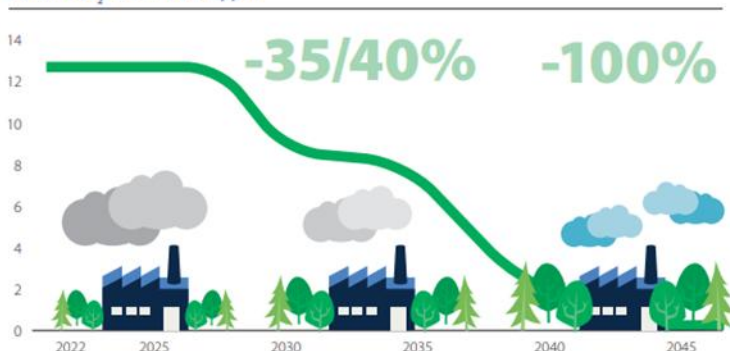
2.4 Beleid van Tata Steel

De beleidsdoelstellingen van Tata Steel zijn in lijn met het beleid van de Rijksoverheid en met het Nederlandse Klimaatakkoord (“Klimaatakkoord,” 2019), dat bestaat uit afspraken tussen overheden, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties om de uitstoot van broeikasgassen tegen te gaan. Deze doelstellingen vormen de motivering voor het opstarten van Heracless, als het belangrijkste project voor de periode tot 2030 om de emissiereductiedoelstellingen te halen. Met Heracless worden CO₂-emissies gereduceerd van 12,6 megaton per jaar tot 7,6 megaton per jaar. Dit beleidsdoel en die met betrekking tot energiegebruik en circulaire economie staan vermeld in het Tata Steel Duurzaamheidsverslag (Tata Steel Nederland, 2023).

Aangescherpte klimaatambitie

TSN heeft de ambitie om de CO₂-reductie in 2030 te realiseren in lijn met het Nederlandse Klimaatakkoord en het Coalitieakkoord, en onderzoekt de haalbaarheid naar de reductie van 35% tot 40%. Hierdoor wordt de CO₂-uitstoot in 2030 met maximaal vijf miljoen ton per jaar verminderd (ten opzichte van de baseline van 12,6 miljoen ton per jaar).

Ambitie CO₂-reductie in stappen



Figuur 2.1. Ambitie CO₂-reductie Tata Steel IJmuiden B.V., (Tata Steel Nederland, 2023).

2.5 Randvoorwaarden en normen voor effectbepaling

Dit onderzoek richt zich op energiegebruik en broeikasgasemissies conform de karakterisering die de EU-wetgeving hanteert (*Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council*, 2023). Emissies van andere broeikasgassen dan CO₂ zullen worden omgerekend met karakterisatiefactoren. De te gebruiken karakterisatiefactoren zijn overgenomen uit EU-documenten.

3 Beschrijving onderzoeksmethodiek

Energie en CO₂ staan centraal in Heracless: het project heeft als doel het reduceren van CO₂-emissies en is daarmee onderdeel van het traject naar groen, schoner en circulaider staal. Voor deze analyse moeten zowel het energieverbruik als de CO₂-productie en -consumptie in alle processen van Tata Steel, evenals die van de zogeheten ketenpartners, beschouwd worden.

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de methodologie die is toegepast om conclusies te trekken over het energieverbruik van Heracless in vergelijking met de referentiesituatie, evenals de uitstoot van broeikasgassen door Heracless. Daarna wordt beschouwd hoe de afbakening van het onderzoek heeft plaatsgevonden en op welke manier de Best Beschikbare Technieken (BBT) en verdergaande maatregelen (BBT+) onderzocht zijn.

3.1 Energie

De processen op het industrieterrein zijn energie-intensief. Er is elektriciteit nodig, maar ook veel warmte. Een deel van de warmte uit de processen kan hergebruikt worden in andere delen van de keten. Het verbruik van energie minimaliseren en het optimaliseren van het hergebruik van warmte, zijn de belangrijkste onderdelen die worden getoetst in het onderzoek naar energieverbruik.

Hergebruik van warmte is nauw verbonden met watergebruik en kan daarom niet los van elkaar worden beschouwd. Door warmte in het proces te hergebruiken, is er minder behoefte aan (water)koeling, wat resulteert in een verminderd waterverbruik.

In dit onderzoek is nagegaan in hoeverre het ontwerp van de nieuwe installaties binnen project Heracless geoptimaliseerd zijn op het gebied van energiegebruik en hergebruik van warmte. Daarbij is getoetst aan de voor dit initiatief relevante BBT-conclusies.

3.2 Klimaat

Energieverbruik en CO₂-emissies zijn intrinsiek verbonden met de klimaatdoelstellingen die door de overheid zijn vastgesteld.

De doelstelling is om voor 2030 een CO₂-emissiereductie te realiseren van vijf megaton per jaar. Dit is onderdeel van de bovenliggende ambitie van Tata Steel om in 2045 CO₂-neutraal te zijn. Tata Steel heeft eind 2023 in de Groen-Staalbrief (Tata Steel, 2024) aan de Rijksoverheid gesteld dat de emissies gereduceerd worden van 12,6 tot 7,6 megaton CO₂ per jaar.

De voorgenomen reductie heeft betrekking op de emissies bij Tata Steel zelf en bij installaties die procesgassen van Tata Steel gebruiken (zogenaamde Scope 1 emissies – zie Tabel 3.1). Emissies gerelateerd aan ingekochte elektriciteit via het elektriciteitsnet vallen buiten deze afspraak, evenals emissies gerelateerd aan aanvoer van grondstoffen, hulpstoffen en brandstoffen of aan afvoer en gebruik van producten en bijproducten. Daarnaast vallen ook emissies gerelateerd aan de afvang, en permanente opslag van CO₂ buiten deze afspraak.

In de analyse beschreven in dit rapport zijn de Scope 1 en Scope 2 CO₂-emissies in kaart gebracht voor zowel de situatie waarin de DRI-fabriek aardgas gebruikt als de situatie waarin sprake is van het gebruik van hernieuwbare (groene) waterstof.

Tabel 3.1. Categorisering broeikasgasemissies (Hoe Werkt Het, n.d.)

Type bijdrage		Type emissie	Achterliggende informatie
		CO ₂ -emissies uit brandstof inzet, oxidatie van C in reductiemiddelen, grondstoffen en tussenproducten	Hoeveelheid verbrande brandstoffen en hun samenstelling (C-gehalte)
Scope 1	Directe emissies	Procesemissies van gevormde broeikasgassen, anders dan CO ₂ (betreft CH ₄ , N ₂ O, ...)	Emissie-inventarisatie, emissiefactoren per eenheid product
		Broeikasgasemissies gerelateerd aan transportmiddelen, mobiele werktuigen	Brandstofgebruik transportmiddelen en mobiele werktuigen, emissiefactoren per eenheid brandstof
Scope 2	Emissies gerelateerd aan inkoop energie (elektriciteit, stoom, koeling)		Omvang extern ingekochte elektriciteit, warmte emissiefactoren ingekochte energie
		Eventuele externe afzet elektriciteit, warmte	Omvang extern afgezette elektriciteit, warmte emissiefactoren verkochte energie
Scope 3	Emissies gerelateerd aan inkoop van goederen	Inkoop andere goederen (kookskolen, fluxmiddel, erts, etc.	Ingekochte hoeveelheid, emissiefactoren/ingekochte hoeveelheid
		Inkoop H ₂	Ingekochte hoeveelheid H ₂ , emissiefactoren/ingekochte H ₂

3.3 Afbakening

In 2022 heeft Tata Steel in een intentieverklaring aan de Rijksoverheid aangegeven dat het de intentie heeft in 2030 de operationele fase te bereiken, waarin alle nieuwe installaties zijn gebouwd, in bedrijf zijn gesteld en zonder problemen functioneren.

Toetsing reductie CO₂-emissie

In dit onderzoek wordt de CO₂-emissiereductie ten gevolge van Heracless in de operationele fase berekend. De reductie ten gevolge van Heracless wordt getoetst aan de doelstelling van reductie met 5 megaton CO₂ per jaar, ten opzichte van de referentiesituatie met 12,6 megaton CO₂ per jaar.

Toetsing alleen van de operationele fasen

Energiegebruik en gerelateerde broeikasgasemissies in de voorbereidende fase, de aanlegfase (bouw nieuwe installaties) en de transitiefase (opstarten nieuwe installaties) zijn relatief klein in vergelijking met het langjarige effect van Heracless in de operationele fase. Daarom zijn deze fasen in het MER buiten beschouwing gelaten. Zogeheten 'bijzondere bedrijfssituaties' vallen eveneens buiten deze afbakening, aangezien de doelstelling voor de te realiseren CO₂-reductie betrekking heeft op een referentiesituatie waarin productie volgens planning verloopt en een voorgenomen activiteit zonder storingen. Daarom is er bij deze thema's geen aandacht besteed aan (doorgaans kortstondige) bijzondere bedrijfssituaties.

Toetsing uitsluitend van CO₂

Emissies van andere broeikasgassen zijn eveneens buiten beschouwing gelaten. In vergelijking met CO₂ hebben de huidige emissies van N₂O, CH₄ en andere broeikasgassen slechts een minimale bijdrage aan de totale uitstoot van broeikasgassen door Tata Steel. De jaarvrachten van methaanemissies, N₂O-emissies en emissies van andere broeikasgassen bedragen in de bestaande situatie respectievelijk 224 ton, 23 ton en 1,5 ton per jaar, zoals te zien is in Tabel 3.2. Hierin is de bijdrage aan klimaatverandering berekend op basis van de hoogste karakterisatiefactor voor HFK's van 14.600 kg CO₂-eq/kg.

Tabel 3.2. Overzicht andere broeikasgasemissies dan CO₂ in bestaande situatie (referentiejaar 2019)

	Verbranding (ton/jaar)	Proces (ton/jaar)	Totaal (ton/jaar)	Uitstoot broeikasgassen (Mton CO ₂ -eq) (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2024)
Methaan	3	221	224	0,0067
N ₂ O	<<1	23	23	0,0062
HFK's		1,5	1.5	0,022

De bijdragen zijn aanzienlijk kleiner dan 1% van de totale jaarlijkse broeikasgasemissie van Tata Steel. Op basis van MER's voor andere initiatieven (bijvoorbeeld Nucor in Louisiana) kan worden geconcludeerd dat emissies van deze gassen ook bij de DRI-fabriek en de EAF geen significante bijdrage aan klimaatverandering leveren.

Transportmiddelen en mobiele werktuigen

Tot slot zijn ook broeikasgasemissies gerelateerd aan transportmiddelen en mobiele werktuigen op het terrein van Tata Steel buiten beschouwing gelaten. In de bestaande situatie verbruiken deze bronnen minder dan 50 TJ/jaar aan diesel/HVO en elektriciteit en is de gerelateerde broeikasgasemissie kleiner dan 5.000 ton CO₂/jaar. Dit is 0,04% van de totale jaarlijkse bijdrage van Tata Steel aan uitstoot van broeikasgassen. In de komende jaren worden voertuigen en werktuigen verdergaand geëlektrificeerd, waardoor specifieke emissies van broeikasgassen verder afnemen.

3.4 BBT en BBT+

Voor het minimaliseren van energieverbruik en broeikasgasemissies en voor circulariteit en duurzaamheid moet Tata Steel de Best beschikbare technieken (BBT) toepassen. Deze BBT zijn omschreven door de Europese Commissie (via haar bureau genaamd EU-BRITE) (European commission, EU-BRITE, n.d.). De meest relevante BBT-documenten voor deze detailstudie zijn die voor energie-efficiëntie (European commission, EU-BRITE, 2009) en voor ijzer- en staalproductie (European commission, EU-BRITE, 2013).

Omdat technologieontwikkeling doorgaat en de referentiedocumenten hierdoor stelselmatig achterlopen op de praktijk, is door de Commissie mer en provincie Noord-Holland gevraagd in het kader van deze MER ook inzichtelijk te maken of er technieken zijn die beter presteren dan de BBT-normen. Hiervoor is de term BBT+ gehanteerd.

3.5 Aansluiten bij Advies reikwijdte en detailniveau aanvullend op BBT

In de notitie "Advies reikwijdte en detailniveau" zijn – aanvullend aan de vraag met betrekking tot BBT - onderstaande adviezen opgenomen ten aanzien van het thema energie:

- Presenteer inzichtelijke en gedetailleerde energie- en massabalansen van de huidige en toekomstige situaties voor:
 - Bestaande en nieuwe installaties en processtappen afzonderlijk zoals EAF, DRI, PeFa.
 - De inrichting in zijn totaliteit (alle processen bij elkaar).
- Betrek bij het onderzoek van hergebruik van restwarmte ook de mogelijkheden om restwarmte uit (staal)slakken te betrekken.
- Onderzoek en omschrijf de verhouding CDRI en HDRI bij inzet van de EAF. Betrek daarbij ook de mogelijkheden van warmtebenutting bij de afkoeling van HDRI.
- Omschrijf de opwekking van elektriciteit (wat wekt Tata Steel zelf op en wat wordt waar ingekocht en met welke kwaliteit).
- Onderzoek wat de mogelijkheden zijn voor wat betreft het transport en de afvoer van grondstoffen met CO₂-vrije brandstoffen in plaats van zware stookolie. Denk hierbij aan energieneutraal transport op het terrein.
- Omschrijf de mogelijkheden van inzet van zelf opgewekte hernieuwbare energie voor de EAF.
- Geef aan wanneer en om welke redenen (groene) waterstofgas wordt toegepast.
- Beschrijf de aanpassingen in de energievoorziening vanwege het Heracless project:
 - Maak inzichtelijk welke nieuwe infrastructuur en installaties voor de levering en productie van energie (elektriciteit, aardgas, waterstof en warmte) er komen op de locatie en met welke capaciteit. Geef aan welke bestaande installaties eventueel uit gebruik worden genomen.
 - Ga hierbij in het bijzonder in op de wijze waarop procesgasstromen worden gebruikt voor de productie van energie door Tata Steel en/of door derde partijen.

Met betrekking tot massabalansen en energiebalansen zijn nog een aantal meer specifieke vragen in de notitie gedefinieerd:

- Geef een beschrijving van de maatregelen om energiegebruik te beperken en/of energie te hergebruiken.
- Maak duidelijk op welke gegevens en aannames de balansen zijn gebaseerd, en welke bandbreedtes en onzekerheden in deze balansen aanwezig zijn.
- Maak inzichtelijk welke effecten realisatie van project Heracless heeft op de beschikbaarheid van aan Tata Steel gerelateerde activiteiten (zoals beschikbaarheid van calorische gassen voor de nabijgelegen Vattenfall energiecentrale).
- Geef aan hoe (maximaal) hergebruik van warmte mogelijk wordt gemaakt. Beschrijf in hoeverre er aanpassingen nodig zijn aan de (schaarse) elektriciteitsnetwerkcapaciteit.
- Betrek in deze vergelijking de verandering van broeikasgasemissies die optreedt door verandering bij activiteiten die een functionele relatie hebben met Tata Steel, zoals bijvoorbeeld de inzet van andere brandstoffen in de Vattenfall energiecentrale (vervanging van de huidige procesgassen van Tata Steel).
- Kwantificeer de totale broeikasgasemissies van Tata Steel na realisatie van project Heracless, en vergelijk deze met de referentiesituaties. Doe dit zowel voor de situatie waarin de DRP aardgas gebruikt, als de situatie waarin sprake is van het gebruik van hernieuwbare (groene) waterstof. Werk een berekening uit voor de situatie met en zonder afvang en opslag/gebruik van CO₂ van de DRP.
- Kwantificeer vervolgens de broeikasgasemissies per ton staal. Doe dit voor de referentiesituaties, voor staal geproduceerd middels DRP- en EAF-technologie, en voor een 'gemiddelde' ton staal van Tata Steel na realisatie van het project Heracless.

Massabalansen en energiebalansen voor nieuwe installaties zijn te vinden in Hoofdstuk 5. Balansen voor energie en broeikasgasemissies voor "De inrichting in zijn totaliteit" – inclusief energiecentrales van Vattenfall - zijn opgenomen in Hoofdstuk 4 (referentie) en in Hoofdstuk 6 (nieuwe situaties). In de energiebalansen zijn ook de productie en inzet van productiegassen (kooksofengas, hoogovengas, oxystaalgas) aangegeven en is een balans voor elektriciteit opgenomen.

Er zijn geen balansen voor bestaande en operationeel blijvende installaties opgenomen omdat wijzigingen hier beperkt zijn.

Toegepaste en niet-toegepaste maatregelen om energiegebruik te minimaliseren of energie voor gebruik elders terug te winnen worden behandeld bij de BBT-toetsen van de nieuwe installaties in Hoofdstuk 5. Daarin is ook ingegaan op aanpassingen in de energievoorziening vanwege het Heracless project.

Mogelijkheden voor toepassing van CO₂-vrije brandstoffen vallen onder een ander thema (verkeer en vervoer) en zijn vanwege de verwaarloosbare bijdrage qua broeikasgasemissies, zoals hierboven aangegeven, in dit rapport verder buiten beschouwing gelaten.

De vraag wanneer wel of niet op basis van hernieuwbare elektriciteit geproduceerde waterstof wordt gebruikt, overstijgt het thema energie en broeikasgasemissies en is daarom geen onderdeel van dit rapport.

4 Huidige situatie en autonome ontwikkelingen (referentiesituatie)

Voor het bepalen van milieueffecten van Heracless is het belangrijk te omschrijven tegen welke referentiesituatie de effecten afgezet zijn. De referentie voor Heracless is het geheel van de huidige installaties van Tata Steel IJmuiden inclusief autonome ontwikkelingen. Omdat realisatie van Heracless een effect zal hebben op de gehele productielocatie, bijvoorbeeld door afregeling of stopzetten van productie bij een aantal bestaande eenheden, is ook het energiesysteem steeds integraal beschouwd.

4.1 Energiesysteem in bestaande situatie

4.1.1 Steenkool als de basis

In de huidige situatie is de energievoorziening voor het proces voornamelijk gebaseerd op gebruik van steenkool. Steenkool dient zowel als energiebron als reductiemiddel voor ijzererts.

Steenkool wordt in de bestaande situatie in twee kwaliteiten ingezet:

- Verpulverde steenkool, die rechtstreeks in de hoogoven wordt geïnjecteerd (injectiekolen).
- Kookskolen voor productie van kooks.

Kookskolen worden in een zuurstofloze atmosfeer gedurende circa 20-22 uren verhit tot 1.000 – 1.100 °C. Bij verhitting wordt het organische materiaal in de kolen afgebroken tot vluchtige verbindingen en kooks, waarbij kooks een poreus ingekoold materiaal is met hoge mechanische sterkte.

De vluchtige verbindingen worden als bijproducten teruggewonnen. Een deel wordt intern gebruikt als kooksovgas, terwijl een ander deel extern wordt afgezet, zoals teer en aromaten.

Kooks en de fijnere afgezeefde fractie bries worden in de ertsvoorbereiding en hoogovens gebruikt als reductiemiddel en brandstof:

- Grotere kooksdeeltjes worden met sinter en pellets (en fluxen) in de hoogovens beladen en met, onder in de hoogovens ingevoerde, met zuurstof verrijkte, hete lucht van 1.100 – 1.250 °C (de zogenaamde 'hete wind') vergast tot CO en H₂. Ongeveer 50% van de gevormde CO en H₂ reageert met ijzererts en reduceert het tot gesmolten ruwijzer onder de vorming van CO₂ en H₂O.
- Ook injectiekolen reageren met 'hete wind' tot CO en H₂.
- Het overblijvende gasmengsel – het zogenaamde hoogovengas - wordt boven in de hoogoven afgevangen en met gaswassers ontstof. Vervolgens wordt de druk van het gas verlaagd in twee zogenaamde hoogovengas expansieturbines (HET's) en tenslotte wordt het gas gebruikt als brandstof.
- Een klein deel (± 10%) van de ingevoerde koolstof uit kooks en injectiekolen lost op in het gesmolten ijzer en wordt mee afgevoerd naar het oxystaalproces.

De in gesmolten ruwijzer opgeloste koolstof wordt in het oxystaalproces met zuivere zuurstof geoxideerd tot CO (80 vol%) en CO₂. Het resulterende brandbare gasmengsel – zogenaamd oxystaalgas - wordt afgevangen voor hergebruik.

Voorbeelden van doeleinden op het terrein van Tata Steel waarvoor de gevormde productiegasen – kooksovgas, hoogovengas en oxystaalgas –hergebruikt worden zijn:

- Het verhitten van de ovens van de kooks- en gasfabrieken.
- Het bakken van sinters en pellets.
- Het verhitten van de in de hoogovens gebruikte "wind".
- In geval van kooksovgas: het gebruik als brandstof bij de warmbandwalserij.
- De productie van stoom en elektriciteit bij het eigen Energiebedrijf.

Om alle productiegassen te verwerken is op het Tata Steel-terrein zelf te weinig vraag naar brandstoffen. Het grootste deel van de gassen gaat momenteel naar de nabijgelegen centrales van Vattenfall in Velsen (Velsen 24 (VN24) en Velsen 25 (VN25)) en op het terrein van Tata (STEG IJmond 01 (IJM01)) voor productie van elektriciteit en stoom. Beide producten worden weer door Tata Steel gebruikt in het productieproces.



Figuur 4.1. Locatie van de drie Vattenfall energiecentrales

4.1.2 Energiebedrijf Tata Steel

Het eigen Energiebedrijf (ENB) beschikt over een gasturbine met afgassensenketel (GT11 + AK11), één stoomturbine (TG2) en een aantal ketels (K15, K16, K41, K23, K24, K33, K34 en K35), georganiseerd in drie zogenaamde Centrales met ieder een specifieke taak of functie.

Ook onderdeel van het Energiebedrijf (ENB) zijn twee zogenaamde hoogovengas expansie-turbines (HET's) opgesteld bij Hoogovens 6 en 7 (HET 6 en 7). Het hoogovengas, dat bij uittrede van de hoogoven een druk heeft van 1,5 bar(g) (HO6) tot 2,2 bar(g) (HO7), wordt door middel van deze turbines geëxpandeerd tot een netdruk van circa 0,1 bar(g). De energie die hierbij vrijkomt wordt zo omgezet in elektrisch vermogen (20 MW_e).

Het ENB heeft met name de volgende taken:

- Het leveren van 72, 45, 15, 7 en 0,5 bar(g) stoom aan verschillende afnemers voor warmte- en krachtdoeleinden.
- Het verzorgen van stoom- en elektriciteit eilandbedrijf, in geval van uitval van het, aan Tata leverende, elektriciteitsnet.
- Het leveren van 62 bar(g) startstoom voor IJMond-01 en het regelen van de stoomextractie van IJMond-01. IJMond-01 is een energiecentrale van Vattenfall gesitueerd op het terrein van Tata. In de energiecentrale wordt vooral hoogovengas gebruikt als brandstof. De centrale bestaat uit een gasturbine met een afgassensenketel en een stoomturbine (een STEG) en kan naast elektriciteit ook stoom voor het Tata Steel terrein leveren.
- Het leveren van 'blaaswind' aan de Hoogovens.

Voor het leveren van 'blaaswind' zijn vier zogenaamde windmachines (WM 24 t/m 27) – compressoren met een vermogen van enkele tientallen MW - opgesteld, waarvan er drie met stoom (45 bar(g)) worden aangedreven en 1 elektrisch wordt aangedreven.

Een uitgebreidere beschrijving van het Energiebedrijf (ENB) en haar taken is opgenomen in Bijlage A1.

4.1.3 Andere energiedragers

Naast steenkool en daarvan afgeleide productiegassen worden ook aardgas en, via het openbare net geleverde, elektriciteit gebruikt.

Aardgas

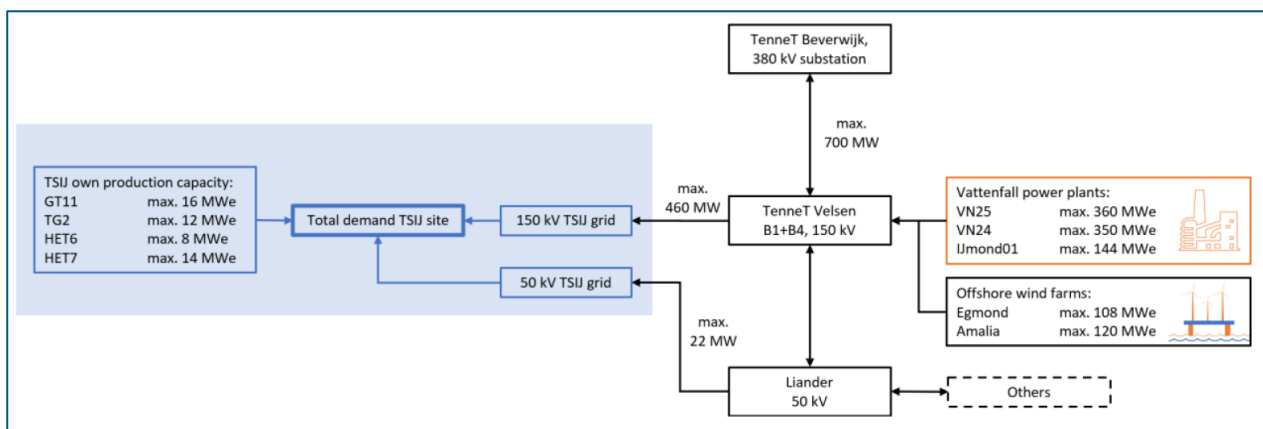
Aardgas wordt voornamelijk gebruikt in fabrieken waarin staal wordt verwerkt, zoals bij de gietwalsinstallatie, warmbandwalserij en bij de gloei- en bekledingslijnen.

Elektriciteit

Elektriciteit wordt voornamelijk gebruikt bij de walserijen en coatingfabrieken en bij Linde voor de productie van technische gassen (zuurstof, stikstof en argon).

Een deel van het elektriciteitsgebruik bij Linde heeft betrekking op het conditioneren van stikstof uit luchtscheiding voor afzet bij Gasunie Transport Services (GTS). De geconditioneerde stikstof wordt door GTS gebruikt voor het verdunnen van hoogcalorisch aardgas uit offshore gasvelden tot aardgas van zogenaamde G-gas (Groningen) kwaliteit.

De geconsumeerde elektriciteit wordt gedekt door 'eigen' opwekking en de opwekking van elektriciteit van de drie energiecentrales VN24, VN25 en IJM01. Deze centrales zetten de door Tata Steel geleverde productiegassen om in elektriciteit. Normaal zijn twee van de drie centrales in bedrijf. De derde centrale staat back-up voor onderhoud en storingen. (Zie Figuur 4.2).



Figuur 4.2. Schematisch overzicht van de netaansluitingen en vermogens

Vanuit de twee hoofdverdeelstations van TenneT Velsen 150 kV is Tata Steel met negen verbindingen aangesloten. Ook zijn er vier verbindingen via Liander 50 kV beschikbaar. Liander wordt overigens ook gevoed door TenneT Velsen 150 kV. De toegepaste spanningen op het Tata Steel distributienetwerk zijn 150kV, 50 kV, 10 kV en 6 kV. Via dit eigen distributienetwerk worden de werkeenheden van elektriciteit voorzien. Het distributienetwerk van Tata Steel is zo ontworpen en aangelegd dat er een betrouwbare elektriciteitsvoorziening is.

4.1.4 Totaalbeeld

Een overzicht van de gemiddelde energiebalans over de productielocatie van Tata Steel anno 2019 en de daaraan verbonden verwerkers van bijproducten en energiecentrales is gegeven in Tabel 4.2.

4.2 Autonome ontwikkelingen

4.2.1 Nieuwe installaties

In de autonome ontwikkeling zullen een aantal installaties worden gebouwd in het kader van programma's zoals Roadmap Plus. Het betreft deels nieuwe rookgasreinigingsinstallaties en andere installaties om emissies naar de omgeving te verminderen, en het programma STAR (Strategische investeringen in productielijnen om concurrerend te blijven). De nieuwe installaties leiden tot een toename van het elektriciteitsverbruik (zie Tabel 4.1).

Tabel 4.1. Effect van autonome ontwikkelingen op het elektriciteitsgebruik (waarden in GWh/jaar)

	Recent gerealiseerd	Gepland	Totaal
Pelletfabriek – LoTox DeNOx wasser, doekenfilter	40	140	180
Hoogovens – slakgranulatie		25	25
Oxystaalfabriek – tertiaire ontstopping	10		10
Direct sheet plant	5		5
Warmbandwalserij	80		80
Koudbandwalserij	40		40
Gecoate producten	5		5
Verpakkingsstaal		55	55
PWN		20	20

Ook op gebied van brandstofgebruik zijn er ontwikkelingen geweest of zullen er ontwikkelingen zijn. Bij de Warmbandwalserij is een wandeloven geplaatst waarmee 0,6 PJ/jaar aan brandstof (aardgas) wordt bespaard.

Tabel 4.2. Energiebalans over de referentiesituatie. De vetgedrukte posten vormen opgeteld het totaal. Deze worden in niet-vetgedrukte posten uitgesplitst.

In	PJ/jaar	Uit	PJ/jaar
Externe energiestromen	133,3	Energetisch verbruik bestaande processen ruwijzer productie	104,9
• Kolen	120,8	waarvan warmte/kracht uit productiegasen	24,0
• Aardgas	12,5	waarvan uit hoogovengas	14,6
Ruwijzerproductie	1,5	waarvan uit kooksovengas	8,3
Staalproductie en walserijen	9,1	waarvan uit oxystaalgas	1,1
Elektriciteitscentrales Vattenfall	1,9		
• Waterstof	0,0	Energetisch verbruik en verliezen staalproductie en walserijen	14,0
		waarvan warmte uit kooksovengas (warmbandwalserij)	5,4
Netto elektriciteit (excl. derden)	1,2		
Productie elektriciteitscentrales Vattenfall	-9,8	Balans elektriciteitscentrales Vattenfall	15,7
Interne elektriciteitsproductie	-0,5	Inzet productiegas/aardgas	25,5
Stroomgebruik	11,5	waarvan hoogovengas	18,6
Ruwijzerproductie	5,1	waarvan kooksovengas	1,0
Staalproductie en walserijen	4,5	waarvan oxystaalgas	4,0
Zuurstofproductie	1,8	waarvan aardgas	1,9
		Productie elektriciteit	-9,8
Totaal	134,5	Totaal	134,5

Het toevoegen van schroot in het hoogovenproces is nog in de onderzoeksfase. Na implementatie van Heracless wordt mogelijk schroot Hoogoven 6 toegevoegd om de circulariteit te verhogen.

Een overzicht van de gemiddelde energiebalans bij autonome ontwikkelingen richting 2030 over de productielocatie van Tata en de daaraan verbonden verwerkers van bijproducten en energiecentrales is gegeven in Tabel 4.2.

De bijbehorende CO₂-balans voor Scope 1 emissies is opgenomen in Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Broeikasgasinventarisatie (Scope 1) over de referentiesituatie

Bron	megaton CO ₂ /jaar
Kolen, etc.	11,5
IJzerhoudend materiaal	0,02
Aardgas	0,7
Elektriciteit	0
Fluxen (hulpstoffen)	0,4
Totaal	12,6

4.3 Transitieperiode

In de transitieperiode worden nieuwe installaties getest en gaandeweg in bedrijf genomen. Een aantal andere installaties worden in de loop van de transitieperiode in deellast bedreven en uit bedrijf genomen. Het energiegebruik en de bijbehorende broeikasgasemissies zijn in die periode een combinatie van het energiegebruik en de broeikasgasemissies in referentiesituatie en toekomstige situatie.

Zoals aangegeven in Hoofdstuk 3 zijn energiegebruik en broeikasgasemissies in deze periode buiten beschouwing gelaten.

5 Beschrijving Heracless

In dit hoofdstuk wordt het project Heracless beschreven, met name de energie gerelateerde aspecten. De veranderingen ten opzichte van de huidige situatie komen aan bod, de aard en functie van de DRI-fabriek en de vlamboogoven, en tenslotte de veranderingen ten gevolge van Heracless bij de andere werkeenheden zoals het udfaseren van een kooks- en gasfabriek en een hoogoven en de wijzigingen bij de secundaire metallurgie. Dit vormt de opmaat voor het beschrijven van de energie- en broeikasgaseffecten per fase in het volgende hoofdstuk.

Verder is in dit hoofdstuk voor de nieuwe installaties – DRI-fabriek, vlamboogoven, secundaire metallurgie – de BBT-toets opgenomen.

5.1 Heracless - veranderingen op hoofdlijnen

5.1.1 Nieuw bij Tata Steel

Bij uitvoering van het Heracless project zullen een aantal nieuwe installaties worden gebouwd:

- Een Direct Reduction Plant (DRI-fabriek) met een nominale capaciteit van meer dan 2,8 miljoen ton/jaar.
- Een vlamboogoven (Electric Arc Furnace (EAF)) met een productiecapaciteit van 3,3 miljoen ton/jaar.
- Diverse installaties voor secundaire metallurgie:
 - Twee panovenbehandelingsstations (Ladle Furnaces (LF))
 - Twee ontzwavelingsstations (DS) om het zwavelgehalte in het staal te verlagen.
 - Twee ontgassers (type Ruhrstahl Hereaus recirculerende ontgassers),

In de DRI-fabriek (DRP) wordt ijzererts net als in het hoogovenproces gereduceerd door reactie met koolmonoxide (CO) en waterstof (H₂) tot zogenaamd DRI (Direct Reduction Iron) volgens onderstaande reactievergelijking:

- $3 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO}/\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{ Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}/\text{H}_2 \rightarrow 3 \text{ FeO} + \text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$
- $\text{FeO} + \text{CO}/\text{H}_2 \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$

Daarnaast vindt carburisatie (koolstofvorming) plaats in de DRI-fabriek waarbij onder andere cementiet (Fe₃C) gevormd wordt :

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

De reducerende gassen worden in de DRI-fabriek echter geproduceerd door omzetting van aardgas of gebruik van waterstof in plaats van kooks en injectiekolen. Het aardgas kan in principe deels (tot 80% op energiebasis) worden vervangen door waterstof.

Daarnaast blijft de temperatuur beneden het smeltpunt van ijzererts, waardoor geen slak en gesmolten ruwijzer worden geproduceerd, maar een vast product dat Direct Reduced Iron (DRI) wordt genoemd. Verder wordt het reducerende gas bij de DRI-fabriek niet afgevoerd om elders op terrein of bij externe afnemers te worden gebruikt als brandstof – zoals bij hoogovengas – maar wordt het ontdaan van reactieproducten CO₂ en water en na toevoegen van ‘verse’ aardgas (of waterstof) en verhitting gerecirculeerd naar de DRI-reactor voor gebruik als reductiemiddel. Afgescheiden CO₂ komt vrij als zuivere stroom en kan permanent worden opgeslagen in de diepe ondergrond (CCS) of worden gebruikt, bijvoorbeeld bij het opwerken van slakken uit de vlamboogoven (EAF). Dit wordt heden op schaalgrootte

10-110 kiloton/jaar slak toegepast in technische concepten ontwikkeld door bijvoorbeeld Carbon8, Orbix en Carbicrete. De CO₂-opname is beperkt tot maximaal ongeveer 5-15%. Het slakvolume is te klein om alle afgevangen CO₂ te binden.

Het smelten van gereduceerd ijzererts en de vorming van slak en gesmolten ruwstaal – vindt plaats in de vlamboogoven (EAF). Het in de vlamboogoven geproduceerde staal wordt vervolgens in meerdere stappen in nieuw te bouwen installaties geraffineerd, voordat het aan de gieterij wordt geleverd.

Bij het Heracless project worden de Hoogoven 7 en de Kooks- en gasfabriek 2 (KGF2) vervangen door de DRI- en EAF-installatie. In de volgende fase (circa 2037) is het plan de resterende hoogoven (Hoogoven 6) en Kooks- en gasfabriek 1 (KGF1) te vervangen door een tweede set installaties. De huidige plannen voorzien in één DRI-fabriek en twee Reducing Electric Furnaces (REF's). Dit laatste is een alternatief voor de vlamboogoventechnologie, dat nog in ontwikkeling is.

Daarnaast (parallel lopend met Heracless en de vervolgfase in de periode van 2030-2045) onderzoekt Tata Steel of de resterende CO₂-uitstoot verminderd kan worden door bijvoorbeeld elektrificatie, inzet waterstof, biobrandstoffen en CCU/S.

De nieuwe installaties en het energiegebruik daarvan als onderdeel van Heracless worden in meer detail beschreven in paragrafen 5.2- 5.4.

5.1.2 DRI-fabrieken en vlamboogovens elders

Het te realiseren concept van DRI-fabriek en vlamboogoven is niet uniek. ArcelorMittal past deze configuratie bijvoorbeeld op commerciële schaal in Hamburg toe sinds 1971 (Midrex, 2021). De Midrex DRI-fabriek in Hamburg (productiecapaciteit 0,7 Mton/jaar) is sinds dat jaar operationeel. Het betreft dus een bewezen, robuuste technologie.

Grotere fabrieken met productiecapaciteiten, zoals Tata Steel in IJmuiden wil realiseren staan in gebieden waar goedkoop aardgas beschikbaar is, zoals het Midden-Oosten, Noord-Afrika (Egypte, Algerije), Latijns America (Mexico, Venezuela, Trinidad) en de Verenigde Staten. Er zijn ook fabrieken die geen aardgas, maar synthesesegas uit kolenvergassing of die kooksofengas als reducerend gas gebruiken, bijvoorbeeld in India en Zuid-Afrika.

Ook de geplande toepassing van de combinatie van DRI- fabriek en elektrische vlamboogoven als route om CO₂-emissies te reduceren is niet uniek. Concurrenten, waaronder Saarlust, ArcelorMittal en Salzgitter werken aan realisatie van dit concept.

5.1.3 Andere veranderingen

De volgende installaties worden uitgefaseerd en uiteindelijk ontmanteld:

- Hoogoven 7 en daaraan gekoppelde HET-7 (Hoogovengas ExpansieTurbine) die elektriciteit produceert via een hoogovengas expansieturbine.
- Pompstation 4 (schachtkoeling HO7).
- Pompstation 7 (ammoniak (NH₃) koelers voor haard en jacketkoeling van HO7).
- Kooks- en gasfabriek 2.

De volgende installaties worden op een lagere belastingfactor gebruikt:

- ENB-centrale 1 (lagere stoomvraag Tata Steel).
- ENB-centrale 2 (lagere stoomvraag Tata Steel).
- Linde-luchtscheidingsunits (ASU's) (lagere zuurstofvraag door Tata Steel).

- Sinterfabriek.
- Staalfabriek.

De veranderingen zijn in meer detail beschreven in de Technische Beschrijving, deel B van het Eindrapport MER Heracless. De effecten van de veranderingen op het energieverbruik en de broeikasgasemissies (Scope 1) zijn verdisconteerd in de resultaten die worden gepresenteerd in hoofdstuk 6.

5.2 Nieuwe installaties: de DRI-fabriek

5.2.1 Proces

In de DRI- reactor reageren gecoate ijzerertspellets met in tegenstroom stromend reducerend procesgas (910-950 °C), bij een druk van ongeveer 7-9 bar(g). De pellets worden geproduceerd bij de pelletfabriek op het Tata Steel terrein of eventueel extern ingekocht. De pellets worden geproduceerd uit een mengsel van erts. Om te voorkomen dat de pellets aan elkaar hechten tijdens het reductieproces worden de pellets bekleed met een laagje cement.

Het reducerende gas bestaat grotendeels uit een mengsel van gerecirculeerd koolmonoxide en waterstof en toegevoegd extern aardgas (voorgenomen activiteit – operationele fase met aardgas - aardgasscenario) of een mengsel van aardgas en waterstof met een maximaal waterstof-gehalte van 93% energie (Operationele fase met waterstof - waterstofscenario). Dit betekent dat er per PJ reducerend gas 0,93 PJ aan waterstof (calorische bovenwaarde) wordt gebruikt. Daarnaast zijn kleinere volumefracties van CO₂ en water aanwezig (Ichikawa et al., 2017)

Tijdens het contact tussen ijzererts en procesgas wordt het erts gereduceerd door endotherme reacties met waterstof en exotherme reacties met koolmonoxide en methaan(uit aardgas). Methaan wordt ook in situ omgezet in koolmonoxide en waterstof door reactie met waterdamp. Een deel van de koolstof in methaan en koolmonoxide wordt verbruikt bij de vorming van cementiet.

In het aardgasscenario (maar niet in het waterstofscenario) wordt tussen het procesfornuis en de DRI-reactor zuurstof toegevoegd voor de gedeeltelijke oxidatie van waterstof, methaan en koolstofmonoxide in het procesgas, om endotherme reacties te compenseren en om de temperatuur op een niveau te brengen (bij ongeveer 1.100°C) nodig voor het proces. Gereduceerde ijzerertspellets (heet direct gereduceerd ijzer of H-DRI) worden naar de vlamboogoven (EAF) getransporteerd.

Het procesgas verlaat de reactor aan de bovenkant met een temperatuur van ca 500°C (met aardgas als reductiemiddel) of ca 340 °C ('waterstofscenario'). In een 'top gas heat recuperator' wordt het procesgas gekoeld tot ongeveer 200 °C. De teruggewonnen warmte wordt gebruikt om lagedrukstoom te produceren met een druk van 10 - 12 bar(g).

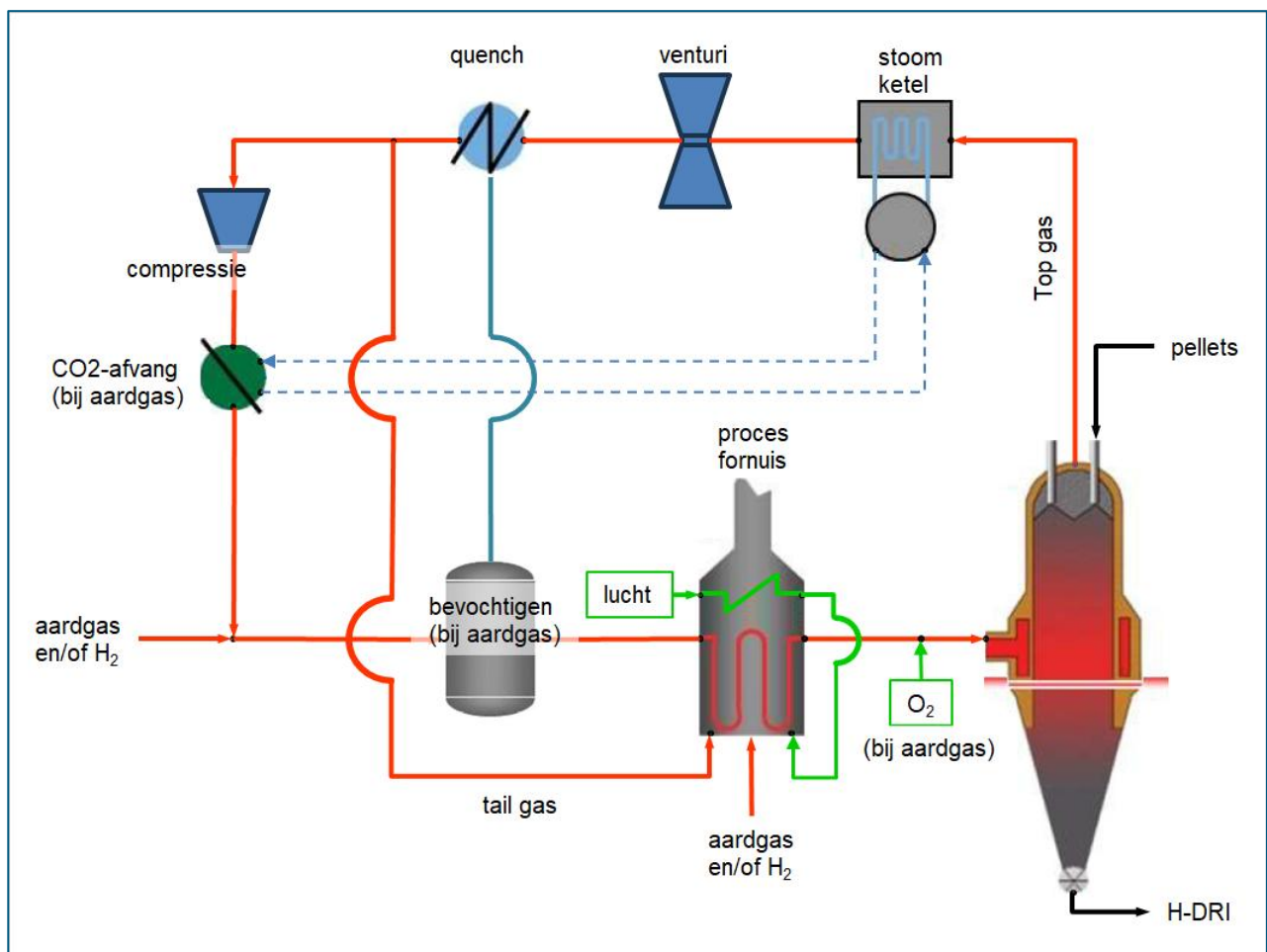
Het procesgas wordt vervolgens gekoeld met behulp van een quench met water tot ongeveer 120 °C en ontstoft met een venturiwasser. Het ontstoft gas wordt daarna verder gekoeld tot ongeveer 40 °C in een wasser met een vloeistofafscheider. Zo worden nog aanwezige waterdruppels uit het gas verwijderd. Hierna wordt een klein deel van het gereinigde en koude procesgas afgescheiden om accumulatie van inerte gascomponenten (stikstof en argon) te voorkomen. Het betreft ongeveer 5 vol% in het aardgasscenario en ongeveer 10 vol% in het waterstofscenario. Dit zogenaamde tailgas wordt gebruikt als brandstof in het procesfornuis.

Het overige procesgas wordt gefilterd, gecomprimeerd en opnieuw gekoeld tot 40 °C. In het aardgasscenario wordt vervolgens CO₂ verwijderd met een op MDEA gebaseerd afvangproces, waarbij circa 3 GJ lagedrukstoom per ton afgevangen CO₂ wordt verbruikt. MDEA (methyl-di-ethanolamine) is een

organische verbinding met als brutoformule $C_5H_{13}NO_2$. Waterige oplossingen van methyldi-ethanolamine worden gebruikt voor het absorberen van zure componenten, zoals waterstofsulfide of koolstofdioxide, uit gasstromen. Zo worden dus zowel CO_2 als waterstofsulfide (H_2S) afgevangen.

In het waterstofscenario wordt geen CO_2 uit procesgas verwijderd.

Het geconditioneerde procesgas wordt aangevuld met aardgas (aardgasscenario) of een mengsel van aardgas en waterstof (waterstofscenario) en voorverwarmd met lagedrukstoom. In het aardgasscenario wordt het procesgas ook in contact gebracht met heet water uit de quench, waarbij het procesgas opwarmt en een deel van het hete water verdampt en de waterdamp met het procesgas wordt meegevoerd.



Figuur 5.1. Schematische weergave DRI-proces

Het gasmengsel wordt vervolgens verwarmd tot 910 – 950 °C in een procesfornuis, gestookt met een mengsel van tailgas, aardgas en (in het ‘waterstofscenario’) waterstof. In het aardgasscenario wordt vervolgens zuurstof toegevoegd voor omzetting van methaan (CH_4) in koolstofmonoxide waterstof.

Het procesfornuis heeft een thermisch rendement van 90-92%. Warmte van de rookgassen wordt behalve voor het verwarmen van procesgas – na tussentijdse behandeling in een SCR DeNO_x - ook gebruikt voor het voorverwarmen van verbrandingslucht. De rookgassen hebben daarna een temperatuur van ca 200°C en worden daarna op de buitenlucht afgelaten.

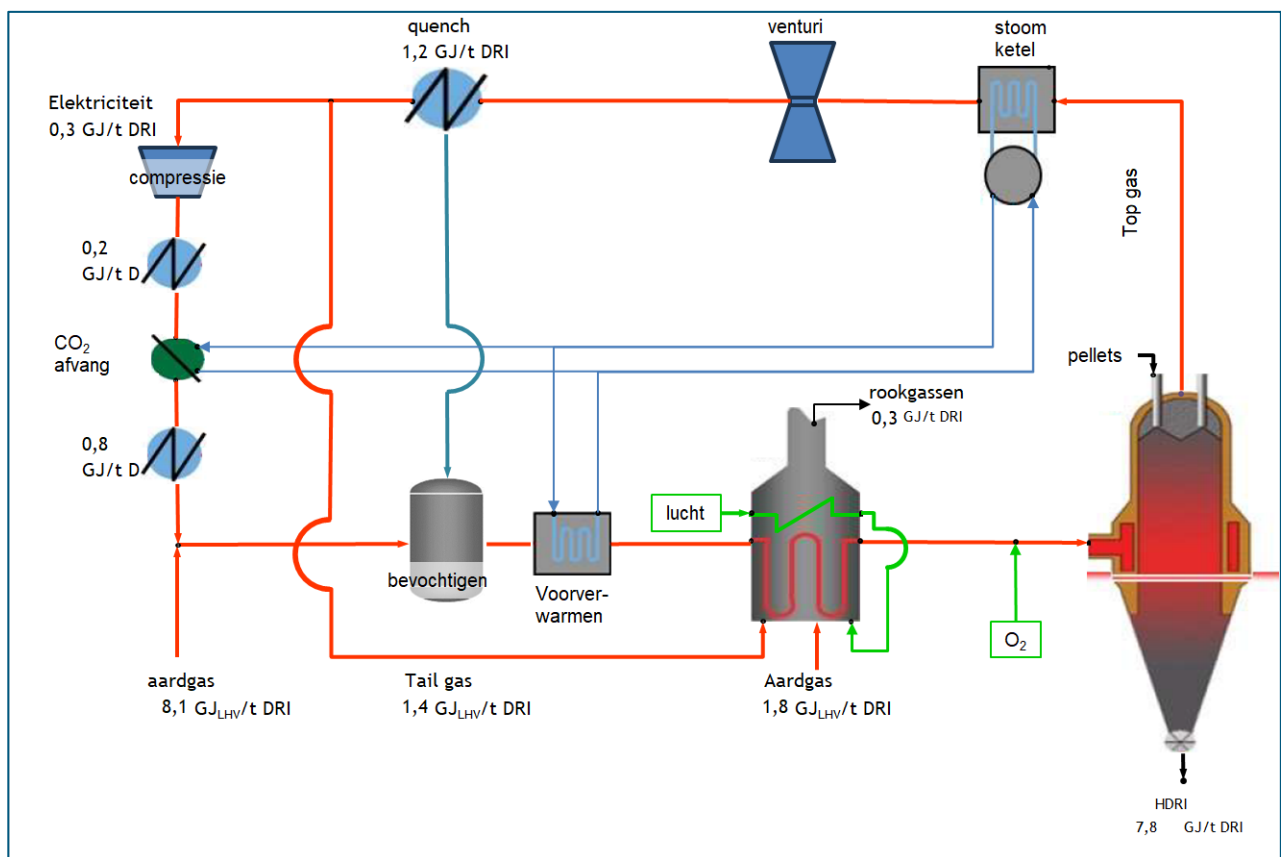
Proceswater wordt behandeld, waarbij opgeloste gassen en slib worden verwijderd. Opgeloste gassen worden verbrand in het procesfornuis.

5.2.2 Energiebalans

Aardgasscenario

Het aardgasscenario is de operationele fase van Heracless, waarbij de DRI-fabriek op aardgas wordt bedreven. In Figuur 5.2 zijn voor het aardgasscenario de ingaande en uitgaande energiestromen schematisch weergegeven.

Het specifieke aardgasgebruik voor productie van H-DRI in het basis scenario ($9,9 \text{ GJ}_{\text{LHV}}/\text{ton H-DRI}$, op basis van Figuur 5.2) is vergelijkbaar met door Danieli in openbare bronnen genoemde waarden (Pauluzzi et al., 2021).



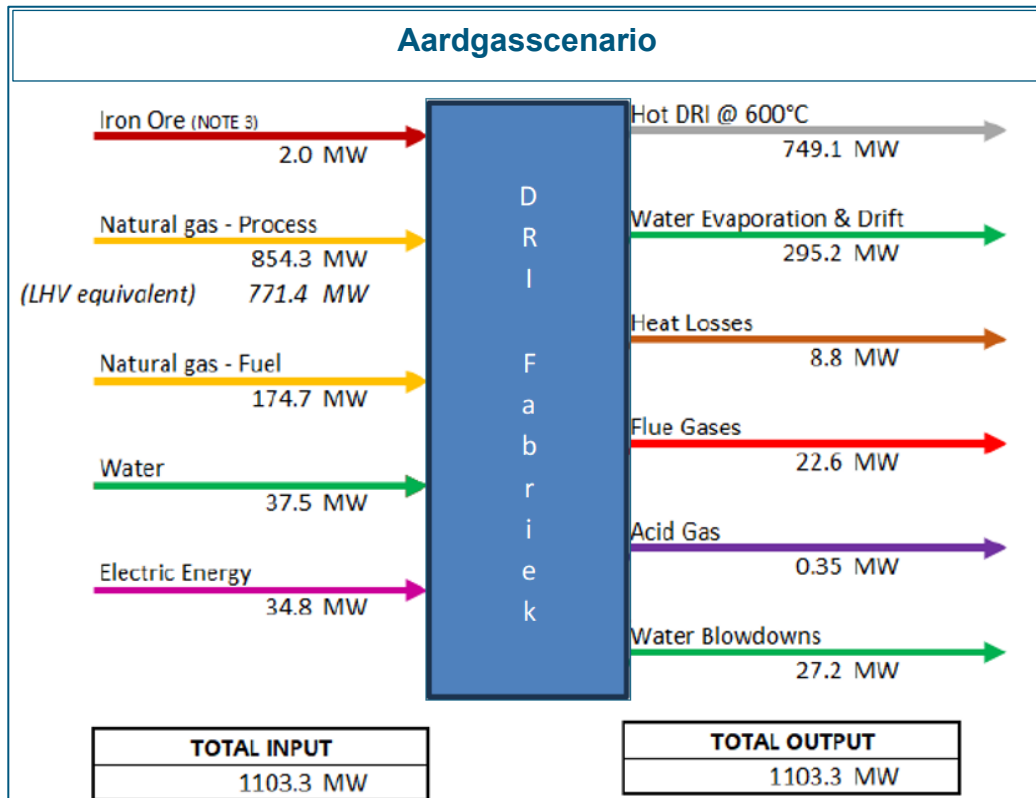
Figuur 5.2. Grafische weergave van de energiebalans van de DRI-fabriek – Aardgasscenario (beschouwde productieomvang: 343,75 ton/uur aan H₂DRI)

Bron: Gegevens geleverd door Danieli.

Aantekeningen:

- Balans betreft ijzerertspelleten met een Fe-gehalte van 67,8%, 0% FeO (DR-grade).
- De totale hoeveelheid uitgaande energie is iets hoger ($7,8 + 1,2 + 0,8 + 0,3 + 0,2 = 10,3 \text{ GJ/ton DRI}$) dan de opgegeven hoeveelheid brandstof ($1,8 \text{ GJ/ton DRI}$), reductiemiddel ($8,1 \text{ GJ/ton DRI}$) en elektriciteit ($0,3 \text{ GJ/ton DRI}$). Het verschil betreft voornamelijk het verschil tussen calorische bovenwaarde en calorische onderwaarde (stookwaarde, LHV) van de als reductiemiddel gebruikte aardgas. Dit verschil betreft de warmte die vrijkomt bij het condenseren van de waterdamp die wordt gevormd bij de omzetting van aardgas in CO₂ en H₂O (zie voor meer uitleg bijvoorbeeld: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Verbrandingswarmte>). Deze warmte wordt wel meegenomen in de calorische bovenwaarde, maar niet in de calorische onderwaarde. De condensatiewarmte van waterdamp wordt weggekoeld in de quench.

In totaal wordt in dit scenario zo'n 30% - 35% van de toegevoerde energie afgevoerd met koelwater of via de rookgassen op de buitenlucht afgelaten.



Figuur 5.3. Overzicht vermogens in het aardgasscenario op basis van Higher Heating Value (HHV) voor processtromen en Lower Heating Value (LHV) voor overige energiestromen.

Vermogens hebben betrekking op 344 ton/uur aan H-DRI (DR-grade).

Het betreft in dit scenario:

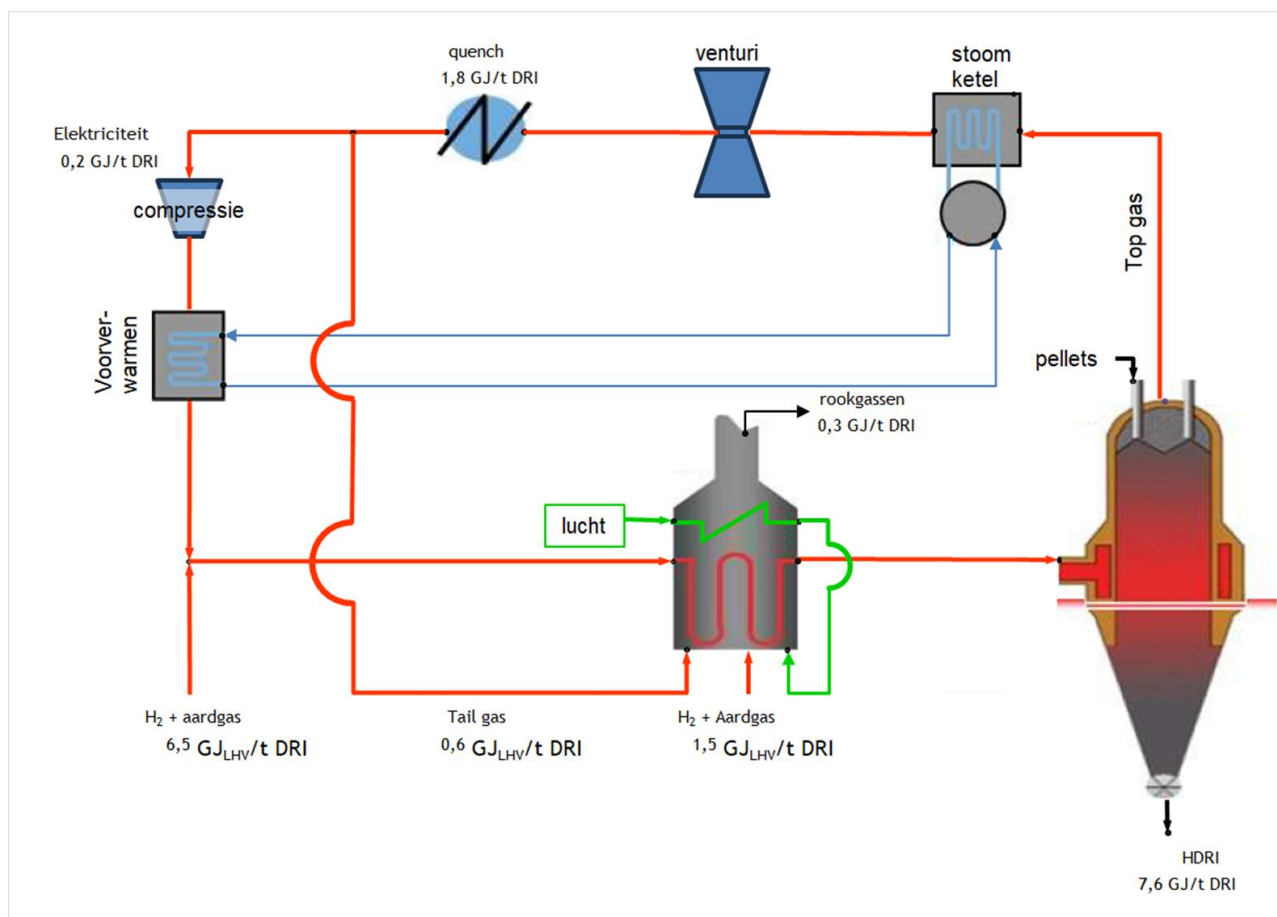
- Ongeveer 295 MW_{th} aan warmte uit procesgas die op een temperatuur van 46 à 52 °C via koelwater wordt afgevoerd.
- Ongeveer 25 MW_{th} op een temperatuur van 190 °C (spui) aan warmte die met koelwater wordt afgekoeld en op een temperatuur van 46 à 52 °C via koelwater wordt afgevoerd.
- Zo'n 20 - 25 MW_{th} aan warmte die op een temperatuur van 200 °C via de rookgassen wordt afgevoerd.

Waterstofscenario

Het waterstofscenario is de operationele fase van Heracless, waarbij de DRI-fabriek grotendeels op waterstof wordt bedreven. In het waterstofscenario bestaat – op basis van energie-inhoud – 80% van de totale ingaande energiestroom (8,2 GJ/ton DRI) uit waterstof en 20% uit aardgas. Dit is inclusief de energie die als brandstof wordt gebruikt (1,5 GJ_{LHV}/ton DRI, 70% aardgas). Het gebruikte reducerende gas (6,5 GJ_{LHV}/ton DRI) bestaat qua energie-inhoud (calorische bovenwaarde) voor 93% uit waterstof.

Het energiegebruik is iets lager bij vervanging van aardgas door waterstof in de DRI-fabriek. Het lagere energiegebruik hangt deels samen met het gegeven dat er bij gebruik van waterstof geen CO₂-afvang uit procesgas nodig is. Hierdoor kan meer energie uit top gas worden gebruikt voor warmte-integratie binnen het proces in de vorm van het verder voorverwarmen van het procesgas met stoom, die anders nodig is bij CO₂-afvang. Ook is er minder procesenergie nodig voor kraken van methaan en voor reacties met waterstof.

Er zijn in openbare bronnen geen energiegebruiken gevonden om mee te vergelijken, maar de energiebalans is consistent.



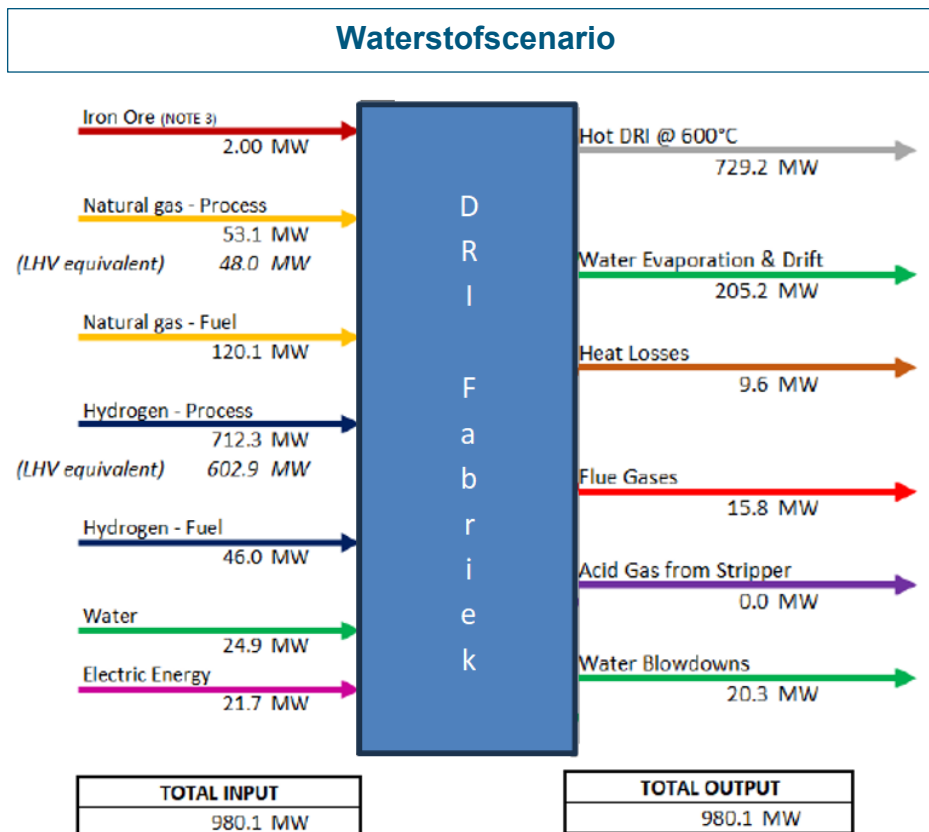
Figuur 5.4. Grafische weergave van de energiebalans van de DRI-fabriek – waterstofscenario (beschouwde productieomvang: 343,75 ton/uur aan H₂DRI)

Bron: Gegevens geleverd door Danieli. Aantekeningen:

- Balans betreft ijzerertspellets met een Fe-gehalte van 67,8%, 0% FeO (DR-grade).
- De totale hoeveelheid uitgaande energie is iets hoger (7,6 + 1,8 = 9,4 GJ/ton DRI) dan de opgegeven hoeveelheid brandstof (1,5 GJ/ton DRI), reductiemiddel (6,5 GJ/ton DRI) en elektriciteit (0,2 GJ/ton DRI). Het verschil betreft voornamelijk het verschil tussen calorische bovenwaarde en calorische onderwaarde (stookwaarde, LHV) van de als reductiemiddel gebruikte aardgas en waterstof. Dit verschil betreft de warmte die vrijkomt bij het condenseren van de waterdamp die wordt gevormd bij de omzetting

van aardgas in CO₂ en H₂O en van H₂ in H₂O (zie voor meer uitleg bijvoorbeeld: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Verbrandingswarmte>). Deze warmte wordt wel meegenomen in de calorische bovenwaarde, maar niet in de calorische onderwaarde. De condensatiewarmte van waterdamp wordt weggekoeld in de quench.

In totaal wordt zo'n 25% van de toegevoerde energie afgevoerd met koelwater of via de rookgassen op de buitenlucht afgelaten.



Figuur 5.5. Overzicht vermogens in waterstofscenario op basis van Higher Heating Value (HHV) voor processtromen en Lower Heating Value (LHV) voor overige energiestromen. Vermogens hebben betrekking op 344 ton/uur aan H-DRI (DR-grade).

Het betreft in dit scenario:

- Ongeveer 175 MW_{th} aan warmte uit procesgas die op een temperatuur van 46 à 52 °C via koelwater wordt afgevoerd.
- Ongeveer 20 MW_{th} op een temperatuur van 190 °C (spui) aan warmte die met koelwater wordt afgekoeld en op een temperatuur van 46 à 52 °C via koelwater wordt afgevoerd.
- Zo'n 16 MW_{th} aan warmte die op een temperatuur van 200 °C via de rookgassen wordt afgevoerd.

5.3 Nieuwe installaties: de vlamboogoven

5.3.1 Proces

5.3.1.1 Essentie

In de vlamboogoven worden metallisch ijzer en ganggesteente uit heet DRI (500 – 600 °C) en schroot van elkaar gescheiden door deze te smelten. Gesmolten vormt het metallisch ijzer een bad van vloeibaar metaal, en het ganggesteente vormt hier bovenop een vloeibare zogenoemde slaklaag. Om deze slaklaag de voor het proces benodigde, samenstelling te geven, worden ook nog fluxen toegevoegd.

Naast fluxen worden ook zuurstof en koolstofhoudend materiaal in de vorm van poedervormig steenkool en kooksbries en in de vorm van 'coal lumps' als bedrijfsmiddel gebruikt.

Het ganggesteente wordt bij de reacties in de vlamboogoven omgezet in minerale stoffen, die niet oplossen in gesmolten metallisch ijzer van ongeveer 1.650 °C en die als apart vloeibaar product (slak) kunnen worden afgescheiden. De gevormde slak is lichter dan metallisch ijzer en drijft op het gesmolten ijzer. Hierdoor kunnen beide producten apart worden afgetapt. Naast slak en staal wordt ook procesgas gevormd, voornamelijk bestaande uit CO, CO₂, H₂ en H₂O en - afhankelijk van de mate van luchtinfiltratie - ook N₂ en O₂.

Er zal tot 2,8 Mton HDRI en 1,2 Mton schroot als grondstof worden gebruikt en ongeveer 3,3 Mton aan gesmolten staal worden geproduceerd. De HDRI zal bestaan uit een specifiek mengsel van ertsen.

Het proces in de vlamboogoven verloopt in een cyclus van drie deelfasen in een semi-continu proces: Smelten van de – continu toegevoerde - grondstoffen.

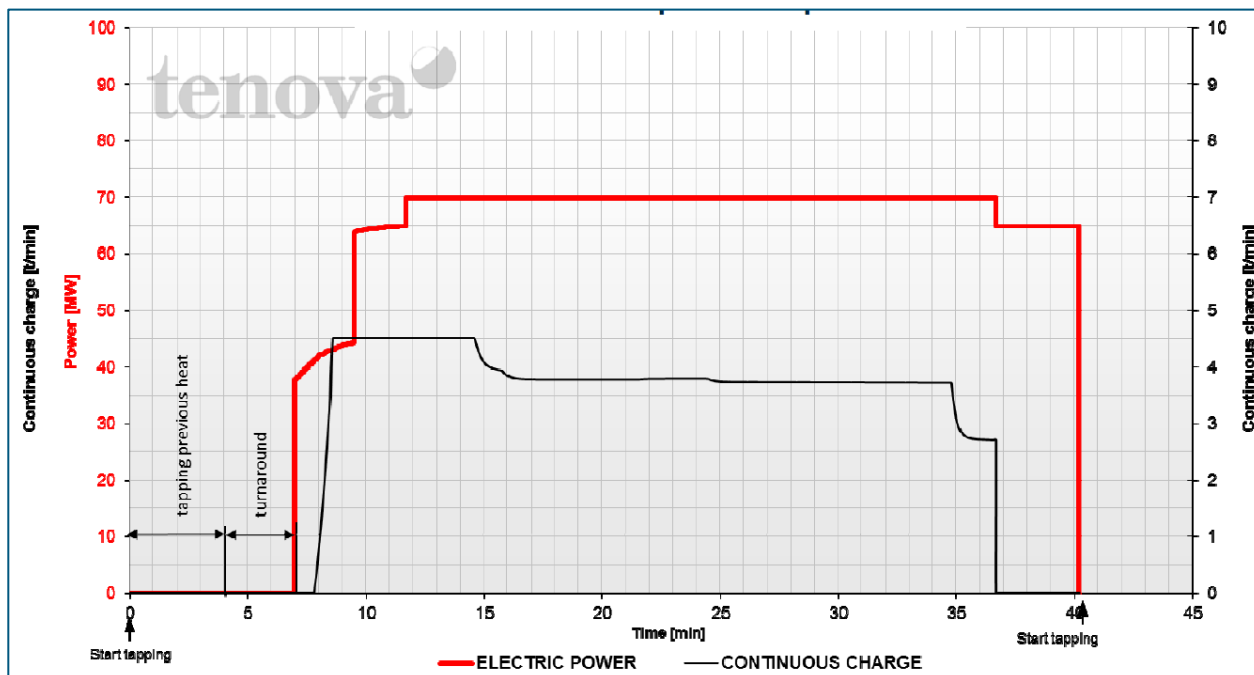
Tappen van gesmolten slak. Gesmolten slak wordt in gietpannen afgevoerd.

Tappen van gesmolten staal. Gesmolten staal wordt in gietpannen afgevoerd naar de secundaire metallurgie voor nabehandeling. Voor een meer geleidelijke procesvoering wordt niet alle gesmolten staal afgetapt, maar blijft een bepaald percentage gesmolten staal (40%) achter in de oven (hot heel). De warmte-inhoud van dit materiaal helpt bij het smelten van nieuw ingevoerd schroot en HDRI.

Een voorbeeld van het profiel van de ingevoerde hoeveelheid grondstoffen en hulpstoffen en van de toegevoerde hoeveelheid elektriciteit is gegeven in Figuur 5.6. Zoals in de figuur geïllustreerd zal de cyclus van smelten en tappen een tijdbestek – de 'tap-to-tap' tijd – van in totaal 40 tot 50 minuten vergen, afhankelijk van de samenstelling van de grondstoffen (aandeel schroot) en grondstofkwaliteit (bijvoorbeeld koolstofgehalte van de DRI). Tijdens tappen van slak en staal worden geen grondstoffen en bedrijfsmiddelen ingezet en geen energie toegevoerd.

Er kan tijdens tappen van slak en staal lucht infiltreren in het systeem, wat bijdraagt aan energieverlies (warmteafvoer in afgassen). De hoeveelheid ijzerverlies door oxidatie wordt vooral gedicteerd door het gewenste koolstofgehalte in het staal, door de verhouding tussen de zuurstof en de koolstof en de eigenschappen van de oven. Deze factoren bepalen de hoeveelheid FeO in het slak uit. Bij meer zuurstofinfiltratie zal er minder zuurstof te hoeven worden geblazen, maar zal er niet meer ijzer verloren worden. Wel zal luchtinfiltratie zorgen voor meer stikstof in het staal wat nadelige effecten heeft voor de producteigenschappen en de behandeltijden in de secundaire metallurgie. Bij nieuwe installaties met continue schrootinvoer blijkt luchtinfiltratie te kunnen worden geminimaliseerd (Tullis et al., 2013).

Voor homogeniseren van gesmolten staal en ingevoerde grondstoffen (HDRI, schroot) zal de Electro Magnetic Stirring technologie worden toegepast. Elektromagnetisch roeren van het smeltbad geeft een homogener bad en voorkomt hotspots en gerelateerde hogere consumptie van bemetseling en elektroden, vergt (beperkt) minder energie (circa 2 kWh_e/ton staal), reduceert de behoefte aan onderhoud en vergroot de verwerkingscapaciteit van de vlamboogoven door verkorten van de 'tap-to-tap' tijd (United Nations Development Programme (UNDP), 2023).



Figuur 5.6. Voorbeeld van het profiel van de toegevoerde hoeveelheden grondstoffen, hulpstoffen en elektriciteit gedurende een cyclus (Zuliani et al., 2018).

5.3.1.2 Energietoevoer

De voor het smelten van grondstoffen benodigde energie wordt met name geleverd door:

- Een vlamboog, die wordt opgezet door wisselstroom (AC) te laten stromen door drie grafitelektroden.
- Vorming van koolmonoxide (CO) uit reactie van koolstof (uit HDRI en geïnjecteerde poederkool) met geïnjecteerde zuurstof¹.
- Verbranding van de gevormde - en nog niet in CO₂ omgezette² – CO uit procesgas³ met lucht. Dit gebeurt binnen Heracless in het toevoersysteem voor schroot, hierbij wordt de geleverde warmte deels nuttig gebruikt om het schroot voor te verwarmen (zie ook paragrafen 5.3.1.3 en 5.3.1.4).

Aardgas wordt gebruikt om een zogenaamde 'shrouding flame' te vormen rondom de te injecteren zuurstof. Het aardgas vormt hierbij een beschermende vlam rondom de zuurstofstraal, waardoor deze in staat is om het staalbad voldoende diep te penetreren.

¹ De door het bad borrelende CO belletjes dienen primair voor het 'opschuimen' van de op het gesmolten staal drijvende slak. Schuimen zorgt voor betere warmtegeleiding, en beschermt de elektroden. Het beschermt daarnaast de installatie tegen oververhitting en het eventueel ontstaan van een vlamboog tussen bijvoorbeeld de grafitelektroden en de zijwanden van de oven. Andere voordelen zijn

- minder stikstof oploop in het staal
- stabielere procesvoering
- minder geluidsproductie

Hiernaast helpt deze koolstof de ijzerverliezen in het slak te beheersen door de daar aanwezige FeO te reduceren naar Fe.

² De gevormde CO reageert deels met FeO in de slak tot CO₂ (en metallisch Fe) voordat het wordt afgevoerd met andere procesgassen

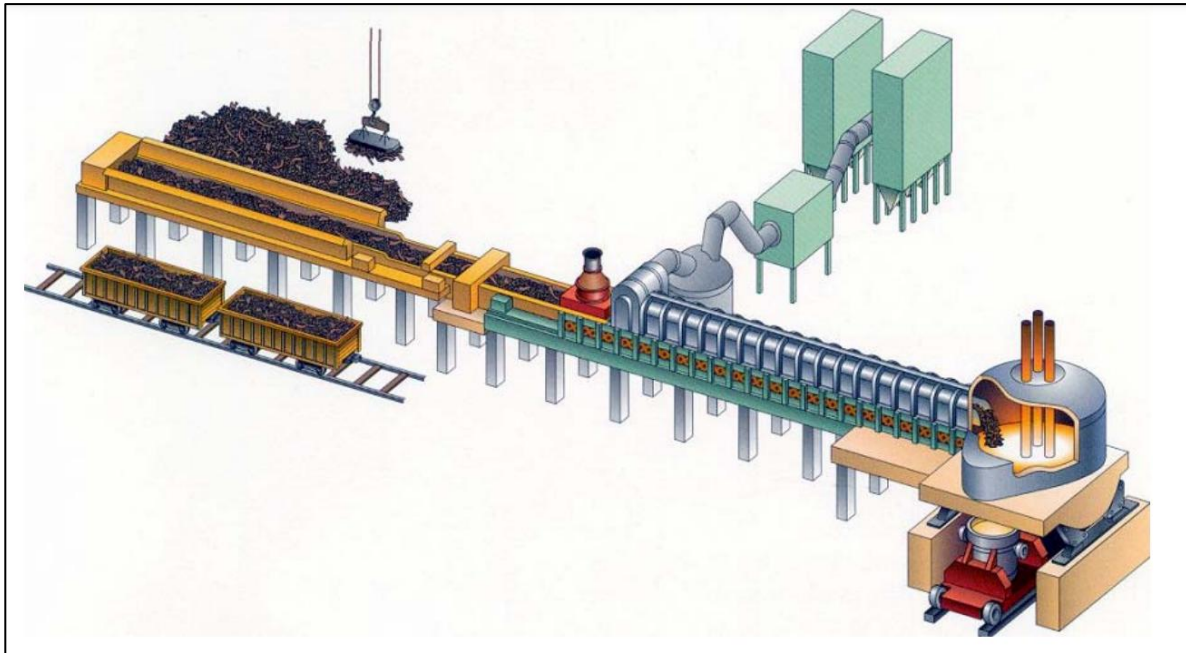
³ Bronnen van procesgassen zijn:

- Uit in de HDRI aanwezige koolstof en uit geïnjecteerde koolstof en zuurstof gevormde CO en CO₂;
- In de oven geïnfilterde lucht;
- Draaggassen voor pneumatische injectie van fluxen en koolstofhoudend materiaal, anders dan zuurstof;
- Rookgassen van in de vlamboogoven geïntegreerde oxyfuel branders;
- Gassen, die ontstaan bij pyrolyse van aanhangende organische verontreinigingen aan schroot.

Bij een goed afgedichte oven wordt de belangrijkste bijdrage gevormd door CO en CO₂ uit koolstof en zuurstof.

5.3.1.3 Schrootinvoer

Voor transport van schroot naar, en invoer in, de vlamboogoven zal een door Tenova geleverd horizontaal continu invoersysteem – een zogenaamde Consteel installatie - worden gebruikt.



Figuur 5.7. Typische layout van een continu werkend horizontaal toevoersysteem (Memoli & Villares De Freitas, 2007).

Toepassing van een horizontaal continu invoersysteem zoals het Consteel systeem heeft als voordelen:

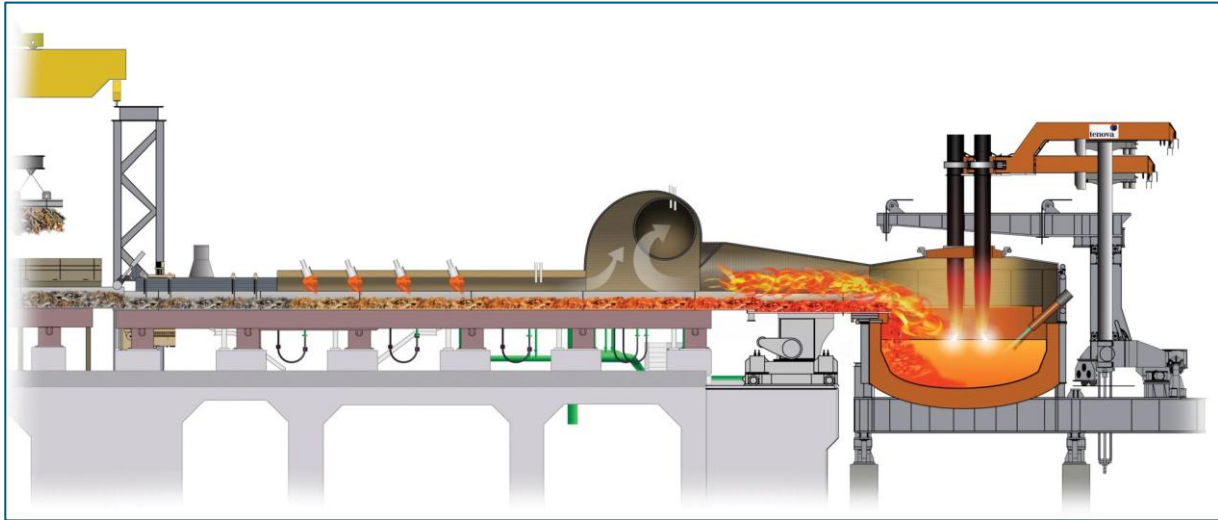
- Toevoer van elektriciteit en smelten van schroot en HDRI hoeft niet te worden gestopt tijdens laden van schroot, wat resulteert in een hogere productiviteit vergeleken met charge-gewijze (zogenaamde 'bucket-charge') toevoer en geen extra warmteverlies tijdens openen van het dak.
- "Vlakbad" bedrijfsvoering is mogelijk, wat resulteert onder andere in de laagst mogelijke geluidsemissie, minder elektrische verstoring (flikkering) en een lagere stikstofopname in gesmolten staal.

Het invoersysteem bestaat uit een lopende band in een (watergekoelde) tunnel. Aan- en ingevoerd schroot wordt in zo'n systeem gedroogd en voorverwarmd door de in tegengestelde richting stromende procesgassen over het schroot op de lopende band te leiden.

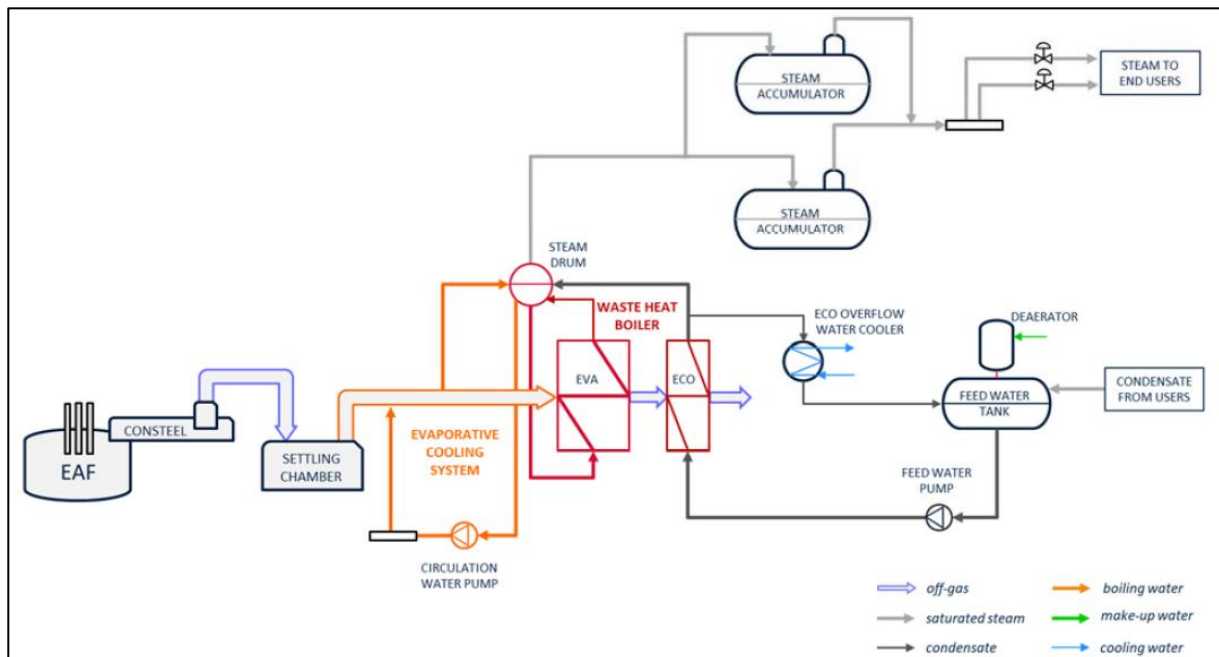
5.3.1.4 Warmteterugwinning uit afgassen

Aan het eind van de lopende band – bij de toevoeropening voor schroot in de vlamboogoven - vindt (na)verbranding van in procesgas resterende CO en van andere eventuele aanwezige brandbare verbindingen plaats. De brandbare verbindingen zijn bijvoorbeeld gassen gevormd uit aanhangend organisch materiaal in schroot.

De in de procesgas uit de vlamboogoven afgevoerde warmte wordt deels gebruikt voor verwarmen en drogen van schroot, waarbij het schroot wordt verwarmd tot ongeveer 300 - 350 °C.



Figuur 5.8. Illustratie naverbranding procesgassen in continue horizontale schroottoevoer systeem (Bron: Tenova)



Figuur 5.9. Schema terugwinning warmte uit afgassen van de vlamboogoven in Heracless (Bron: Tenova)

De afgassen hebben bij het verlaten van het horizontale schroottoevoer systeem een temperatuur van 1.100 °C (gemiddeld) tot 1.300 °C (piek).

De afgassen worden eerst gekoeld tot 750 °C (piek) - 580 °C (gemiddeld). De daarbij overgedragen warmte wordt in koeltorens op de buitenlucht afgevoerd.

De afgassen (of rookgassen) worden vervolgens in een afgassenketel en een economizer (zie Figuur 5.9) afgekoeld tot ongeveer 230 °C. De in afgassenketel en economizer overgedragen warmte wordt gebruikt voor productie van stoom met een druk van 16 bar(g) en een temperatuur van 204 °C. Stoomproductie bedraagt in het aardgasscenario 38 ton/uur bij gemiddelde productie. De stoomproductie bedraagt bij gebruik van waterstofrijk gas als reductiemiddel in de DRI-fabriek gemiddeld 32 ton/uur. Voor stoomproductie gebruikt ketelvoedingswater wordt ontgast bij 105 °C en bij een druk van 1,2 bar(a).

Omdat de stoomproductie niet constant is, maar fluctueert met de deelfase van de 'tap-to-tap' cyclus wordt de stoom tussentijds opgeslagen in twee stoomaccumulatoren. De stoom wordt vandaaruit van druk afgelaten tot de voor afzet binnen Tata Steel gewenste druk van 17 bar(a). De stoom wordt hierna geleverd aan de eindgebruikers: de vacuümontgassers uit de secundaire metallurgie. In het geval dat er een overschot is dat gebruikers niet kunnen opnemen door verschil in cyclustijden en gelijktijdigheid zal dit worden afgeblazen naar de atmosfeer.

Het systeem van afgassenketel en economizer, stoomaccumulatoren en 'ont-ververhitter' wordt door Tenova vermarkt onder de handelsnaam iRecovery.

5.3.1.5 Staalpannen

Voor het smeltproces moet altijd een warme staalpan beschikbaar zijn. Er zullen daarom meerdere gietpannen in warme circulatie en stand-by zijn. De gietpannen worden met gasbranders voorverwarmd om thermische beschadiging bij aftappen van staal te voorkomen.

5.3.1.6 Afgassen en afgasbehandeling

De afgassen uit de vlamboogoven worden na warmteterugwinning behandeld in een doekenfilter voor verwijdering van meegevoerd stof.

De behandelde afgassen worden vervolgens gecombineerd met koudere afgassen die vrijkomen bij tappen van slak en staal en bij secundaire metallurgie. Het gasmengsel wordt daarna in een tweede doekenfilter behandeld onder toegift van Sorbalit (een mengsel van gehydrateerde kalk en actief kool). Daarbij wordt weer stof afgescheiden en worden SO_x, halogenen, vluchtige zware metalen en koolwaterstoffen zoals dioxines afgescheiden.

In de afgassenbehandeling wordt geen energie meer teruggewonnen. Er is wel elektriciteitsgebruik voor het aandrijven van randapparatuur, zoals ventilatoren (Mishra, n.d.).

5.3.2 Energiebalans vlamboogoven

De gemiddelde energiebalans over de vlamboogoven is weergegeven in Tabel 5.1. De gepresenteerde waarden zijn door Tenova opgegeven voor het aardgasscenario en zijn zowel qua massabalans als energiebalans op consistentie getoetst. De energiebalans is afhankelijk van de exacte samenstelling van de grondstoffen (met name erts/DRI) en of de DRI met aardgas of waterstof is geproduceerd. De balans zal dus enigszins variëren met variaties in de erts- en DRI-samenstelling. De energiebalans voor het waterstofscenario is gebaseerd op die voor het aardgasscenario.

Energietoevoer vindt vooral plaats in de vorm van elektriciteit en de voelbare warmte en chemische energie van HDRI. Het geconsumeerde elektrische vermogen bedraagt in het aardgasscenario gemiddeld over een uur 200 MW_e voor de vlamboogoven en enkele MW_e voor randapparatuur. Gebruik van koolstof levert iets minder dan 10% van de totale hoeveelheid aangevoerde energie, maar dient vooral voor vorming van een schuimige slak.

Van de aangevoerde energie wordt circa 55% afgevoerd als voelbare warmte van staal en slak. Daarnaast wordt ongeveer 20% van de toegevoerde energie weggekoeld met koelwater en wordt 25% in de afgassen afgevoerd.

Van de in de afgassen afgevoerde 104 MW ('rookgassen' + 'stof in rookgassen') wordt in het aardgasscenario ongeveer de helft weggekoeld in de bezinkkamer en in het rookgaskanaal tussen

Consteel systeem en iRecovery systeem door de temperatuur van de rookgassen met koelwater te laten dalen van ongeveer 1.100 °C tot ongeveer 580 °C.

Van de overblijvende warmte van de rookgassen (en daarin aanwezig stof) wordt (afgerond) 35 MW benut voor stoomproductie. De uiteindelijke rookgasverliezen bedragen ongeveer 15 MW, 3% - 4% van de totale ingaande energie en 6% van de geconsumeerde hoeveelheden elektriciteit, bries en antraciet, elektroden en aardgas.

Tabel 5.1. Energiebalans voor vlamboogoven

	Aardgasscenario	
INGAAND	GJ/t LS	MW
- HDRI (voelbare warmte, C-gehalte)	1,28	163
- warmte schroot	0,14	18
- elektriciteit	1,52	194
- bries en antraciet (steenkool)	0,27	35
- elektroden	0,03	4
- aardgas	0,05	6
totaal ingaand	3,30	420
UITGAAND		
- staal (voelbare warmte)	1,39	176
- slak (voelbare warmte)	0,41	53
- rookgassen (einde Consteel)	0,76	96
- stof in rookgassen	0,06	8
- weggekoeld (behuizingen installaties)	0,67	86
- verliezen (straling, convector)	0,01	1
totaal uitgaand	3,30	420

Bron: met name documentatie van Tenova

Vermogens hebben betrekking op een productievolume van 458 ton/uur aan vloeibaar staal

Tabel 5.2. Balans voor rookgassen + stof in rookgassen over het traject vanaf het Consteel systeem tot en met de schoorsteen

	kWh/ton	MW _{th} (afgerond)
Weggekoeld tussen off-take hood en iRecovery	117	54
Stoomproductie in iRecovery	76	35
Rookgasverliezen	31	14
Totaal		103

Voor het koelen van apparatuur en van de rookgassen gebruikte koelwaterstromen worden onderverdeeld in:

- Koelwater in warme kringloop (EAF HC (hot circuits)).
- Koelwater in koude kringloop (EAF CC (cold circuits)).
- Koelwater voor Consteel systeem.

EAF CC-koelwater koelt alle apparatuur rond de oven af, evenals de grafietelektroden. De elektroden worden besproeid om materiaalverbruik te verminderen. Dit betreft de enige waterstroom die het koelwater-circuit verlaat en aangevuld moet worden. EAF CC-koelwater wordt opgewarmd van 35 °C naar 45 °C.

De EAF HC- en Consteel-koelwaterstromen koelen de meest kritische componenten af, zoals het dak en de behuizing van de vlamboogoven, injectorbehuizing, Consteel-pan en -kappen. Koelwater gebruikt voor het koelen van de Consteel installatie wordt na opwarmen van 40 °C tot 50 °C gebruikt in het EAF HC koelwater circuit, waarbij het opwarmt van 50 °C tot maximaal 60 à 70 °C. Maximaal 70 °C wordt bereikt bij het afkoelen van de bezinkkamer en de afgaskanalen tussen de Consteel installatie en de bezinkkamer.

Opgewarmd koelwater wordt door verdamping in koeltorens teruggekoeld tot circa 35 °C. Voor de waterbalans over het koelwatersysteem wordt verwezen naar andere deelrapporten/ achtergrondrapporten.

Van de warmte van de afgassen wordt ongeveer 50% teruggewonnen als verzadigde stoom (zie ook paragraaf 5.3.1.4). De rookgassen worden daarbij afgekoeld tot 200 °C.

5.4 Nieuwe installaties: secundaire metallurgie (panovenbehandeling)

5.4.1 Proces

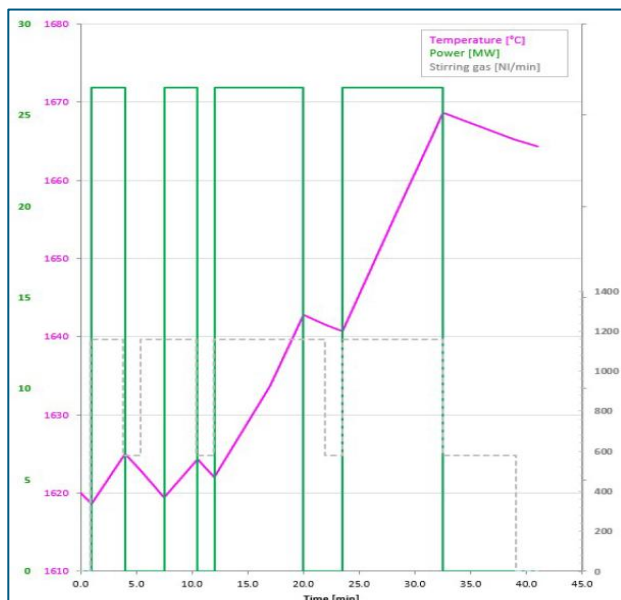
Gesmolten staal uit de vlamboogoven wordt afgetapt in al bij Tata Steel in gebruik zijnde staalpannen. Per tap wordt 325 ton gesmolten staal afgetapt. Het afgetapte staal wordt vervolgens in vijf stappen gezuiverd en gelegeerd.

Tijdens en direct na aftappen vindt de eerste behandeling van de smelt plaats waarbij:

- In het staal opgeloste zuurstof wordt gebonden met aluminium,
- Het grootste deel (~85%) van de legeringselementen wordt toegevoegd
- Flux voor slakvorming en verwijderen van zwavel wordt toegevoegd.

Het staal wordt daarna in de gietpannen over een spoor naar een apart, nog te construeren gebouw ondergebracht, direct naast de Oxystaalfabriek. Daarin wordt het staal eerst naar twee panovens (Ladle Furnaces (LF)) geleid voor opwarmen om de temperatuurverliezen in navolgende behandelingsstappen te compenseren.

Energie voor het verwarmen van het gesmolten staal in de panovens (van 1.590 naar 1.660 °C) wordt geleverd met een vlamboog. Elektriciteit voor het verwarmen van het gesmolten staal wordt door een 50 MVA transformator geleverd en via drie elektroden met een diameter van 550 mm aan het smeltbad geleverd. De elektroden worden in de gietpan neergelaten en er wordt een elektrische boog tussen de elektroden en het staal getrokken, waardoor de temperatuur wordt verhoogd. Vergeleken met de EAF is het opgenomen vermogen aanzienlijk lager en zijn elektrische bogen veel korter. Het gemiddelde vermogen is beperkt tot 26,5 MW om onnodige spanning op de vuurvaste bekleding van de gietpan te voorkomen. Het piekvermogen tot 28,5 MW (of hoger) wordt beperkt tot zeer veeleisende omstandigheden.



Figuur 5.10. Voorbeeld van elektriciteitsgebruik en temperatuurprofiel bij opwarmen van gesmolten staal bij de panovenbehandeling (Bron: Tenova)

Na de behandeling in de panoven worden de gietpannen overgebracht naar een ontzwavelingsstation (DS) om het zwavelgehalte in het staal te verlagen door toevoeging van een poedermengsel van 65% CaO en 35% Al₂O₃.

Ontzwaveld staal wordt vervolgens ontgast in één van de twee ontgassers (type Ruhrstahl Hereaus recirculerende ontgassers), met als voornaamste doel het reduceren van het stikstofgehalte van het vloeibare staal. Het vacuümsysteem bestaat uit een systeem van stomejectieerpompen, gecombineerd met WLR (Water Liquid Ring) pompen voor de laatste fase om de 0,76 mbar te bereiken die nodig is voor de vacuümbehandeling. De stoomconsumptie is gegeven als 17 ton/uur per ontgasser.

Het uiteindelijke trimmen van de samenstelling, de calciumbehandeling en het floteren van de insluitsels zullen worden uitgevoerd na de vacuümbehandeling.

Het behandelde staal wordt in de staalpannen naar de continugietmachines en de gietwalsinstallatie getransporteerd. De staalpannen zijn tijdens transport niet afgedekt met een bovenafsluiting zoals bij andere installaties wordt gebruikt om warmteverlies te minimaliseren.

De verschillende installaties worden gekoeld met koelwater in warme en koude koelwatercircuits van de vlamboogoven (zie ook paragraaf 5.3.2). Daarbij wordt circa 30 MW aan warmte afgevoerd. Condensaat van de ontgassers wordt gefilterd en gekoeld in de koeltorens en na suppletie gerecirculeerd. Bij koelen wordt circa 64 MW aan warmte afgevoerd.

Afgassen van beide panovens (250 °C, 60.000 Nm³/uur totaal) en van beide ontzwavelingsstations (120 °C, 120.000 Nm³/uur totaal) worden gemengd met voorgezuiverde primaire afgassen, de afgassen die worden afgezogen uit de behuizing van de vlamboogoven (het 'doghouse') en de afgassen die worden afgezogen bij tappen van staal en slak. Het gasmengsel wordt in een doekenfilter ontdoet onder toegift van Sorbalit (een mengsel van gehydrateerde kalk en actief kool) voor verwijdering van SO_x, halogenen, vluchtige zware metalen (met name Hg) en toxische koolwaterstoffen, zoals dioxines. De flow van de afgassen van panovens en ontzwavelingsstations is relatief klein en wordt vaak onderbroken. Dit maakt warmteterugwinning technisch uitdagend en kostenintensief, zodat ervoor gekozen is hier geen warmteterugwinning toe te passen.

5.4.2 Energiebalans

De gemiddelde massabalans en energiebalans over secundaire metallurgie is weergegeven in Tabel 5.3. De balans is niet helemaal sluitend, maar geeft een goed beeld van de verhoudingen van de massa- en energiestromen.

De gepresenteerde waarden zijn door Tenova opgegeven en zijn zowel qua massabalans als energiebalans op consistentie getoetst. De gegevens per ton geproduceerd staal zijn gemiddelden voor de combinatie van staalsoorten, die Tata Steel wil gaan produceren. Voor individuele staalsoorten kan de balans afwijken van de gepresenteerde waarden.

Het elektriciteitsgebruik bedraagt – afhankelijk van de te produceren staalkwaliteit – gemiddeld ongeveer 31 kWh_e/ton gesmolten staal en varieert voor specifieke staalkwaliteiten van 23 tot 42 kWh_e/ton gesmolten staal. De gemiddelde consumptie van elektroden bedraagt 5,8 g/kWh_e.

Voor ontgassing worden in het te realiseren ontwerp volledig stoomgedreven (stoomejecteurs) vacuümstralers gebruikt om een vacuüm in de RH-degasser van de EAF-route te creëren. De stoomconsumptie bedraagt zoals in bovenstaande tekst eerder aangegeven gemiddeld 17 ton/uur per ontgasser.

Tabel 5.3. Massabalans en energiebalans voor secundaire metallurgie

Ingaand	Massa, (kg/ton staal)	Energie (kWh/ton staal)
Ongelegeerd vloeibaar staal,	1.000,00	385
Aluminium staven	2,10	15,0
Bauxiet	2,80	
CaO	8,20	
Magnesium	0,50	
Elektriciteit verwarmen		31,3
Elektriciteit randapparatuur		0,5

Argon	0,30	
Aluminium staven	0,20	1,0
Aluminium korrels	0,20	2,0
Legeringselementen	0,40	
Grafiet	2,10	15,6
Elektroden	0,30	2,00
Lucht	201,20	
Totaal ingaand	1.218,30	452,4
Uitgaand		
Heet koelwater		12,0
Koud koelwater		10,0
Slak	17,80	14,0
Staal	1.000,00	398
Afgassen	202,00	19,0
Stof in afgassen	1,00	1,0
Totaal uitgaand	1.220,80	454

De stoomvraag zal volgens opgave van Tenova worden gedekt door stoom dat is geproduceerd in de afgassenketel van de vlamboogoven.

5.5 Aanpassingen aan het elektriciteitsnet op het terrein

Bij implementatie van project Heracless en door andere ontwikkelingen op de productielocatie zal de elektriciteitsconsumptie toenemen van gemiddeld 360 MWe tot 565 MWe bij gebruik van aardgas als reductiemiddel in de DRI-fabriek en tot 545 MWe bij gebruik van waterstof. Deze vermogens zijn exclusief elektriciteitsconsumptie voor waterstofproductie ten behoeve van Heracless en exclusief additionele elektriciteitsvraag voor gedeeltelijke elektrificatie van het procesfornuis van de DRI-fabriek.

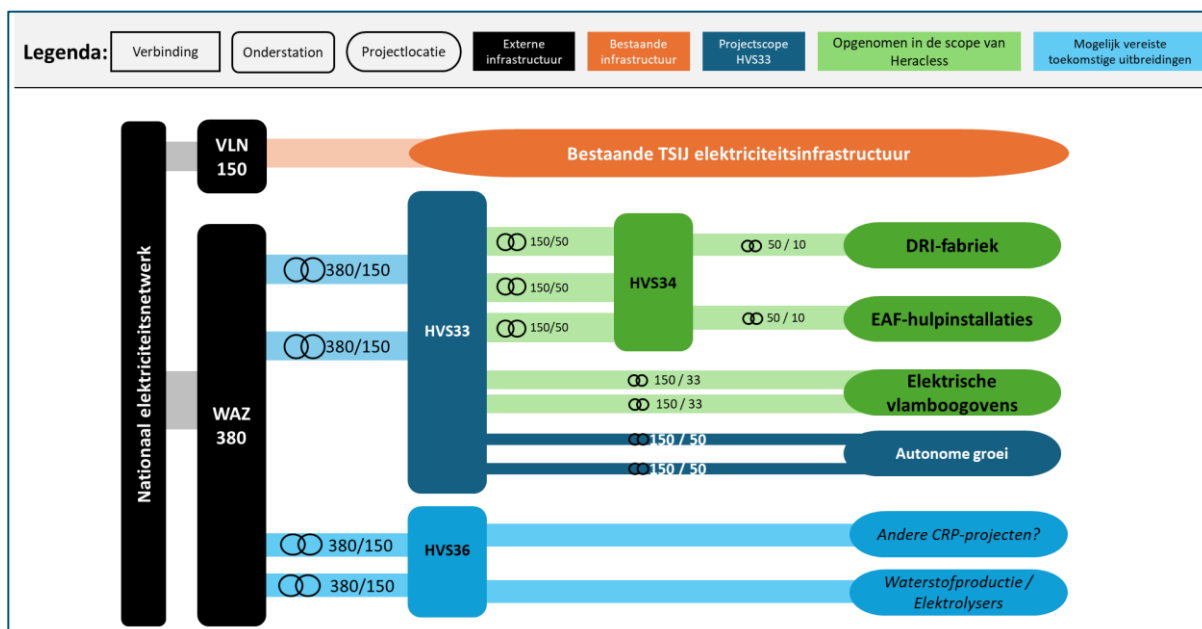
Met het oog op de toenemende elektriciteitsvraag bij Tata Steel heeft TenneT voorbereidingen getroffen voor een extra klantaansluiting(en) voor Tata Steel op het TenneT verdeelstation WAZ380 (Wijk aan Zee, 380kV) op 380kV niveau. De aansluiting is gereed voor Tata Steel om op aan te sluiten en wordt operationeel zodra een eigen nieuwe transformator - Tata Steel HVS33 - in bedrijf komt.



Figuur 5.11. Structuren van elektriciteitsnetten in de regio Rijnmond

Via de nieuwe aansluiting aangevoerde elektriciteit zal bij HVS33 van 380kV worden omzet naar 150kV en naar productie-eenheden op het terrein worden getransporteerd via een nieuw eigen 150kV-distributienet.

Omdat het nieuwe 150kV-net op het Tata Steel terrein onafhankelijk van de bestaande 150kV- en 50kV-netten wordt bedreven, beïnvloeden de netten elkaar niet.



Figuur 5.12. Blokschema aansluitingen van Tata Steel op het openbare elektriciteitsnet

Het blokschema met daarop alle bestaande infrastructuur in de bovenste rode ellips en HVS33 (donkerblauw) met daarop Heracless (groene blokken) weergegeven (naast andere niet weergegeven aansluitingen op HVS33) en onderaan HVS36 (lichtblauw) voor de verdere, toekomstige elektrificatie. De realisatie van HVS33 is een autonome ontwikkeling, die daardoor buiten de afbakening van het MER valt. HVS33 wordt niet alleen ten behoeve van Heracless gerealiseerd maar ook voor toekomstige elektrificatie van delen van het noordelijke deel van het Tata Steel terrein.

Door de hoge beschikbaarheid van het TenneT-transportnet (99,9+%) hoeft er enkel redundantie voor de eigen infrastructuur te worden gerealiseerd en noodstroomvoorziening voor kritieke bedrijfsprocessen.

In principe komt de aan HVS33 toegeleverde vermogensstroom de meeste tijd (5.000 – 5.500 uur/jaar) direct vanaf de bij verdeelstation WAZ380 aanlandende windparken op zee en niet uit het landelijke 380 kV net. Dit gaat niet op zodra er te weinig levering is vanaf de Noordzee, dan zal het vermogen uit het binnenland komen, via het ringnetstation in Beverwijk. Toelevering van elektriciteit voor de nieuwe productie-eenheden via ringnetstation Beverwijk zal nauwelijks effect hebben op beschikbaarheid en betrouwbaarheid van het 380 kV netwerk in Noord-Holland doordat het netwerk in deze regio wordt gevormd door een ringnet.

Daarnaast is de actuele discussie over netcongestie niet van toepassing op het 380 kV netwerk. Die problemen zitten vooral in de infrastructuur van lagere spanningsniveaus.

5.6 Nieuwe buisleidingen

Voor aardgas en voor waterstof is aanvullende transportcapaciteit nodig.

Aardgas

Voor aardgas worden nieuwe leidingen aangelegd naar de DRI-fabriek (15 bar), de EAF (8 bar) en naar de hulpinstallaties waar relevant (8 bar). Het is met name de DRI-fabriek waar, in de operationele fase met aardgas, een hoog aardgasverbruik bestaat. De capaciteiten van de leidingen zijn hierop voorzien, en aan de zijde van Gasunie (GTS) wordt het Gasontvangststation Zuid hierop voorbereid.

Waterstof

Voor waterstof worden nieuwe leidingen aangelegd naar de DRI-fabriek ten behoeve van de operationele fase met waterstof. De waterstof wordt stapsgewijs op de gewenste druk gebracht. Het landelijk waterstofnet van HyNetwork Services (HNS) zal waarschijnlijk opereren op een druk van 30 - 50 bar. Op het ontvangststation van HNS wordt de druk naar 20 bar gebracht, en Tata Steel zal hierop aansluiten. Er komt een station aan de zijde van Tata Steel om de druk naar 15 bar te brengen. Met leidingen wordt de waterstof vervolgens gedistribueerd naar de DRI-fabriek.

5.7 In het MER beschouwde alternatieven en varianten

Zoals aangegeven in de Technische Beschrijving in Deel B van het Eindrapport MER Heracless een aantal varianten en alternatieven beschouwd om milieueffecten een volwaardige plek in de besluitvorming te geven, zodat overwogen kan worden of met die alternatieven of varianten (milieu)voordelen behaald kunnen worden.

Er is een voorselectie gemaakt van de te onderzoeken alternatieven en varianten, om te komen tot de kansrijke alternatieven en varianten. Dit is kort toegelicht in Tabel 5.4.

.

Tabel 5.4. Overzicht van relevantie van alternatieven en varianten voor thema's energiegebruik en broeikasgasemissie

Alternatieven	
• Locatiealternatieven	Geen invloed op energiegebruik Processen veranderen niet door andere locatiekeuze
• Alternatief uit te schakelen hoogoven	Afgevoerd als alternatief -
• Alternatief voor de gekozen DRI-fabriek-techniek	Afgevoerd als alternatief
• Alternatief voor de gekozen DRI-fabriek/EAF combinatie	Afgevoerd als alternatief
• Alternatief alleen een EAF	Afgevoerd als alternatief
• Hisarna	Afgevoerd als alternatief – Het Hisarna proces is nog niet voldoende uitontwikkeld
Varianten	
• Variant hogere inzet schroot	Uitgewerkt, zie paragraaf 5.7.1
• Variant direct overschakelen op waterstof	Afgevoerd als variant – Deze variant voldoet niet aan een aantal van de gestelde randvoorwaarden
• Variant eerder sluiten KGF2	Niet verder uitgewerkt
• Variant energiecentrales	Uitgewerkt, zie paragraaf 5.7.2
• Varianten afvoer afgevangen CO ₂	Uitgewerkt, zie paragraaf 5.7.3
• Variant wijze van koelen	Afgevoerd als variant Vanwege de (milieu)technische bezwaren van alternatieve wijzen van koeling (lucht, zoetwater, zoutwater).
• Uitvoering EAF – twee kleinere ovens i.p.v. één grote	Afgevoerd als variant
• Verwerking slakken van de EAF	Geen invloed op energiegebruik Er wordt in deze variant geen warmte teruggewonnen uit de slakken
• Variant bouwfase	Verwaarloosbare invloed op energiegebruik

De in dit MER uitgewerkte varianten zijn hieronder kort beschreven.

5.7.1 Variant hogere inzet schroot

In het advies NRD is gevraagd een variant te onderzoeken met een fors hogere inzet van schroot in de vlamboogoven. Hoeveel bedoeld wordt met de term ‘fors’ is niet toegelicht. Als onderdeel van het voornemen is nu voorzien in de inzet van 30% schroot in de vlamboogoven. In de operationele variatie die wordt voorzien, kan dit (tijdelijk) oplopen tot 55%. Deze inzet van schroot is daarom onderdeel van het MER.

Afweging

Deze variant zal tot 55% inzet van schroot in de vlamboogoven worden opgenomen in het MER. Hogere percentages zijn niet verder uitgewerkt in dit MER. De vergelijking van de milieueffecten bij 30% of 50% (gemiddeld voor de site) geeft inzicht in het effect van toenemende hoeveelheden schrootinzet.

5.7.2 Variant energiecentrales

5.7.2.1 De referentie

Zoals beschreven in paragraaf 4.1 worden bij staalproductie via de hoogoven-/oxystaalfabriekroute diverse productiegassen – kooksovgas, hoogovengas en oxystaalgas – gevormd, die deels worden ingezet op het terrein van Tata Steel en deels worden geleverd aan centrales van Vattenfall in Velsen (Velsen 24 (VN24) en Velsen 25 (VN25)) en op het terrein van Tata Steel (WKK-STEG IJmond 01 (IJM01)) voor productie van elektriciteit en stoom. Beide producten worden weer door Tata Steel gebruikt in het productieproces.

In de huidige situatie is VN24 voornamelijk koude reserve en zijn eenheden VN25 en IJM01 het grootste deel van het jaar operationeel.

5.7.2.2 Voorgenomen activiteit

Bij het project Heracless neemt de geproduceerde hoeveelheid productiegassen af vanwege sluiting van één van beide hoogovens en sluiting van een kooks- en gasfabriek. Dit heeft ook gevolgen voor de interne en externe afnemers van deze gasstroom.

Er zijn niet voldoende productiegassen om zowel VN25 als IJM01 het grootste deel van het jaar operationeel te kunnen houden. Er wordt daarom van uitgegaan dat alleen eenheid VN25 het grootste deel van het jaar (circa 7.500 uur/jaar) in deellast (circa 50%) operationeel is, terwijl IJM01 vooral als reserve wordt gebruikt, bijvoorbeeld tijdens onderhoud van VN25. IJM01 zal in die configuratie ongeveer 1.300 uur/jaar operationeel zijn.

Er zijn in de voorgenomen activiteit zo weinig productiegassen, dat een significante hoeveelheid van 3,8 PJ/jaar aan aardgas nodig is om eenheid VN25 het grootste deel van het jaar in deellast te kunnen laten opereren. Dit is ongeveer tweemaal meer dan in de referentie wordt ingezet.

5.7.2.3 Variant met IJM01 als hoofdgebruiker van productiegassen

Mede vanwege het in de voorgenomen activiteit benodigde extra aardgas is er ook een variant beschouwd waarbij niet VN25, maar IJM01 het grootste deel van het jaar operationeel is en VN25 als reserve-eenheid dient.

In deze variant is het beschikbare volume aan productiegassen groter dan door eenheid IJM01 alleen kan worden verwerkt, maar is anderzijds - als eerder aangegeven - onvoldoende groot om ook VN25 het grootste deel van het jaar te kunnen inzetten. Het overtollige volume productiegassen kan worden gebruikt voor stoomproductie voor Windmachine 26. Wanneer dit zich voordoet hoeft de elektrisch aangedreven WindMachine 27 minder ingezet te worden.

Wanneer IJM01 als de hoofdgebruiker van productiegassen ingezet zou worden, is er een risico dat veranderende omstandigheden de bedrijfsvoering van IJM01 beperken. Dit gebeurt als de gassenbalans, waarmee IJM01 gevoed wordt, zodanig verandert dat de centrale er niet optimaal op kan draaien.

Voorbeelden van dergelijke ontwikkelingen zijn:

- Aardgas in plaats van kookgas stoken op de windverhitters van de hoogovens of op de batterijen van KGF1. Hiermee zouden de NO_x-emissies verlaagd worden.
- Ook NO_x-emissiereductie bij de KGF1 zelf kan ertoe leiden dat IJM01 minder ingezet kan worden.

Om deze redenen verdient de variant IJM01 niet de voorkeur boven VN25 als hoofdgebruiker van productiegassen.

5.7.2.4 Effect op brandstofgebruik bij de Vattenfallcentrales

Een samenvattend overzicht van het gebruik van productiegassen en aardgas bij de Vattenfallcentrales is ingevoegd in onderstaande tabel.

Tabel 5.5. Brandstofgebruik Vattenfall energiecentrales in voorgenomen activiteit en bij variant "IJM01 als basiseenheid" (alle waarden in PJ/jaar)

	VN25 als basiseenheid				Variant "IJM01 als basiseenheid"				Vershil
	VN25	IJM01	Fakkel	Totaal	VN25	IJM01	Fakkel	Totaal	
Hoogovengas	8,4	0,7	0,1	9,1	0,9	7,5		8,4	0,8
Oxystaalgas	1,2	0,1		1,3	0,1	0,9		1,0	0,3
Kooksovangas	0,1	0,0		0,1	0,0	0,0		0,0	0,1
Aardgas	4,1	0,00		4,1	0,7	0,0		0,7	3,4
Totaal	13,7	0,8	0,1	14,6	1,7	8,3	*	10,0	3,5
draaiuren	7519	899			961	7418			

Bron: Tata Steel

* Uitgangspunt is dat dezelfde hoeveelheid brandstof wordt afgefakkeld.

Het verschil van ongeveer 1,1 PJ/jaar aan hoogovengas en oxystaalgas wordt (grotendeels) gebruikt voor extra stoomproductie bij ENB. De 42 ton/uur aan stoom die bij de variant met IJM01 als basiseenheid extra wordt geproduceerd komt bij een ketelrendement van 92% en een bedrijfstijd van 8.760 uur/jaar ongeveer overeen met een brandstofgebruik van 1,1 PJ/jaar.

Het verschil in kooksovangas valt samen met een afname in kooksovangasproductie door sluiting van Kooks- en Gasfabriek 2. Het verschil in aardgasconsumptie betreft grotendeels een afname aan ingekocht en geconsumeerd aardgas.

5.7.2.5 Afweging

De variant energiecentrales is in energetisch opzicht aantrekkelijk, omdat het aardgasgebruik in deze variant enkele PJ/jaar lager is dan in het voorkeursalternatief. Daar staat tegenover, dat de bedrijfsvoering van IJM-01 sterk afhankelijk is van de gassenbalans. Deze gassenbalans is op lange termijn niet constant. Vanwege onzekerheden over de haalbaarheid is deze variant daarom niet het voorkeursalternatief.

5.7.3 Varianten voor afvoer van afgevangen CO₂

Bij gebruik van aardgas als reductiegas, produceert de DRI-fabriek CO₂. Deze CO₂, ongeveer 0,8 megaton op jaarbasis, wordt als integraal onderdeel van de DRI-fabriek afgevangen en is in principe beschikbaar voor hergebruik of opslag. Als variant in dit MER worden de verschillende mogelijkheden voor het transport van CO₂ naar een ondergrondse opslaglocatie onderzocht.

Voor de transportmodaliteiten van CO₂ zijn de volgende varianten in het MER onderzocht:

- Transport per pijpleiding gasvormig.
- Vloeibaar per schip onder hogedrukcondities.
- Vloeibaar per schip onder middendrukcondities.

Variant 1: Afvoer per pijpleiding gasvormig

In deze variant wordt afgevangen CO₂ per pijpleiding geleverd aan het OCAP-netwerk, voor transport naar het Rotterdams havengebied en van daaruit naar offshore opslaglocaties. De afgevangen CO₂ wordt gedroogd, ontdaan van eventuele resterende verontreinigingen en gecomprimeerd tot circa 25 bar(a). De geconditioneerde CO₂ wordt vervolgens via een nieuw aan te leggen pijpleiding onder het Noordzeekanaal en een bestaande 20 inch oliepijpleiding van Petrogas van IJmuiden naar het Amsterdams havengebied getransporteerd naar het aanleverpunt van de OCAP-leiding getransporteerd.

Variant 2: Transport per schip onder hoge druk (vloeibaar)

Bij afvoer per schip onder hoge druk wordt de afgevangen CO₂ vloeibaar gemaakt door compressie tot circa 40 bar en navolgend koelen naar ongeveer 5 °C met een externe koelcyclus op basis van ammoniak.

Deze variant op hoge druk is met name geschikt als het schip rechtstreeks naar een CO₂-opslaglocatie gaat, met rechtstreekse injectie van het schip in het opslagveld.

Variant 3: Transport per schip onder middelhoge druk (vloeibaar)

In de derde variant wordt de afgevangen CO₂ gecomprimeerd tot een lagere druk (circa 16 barg) en vervolgens gekoeld tot een lagere, cryogene temperatuur (ongeveer -30 °C).

Deze variant op middelhoge druk is met name geschikt als de CO₂ per schip naar een terminal wordt gebracht, waarbij een externe partij de verdere conditionering verzorgt voor transport per offshore pijpleiding naar de uiteindelijke opslaglocatie.

Energiegebruik

Voor conditionering van CO₂ met oog op transport is 8 MW_e of 0,2 PJ_e/jaar aan elektriciteit nodig.

Afweging

Alle varianten voor afvoer van afgevangen CO₂ leiden tot een groter energieverbruik, maar resulteren in CO₂-emissiereductie van 0,8 megaton per jaar. Het verschil in energiebehoefte van de verschillende CO₂-afvoervarianten is niet onderzocht.

5.8 BBT-toetsen

Uitvoering BBT-toetsen

Voor het minimaliseren van energiegebruik en broeikasgasemissies, en voor circulariteit en duurzaamheid, moet Tata Steel de Best beschikbare technieken (BBT) toepassen. Deze BBT zijn omschreven door de Europese Commissie (via haar bureau genaamd EU-BRITE) (European commission, EU-BRITE, n.d.). De meest relevante BBT-documenten voor deze detailstudie zijn die voor energie-

efficiëntie (European commission, EU-BRITE, 2009) en voor ijzer- en staalproductie (European commission, EU-BRITE, 2013).

Voor de DRI-fabriek, de Vlamboogoven en Secundaire Metallurgie zijn in deze paragraaf de toetsen met betrekking tot relevante BBT uitgevoerd.

5.8.1 BBT-toets DRI-fabriek

De DRI-fabriek is getoetst aan de relevante BBT-conclusies uit de BREF voor IJzer en Staalindustrie. Het resultaat staat in Tabel 5.6.

Tabel 5.6. BBT-toets uit de BBT-conclusies voor IJzer en Staal voor zover die relevant zijn voor een DRI-fabriek

BBT-conclusie	Voldoet?	Toelichting
BBT-conclusie 2 De BBT is een milieubeheersysteem ten uitvoer leggen en naleven dat alle volgende elementen omvat:		
I. Verbeteren en optimaliseren van systemen voor een vlotte en stabiele verwerking, waarbij dicht bij de instelpunten van de procesparameters wordt gebleven, aan de hand van:	Ja	Processturing is aanwezig
i. Optimalisering van de procesbesturing, inclusief computerondersteunde automatische controlesystemen;	Ja	
ii. Moderne, gravimetrische vaste-brandstoftoevoersystemen;	N.V.T.	
iii. Voorverwarming: zoveel als mogelijk, rekening houdend met de bestaande procesconfiguratie.	Ja	Verbrandingslucht en geconditioneerd procesgas worden voorverwarmd, brandstof niet
II. Terugwinnen van overtollige warmte uit de processen, in het bijzonder uit de koelsecties.	Ja	Warmte rookgassen en top gas wordt grotendeels nuttig gebruikt
III. Een optimaal stoom- en warmtebeheer.	Ja	Zie conclusies 2.I.iii en 2.II
IV. Waar mogelijk toepassen van een proces-geïntegreerd hergebruik van nuttige warmte	Ja	a) warmte van rookgassen wordt hergebruikt voor voorverwarmen verbrandingslucht.

		b) warmte van topgas wordt hergebruikt voor stoomproductie.
BBT-conclusie 3 De BBT is het primaire energieverbruik verminderen door de energiestromen te optimaliseren en <u>optimaal gebruik</u> te maken van afgezogen procesgassen, zoals cokesovengas, hoogovengas en oxystaalovengas.	Ja	Zie conclusies 2.I.iii en 2.II
BBT-conclusie 4 De BBT is ontzwaveld en ontstoft overtollig cokesovengas en ontstoft hoogovengas en oxystaalovengas (gemengd of apart) in ketels of in warmtekrachtkoppelingscentrales gebruiken om stoom, elektriciteit en/of warmte te produceren, met gebruik van de overtollige afvalwarmte voor interne of externe warmteverdeelnetten, mits er vraag is van een derde partij.	N.V.T.	Er is geen overschot aan tailgas
BBT-conclusie 5 De BBT is het elektriciteitsverbruik zo laag mogelijk houden door middel van een of meer van de volgende technieken:		
a) Energiebeheersystemen	Ja	Er wordt een energiebeheersysteem toegepast
b) Gebruik van maal-, pomp-, ventilatie- en toevoerinstallaties en andere op elektriciteit werkende uitrusting met hoge energie-efficiëntie.	Ja	Toegepaste apparatuur betreft energiezuinige ontwerpen

- Instrumenten voor rapportering en analyse met als doel het gemiddelde energieverbruik van elk proces te controleren.
Zie Bijlage A2.
- *Vastleggen van specifieke energieverbruiksniveaus voor relevante processen en vergelijking ervan op lange termijn.*
Deze maatregel overstijgt het niveau van een individuele installatie en is onderdeel van een meer algemene bedrijfsstrategie.
- *Uitvoeren van energieaudits zoals bepaald in het BREF inzake energie-efficiëntie, bv. om kosteneffectieve, energiebesparende mogelijkheden vast te stellen.*
Deze maatregel overstijgt het niveau van een individuele installatie en is onderdeel van een meer algemene bedrijfsstrategie en evaluatie.

In de volgende paragrafen worden enkele BBT-conclusies besproken.

5.8.1.1 BBT-conclusie 2: optimaliseren van systemen voor een vlotte en stabiele werking

BBT-conclusie 2.I - Verbeteren en optimaliseren van systemen

Bij **BBT-conclusie 2, lid I.i** wordt een aantal maatregelen genoemd als van belang om de algemene energie-efficiëntie van geïntegreerde staalfabrieken te verbeteren. Hieronder is per maatregel aangegeven in hoeverre de maatregelen in het beoogde ontwerp zijn meegenomen:

- *Optimaliseren van het energieverbruik.*

Deze generieke maatregel is uitgewerkt in verschillende ontwerpspecificaties voor installaties en processturing zoals beschreven in deze paragraaf.

Hoewel er geen specifieke BBT-conclusies bestaan voor de inzet van Direct Reduced Iron (DRI), wordt er wel naar de BBT-conclusies voor de productie van ijzer en staal gekeken. Deze conclusies bieden waardevolle inzichten en richtlijnen voor energie-efficiëntie en procesoptimalisatie. Echter, het is belangrijk om te begrijpen dat niet alle BBT-conclusies relevant zijn voor DRI-processen, aangezien de technologie en de processen significant kunnen afwijken van de traditionele ijzer- en staalproductie. Bij de toepassing van DRI wordt dus vooral gekeken naar de principes van de BBT-conclusies die wel relevant zijn en wordt er gezocht naar de beste benadering om de algehele energie-efficiëntie duurzaamheid te verbeteren.

BBT-conclusie 2.II - Terugwinnen van overtollige warmte uit de processen

Bij **BBT-conclusie 2.II - Terugwinnen van overtollige warmte uit de processen** – wordt geconcludeerd dat het huidige ontwerp van de DRI-fabriek grotendeels voldoet:

In het ontwerp zijn al de volgende optimalisaties ten opzichte van het standaard ontwerp van de Energiron DRI-fabriek meegenomen:

- Terugwinning van warmte uit top gas – van 500 °C (aardgasscenario) of 340 °C (waterstofscenario) tot 190 °C als stoom (11,7 bar(g), 190 °C) voor o.a. CO₂-afvang en het, voorverwarmen van procesgas;
- Verbrandingslucht voorverwarmen met restwarmte van de rookgassen.

Het ontwerp is daarmee vrijwel optimaal wat betreft minimalisering van eigen energiegebruik en wat betreft terugwinning van warmte voor nuttig gebruik binnen de eigen installatie of elders op of buiten de productielocatie.

Restbronnen van warmte waar nu nog geen economische toepassing voor is:

- Additionele terugwinning van herbruikbare warmte uit de rookgassen van het procesfornuis van de DRI-fabriek met een externe Economizer.
- Benutting van restwarmte uit koelwater (exergetisch gezien niet interessant wegens lage temperatuur).

Overige optimalisaties, die niet direct met het terugwinnen van overtollige warmte te maken hebben, worden beschreven in Hoofdstuk 7.

.

Externe Economizer

Bij het fornuis van de DRI-fabriek worden de rookgassen gekoeld tot ongeveer 200 °C, terwijl verdere afkoeling met 60 °C door terugwinning van nuttig toepasbare warmte in principe mogelijk is. Verdere afkoeling leidt tot problemen omdat met een SO_x-concentratie van tot 35 mg/Nm³ bij een waterdampgehalte van 20 vol% het zuurdauwpunt voor H₂SO₄ 105 – 115 °C is. In principe kan met een externe Economizer in het aardgasscenario circa 9 MW_{th} en in het waterstofscenario circa 6 MW_{th} aan additionele warmte worden teruggewonnen. Er kan nog meer lagetemperatuurwarmte worden

teruggewonnen – 11 tot 15 MW_{th} bij uitkoelen tot 100 °C - wanneer een corrosiebestendige warmtewisselaar wordt toegepast of wanneer de H₂S-concentratie in het als brandstof gebruikte tailgas wordt geminimaliseerd, bijvoorbeeld door het tailgas niet voor, maar na de CO₂-verwijdering (en H₂S-verwijdering) af te scheiden van het overige procesgas.



Figuur 5.13. Voorbeeld van een externe economizer en de daarvoor benodigde ruimte (EEW verbrandingslijn 3, 5,1 MW)

Er zijn toepassingsmogelijkheden voor additioneel teruggewonnen warmte uit rookgassen met een temperatuur van 200 °C - 140 °C in de DRI-fabriek zelf⁴:

- Voor verwarmen van de brandstoffen voor het procesfornuis (tailgas van 50 °C, aardgas en waterstof van 10 – 20 °C).
- Daarnaast kan ongeveer 2 MW_{th} (waterstofscenario) tot circa 3 MW_{th} (aardgasscenario) worden benut voor voorverwarmen van suppletiewater (30 °C) voor het stoomsysteem.

⁴ Gebruik van additionele warmte uit de rookgassen bij CO₂-afvang uit procesgas – voor regeneratie van het chemische absorptiemiddel – is niet beschouwd. De temperatuur van de rookgassen is te laag voor productie van de bij CO₂-afvang gebruikte processtoom van 190 °C, 11,8 bar(g). Het ontwerp van de CO₂-afvanginstallatie (desorber) is afgestemd op gebruik van stoom en biedt geen mogelijkheden voor gebruik van heet water. Gebruik van additionele warmte uit de rookgassen voor verwarmen van suppletiewater draagt wel indirect bij aan gebruik van restwarmte bij CO₂-afvang, doordat stoom wordt vrijgespeeld, die anders gebruikt had moeten worden voor opwarmen van suppletiewater.

Wanneer een externe Economizer zou worden toegevoegd, moet gekeken worden naar de ruimtelijke en operationele consequenties. Een investering in een economizer voor het voorverwarmen van suppletiewater is meestal binnen 5 jaar terug te verdienen.

Benutting van restwarmte uit koelwater

Voor koelen van productstromen worden twee koelwatersystemen toegepast:

- Een systeem voor koelen van gasstromen en reactorbehuizingen waarin koelwater niet in contact is met productstromen. Hierin wordt koelwater van $\pm 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ opgewarmd tot $46\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $52\text{ }^{\circ}\text{C}$. De afgevoerde 40 MW_{th} aan warmte wordt in een koeltoren aan de buitenlucht afgegeven.
- Een koelwatersysteem waarin koelwater in direct contact is met de te koelen gasstroom en daarbij opwarmt van $82\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $110\text{ }^{\circ}\text{C}$.
In het aardgasscenario wordt de afgevoerde warmte weer teruggeleverd aan het systeem in de “humidifier” waarin geconditioneerd procesgas wordt opgewarmd door direct contact met het opgewarmde koelwater.

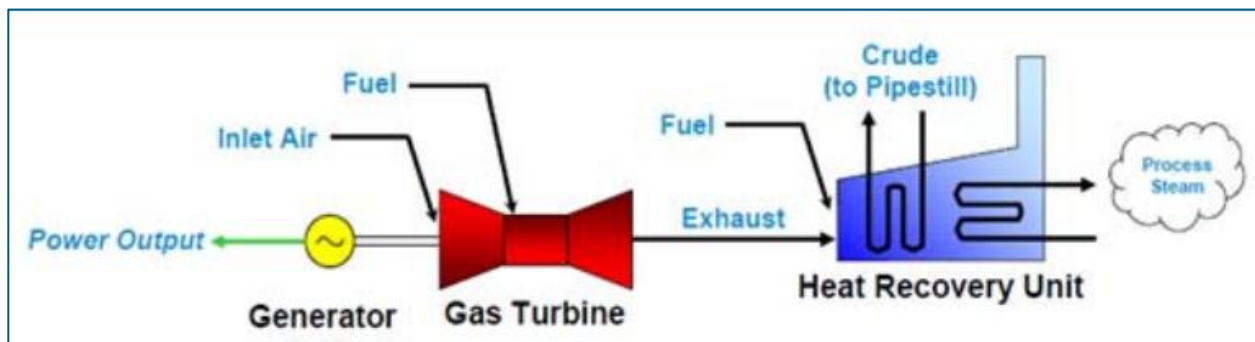
Voor het terugwinnen van additionele overvloedige warmte uit de processen is, gezien het ontwerp van het direct contact koelwatersysteem, alleen het eerste systeem relevant, aangezien warmtehergebruik uit het tweede systeem al plaatsvindt. De temperatuur van de in dit systeem afgevoerde, ofwel beschikbare, warmte is onvoldoende hoog om nuttig te kunnen worden ingezet binnen de DRI-fabriek of bij andere nieuwe installaties. De temperatuur zou op zich kunnen worden verhoogd met een warmtepomp. Maar ook dan is de temperatuur te laag in vergelijking met de voor nieuwe installaties benodigde temperatuurniveaus.

Op zich zouden inzetmogelijkheden op lage temperatuur bij bestaande productie-eenheden of in de directe omgeving van Tata Steel kunnen worden onderzocht. Maar er zijn nog genoeg andere koelwaterstromen met deels aanzienlijk hogere temperaturen, die dan ook of misschien eerder in aanmerking zouden komen, bijvoorbeeld ovenkoelwater op $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ van de warmbandwalserij (*Waste Heat Recovery Ovenkoelwater Warmbandwalserij*, n.d.), dat deels al wordt ingezet. Als voor dat soort – in principe aantrekkelijker – restwarmtestromen onder Omgevingswet en Europese Energie-Efficiëntie Richtlijn geen nuttige toepassingen worden gerealiseerd, dan is zoeken naar toepassingen voor koudere restwarmte van nieuwe installaties niet logisch.

BBT-conclusie 2, lid II – IV - proces-geïntegreerde technieken

Bij **BBT-conclusie 2, lid II – IV** worden proces-geïntegreerde technieken genoemd, die gebruikt worden om de energie-efficiëntie in de staalproductie te verbeteren door middel van een betere warmteterugwinning:

- *Warmtekrachtkoppeling met terugwinning van afvalwarmte door warmtewisselaars en distributie ervan naar andere delen van de staalfabriek of naar een stadsverwarmingsnet (ed., indien aanwezig).*
De BBT-conclusie luidt voluit “Warmtekrachtkoppeling met terugwinning van afvalwarmte door middel van warmtewisselaars en distributie ofwel naar andere onderdelen van de staalfabriek ofwel naar een warmtenet”. Deze is geïnterpreteerd als een suggestie om een WKK-gasmotor of een gasturbine voor te schakelen bij een procesfornuis of een ketel en de rookgassen van deze installaties (typisch $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $600\text{ }^{\circ}\text{C}$) te gebruiken als verbrandingslucht in het fornuis of ketel. In die configuratie dekt de gasmotor of de gasturbine een deel van de warmtevraag van het procesfornuis en wordt de warmtevraag verder gedekt door verbranding van brandstoffen met de rookgassen van een gasmotor of gasturbine. Deze technische optie wordt toegepast bij diverse raffinaderijen, zoals Esso Antwerpen en Shell Frederica en bijvoorbeeld bij procesfornuizen bij DOW in Terneuzen en Yara in Sluiskil. De gasturbine kan daarbij worden gedimensioneerd voor minimale invloed op het hoofdproces (processtromen verhitten) en economische optimalisatie.



Figuur 5.14. Systematische weergave WKK-optie bij procesfornuis (hot windbox integratie)

De optie is in principe ook technisch toepasbaar bij het fornuis van de DRI-fabriek en is geëvalueerd door McDermott, Tata Steel en Haskoning. Omdat de activiteiten binnen Heracleus binnen de reikwijdte van de EED vallen is bij evaluatie gebruik gemaakt van de wettelijk voorgeschreven KBA-methode (Kosten en Batenanalyse). De evaluatie is uitgevoerd voor elektriciteitsproductie gestuurde bedrijfsvoering. Dit wil zeggen dat de gasturbine alleen wordt ingeschakeld wanneer de prijs voor elektriciteit op het openbare net voldoende hoog is om elektriciteit met de gasturbine te produceren. Inzet van de gasturbine voor basislast elektriciteitsproductie is volgens de voor de KBA voorgeschreven methode niet rendabel.

Volledige KBA niet noodzakelijk

Voor de bedrijfseconomische evaluaties is voor de prijzen voor elektriciteit, aardgas en CO₂ in 2030 (het jaar dat de nieuwe installaties volledig operationeel zullen zijn) respectievelijk € 88,70/MWh, € 28,50/MWh HHV aardgas en 114,13/ton CO₂ aangehouden. Met deze getallen is de uitkomst dat er geen volledige KBA voor WKK hoeft te worden uitgevoerd.

Bij de evaluatie is verder geconcludeerd dat deze optie – bij elektriciteitsproductie gestuurde bedrijfsvoering – een nog onbekend risico voor de stabiliteit van de bedrijfsvoering van de DRI-reactor zal geven (zie Bijlage A3).

- De gasturbine wordt in piekurenbedrijf/flexbedrijf ingezet en ingeschakeld bij hoge elektriciteitsprijzen, uitgeschakeld bij lage elektriciteitsprijzen.
- In- en uitschakelen van de, voor het fornuis voorgeschakelde, gasturbine leidt tot verandering van de warmtebalans over het procesfornuis.
- De DRI-fabriek blijkt in de praktijk gevoelig voor variaties in procescondities (ervaringen Nucor Steel Louisiana).
- Er is een risico, dat variaties in bedrijfsvoering van het procesfornuis leiden tot storingen van het hoofdproces.

Omdat er – voor zover bekend – nog geen enkele DRI-fabriek is waar een gasturbine met elektriciteitsproductie gestuurde bedrijfsvoering wordt toegepast is dit voornamelijk een onbekend risico.

Daarnaast kan – additioneel aan de KBA – worden geconcludeerd dat de optie in fase 1 van Heracleus geen of een beperkt netto voordeel biedt qua reductie van CO₂-emissies (zie tekstvak).

Geen of beperkt CO₂-voordeel

Het ontbreken van een significante CO₂-reductie wordt geïllustreerd aan de hand van een voorbeeldberekening. Voor twee aeroderivatie, snel opregelbare gasturbines is berekend wat de CO₂-emissie per GJ-elektriciteit is en is geëvalueerd hoe deze zich verhoudt tot de gemiddelde CO₂-emissie per GJ aan ingekochte elektriciteit.

	Elektrisch rendement (aardgas)	MW _e	Rookgas temperatuur °C	Thermisch rendement (aardgas)	MW _{th}	Maximaal percentage H ₂ (energie)
GE LM2500	39%	35,1	510	37%	56,1	75%
GE LM6000	42%	50,0	495	35%	70,8	100%

*Toelichting bij thermisch rendement: Benadering uitgaande van uittrede-temperatuur uit de ketel van 200 °C, zoals in voorgesteld ontwerp van het procesformuis. Het thermisch rendement wordt daardoor bij een GE LM2500 gasturbine ruwweg:
 $(1-39\%)\times(510-200)/510 = 37\%$*

De LM6000 gasturbine zal worden toegepast in de vanaf 2026 operationele Whyalla waterstofcentrale in de Upper Spencer Gulf, Zuid-Australië (GE Vernova Announces Its First 100 Percent Hydrogen-fueled Aeroderivative Gas Turbine Solution | GE Vernova News, n.d.). De 200 MW_e Whyalla waterstofcentrale is bedoeld als deellast/peiklast centrale om stabiliteit van de elektriciteitsvoorziening in het elektriciteitsnet van Zuid-Australië te waarborgen in periodes waarin hernieuwbare energiebronnen niet beschikbaar zijn of niet aan de volledige vraag voldoen.

De referentie voor warmteproductie is in zowel het aardgasscenario als het waterstofscenario ondervuring van het procesformuis met aardgas. Het thermisch rendement van het formuis is in beide scenario's 90% - 92% zonder toepassing van een externe Economizer. De CO₂-emissie per GH_{th} aan geleverde warmte bedraagt bij een emissiefactor voor aardgas van 56,1 kg CO₂/GJ en een gemiddeld rendement van 91% zo'n 62 kg CO₂-e/GJ_{th}.

Wanneer deze emissiefactor ook wordt gebruikt om de door de gasturbine geleverde warmte te waarderen, dan kan de resterende CO₂-emissie per GJ ingezette aardgas worden toegerekend aan elektriciteit.

	Thermisch rendement (aardgas)	Emissie-factor kg CO ₂ /GJ aardgas	Aan warmte gealloceerd kg CO ₂ /GJ aardgas	Naar elektriciteit kg CO ₂ /GJ aardgas	Emissie -factor elektriciteit kg CO ₂ /GJ _e
GE LM2500	37%	56,1	$37\% \times 61,6 = 23,0$	$56,1 - 23,0 = 33,1$	$33,1/37\% = 89,5$
GE LM6000	35%	56,1	$35\% \times 61,6 = 21,5$	$56,1 - 21,5 = 34,6$	$34,6/35\% = 98,9$

De resulterende emissiefactoren voor elektriciteit zijn vergelijkbaar met de emissiefactor die voor pieklast levering aan het openbare net worden verwacht voor 2030 en 2035 van respectievelijk 77,8 en 102,8 kg CO₂/GJ_e (Hammingh et al., 2024).

- *Installatie van stoomgeneratoren of adequate systemen in grote herverhittingsovens.*
De DRI-fabriek is geen herverhittingsoven. De aanbevolen proces-geïntegreerde techniek is daarom niet relevant.
- *Voorverwarming van de verbrandingslucht in ovens en andere brandersystemen om brandstof te besparen, rekening houdend met nadelige gevolgen, bijvoorbeeld een stijging van stikstofoxiden in het afgas.*
Deze techniek is in het ontwerp van de DRI-fabriek toegepast.
- *Isolatie van stoom- en warmwaterbuizen.*
De stoom- en warmwaterbuizen zijn geïsoleerd. De isolatiewaarde van de isolatie zal vergelijkbaar of beter zijn dan de Rd-waarde voor leidingen (Rd-waarde van tenminste 2,5 m²K/W rondom stoomleidingen en appendages) genoemd in de Erkende Maatregelenlijst van oktober 2023 ("Erkende

Maatregelenlijst (EML),” 2023). Ook de isolatiewaarde van isolatie van procesapparatuur en van andere leidingen en transportsystemen voor hete commodity's zal vergelijkbaar of beter zijn dan de Rd-waarde genoemd in de Erkende Maatregelenlijst van oktober 2023⁵.

- *Terugwinning van warmte uit producten, bijvoorbeeld sinter.*
Om energiegebruik van de vlamboogoven te minimaliseren is het wenselijk dat de DRI met zo min mogelijk energieverlies en temperatuurafname aan de vlamboogoven wordt gevoed. Terugwinnen van warmte uit de DRI staat hier haaks op.
- *Gebruik van zowel warmtepompen als zonnepanelen wanneer staal afgekoeld moet worden.*
Gebruik van zowel warmtepompen als zonnepanelen bij afkoelen van staal is bij de DRI-fabriek niet relevant omdat de DRI niet wordt afgekoeld, maar juist op temperatuur moet worden gehouden.
- *Gebruik van afgasketels in ovens met hoge temperaturen.*
Deze maatregel is geïmplementeerd in het ontwerp van de DRI-fabriek.
- *Verdamping van zuurstof en afkoeling van de compressor om energie tussen standaard warmtewisselaars uit te wisselen.*
De BBT-conclusie “Verdamping van zuurstof en afkoeling van de compressor” (oorspronkelijke tekst: “oxygen evaporation and compressor cooling”) is geïnterpreteerd als een voorbeeld van nuttig gebruik van (rest)warmte. Aangenomen is dat hier wordt bedoeld dat warmte van gecomprimeerde gasstromen wordt gebruikt voor – bijvoorbeeld – het verdampen van, in vloeibare vorm aangevoerde en/of opgeslagen, zuurstof. In project Heracless is geen sprake van gebruik van vloeibare zuurstof. Het voorbeeld (mits correct geïnterpreteerd) lijkt daarom niet relevant voor het project Heracless.
- *Gebruik van expansieturbines om de kinetische energie van het, in de reactor van de DRI-fabriek geproduceerde, gas in elektrische stroom om te zetten.*
Gebruik van expansieturbines voor terugwinning van elektriciteit uit procesgas van de DRI-fabriek is door McDermott geëvalueerd (zie Bijlage A4). De conclusie van McDermott is dat deze optie niet rendabel is.

5.8.1.2 BBT-conclusie 3:

Bij **BBT-conclusie 3** worden een aantal proces-geïntegreerde technieken genoemd om de energie-efficiëntie in een geïntegreerde staalfabriek te verbeteren door middel van een beter gebruik van procesgassen. Hieronder wordt per techniek (met de nodige voorzichtigheid) geëvalueerd in hoeverre de techniek in het ontwerp is opgenomen:

- *Gebruik van gashouders of andere adequate systemen voor kortstondige opslag en drukbehoud van procesgassen.*
Bij de DRI-fabriek is deze maatregel niet nodig.
Bij de DRI-fabriek wordt een deel van het procesgas op verhoogde druk (6 bar(g)) afgescheiden om ophoping van inerte gassen in het procesgas te voorkomen. Dit zogeheten tailgas wordt verbrand in het procesfornuis van de DRI-fabriek. De brandstofbehoefte van de DRI-fabriek is echter ruim tweemaal groter dan de energie-inhoud van vrijkomend tailgas, waardoor extra brandstof moet worden ingezet en bovendien het tailgas altijd kan worden ingezet in de DRI-fabriek. Verder zijn productie en gebruik als brandstof van tailgas synchroon met de productie van HDRI, zodat er geen kortstondige opslag nodig is.
- *Verhoging van de druk in het gasnet om procesgassen te kunnen gebruiken in plaats van af te fakkelen.*
Zie vorige punt.
- *Verrijking van gas met procesgassen en verschillende calorische waarden voor verschillende verbruikers⁶.*

⁵ Voor stoomketels is in de Erkende Maatregelenlijst een Rd-waarde van tenminste 1,0 m²K/W bij omangaten, ketelachterfronten en voedingswaterregelkleppen van stoomketels, voor productleidingen en appendages een Rd-waarde van minimaal 1,5 m²K/W, voor hoge temperatuur procesvaten een Rd-waarde van tenminste 0,7 m²K/W.

⁶ Waarschijnlijk wordt bedoeld: mengen van procesgassen met en vervangen van aardgas door procesgassen, rekening houdend met de voor toepassing benodigde calorische waarde van het gasmengsel

Bij de DRI-fabriek niet van toepassing, zie eerste punt.

- *Branderovens met procesgas verwarmen.*

Bij de DRI-fabriek niet van toepassing, zie eerste punt.

- *Gebruik van een computergestuurd controlesysteem voor calorische waarden.*

Controle van de calorische waarde van het mengsel van tailgas en aardgas is onderdeel van het besturingssysteem van de DRI-fabriek.

- *Registratie en gebruik van cokes- en rookgastemperaturen.*

Controle van de temperatuur van de rookgassen van het procesfornuis van de DRI-fabriek is onderdeel van het besturingssysteem van de DRI-fabriek.

- *Adequate dimensionering van de capaciteit van de energierugwinningsinstallaties voor de procesgassen, in het bijzonder rekening houdend met de variabiliteit van de procesgassen.*

Conform deze conclusie moet het totale vermogen aan te leveren warmte van met procesgassen gestookte ketels en procesfornuizen voldoende groot zijn om ook bij een piek aan procesgassen het vrijkomende volume te kunnen verwerken en in te zetten als brandstof. Bij de DRI-fabriek komt procesgas in de vorm van tailgas vrij. Het tailgas wordt verbrand in het procesfornuis van de DRI-fabriek. Zoals geïllustreerd in Figuur 5.2 en Figuur 5.4 is de brandstofbehoefte van de DRI-fabriek circa tweemaal groter dan de energie-inhoud van vrijkomend tailgas, waardoor extra brandstof moet worden ingezet en bovendien het tailgas altijd kan worden ingezet in de DRI-fabriek. Verder zijn productie en gebruik als brandstof van tailgas synchroon met de productie van HDRI, zodat er geen kortstondige opslag nodig is.

5.8.2 BBT-toets vlamboogoven

De vlamboogoven is getoetst aan de relevante BBT-conclusies uit de BREF voor IJzer en Staalindustrie. Het resultaat staat in Tabel 5.7.

Er is niet getoetst aan BBT-conclusies uit BREF Grote Stookinstallaties. Zoals aangegeven in de BREF hebben deze BBT-conclusies geen betrekking op (onder andere):

- Procesovens of -verhitters;
- Naverbrandingsinstallaties;
- Affakkelen.

Per BBT-conclusie wordt in de volgende subparagrafen besproken in welke mate aan de verschillende BBT-conclusies wordt voldaan.

De algehele conclusie is dat bij het ontwerp in vergelijking met andere vlamboogovens wordt voldaan aan BBT-conclusies. In het toe te passen ontwerp wordt significant meer warmte teruggewonnen voor nuttige toepassing dan bij de meeste bestaande vlamboogovens. Maar verdere optimalisatie van het energetisch rendement lijkt mogelijk.

5.8.2.1 BBT-conclusie 2: optimaliseren van systemen voor een vlotte en stabiele werking

Bij **BBT-conclusie 2, lid I.i** worden een aantal maatregelen genoemd als zijnde van belang om de algemene energie-efficiëntie van geïntegreerde staalfabrieken te verbeteren. Hieronder is per maatregel aangegeven in hoeverre de maatregelen in het beoogde ontwerp zijn meegenomen:

- *Optimaliseren van het energieverbruik.*

Deze generieke maatregel is uitgewerkt in verschillende ontwerpspecificaties voor installaties en processturing zoals beschreven in deze paragraaf.

- *Online monitoring van de belangrijkste energiestromen en verbrandingsprocessen op de plaats van de installatie, inclusief monitoring van alle affakkelvlammen met als doel energieverlies te voorkomen, teneinde onmiddellijk onderhoud mogelijk te maken en een ongestoord productieproces te bereiken.*

In Bijlage A2 is een beschrijving opgenomen van het online monitoringsysteem en sturingssysteem dat zal worden toegepast bij de vlamboogoven.

- *Instrumenten voor rapportering en analyse met als doel het gemiddelde energieverbruik van elk proces te controleren.*
Zie bijlage A2.

Tabel 5.7. BBT-toets voor vlamboogoven

BBT-conclusie	Voldoet?	Toelichting
BBT-conclusie 2 De BBT is een milieubeheersysteem ten uitvoer leggen en naleven dat alle volgende elementen omvat:		
V. Verbeteren en optimaliseren van systemen voor een vlotte en stabiele werking, waarbij dicht bij de instelpunten van de procesparameters wordt gebleven, aan de hand van:		
iv. Optimalisering van de procesbesturing, inclusief computerondersteunde automatische controlesystemen:	Ja	Er zal een geavanceerde computergestuurde regeling worden toegepast in het productieproces en bij gerelateerde processen, zoals naverbranding van procesgassen
v. Moderne, gravimetrische vaste-brandstoftoevoersystemen,	NVT	
vi. Voorverwarming (Red.: van verbrandingslucht, brandstoffen, grondstoffen (?)) zoveel als mogelijk, rekening houdend met de bestaande procesconfiguratie.	Ja	Schroot wordt zoveel mogelijk voorverwarmd met het Consteel systeem
VI. Terugwinnen van overtollige warmte uit de processen, in het bijzonder uit de koelsecties.	Ja	Het lijkt in principe mogelijk om meer nuttige warmte terug te winnen, zie tekst
VII. Een optimaal stoom- en warmtebeheer.	Ja	Het lijkt in principe mogelijk om meer nuttige warmte terug te winnen, zie tekst
VIII. Waar mogelijk toepassen van een proces-geïntegreerd hergebruik van nuttige warmte	Ja	Warmte wordt binnen het proces hergebruikt door schroot voor te verwarmen met het Consteel systeem.
BBT-conclusie 3 De BBT is het primaire energieverbruik verminderen door de energiestromen te optimaliseren en <u>optimaal gebruik</u> te maken van afgezogen procesgassen, zoals cokesovengas, hoogovengas en oxystaalovengas.	N.V.T.	Afgassen worden binnen proces zelf naverbrand en dus volledig benut
BBT-conclusie 4 De BBT is ontzwaveld en ontstoft overtollig cokesovengas en ontstoft hoogovengas en oxystaalovengas (gemengd of apart) in ketels of in warmtekraftkoppelingssystemen gebruiken om stoom, elektriciteit en/of warmte te produceren, met gebruik van de overtollige afvalwarmte voor interne of externe warmteverdeelnetten, mits er vraag is van een derde partij.	N.V.T.	Afgassen worden binnen proces zelf naverbrand en dus volledig benut

BBT-conclusie 5 De BBT is het elektriciteitsverbruik zo laag mogelijk houden door middel van een of meer van de volgende technieken:		
c) Energiebeheersystemen	Ja	Er wordt een energiebeheersysteem toegepast
d) Gebruik van maal-, pomp-, ventilatie- en toevoerinrichtingen en andere op elektriciteit werkende uitrusting met hoge energie-efficiëntie.	Ja	Toegepaste apparatuur betreft energiezuinige ontwerpen

- *Vastleggen van specifieke energieverbruiksniveaus voor relevante processen en vergelijking ervan op lange termijn.*
Deze maatregel overstijgt het niveau van een individuele installatie en is onderdeel van een meer generale strategie.
- *Uitvoeren van energieaudits als bepaald in het BREF inzake energie-efficiëntie, bijv. om kosteneffectieve, energiebesparende mogelijkheden vast te stellen.*
Deze maatregel overstijgt het niveau van een individuele installatie.

5.8.2.2 BBT-conclusie 2.II - Terugwinnen van overtollige warmte uit de processen

Hier wordt omschreven wanneer delen van het ontwerp voldoen aan **BBT-conclusie 2.II - Terugwinnen van overtollige warmte uit de processen**.

Afwegingen ter ondersteuning

In het ontwerp wordt warmte teruggewonnen voor het voorverwarmen van schroot en productie van stoom. In het ontwerp voor Heracless wordt meer warmte teruggewonnen dan bij (verreweg) de meeste andere bestaande en nieuwe vlamboogovens. Daarmee voldoet het ontwerp in principe aan de BBT-conclusie. Ter vergelijking:

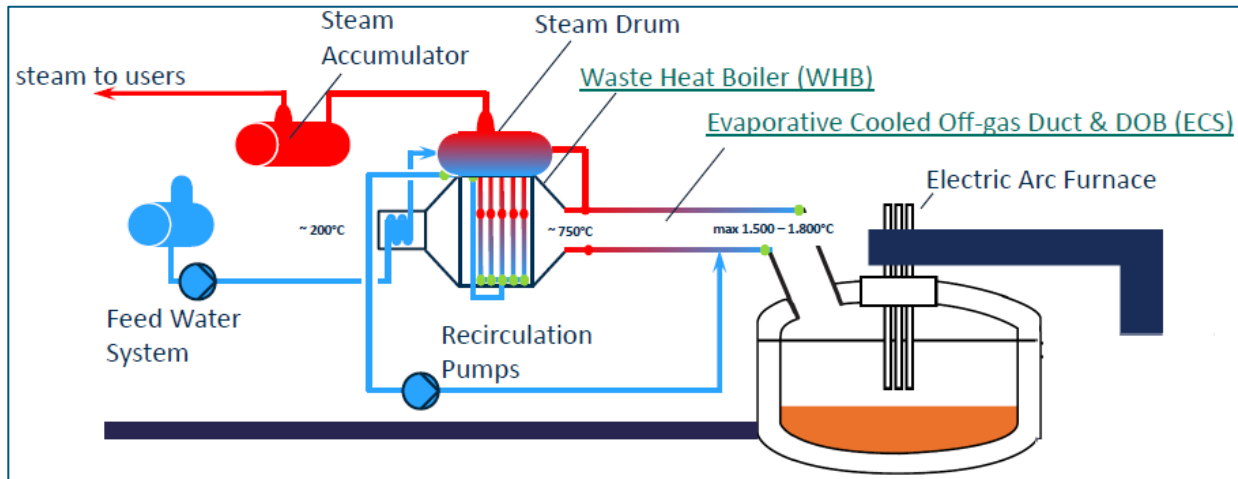
- Bij conventionele vlamboogovens vindt geen terugwinning van energie uit afgassen plaats. In plaats daarvan vindt naverbranding van de afgassen plaats onder toegift van aardgas en wordt de energie van de gevormde rookgassen grotendeels vernietigd door quenchen/afschrikken van de rookgassen tot een temperatuur beneden de 250 °C om de novo synthese van dioxines te vermijden.
- Ook in vergelijking met vlamboogovens, waar de warmte van de afgassen 'alleen' wordt gebruikt voor voorverwarmen van schroot, wordt er in het voor Heracless bedoelde ontwerp meer warmte uit de afgassen teruggewonnen.
- De beoogde combinatie van Consteel systeem voor voorverwarmen van schroot en iRecovery systeem voor stoomproductie op basis van de warmte van de rookgassen wordt nog nauwelijks toegepast - volgens de referentielijst op de Tenova website (iRecovery - Key References | Tenova, n.d.) bij slechts twee productielocaties in Europa en één productielocatie in China. Ook het aantal referenties voor vergelijkbare concepten, zoals Primetals EAF Quantum concept met geïntegreerde stoomproductie is minimaal (Een dergelijke installatie is gerealiseerd bij Acciaieria Arvedi in Cremona, Italië (Primetals Technologies to Supply EAF Quantum to Acciaieria Arvedi, n.d.)).

Afwegingen ter verdere aanpassing

Er kan meer warmte uit de afgassen/rookgassen teruggewonnen worden, indien er een warmtenet voor externe levering van warmte zou zijn.

Bij bestaande vlamboogovens met iRecovery systeem – bijvoorbeeld bij Georgsmarienhütte GmbH (Schliephake et al., 2016) - worden zogenaamde Evaporative Cooled Off-gas Ducts (verdampingsgekoelde rookgaskanalen) & Drop Out Boxes (bezinkkamers) toegepast (zie ook Figuur 5.15 en Figuur 5.16) voor terugwinnen van warmte uit rookgassen met een temperatuur van 1.500 – 750 °C.

De teruggewonnen warmte wordt omgezet in verzadigde stoom met een temperatuur van 180 – 250 °C en een druk van 15 – 26 bar(g)⁷.

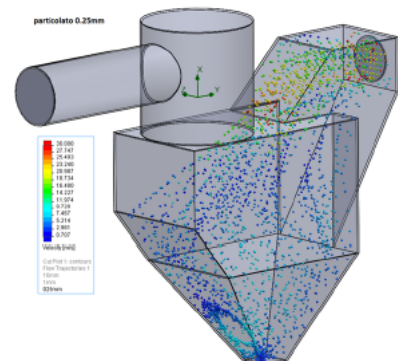


Figuur 5.15. Vereenvoudigde weergave van een iRecovery™ system technology waarin zogenaamde Evaporative Cooled Off - gas Duct & DOB worden toegepast (Chiarullo et al., 2021).

Waste gas heat recovery from 1.500°C to 750°C :

by proper design of radiation heat exchange where boiling water circulates at high pressure and temperature:

- Drop Out Box (DOB)
- Waste gas duct (ECS)



Figuur 5.16. Knipsel met illustratie van mogelijkheden om bij hoge temperatuur herbruikbare warmte terug te winnen (Chiarullo et al., 2021).

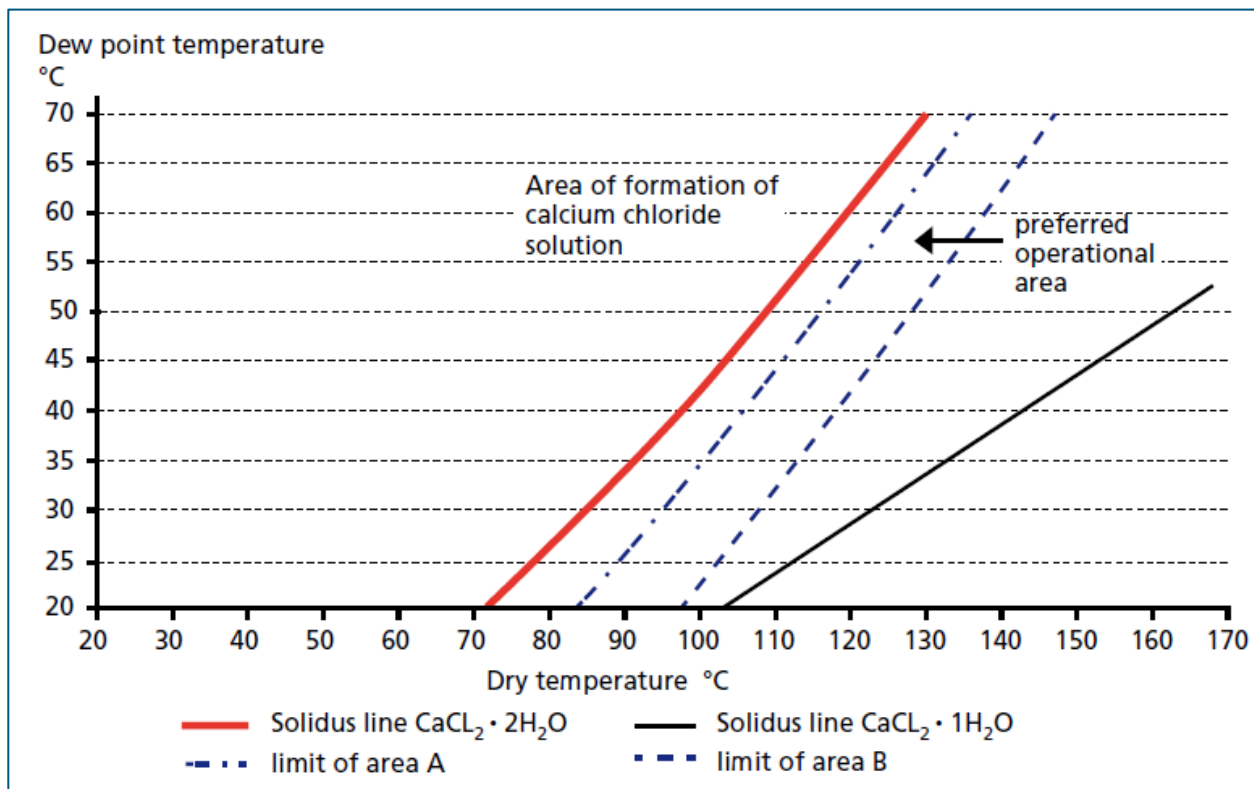
In plaats daarvan wordt bij Heracless de hogetemperatuurwarmte uit de afgassen uit het Consteel systeem weggekoeld met koelwater van 50 – 70 °C en via de koeltorens op de buitenlucht afgelaten. De rookgassen worden daarbij afgekoeld tot 580 °C.

Een verkenning van kosten voor terugwinnen van warmte uit de afgassen in het temperatuurbereik van 1.100 °C tot 580 °C is opgenomen in subparagraaf 5.8.3.

Warmteterugwinning na het doekenfilter

Een andere potentiële warmtebron zijn de uit de economizer van de iRecovery tredende rookgassen. Uit deze rookgassen ($T = 200 - 230$ °C) kunnen – afgaand op de SO_x -concentratie van maximaal 140 mg/Nm³ en een H_2O -aandeel van 4,8 vol% ± 0,5 vol% – in principe additioneel nog 5-10 MW_{th} aan nuttig toepasbare warmte worden teruggewonnen.

⁷ Primetals Technologies levert een vergelijkbaar systeem, toegepast bij bijvoorbeeld Acciaieria Arvedi in Cremona.



Figuur 5.17. Fasediagram van $\text{CaCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Margraf, 2015).

Het is echter waarschijnlijk dat verder afkoelen van de primaire afgassen leidt tot te lage temperaturen in het secundaire doekenfilter voor een goede verwijdering van zwavel en chloor door middel van kalkinjectie. Bij afkoelen van de rookgassen uit het primaire doekenfilter tot 140°C zouden de rookgassen in het secundaire doekenfilter afkoelen van 106°C tot $90 - 95^{\circ}\text{C}$, temperaturen aan de onderkant van het bereik waarbinnen gehydrateerde kalk kan worden toegepast voor verwijdering van SO_x en HCl .

Een te lage temperatuur in het secundaire doekenfilter geeft, op basis van ervaringen bij AVI's (Afvalverbrandingsinstallatie), mogelijk ook risico's op afzettingen van calciumzouten, zwavel en halogenen in het secundaire doekenfilter.

Deze potentiële warmtebron lijkt daarom niet geschikt voor terugwinnen van additionele warmte.

Hergebruik warmte uit koelwater

Zoals aangegeven in paragraaf 5.3.2 wordt behalve bij koelen van bezinkkamer en rookgaskanaal tussen Consteel-systeem en iRecovery systeem ook warmte afgevoerd bij koelen van onder andere de behuizing van de vlamboogoven, injectorbehuizing, Consteel-pan en -kappen waarbij koelwater wordt opgewarmd tot 40°C tot 50°C (EAF CC koelwater circuit) en vervolgens tot maximaal 60 à 70°C (EAF HC koelwater circuit). De waarde van 70°C geldt bij het afkoelen van de bezinkkamer en de afgaskanalen tussen de Consteelinstallatie en de bezinkkamer.

Ook bij de vlamboogoven geldt – net als bij de DRI-fabriek – dat de temperatuur van de in dit systeem afgevoerde c.q. beschikbare warmte onvoldoende hoog is om nuttig te kunnen worden ingezet binnen de vlamboogoven of bij andere nieuwe installaties. De temperatuur zou op zich kunnen worden verhoogd met een warmtepomp. Maar ook dan is de temperatuur te laag in vergelijking met de voor nieuwe installaties benodigde temperatuurniveaus.

Inzetmogelijkheden op lage temperatuur bij bestaande productie-eenheden of in de directe omgeving van Tata Steel zouden kunnen worden onderzocht. Er zijn dan echter nog genoeg andere koelwaterstromen met deels hogere temperaturen, die dan ook misschien eerder in aanmerking komen, bijvoorbeeld ovenkoelwater op 85 °C van de Warmbandwalserij (Waste Heat Recovery Ovenkoelwater Warmbandwalserij, n.d.). Als voor dat soort – in principe aantrekkelijkere – restwarmtestromen geen nuttige toepassingen worden gerealiseerd, dan is zoeken naar toepassingen voor koudere restwarmte van nieuwe installaties op meerdere kilometers afstand minder logisch.

5.8.2.3 BBT-conclusie 2, lid II – IV proces-geïntegreerde technieken

Bij **BBT-conclusie 2, lid II – IV** worden proces-geïntegreerde technieken genoemd, die gebruikt worden om de energie-efficiëntie in de staalproductie te verbeteren door middel van een betere warmteterugwinning:

- *Warmtekrachtkoppeling met terugwinning van afvalwarmte door warmtewisselaars en distributie ervan naar andere delen van de staalfabriek of naar een stadsverwarmingsnet (ed., indien aanwezig).*
De BBT-conclusie “Warmtekrachtkoppeling met terugwinning van afvalwarmte.....” (oorspronkelijke tekst: “combined heat and power production with recovery of waste heat by heat exchangers and distribution either to other parts of the steelworks or to a district heating network”) is geïnterpreteerd als een suggestie om een WKK-gasmotor of een gasturbine voor te schakelen bij een procesfornuis of een ketel en de rookgassen van deze installaties (typisch 400 – 600 °C) te gebruiken als verbrandingslucht in het fornuis of ketel.
In theorie is deze optie ook toepasbaar bij een vlamboogoven door de rookgassen van de gasturbine of gasmotor te gebruiken bij naverbranding van de procesgassen uit de oven wanneer geen slak of staal wordt afgetapt. De rookgassen kunnen worden afgevoerd met de secundaire afgassen bij aftappen van staal en slak. Maar in die constellatie wordt extra energie toegevoerd aan een proces waarvoor geen additionele brandstof nodig is. De implementatie zou daardoor haaks staan op het principe om energiegebruik te minimaliseren.
- *Installatie van stoomgeneratoren of adequate systemen in grote herverhittingsovens.*
De vlamboogoven is geen herverhittingsoven. De aanbevolen proces-geïntegreerde techniek is daarom niet relevant.
- *Voorverwarming van de verbrandingslucht in ovens en andere brandersystemen om brandstof te besparen, rekening houdend met nadelige gevolgen, bv. een stijging van stikstofoxiden in het afgas.*
Deze optie is technisch niet goed implementeerbaar.
De optie is in principe combineerbaar met naverbranden van de procesgassen uit de oven wanneer geen slak of staal wordt afgetapt. De extra toegevoerde energie zal echter leiden tot een hogere verbrandingstemperatuur en daaraan gerelateerde risico's op storingen – bijvoorbeeld brugvorming door smeltend schroot - en beschadigingen aan bijvoorbeeld wanden en transportsysteem van de Consteel installatie.
- *Isolatie van stoom- en warmwaterbuizen.*
De stoombuizen zijn geïsoleerd. De isolatiewaarde van de isolatie zal gelijk of beter is dan de Rd-waarde voor leidingen (Rd-waarde van tenminste 2,5 m²K/W rondom stoomleidingen en appendages) genoemd in de Erkende Maatregelenlijst van oktober 2023 (“Erkende Maatregelenlijst (EML),” 2023).
- *Terugwinning van warmte uit producten, bv. sinter.*
Bij de vlamboogoven zou terugwinning van warmte uit producten alleen betrekking kunnen hebben op de slakken, aangezien het staal op temperatuur moet blijven voor navolgende metallurgische processen. Energie terugwinnen uit slakken lijkt geen realistische, op korte of middellange termijn implementeerbare variant.
 - Er is volgens informatie in openbare bronnen sinds de jaren 1990 geen commerciële technologie op ‘de markt’, die ‘off the shelf’ kan worden aangeboden voor energierugwinning uit slakken (hoogovenslak, oxystaalslakken, EAF-slakken, panovenslakken).
 - Tenova lijkt met het droog granuleren met lucht dichtbij marktintroductie. Tenova meldt dat het een technologie heeft ontwikkeld voor ‘droog’ granuleren van vlamboogoven slak en

panovenslakken (Slag Dry Granulation | Tenova, n.d.). Bij testen met extern slak bleek dat deze manier van granuleren een slak oplevert die niet toepasbaar in Nederland en niet voldoet aan randvoorwaarden voor verder gebruik als bijproduct. De uitloging van zware metalen, zoals Chroom VI bleek te hoog. Daarnaast bleken mechanische eigenschappen te ongunstig. De technologie is op industriële schaal gedemonstreerd bij de Dalmine S.p.A. productielocatie van de Pittini Group (Porisiensi et al., 2023), die op basis van de testresultaten heeft gecommuniceerd de technologie te gaan integreren in hun Dalmine S.p.A. installatie (Porisiensi et al., 2023). Maar dit concept is gericht op terugwinnen van grondstoffen en niet op terugwinnen van energie. Er wordt nergens gemeld dat energie uit de granulatielucht wordt teruggewonnen of dat hiervoor plannen zijn.

- *Gebruik van zowel warmtepompen als zonnepanelen wanneer staal afgekoeld moet worden.*
Gebruik van zowel warmtepompen als zonnepanelen bij afkoelen van staal is bij de nieuwe vlamboogoven niet relevant omdat het staal niet wordt afgekoeld, maar juist op temperatuur moet worden gehouden.
- *Gebruik van afgassenketels in ovens met hoge temperaturen.*
Het iRecoverysysteem is een afgassenketel. De in de BBT-conclusie genoemde proces-geïntegreerde techniek is daarmee geïntegreerd in het ontwerp.
- *Verdamping van zuurstof en afkoeling van de compressor om energie tussen standaard warmtewisselaars uit te wisselen.*
De BBT-conclusie “Verdamping van zuurstof en afkoeling van de compressor” (oorspronkelijke tekst: “oxygen evaporation and compressor cooling”) is geïnterpreteerd als een voorbeeld van nuttig gebruik van (rest)warmte. Aangenomen is dat hier wordt bedoeld dat warmte van gecomprimeerde gasstromen wordt gebruikt voor – bijvoorbeeld – het verdampen van in vloeibare vorm aangevoerde en/of opgeslagen zuurstof. In project Heracless is geen sprake van gebruik van vloeibare zuurstof. Het voorbeeld (mits correct geïnterpreteerd) lijkt daarom niet relevant voor Heracless.
- *Gebruik van expansieturbines om de kinetische energie van het in de hoogoven geproduceerde gas in elektrische stroom om te zetten.*
Gebruik van expansieturbines voor terugwinning van elektriciteit uit hoogovengas is niet relevant omdat bij de vlamboogoven geen procesgas onder verhoogde druk vrijkomt.

5.8.2.4 BBT-conclusie 3

Bij **BBT-conclusie 3** worden een aantal proces-geïntegreerde technieken genoemd om de energie-efficiëntie in een geïntegreerde staalfabriek te verbeteren door middel van een beter gebruik van procesgassen. Hieronder wordt per techniek (met de nodige voorzichtigheid) geëvalueerd in hoeverre de techniek in het ontwerp is opgenomen:

- *Gebruik van gashouders of andere adequate systemen voor kortstondige opslag en drukbehoud van procesgassen.*
Bij vlamboogoven niet van toepassing. De vrijkomende procesgassen worden in het proces zelf verbrand om warmte te produceren voor voorverwarmen van schroot en het smeltproces in de vlamboogoven en om vluchtige organische koolwaterstoffen zoveel mogelijk om te zetten in CO₂ en H₂O.
- *Verhoging van de druk in het gasnet om procesgassen te kunnen gebruiken in plaats van af te fakkelen.*
Bij vlamboogoven niet van toepassing, zie vorige punt.
- *Verrijking van gas met procesgassen en verschillende calorische waarden voor verschillende verbruikers.*
Bij een vlamboogoven niet van toepassing, zie eerste punt. Waarschijnlijk wordt bedoeld: mengen van procesgassen met en vervangen van aardgas door procesgassen, rekening houdend met de voor toepassing benodigde calorische waarde van het gasmengsel.
- *Branderovens met procesgas verwarmen.*

Bij een vlamboogoven niet van toepassing, zie eerste punt.

- *Gebruik van een computergestuurd controlesysteem voor calorische waarden.*

Bij reflectie op BBT-conclusie 2, lid I.i is de hele procesvoering van vlamboogoven en daaraan gekoppelde systemen vergaand geautomatiseerd en wordt een groot aantal procesparameters gemonitord. Daarom wordt aan deze BBT-conclusie voldaan.

- *Registratie en gebruik van cokes- en rookgastemperaturen.*

Ook voor dit punt wordt verwezen naar de reflectie op BBT-conclusie 2, lid I.i.

- *Adequate dimensionering van de capaciteit van de energierugwinningsinstallaties voor de procesgassen, in het bijzonder rekening houdend met de variabiliteit van de procesgassen.*

Het voor het Heracless project beoogde ontwerp van het iRecovery systeem is ontworpen om maximaal 69 MW_{th} warmte te kunnen terugwinnen uit de afgassen. Dat is ruim tweemaal meer dan de verwachte 29 MW_{th} aan warmte die normaliter zal worden teruggewonnen. Het ontwerp voldoet daarmee aan de BBT-conclusie.

5.8.3 Maximaliseren van de warmterugwinning

Er is discussie mogelijk over de mate waarin het voorgenomen ontwerp van de vlamboogoven voldoet aan BBT-conclusie 2.II - Terugwinnen van overvloedige warmte uit de processen.

In deze subparagraaf wordt uitgewerkt hoe stoom geproduceerd op basis van rookgassen met een temperatuur van 1.100 °C tot 580 °C zou kunnen worden benut en hoe kosteneffectief die optie is.

Uit rookgassen van 1.100 °C - 580 °C geproduceerde stoom zou in het aardgasscenario kunnen worden gebruikt als extra warmtebron voor regeneratie van chemisch absorptiemiddel in de desorber van de CO₂-afvanginstallatie van de DRI-fabriek of voor het voorverwarmen van het geconditioneerde procesgas voor de DRI-fabriek:

- Voor regeneratie van het absorptiemiddel wordt in het aardgasscenario 140 ton/uur aan stoom van 160 °C, 5,4 bar(a) gebruikt en wordt condensaat van 150 - 155 °C geretourneerd naar de ontgasser van het stoomsysteem van de DRI-fabriek.
- In de DRI-fabriek wordt stoom van 185 - 190 °C en 11 - 13 bar(a) gebruikt om procesgas voor de reductiereactor voor te verwarmen (zie paragraaf 5.2.1).

In het waterstofscenario, waarin geen stoom nodig is voor CO₂-afvang, wordt zo'n 50 ton/uur aan stoom gebruikt en wordt het procesgas voorverwarmd tot ongeveer 165 °C. Stoom van 10 bar(g) wordt tegen het procesgas gecondenseerd en condens wordt op dezelfde temperatuur als de gebruikte stoom (185 °C) teruggeleid naar de ontgasser van het stoomsysteem van de DRI-fabriek. Dit wijkt af van het aardgasscenario, waarin stoom met een iets hogere druk (12 bar(g)) en temperatuur (190 °C) wordt gebruikt.

In beide toepassingen van additioneel teruggewonnen warmte zou bij het fornuis van de DRI-fabriek aardgas worden uitgespaard. Beide toepassingen zijn alleen relevant voor het basisscenario, waarin CO₂ uit procesgas wordt verwijderd. In het waterstofscenario vindt geen CO₂-afvang plaats en vindt sowieso voorverwarming van procesgas plaats, met stoom uit topgas uit de reactor van de DRI-fabriek.

Operationele beperkingen maken hier dat uitkoppeling van restwarmte minder voor de hand ligt, omdat er ongelijktijdigheid is in de processen. Dit maakt dat de benuttingsgraad van de uitkoppelingsinstallaties en -infrastructuur dan vrij laag zal zijn.

5.8.4 BBT-toets secundaire metallurgie

De secundaire metallurgie is getoetst aan de relevante BBT-conclusies uit de BREF voor IJzer en Staalindustrie. Het resultaat staat in Tabel 5.8.

Tabel 5.8. BBT-toets voor secundaire metallurgie

BBT-conclusie	Voldoet?	Toelichting
BBT-conclusie 2 De BBT is een milieubeheersysteem ten uitvoer leggen en naleven dat alle volgende elementen omvat:		
IX. Verbeteren en optimaliseren van systemen voor een vlotte en stabiele verwerking, waarbij dicht bij de instelpunten van de procesparameters wordt gebleven, aan de hand van:	Ja	
i. Optimalisering van de procesbesturing, inclusief computerondersteunde automatische controlesystemen:	Ja	
ii. Moderne, gravimetrische vaste-brandstoftoevoersystemen,	N.V.T.	
iii. Voorverwarming (Red.: van verbrandingslucht, brandstoffen, grondstoffen (?)) zoveel als mogelijk, rekening houdend met de bestaande procesconfiguratie.	N.V.T.	De grondstoffen zijn al warm. Er wordt geen verbrandingslucht of brandstof ingezet
X. Terugwinnen van overtollige warmte uit de processen, in het bijzonder uit de koelsecties.	N.V.T.	De bij secundaire metallurgie toegepaste processen kennen een te onregelmatig verloop om warmteterugwinning mogelijk te maken.
XI. Een optimaal stoom- en warmtebeheer.	Ja – zie elektriciteit	
XII. Waar mogelijk toepassen van een proces-geïntegreerd hergebruik van nuttige warmte	N.V.T.	Er komt geen herbruikbare warmte vrij in de verschillende deelprocessen (zie ook toelichting)
BBT-conclusie 3 De BBT is het primaire energieverbruik verminderen door de energiestromen te optimaliseren en <u>optimaal gebruik</u> te maken van afgezogen procesgassen, zoals cokesovengas, hoogovengas en oxystaalovengas.	N.V.T.	Er komen geen procesgassen vrij.
BBT-conclusie 4 De BBT is ontzwaveld en ontstoft overtollig cokesovengas en ontstoft hoogovengas en oxystaalovengas (gemengd of apart) in ketels of in warmtekrachtkoppelingssystemen gebruiken om stoom, elektriciteit en/of warmte te produceren, met gebruik van de overtollige afvalwarmte voor interne of externe warmteverdeelnetten, mits er vraag is van een derde partij.	N.V.T.	Er komen geen procesgassen vrij.
BBT-conclusie 5 De BBT is het elektriciteitsverbruik zo laag mogelijk houden door middel van een of meer van de volgende technieken:		
e) Energiebeheersystemen	Ja	Er wordt een energiebeheersysteem toegepast
f) Gebruik van maal-, pomp-, ventilatie- en toevoerinrichtingen en andere op elektriciteit werkende uitrusting met hoge energie-efficiëntie.	Ja	Toegepaste apparatuur betreft energiezuinige ontwerpen

5.8.4.1 BBT-conclusie 2: Optimaliseren van systemen voor een vlotte en stabiele werking

Bij **BBT-conclusie 2, lid I.i** worden een aantal maatregelen genoemd als zijnde van belang om de algemene energie-efficiëntie van geïntegreerde staalfabrieken te verbeteren. Hieronder is per maatregel aangegeven in hoeverre de maatregelen in het beoogde ontwerp zijn meegenomen:

- *Optimaliseren van het energieverbruik.*
Deze generieke maatregel is uitgewerkt in verschillende ontwerpspecificaties voor installaties en processturing zoals beschreven in deze paragraaf.
- *Online monitoring van de belangrijkste energiestromen en verbrandingsprocessen op de plaats van de installatie, inclusief monitoring van alle affakkervlammen met als doel energieverlies te voorkomen, teneinde onmiddellijk onderhoud mogelijk te maken en een ongestoord productieproces te bereiken.*
In Bijlage A2 is een beschrijving opgenomen van het online monitoringsysteem en sturingssysteem dat zal worden toegepast bij de vlamboogoven.
- *Instrumenten voor rapportering en analyse met als doel het gemiddelde energieverbruik van elk proces te controleren.*
Zie Bijlage A2.
- *Vastleggen van specifieke energieverbruiksniveaus voor relevante processen en vergelijking ervan op lange termijn.*
Deze maatregel overstijgt het niveau van een individuele installatie
- *Uitvoeren van energieaudits als bepaald in het BREF inzake energie-efficiëntie, bv. om kosteneffectieve, energiebesparende mogelijkheden vast te stellen.*
Deze maatregel overstijgt het niveau van een individuele installatie

Bij BBT-conclusie 2.II - Terugwinnen van overtollige warmte uit de processen

Bij **BBT-conclusie 2, lid II – IV** worden proces-geïntegreerde technieken genoemd, die gebruikt worden om de energie-efficiëntie in de staalproductie te verbeteren door middel van een betere warmteterugwinning:

- *Warmtekrachtkoppeling met terugwinning van afvalwarmte door warmtewisselaars en distributie ervan naar andere delen van de staalfabriek of naar een stadsverwarmingsnet (ed., indien aanwezig).*
De BBT-conclusie “Warmtekrachtkoppeling met terugwinning van afvalwarmte.....” (Oorspronkelijke tekst: “combined heat and power production with recovery of waste heat by heat exchangers and distribution either to other parts of the steelworks or to a district heating network”) is geïnterpreteerd als een suggestie om een WKK-gasmotor of een gasturbine voor te schakelen bij een procesfornuis of een ketel en de rookgassen van deze installaties (typisch 400 – 600 °C) te gebruiken als verbrandingslucht in het fornuis of ketel.
Deze techniek is bij secundaire metallurgie niet toepasbaar omdat in de verschillende deelprocessen geen verbranding plaatsvindt.
- *Installatie van stoomgeneratoren of adequate systemen in grote herverhittingsovens.*
Panovens en andere installaties gebruikt bij secundaire metallurgie zijn geen herverhittingsoven. De aanbevolen proces-geïntegreerde techniek is daarom niet relevant.
- *Voorverwarming van de verbrandingslucht in ovens en andere brandersystemen om brandstof te besparen, rekening houdend met nadelige gevolgen, bv. een stijging van stikstofoxiden in het afgas.*
Deze techniek is bij secundaire metallurgie niet van toepassing omdat in de verschillende deelprocessen geen verbranding plaatsvindt.
- *Isolatie van stoom- en warmwaterbuizen.*
De stoombuizen zijn geïsoleerd. De isolatiewaarde van de isolatie zal gelijk of beter zijn dan de Rd-waarde voor leidingen (Rd-waarde van tenminste 2,5 m²K/W rondom stoomleidingen en appendages) genoemd in de Erkende Maatregelenlijst van oktober 2023 (“Erkende Maatregelenlijst (EML),” 2023).
- *Terugwinning van warmte uit producten, bv. sinter.*

Bij secundaire metallurgie zou terugwinning van warmte uit producten alleen betrekking kunnen hebben op de slakken, aangezien het staal op temperatuur moet blijven voor navolgende metallurgische processen. Energie terugwinnen uit slakken lijkt geen realistische, op korte of middellange termijn implementeerbare variant.

- *Gebruik van zowel warmtepompen als zonnepanelen wanneer staal afgekoeld moet worden.*
Gebruik van zowel warmtepompen als zonnepanelen bij afkoelen van staal is bij secundaire metallurgie niet relevant omdat het staal niet wordt afgekoeld, maar juist op temperatuur moet worden gehouden.
- *Gebruik van afgassenketels in ovens met hoge temperaturen.*
Er is geen enkel voorbeeld gevonden waarin warmte wordt teruggewonnen uit afgassen van panovens of ontszwavelingsstations.
- *Verdamping van zuurstof en afkoeling van de compressor om energie tussen standaard warmtewisselaars uit te wisselen.*
De BBT-conclusie “Verdamping van zuurstof en afkoeling van de compressor” (oorspronkelijke tekst: “oxygen evaporation and compressor cooling”) is geïnterpreteerd als een voorbeeld van nuttig gebruik van (rest)warmte. Aangenomen is dat hier wordt bedoeld dat warmte van gecomprimeerde gasstromen wordt gebruikt voor – bijvoorbeeld – het verdampen van in vloeibare vorm aangevoerde en/of opgeslagen zuurstof. In project Heracless is geen sprake van gebruik van vloeibare zuurstof. Het voorbeeld (mits correct geïnterpreteerd) lijkt daarom niet relevant voor Heracless.
- *Gebruik van expansieturbines om de kinetische energie van het in de hoogoven geproduceerde gas in elektrische stroom om te zetten.*
Gebruik van expansieturbines voor terugwinning van elektriciteit uit hoogovengas is niet relevant omdat bij de bij secundaire metallurgie gebruikte processen geen procesgas onder verhoogde druk vrijkomt.

5.8.4.2 BBT-conclusie 3

Bij **BBT-conclusie 3** worden een aantal proces-geïntegreerde technieken genoemd om de energie-efficiëntie in een geïntegreerde staalfabriek te verbeteren door middel van een beter gebruik van procesgassen. Hieronder wordt per techniek (met de nodige voorzichtigheid) geëvalueerd in hoeverre de techniek in het ontwerp is opgenomen:

- *Gebruik van gashouders of andere adequate systemen voor kortstondige opslag en drukbehoud van procesgassen.*
Bij processen toegepast bij secundaire metallurgie niet van toepassing. Er komen bij deze processen geen brandbare procesgassen vrij.
- *Verhoging van de druk in het gasnet om procesgassen te kunnen gebruiken in plaats van af te fakkelen.*
Bij processen toegepast bij secundaire metallurgie niet van toepassing, zie vorige punt.
- *Verrijking van gas met procesgassen en verschillende calorische waarden voor verschillende verbruikers.*
Waarschijnlijk wordt bedoeld: mengen van procesgassen met en vervangen van aardgas door procesgassen, rekening houdend met de voor toepassing benodigde calorische waarde van het gasmengsel. Bij processen toegepast bij secundaire metallurgie niet van toepassing, zie eerste punt.
- *Branderovens met procesgas verwarmen.*
Bij processen toegepast bij secundaire metallurgie niet van toepassing, zie eerste punt.
- *Gebruik van een computergestuurd controlesysteem voor calorische waarden.*
Bij processen toegepast bij secundaire metallurgie niet van toepassing, zie eerste punt.
- *Registratie en gebruik van cokes- en rookgastemperaturen.*
Bij processen toegepast bij secundaire metallurgie niet van toepassing.
- *Adequate dimensionering van de capaciteit van de energierugwinningsinstallaties voor de procesgassen, in het bijzonder rekening houdend met de variabiliteit van de procesgassen.*

Niet van toepassing.

5.8.4.3 Kanttekening bij BBT-toets

In het BBT-rapport voor IJzer en Staalindustrie worden geen specifieke eisen gesteld op gebied van energiegebruik voor secundaire metallurgie.

In het eindconcept van het BBT-rapport voor Smederij- en Gieterij-industrie van februari 2024 wordt in subparagrafen 4.2.1.3 en 4.4.1 een aantal BBT-conclusies vastgelegd - samengevat in Tabel 5.9 - die mogelijk ook toepasbaar zijn voor vlamboogovens en panovens in de ijzer en staalindustrie.

Tabel 5.9. BBT 14. Om de energie-efficiëntie te verhogen, is het BBT om alle technieken (a) tot en met (f) te gebruiken, en een geschikte combinatie van de technieken (g) tot en met (n) die hieronder worden gegeven.

	g)	Gebruik van schone, voorverwarmde gietpannen.
	h)	Gesloten deksels op gietpannen houden om de warmte te behouden.
Energieverlies verminderen/de voorverwarmingspraktijken van de gietpannen verbeteren	i)	Gebruik van energiezuinige technieken voor het voorverwarmen van gietpannen (bijv. vlamloze microporeuze branders of oxy-fuelbranders).
	j)	Gebruik van grote (zo praktisch mogelijk) gietpannen met warmtebehoudende deksels.
	k)	Het minimaliseren van de overdracht van gesmolten metaal van de ene naar de andere pan.
	l)	Het gesmolten metaal zo snel mogelijk overbrengen ⁸ .
Oxy-fuelverbranding Zie Sectie 4.4.1 van het eindconcept rapport	m)	Verbrandingslucht wordt geheel of gedeeltelijk vervangen door zuivere zuurstof. Oxy-fuelverbranding kan worden gebruikt in combinatie met vlamloze verbranding.
Voorverwarmen van verbrandingslucht	n)	Hergebruik van een deel van de warmte die uit het verbrandingsrookgas wordt teruggewonnen om de lucht die bij de verbranding wordt gebruikt voor te verwarmen. Dit kan bijvoorbeeld worden bereikt door regeneratieve of recuperatieve branders te gebruiken. Er moet een evenwicht worden bereikt tussen het maximaliseren van warmterugwinning uit het rookgas en het minimaliseren van NO _x -emissies.

⁸ Tata Steel geeft aan dat combinatie van EAF en BOF in één staalfabriek qua logistiek lastig is waardoor er soms een lading staal warm gehouden moeten worden in de panovens.

6 Effecten per fase

In dit hoofdstuk worden de effecten van de veranderingen in productieprocessen (zie Hoofdstuk 5) op energiegebruiken en broeikasgasbalansen gepresenteerd.

In paragrafen 6.1 en 6.2 worden de energiebalansen en de broeikasgasemissies op locatie (Scope 1) gepresenteerd. In paragraaf 0 wordt achtergrondinformatie gegeven met betrekking tot veranderingen in productie van procesgassen en verschuivingen in gebruik van procesgassen en andere energiedragers (kolen, aardgas, elektriciteit).

6.1 Operationele fase met gebruik aardgas

De energiebalans en de CO₂-emissies voor de operationele fase met gebruik van aardgas zijn gegeven in respectievelijk Tabel 6.1 en Tabel 6.2.

Tabel 6.1. Verwachte broeikasgasemissies in de referentiesituatie (aardgasscenario) – alle waarden in megaton CO₂/jaar.

	Referentie	Voorgenomen activiteit	Aardgasscenario met CCS en schroot in hoogoven
CO ₂ -emissies scope 1, megaton/jaar			
Kolen, etc.	11,5	5,5	5,4
Aardgas	0,7	2,6	2,6
Fluxen	0,4	0,2	0,2
Voor opslag	0	0	-0,8
Totaal scope 1 CO₂-emissie	12,6	8,3	7,5
Scope 2 emissies elektriciteit (2030)			
a) maximale inkoop grijze stroom vanaf net	0,1	0,3	0,3
b) rekening houdend met 5.000 uur windenergie	0,04	0,1	0,1
Vershil in emissies t.o.v. Referentie			
- scope 1 emissies		4,3	5,2
- scope 2 emissies			
a) maximale inkoop grijze stroom (8.760 uur/jaar)		-0,2	-0,2
b) rekening houdend met 5.000 uur/jaar aan windenergie		-0,1	-0,1

Het nettoverschil in CO₂-emissie (Scope 1) met de referentiesituatie is 4.300 kiloton CO₂/jaar, ongeveer 0,7 Mton/jaar minder dan de in 2022 overeengekomen intentieverklaring en in de Groen-Staalbrief van begin dit jaar aangegeven reductie van 5 Mton/jaar.

Er zal ten gevolge van Heracless een CO₂-emissiereductie gerealiseerd worden tot het niveau van 7,6 Mt/CO₂/jaar. Gedurende de operatiefase Heracless zal deze emissiereductie niet steeds op dezelfde manier tot stand komen, doordat de operationele condities niet continu gelijk zullen zijn. In alle gevallen zal Tata Steel aan de gecommitteerde emissiereductiedoelstelling voldoen.

Bij Scope 2 emissies zijn twee waarden gegeven voor de jaarvracht aan broeikasgasemissies gerelateerd aan extern ingekochte stroom:

- Een waarde voor inkoop van een gemiddeld aanbod aan elektriciteit op het openbare elektriciteitsnet. De gemiddelde emissiefactor voor deze zogenaamde 'grijze mix' bedraagt volgens PBL in 2030 0,1 kg CO₂/kWh_e en in 2035 0,06 kg CO₂/kWh_e. In de tabel zijn jaarvrachten voor 2030 opgenomen.
- Een waarde waarin voor de situatie waarin Tata stroom afneemt van de windmolenparken die in het kader van projecten Hollandse Kust Noord en Hollandse Kust West zijn (of waren) gepland. In de opgegeven jaarvrachten is verdisconteerd dat de aan transformator HVS33 toegeleverde vermogensstroom de meeste tijd (5.000 – 5.500 uur/jaar) direct vanaf de bij verdeelstation WAZ380 aanlandende windparken op zee en niet uit het landelijk 380 kV net wordt aangeleverd.

Scope 2 emissies worden nul wanneer Tata Steel contractueel alleen elektriciteit uit hernieuwbare bronnen afneemt.

Tabel 6.2. Overzicht energiegebruiken bij gebruik van aardgas in de DRI-fabriek

In	PJ/a	Uit	PJ/a
Externe Energie stromen	104,7	<i>Energetisch verbruik bestaande processen ruwijzer productie</i>	55,2
Kolen	58,0	Waarvan warmte/kracht uit productie gassen	13,1
Bestaande ruwijzerproductie	57,0	<i>waarvan uit hoogovengas</i>	5,9
Vlamboogoven	1,0	<i>waarvan uit kooksovengas</i>	6,4
Aardgas	46,7	<i>waarvan uit oxystaalgas</i>	0,8
Bestaande Ruwijzerproductie en energie	2,0		
Bestaande staalproductie en walserijen	13,1	<i>Energetisch verbruik nieuwe processen DRI- en staalproductie</i>	35,1
Elektriciteitscentrales Vattenfall	3,8	Energetisch verbruik DRI-productie	28,8
DRI-fabriek	27,7	Energetisch verbruik staalproductie	6,3
Vlamboogoven	0,1		
Waterstof	0,0	Energetisch verbruik en verliezen staalproductie en walserijen	16,3
		<i>waarvan warmte uit kooksovengas (warmbandwalserij)</i>	1,7
Elektriciteit (excl. derden)	10,1		
Productie elektriciteitscentrales Vattenfall	-5,9	Verliezen Elektriciteitscentrale Vattenfall	8,2
Interne elektriciteitsproductie	-0,2	Inzet productiegas/aardgas	14,1
Stroomgebruik	16,2	<i>waarvan hoogovengas</i>	8,9
Ruwijzerproductie	5,0	<i>waarvan kooksovengas</i>	0,0
Staalproductie en walserijen	3,7	<i>waarvan oxystaalgas</i>	1,4
Zuurstofproductie	1,2	<i>waarvan aardgas</i>	3,8
DRI-fabriek	1,1	Overschot geproduceerde elektriciteit	-5,9
Vlamboogoven	5,2		
Totaal	114,8	Totaal	114,8

6.2 Operationele fase met gebruik waterstof

De energiebalans en de CO₂-emissies voor de operationele fase met gebruik van waterstof zijn gegeven in respectievelijk Tabel 6.4 en Tabel 6.3. In het overzicht van CO₂-emissies zijn alleen de Scope 1 en Vattenfall broeikasgasemissies opgenomen.

Het nettoverschil in jaarlijkse CO₂-emissies met de referentiesituatie is ongeveer gelijk aan de reductie van 5,4 Mton/jaar. Het verschil met de referentiesituatie is 1,2 Mton/jaar groter dan bij gebruik van aardgas als reductiemiddel door vervanging van ongeveer 20 PJ/jaar aan aardgas door waterstof.

Tabel 6.3. Verwachte broeikasgasemissies in de referentiesituatie (waterstofscenario) – alle waarden in megaton CO₂/jaar.

	Referentie	Waterstofscenario
Scope 1 CO₂-emissies		
Kolen en ingekochte kooks	11,5	5,6
Aardgas	0,7	1,4
Fluxen	0,4	0,2
CO ₂ voor opslag	0	0
	12,6	7,2
Scope 2 emissies elektriciteit (2030)		
a) maximale inkoop grijze stroom (8.760 uur/jaar)	0,1	0,3
b) rekening houdend met 5.000 uur/jaar aan windenergie	0,04	0,1
Vershil in emissies ten opzichte van Referentie		
- scope 1 emissies		5,4
- scope 2 emissies		
a) maximale inkoop grijze stroom (8.760 uur/jaar)		-0,2
b) rekening houdend met 5.000 uur/jaar aan windenergie		-0,09

Bij Scope 2 emissies zijn twee waarden gegeven voor de jaarvracht aan broeikasgasemissies gerelateerd aan extern ingekochte stroom:

- Een waarde voor inkoop van een gemiddeld aanbod aan elektriciteit op het openbare elektriciteitsnet. De gemiddelde emissiefactor voor deze zogenaamde 'grijze mix' bedraagt volgens PBL in 2030 0,1 kg CO₂/kWh_e en in 2035 0,06 kg CO₂/kWh_e. In de tabel zijn jaarvrachten voor 2030 opgenomen.
- Een waarde waarin voor de situatie waarin Tata Steel stroom afneemt van de windmolenparken die in het kader van projecten Hollandse Kust Noord en Hollandse Kust West zijn (of waren) gepland. In de opgegeven jaarvrachten is verdisconteerd dat de aan transformator HVS33 toegeleverde vermogensstroom de meeste tijd (5.000 – 5.500 uur/jaar) direct vanaf de bij verdeelstation WAZ380 aanlandende windparken op zee en niet uit het landelijk 380 kV net wordt aangeleverd.

Scope 2 emissies worden nul wanneer Tata Steel contractueel alleen elektriciteit uit hernieuwbare bronnen afneemt.

6.3 Verschuivingen in productie en gebruik van procesgassen

Een overzicht van het gebruik van procesgassen en aardgas in referentiesituatie en beide scenario's van het project Heracless is opgenomen in Tabel 6.5.

6.3.1 Inzet bij Vattenfall

De hoeveelheid gassen naar de Vattenfall centrales neemt af met 45%. De gassen worden voor 85% van de tijd ingezet in de Velsen 25 energiecentrale en voor 15% in de IJmond 01 energiecentrale.

Er wordt in aardgasscenario en waterstofscenario nauwelijks kooksofengas meer geleverd. Dit gas wordt voornamelijk gebruikt bij kooksproductie en staalverwerking.

De afname aan de aan Vattenfall toegevoerde volumes hoogovengas en oxystaalgas hangt samen met afname in geproduceerde hoeveelheid ruwijzer uit hoogovenproces.

De door de Vattenfall centrales geconsumeerde hoeveelheid aardgas neemt toe doordat er aan de ene kant minder procesgassen beschikbaar zijn vanuit Tata Steel, terwijl aan de andere kant de VN 25 centrale maar beperkt in deellast kan opereren.

Tabel 6.4. Overzicht energiegebruiken bij gebruik van waterstof in de DRI-fabriek

In	PJ/a	Uit	PJ/a
Externe Energie stromen	103,3	<i>Energetisch verbruik bestaande processen ruwijzer productie</i>	54,7
• Kolen totaal	58,3	• Waarvan warmte/kracht uit productie gassen	13,1
○ Bestaande ruwijzerproductie	56,9	○ <i>waarvan uit hoogovengas</i>	5,9
○ Vlamboogoven	1,4	○ <i>waarvan uit kooksovengas</i>	6,4
• Aardgas totaal	25,3	○ <i>waarvan uit oxystaalgas</i>	0,8
○ Ruwijzer productie	2,0		
○ Staal productie en walserijen	13,1	Energetisch verbruik nieuwe processen DRI- en staalproductie	33,6
○ Elektriciteitscentrales Vattenfall	3,8	○ <i>Energetisch verbruik DRI-productie</i>	26,7
○ DRI-fabriek	6,3	○ <i>Energetisch verbruik staalproductie</i>	6,9
○ Vlamboogoven	0,1		
• Waterstof	19,7	Energetisch verbruik en verliezen staalproductie en walserijen	16,3
		○ <i>waarvan warmte uit kooksovengas (warmbandwalserij)</i>	1,7
Elektriciteit (excl. derden)	9,6		
• productie elektriciteitscentrales Vattenfall	-5,9	Balans elektriciteitscentrales Vattenfall	8,2
• interne elektriciteitsproductie	-0,2	• Inzet productiegas/aardgas	14,1
• Stroomgebruik totaal	15,7	○ <i>waarvan hoogovengas</i>	8,9
○ Ruwijzerproductie	5,0	○ <i>waarvan kooksovengas</i>	0,0
○ Staalproductie en walserijen	3,7	○ <i>waarvan oxystaalgas</i>	1,4
○ Zuurstofproductie	0,8	○ <i>waarvan aardgas</i>	3,8
○ DRI-fabriek	0,7	• Productie elektriciteit	-5,9
○ Vlamboogoven	5,4		
Totaal	112,8	Totaal	112,8

Tabel 6.5. Inzet van aardgas, waterstof en procesgassen bij verschillende onderdelen van Tata en bij de Vattenfallcentrales

	Referentie		Aardgasscenario		Waterstofscenario	
	PJ/jaar	perc%	PJ/jaar	perc%	PJ/jaar	perc%
Gasproductie/inkoop						
· Aardgas	12,5		46,5		25,3	
· Kooksovgas	14,7		8,1		8,1	
· Hoogovengas	33,2		14,8		14,8	
· Oxystaalgas	5,0		2,2		2,2	
· Waterstof					19,7	
Totaal	65,4		71,6		70,1	
Gasconsumptie						
Ruw ijzer productie						
· Aardgas	1,5	6%	2,0	13%	2,0	13%
· Kooksovgas	8,3	32%	6,4	42%	6,4	42%
· Hoogovengas	14,6	57%	5,9	39%	5,9	39%
· Oxystaalgas	1,1	4%	0,8	5%	0,8	5%
Subtotaal	25,5	100%	15,1	100%	15,1	
DRI-fabriek + EAF						
· Aardgas	0		27,8		6,4	
· Kooksovgas						
· Hoogovengas						
· Oxystaalgas						
· Waterstof	0		0		19,7	
Subtotaal	0		27,8		26,1	
Staalproductie en downstream						
· Aardgas	9,1	62%	13,1	88%	13,1	88%
· Kooksovgas	5,4	38%	1,7	12%	1,7	12%
· Hoogovengas	0		0		0	

· Oxystaalgas	0		0		0	
Subtotaal	14,5		14,8		14,8	
Naar Vattenfall						
· Aardgas	1,9	8%	3,8	27%	3,8	27%
· Kooksovgas	1,0	4%	0,0	0%	0,0	0%
· Hoogovengas	18,6	73%	8,9	63%	8,9	63%
· Oxystaalgas	4,0	16%	1,4	10%	1,4	10%
Subtotaal	25,5		14,1		14,1	
Totaal gasconsumptie	65,4		71,6		70,1	

6.3.2 Inzet bij ruwijzerproductie, pelletproductie en sinterproductie

De totale energie-inhoud aan gasvormige brandstoffen en gasvormige reductiemiddelen in productie van ruwijzer, pellets en sinter bij de bestaande fabrieken neemt af met 25%. Omdat productie van pellets toeneemt met oog op DRI-productie, is de afname in brandstofgebruik niet evenredig met de afname in de productie van ruwijzer via de hoogovenroute.

De inzet van procesgassen neemt af met 45%, maar het aardgasgebruik neemt met ongeveer 1/3 toe om lagere inzet van procesgassen te compenseren. De geconsumeerde hoeveelheid kooksovgas daalt vergelijkbare mate als totale gasinzet (circa 23%), terwijl de inzet van hoogovengas afneemt met 60% vanwege de vergelijkbare afname in de hoeveelheid ruwijzer uit het hoogovenproces.

6.3.3 Downstreamprocessen

Downstream – bij verwerking van het staal - neemt bij het gebruik van gasvormige brandstoffen beperkt toe. Dat het brandstofgebruik min of meer gelijk blijft hangt samen met het gelijk blijven van de hoeveelheid verwerkt staal in het basisscenario en het waterstofscenario in vergelijking met de referentiesituatie.

De beperkte toename van het gebruik van gasvormige brandstoffen bij downstream staalverwerking hangt samen met import van bijna 600 kton aan plakken, die in de warmbandwalserij moeten worden opgewarmd, terwijl ze anders als warme plak worden aangevoerd vanaf de gieterij.

Verder wordt verhoogde inzet kooksovgas in kooksproductie en de lagere productie van kooksovgas opgevangen door inzet van meer aardgas.

6.3.4 Gebruik van gasvormige brandstoffen en reductiemiddelen bij DRI-fabriek en vlamboogoven

De overstap op waterstof heeft logischerwijze alleen effecten op de CO₂-emissie van de DRI-fabriek/vlamboogoven. Het energiegebruik is iets lager bij vervanging van aardgas door waterstof in de DRI-fabriek. Omdat er bij gebruik van waterstof geen CO₂-afvang uit procesgas nodig is, kan meer energie uit topgas worden gebruikt voor warmte-integratie binnen het proces.

6.4 Totaal energiegebruik

Het totale energiegebruik bij Tata Steel in IJmuiden zal bij implementatie van Heracless naar verwachting afnemen met circa 15%. Ook het specifieke energiegebruik neemt af, met circa 10%.

Project Heracless leidt tot verschuiving van een grotendeels op kolen gebaseerde naar een op aardgas, waterstof en elektriciteit gebaseerde energiehuishouding.

Tabel 6.6. Overzicht totale energiegebruik bij Tata Steel (PJ/jaar)

	Referentie	Aardgas-scenario	Aardgas-scenario met CCS	Waterstofscenario	IJmond 01 als basislast energiecentrale	50% schroot in vlamboog-oven
Kolen, etc.	120,8	58,0	56,7	58,3	58,0	51,3
Aardgas	12,5	46,7	47,1	25,3	43,9	34,4
Elektriciteit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- totaal	13,7	17,8	18,0	17,2	17,4	16,6
- inkoop vanaf openbaar net	3,4	11,7	11,9	11,1	12,8	13,1
Waterstof	0,0	0,0	0,0	19,7	0,0	0,0

Tabel 6.7. Overzicht CO₂-emissies

	Referentie	Aardgas-scenario	Aardgas-scenario met CCS	Waterstof-scenario	IJmond 01 als basislast energiecentrale	50% schroot in vlamboogoven
Scope 1 CO₂-emissies, kton/jaar						
Kolen, etc.	11,5	5,5	5,4	5,6	5,5	4,9
Aardgas	0,7	2,6	2,6	1,4	2,5	1,9
Elektriciteit	0	0	0	0	0	0
Fluxen	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
CO ₂ voor opslag	0	0	-0,8	0	0	0
	12,6	8,3	7,5	7,2	8,2	7,0
Scope 2 emissies elektriciteit (2030)						

a) maximale inkoop grijze stroom (8.760 uur/jaar)	0,1	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
b) rekening houdend met 5.000 uur/jaar aan windenergie	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Vershil in emissies ten opzichte van Referentie						
- scope 1 emissies		4,3	5,2	5,4	4,4	5,6
- scope 2 emissies						
a) maximale inkoop grijze stroom (8.760 uur/jaar)		-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3
b) rekening houdend met 5.000 uur/jaar aan windenergie		-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1

In het aardgasscenario komt de broeikasgasemissie op ruim 8 megaton CO₂-equivalenten/jaar. Tata Steel heeft zich gecommitteerd aan een CO₂-emissiereductie tot het niveau van 7,6 Mt/jaar. In het begin van de operatiefase zal Heracless nog niet op volle capaciteit draaien en wanneer de volledige capaciteit wel bereikt wordt, zullen aanvullende emissiereductiemaatregelen nodig zijn om de volledige capaciteit te kunnen inzetten.

7 Optimalisatie en mitigatie: BBT+

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden een aantal mogelijkheden aangedragen voor optimalisatie en decarbonisatie van het energiegebruik van de voorgenomen activiteit, die verder gaan dan toepassen van best beschikbare technologie. De mogelijkheden zijn gebaseerd op voorbeelden binnen de ijzer- en staalindustrie of bij een andere industriële sector waar dezelfde of vergelijkbare processen worden gebruikt.

Per optimalisatie-optie is een beschrijving van de optie gegeven. Daarbij wordt gemeld welke praktijkvoorbeelden op commerciële schaal kunnen worden aangewezen. Ook wordt per optie aangegeven welke effecten de maatregel naar verwachting heeft qua milieubelasting en energiegebruik. Op basis hiervan is aangegeven of nader onderzoek in het kader van Heracless wenselijk is.

In het ontwerpproces van Heracless zijn enkele optimalisaties toegepast ten opzichte van het standaardontwerp van Energiron. Dit zijn al BBT+-maatregelen:

- De energie in het koelwater/waswater wordt in het basisscenario deels hergebruikt voor het bevochtigen van procesgas. In het waterstofscenario is bevochtigen niet nodig.
- De warmtevraag van de CO₂-afvang wordt geminimaliseerd (4,0 → 3,0 GJ/ton CO₂).
- De verhoging van de stoomproductie vindt plaats op basis van topgas.
- De H₂S verwijdering uit de CO₂-fractie vindt plaats door middel van adsorptie in plaats van verbranding met aardgas.

Verdere optimalisaties zijn denkbaar. De commissie voor de mer vraagt, evenals is overgenomen in het advies NRD van de provincie Noord-Holland, om een alternatief met toepassing van maatregelen op het niveau van BBT+. Dit zijn milieumaatregelen die verder gaan dan de Beste Beschikbare Technieken zoals deze zijn vastgelegd in de wet.

In de adviezen wordt aangegeven dat dit om maatregelen gaat die gebaseerd zijn op bewezen technieken, die op een schaal zijn toegepast zoals voor dit voornemen noodzakelijk is, en ook binnen het bereik liggen van het voornemen. Daarnaast zullen deze maatregelen moeten voldoen aan de randvoorwaarden van het voornemen. BBT+ is niet gereguleerd in wettelijke bepalingen en deze maatregelen zijn niet beschreven of anderszins vastgelegd in richtlijnen of circulaire's.

BBT+ maatregelen zijn daarom het beste te omschrijven als de laatste stand der techniek voor wat betreft maatregelen om de belasting van het milieu zoveel mogelijk te beperken en zijn afhankelijk van het milieuaspect waarvoor ze ontwikkeld zijn.

Beschouwd zijn de volgende mogelijke BBT+-opties:

- Elektrificatie van het procesfornuis van de DRI-fabriek.
- CO₂-afvang uit de rookgassen van het procesfornuis van de DRI-fabriek.
- Direct feed hoogspanning voor de vlamboogoven.
- Gebruik van biochar als hulpstof in de vlamboogoven.
- Hergebruik van koelwater van de vlamboogoven met behulp van warmtepompen.

7.2 Gedeeltelijke of volledige elektrificatie van het procesfornuis

7.2.1 Principe

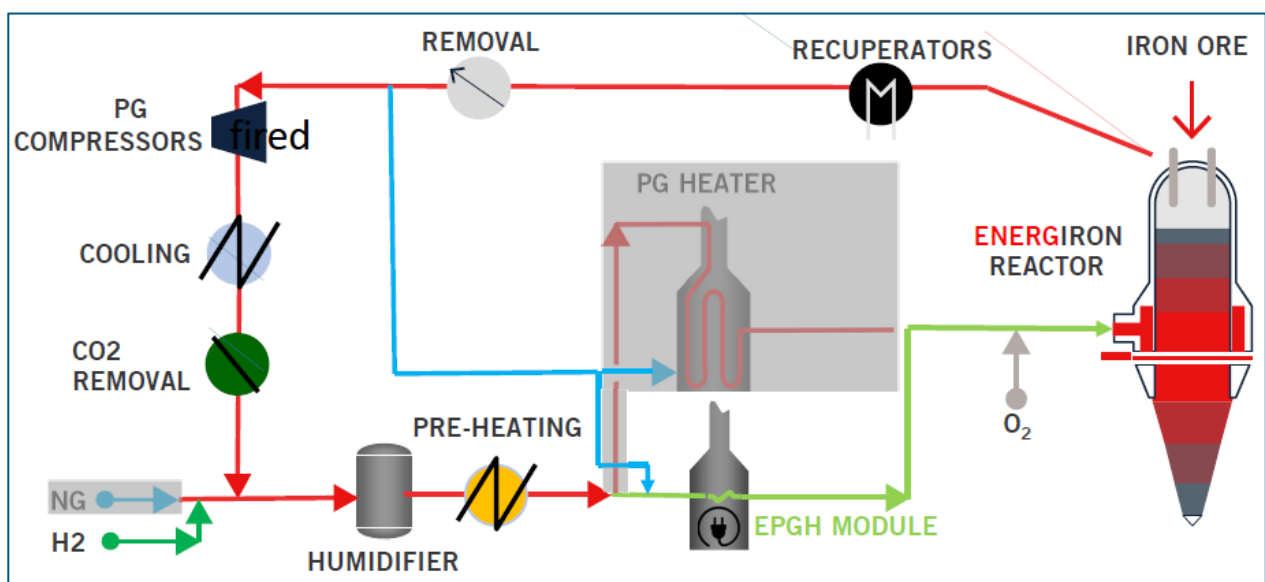
In het procesfornuis van de DRI-fabriek is een vermogen van 300 MW aan brandstof nodig om het proces in de reactor van de DRI-fabriek van voldoende energie te kunnen voorzien. Dit betreft deels

procesgassen (tailgas), maar ook extern ingekochte aardgas en extern ingekochte waterstof, geproduceerd op basis van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen.

Aardgasgebruik wil zeggen CO₂-emissies en broeikasgasemissies in de voorketen. waterstof-inzet wil zeggen – bij de huidige stand der techniek – dat er, uitgaande van een elektrisch rendement op calorische onderwaarde van 60% voor de elektrolyse, ongeveer circa 1,67 GJ_e/GJ_{H₂} nodig is en dat een significant deel van de hernieuwbare elektriciteit verloren zal gaan.

Een alternatief is gebruik van elektrische verwarming van het procesfornuis. Opties voor implementatie zijn:

- Volledige elektrificatie van het procesfornuis, alternatieve toepassing van tailgas bij andere processen.
- Gedeeltelijke elektrificatie van het procesfornuis, tailgas blijft gebruikt worden als brandstof in het procesfornuis.



Figuur 7.1. Illustratie van elektrisch verhitten van procesgas

Bron: presentatie van Energiron voor Tata Steel

7.2.2 Voorbeeld(en)

7.2.2.1 Stegra, Zweden

Bij de in aanbouw zijnde DRI-fabriek (Midrex ontwerp) van Stegra in Boden⁹, Zweden (2 × 2,5 Mton DRI/jaar) wordt een ontwerp gerealiseerd waarin de benodigde warmte elektrisch gegenereerd zal worden.

De in dit initiatief toe te passen verhitter voor het procesgas (procesfornuis) zal worden geleverd door TUTCO Sure-Heat en zal bestaan uit 15 parallel geplaatste modules. Omzetting van elektriciteit naar hitte wordt in het te gebruiken concept gerealiseerd door elektrische weerstand¹⁰.

⁹ Zie: <https://www.h2greensteel.com/questions-and-answers-about-our-establishment-in-boden> voor informatie over de status van het project.

¹⁰ Een alternatieve technologie wordt geleverd/aangeboden door CoolBrook. Een demo-installatie op industriële schaal is inmiddels operationeel op industriepark Chemelot. In de demonstratie-installatie wordt nafta gekraakt met warmte uit hete lucht met een temperatuur van meer dan 900 °C. De lucht wordt verhit met CoolBrook's RotoDynamic Reactor™ (RDR) Technologie, waarmee volgens de technologieleverancier temperaturen tot 1.700 °C kunnen worden gehaald.

7.2.2.2 Danieli E-PGH

Danieli biedt een elektrisch procesfornuis aan voor Energiron DRI-fabrieken (Electrical Process Gas Heater (E-PGH) | Energiron, n.d.). Het door Danieli aangeboden E-PGH concept is eveneens gebaseerd op elektrische weerstand. Door Danieli wordt aangegeven dat het thermisch rendement van het E-PGH procesfornuis maximaal 95% bedraagt, in vergelijking met 90-92% voor een brandstofgestookt procesfornuis.

Danieli heeft op verzoek van Tata Steel een studie laten uitvoeren, waarbij Danieli heeft aangegeven dat deze ontwikkeling een Technology Readiness Level (TRL) van 6 heeft – de technologie zal worden gedemonstreerd in een industrieel relevante omgeving en op een (semi-)commerciële schaal¹¹. De technologie is op dit moment echter nog niet op enige schaal – pilot of demonstration plant – gebouwd. Daarmee is de technologie nog te onzeker om in Heracless toe te passen.

7.2.3 Effecten op milieubelasting

Bij gebruik van elektriciteit in plaats van aardgas kan de, door het procesfornuis van de DRI-fabriek veroorzaakte milieubelasting, worden vermeden. Vervanging van aardgas door elektriciteit leidt in het basis scenario tot een CO₂-reductie van 300 kton/jaar.

7.2.4 Getroffen voorzieningen in Heracless

Gedeeltelijke elektrificatie van de warmtelevering aan de procesgassen wordt bestudeerd als optie. Er wordt plek voor gereserveerd voor eventuele toevoeging van een E-PGH-module op de plot van de DRI-fabriek. De studie heeft betrekking op levering van 1/3 van de benodigde proceswarmte met elektriciteit¹².

Het toe te passen ontwerp van het procesfornuis is minder geschikt voor volledige elektrificatie. In het door Danieli aangeboden ontwerp is een procesfornuis met een stralingsdeel¹³ opgenomen, waarbij het ontwerp is afgestemd op de vlamkleur van tailgas- en aardgasvlammen. Bij volledige elektrificatie – maar ook bij volledig overschakelen op zowel waterstof als brandstof - zal warmte-overdracht in dit deel van de ketel minder efficiënt plaatsvinden, waardoor het procesgas onvoldoende wordt verhit.

Daarnaast is beschikbaarheid van ruimte rond het procesfornuis volgens Tata Steel een limiterende factor voor elektrificatie.

Een ander nog nader uit te werken aspect ten aanzien van volledige elektrificatie is de alternatieve inzet van tailgas. De verwachting van Tata Steel is dat het tailgas bij volledige elektrificatie in Heracless fase 1 (aardgasscenario) niet altijd volledig benut kan worden en mogelijk deels gefakkeld moet worden. In Heracless fase 2 (waterstofscenario) zou het tailgas op allerlei manieren kunnen worden benut (WB2, PeFa, ENB, etc.)

7.3 Optimalisatie infrastructuur voor elektriciteit

7.3.1 Transformatorverliezen

Transformatoren spelen een cruciale rol in het elektriciteitsnetwerk, en het verbeteren van hun efficiëntie kan aanzienlijke energiebesparingen opleveren. In de Europese Unie moeten transformatoren voldoen

¹¹ Zie voor nadere toelichting met betrekking tot Technology Readiness Levels, zie bijvoorbeeld: https://en.wikipedia.org/wiki/Technology_readiness_level

¹² Volledige elektrificatie is ook bestudeerd, maar vanwege ontwerpsspecificaties van het procesfornuis verder buiten beschouwing gelaten.

¹³ In dit deel van de ketel wordt energie vrijkomend bij verbranding van brandstoffen in de vorm van straling van de vlam overgedragen aan het te verhitten geconditioneerde procesgas.

aan de eisen gesteld door de Ecodesign Richtlijn (2009/125/EC), en de ter uitvoerlegging daarvan vastgestelde Verordening (EU) 2019/1783, die minimumeisen stelt aan de energieprestaties van nieuwe transformatoren. Deze verordening richt zich op het beperken van energieverliezen tijdens de transmissie en distributie van elektriciteit. Hiermee wordt BBT als vanzelf gerealiseerd.

De BBT+-oplossing is de volgende stap: Zeer zuinige transformatoren, ook wel bekend als hoogrendementtransformatoren. Deze voldoen niet alleen aan deze minimumeisen, maar overtreffen dit aanzienlijk. Ze zijn ontworpen met geavanceerde technologieën zoals:

- Gebruik van amorfe metalen kernen, die lagere hysteres- en wervelstroomverliezen hebben in vergelijking met traditionele siliciumstaal kernen.
- Optimalisatie van de kern- en wikkelingontwerpen om de koper- en ijzerverliezen te minimaliseren.
- Toepassing van betere isolatiematerialen en koeltechnieken om de temperatuurstijging te beperken, wat bijdraagt aan een langere levensduur en betere prestaties.

Door deze innovaties zijn deze transformatoren in staat om significante energiebesparingen te realiseren. De initiële investeringskosten (CAPEX) zijn echter hoger en door de lagere stroomkosten (OPEX) van Tata Steel is het vooraf onduidelijk of deze vanuit economisch oogpunt gekozen kunnen worden. Ook is er een afweging van de verschillende randvoorwaarden waaraan de transformatoren moeten voldoen; er zijn strenge eisen aan robuustheid en betrouwbaarheid.

7.3.2 Kabelverliezen

Kabelverliezen ontstaan voornamelijk door weerstand (=impedantie, Z) van de kabels, wat leidt tot warmteontwikkeling en dus energieverlies tijdens het transport van elektriciteit. Dit verlies is afhankelijk van de lengte, diameter en het materiaal van de kabel (=kabelspecificatie) en de stroom die door de kabel loopt (formule vorm: $\text{Watt} = Z_{\text{kabelspec}} * (\text{Stroom}_{\text{Ampère}})^2$). Om kabelverliezen te minimaliseren en de efficiëntie van het elektriciteitsnetwerk te verbeteren, kan overdimensionering van de kabels worden overwogen.

Overdimensionering betekent dat kabels met een grotere diameter worden gebruikt dan strikt noodzakelijk is voor de nominale stroomcapaciteit. Dit heeft verschillende voordelen:

- Vermindering van weerstand: Grotere kabels hebben een lagere weerstand per eenheid lengte, wat direct leidt tot minder energieverlies door warmteontwikkeling.
- Lagere bedrijfstemperaturen: Door de lagere weerstand en verminderde warmteontwikkeling, blijven overgedimensioneerde kabels koeler, wat de levensduur van de kabels verlengt en de betrouwbaarheid van het systeem verbetert.
- Toekomstige uitbreidingen: Overdimensionering biedt flexibiliteit voor toekomstige uitbreidingen of toenames in belasting zonder dat nieuwe kabels moeten worden geïnstalleerd.
- Verbeterde veiligheid: Lagere bedrijfstemperaturen en minder warmteontwikkeling verminderen het risico op oververhitting en brand.

Compromissen moeten echter zorgvuldig worden overwogen, omdat grotere kabels duurder zijn in aanschaf en installatie. Toch kan de besparing op energiekosten en de voordelen op lange termijn deze initiële investeringen rechtvaardigen, ondersteund door (indirecte) vermindering van de CO₂-uitstoot en het halen van de duurzaamheidsdoelstellingen. Ook kan inpassing in bestaande installaties belemmerd worden door ruimtegebrek. Uit kostenoverwegingen wordt deze optie niet uitgevoerd.

7.3.3 Spanningsniveau van transport

Met het gegeven dat de stroom door de kabel verreweg de meeste invloed heeft op de verliezen daarin, is naast het overdimensioneren van de kabels, een nog belangrijkere oplossing het verhogen van het

spanningsniveau, waardoor de stroom evenredig lager wordt.

De reden waarom dit BBT+-ontwerp niet gekozen is, is dat het onder de huidige en naar verwachting de toekomstige wetgeving niet wettelijk toegestaan is om op 380kV een GDS (gesloten distributiesysteem) te bedrijven.

7.3.4 Efficiënte componenten

De meest voor de hand liggende manier om elektriciteit te besparen betreft het gebruik van efficiënte elektrische apparatuur. Hierbij kan gedacht worden aan:

- Een EAF-vlamboogopwekkingssysteem, zoals de vermogenselektronica (STATCOM/AC-DC-AC) die onder andere de spanning filtert/stuurt.
- Motoren: Deze worden gebruikt voor machines, pompen, transportbanden & installaties, ventilatiesystemen en klimaatconditionering.
- Frequentieomvormers: Deze sturen de snelheid van de motoren.
- Verlichting binnen/buiten: Dit moet voldoende zijn voor het detailniveau van het werk in elke ruimte.
- Ketels en stoomsystemen: Deze worden gebruikt voor procesverwarming en het genereren van stoom voor verschillende industriële toepassingen.
- Persluchtsystemen: Deze systemen worden gebruikt om pneumatische gereedschappen en apparatuur aan te drijven.
- Koelsystemen: Deze worden gebruikt in industrieën die koeling vereisen, zoals voedselverwerking en chemische productie.
- Procesverwarming: Deze omvat fornuizen en ovens die worden gebruikt in verschillende productieprocessen.

Als BBT-oplossing is de STATCOM nu de standaard marktoplossing voor het stabiliseren van de spanning in het net. Recentelijk zijn ook AC-DC-AC omzetter op de markt die het vermogen van de EAF aan lijken te kunnen (bijvoorbeeld Direct Feed & Q-one). Het grote voordeel van deze BBT+ oplossing is dat alle frequenties (en dus ook de vervuiling) vanaf de bron worden gefilterd, terwijl een STATCOM deze compenseert naar/op de DC-rail. Hierdoor staat de EAF niet meer direct in verbinding met de 'schone' sinus van het net. De besluitvorming hierover loopt nog, waarbij de hogere CAPEX en andere eventuele nadelen tegen de voordelen worden afgewogen.

7.4 Gebruik van biochar in de vlamboogoven

7.4.1 Principe

Voor het verlagen van de broeikasgasemissies van de vlamboogoven kan in plaats van kolen een koolstofbron van biologische oorsprong worden gebruikt. Biochar is een voorbeeld van zo'n koolstofrijke stof, die door verhitting zonder zuurstof (pyrolyse) wordt geproduceerd uit biomassa.

7.4.2 Voorbeeld(en)

Bij Liberty Steel UK's productielocatie in Rotherham zijn in 2023 praktijkproeven op commerciële schaal uitgevoerd, waarbij enkel een op biomassa gebaseerde koolstofbron (Ecoke 100, zie (Jackson & Heath-whyte, n.d.)) is toegepast. Op basis van de resultaten van de praktijkproef is besloten om het concept commercieel toe te gaan passen.

De toepassing van Ecoke 100 bleek geen invloed te hebben op emissies van PM10, dioxines, PCB's en emissies van koolwaterstoffen in het algemeen. Het gebruik van Ecoke 100 leidde tot een stabiel profiel van zuurstofgebruik en koolstofgebruik, terwijl het energiegebruik in de vorm van elektriciteit iets hoger

werd. Het gebruik van een op basis van biomassa geproduceerd koolstofhoudende hulpstof past ook zeer goed bij de vaststelling dat het voor een goede staalkwaliteit nodig zal zijn om het zwavelgehalte in grondstoffen en hulpstoffen laag/zo laag mogelijk te houden:

The availability of low sulphur feed into the EAF needs to be secured, for example, low S carbon sources that are required in future in the EAF for foaming practice in the furnace.

Ook bij andere staalproducenten – bijvoorbeeld bij Georgsmarienhütte GmbH (bij Osnabrück in Duitsland) (Konstruktion & Entwicklung, 2024), Nucor in de Verenigde Staten (University of Minnesota – Natural Resources Research Institute, 2023) en bij Ori Martin in Brescia (Italië) (BioReSteel, n.d.) - vindt implementatie van het gebruik van op biomassa gebaseerde koolstofhoudende reductiemiddelen in vlamboogovens plaats. Alle initiatieven zijn gericht op productie en toepassing van een koolstofrijk product op basis van reststromen, zoals sloophout of RWZI-slib¹⁴.

Een indruk van de schaalgrootte van op biomassa gebaseerde koolstofhoudende reductiemiddelen wordt gegeven door de situatie in Brazilië. In Brazilië wordt in de metallurgische industrie ongeveer 10 miljoen ton houtskool per jaar verbruikt, waarmee in de productie van ruwijzer circa 30%, bij staalproductie ongeveer 15% en bij productie van ferro-legeringen vrijwel alle (98%) fossiele koolstof wordt vervangen door op biomassa gebaseerde koolstofhoudende reductiemiddelen (Surup et al., 2020).

7.4.3 Effecten op milieubelasting

Toepassen van op biomassa gebaseerde koolstofhoudende reductiemiddelen geeft een reductie van CO₂-emissies van 105 – 110 kiloton/jaar in het aardgasscenario (aardgas als reductiemiddel in DRI-fabriek) en 150 – 155 kiloton/jaar in het waterstofscenario (H₂ als reductiemiddel). De toevoer aan zwavel neemt in het aardgasscenario af met ongeveer 200 ton/jaar en ongeveer 270 ton/jaar in het waterstofscenario. De effecten daarvan op emissies van SO_x naar lucht en de hoeveelheden slak geproduceerd bij ontwavelingsstations en residu van afgassenbehandeling zijn nu nog niet doorgerekend. Tata Steel heeft het voornemen biochar in te zetten wanneer de onderzoeksresultaten positief. Wel moet biochar dan in voldoende kwantiteit beschikbaar zijn en inzet ervan moet financieel haalbaar blijken.

7.5 Inzet van een warmtepomp voor hergebruik van warmte uit koelwater

Met warmtepompen is het in principe mogelijk om niet-herbruikbare restwarmte van lage temperatuur te gebruiken als warmtebron voor productie van bruikbare warmte van hogere temperatuur. Deze optie concurreert daarbij – wanneer afzetmogelijkheden voor teruggewonnen warmte op relatief lage temperatuur (< 200 °C) beperkt zijn – met terugwinning van warmte uit rookgassen. Het is in vergelijking met warmteterugwinning ook een minder kosteneffectieve en minder energie-efficiënte optie¹⁵. Mogelijke bruikbare bronnen van restwarmte zijn met name de verschillende koelwaterstromen die vrijkomen bij koelen van verschillende onderdelen van nieuwe installaties:

- De DRI-fabriek - reactor, HYTEMP systeem voor overslag van heet DRI naar de vlamboogoven, topgas koeling, CO₂-afvang.
- De vlamboogoven – het dak en de behuizing van de vlamboogoven, elektroden, injectorbehuizing, Consteel-systeem.
- De panovens, toegepast bij secundaire metallurgie.

¹⁴ RWZI - RioolWaterZuiveringsInstallatie

¹⁵ Bij terugwinning uit rookgassen is er enkel additioneel energiegebruik in de vorm van drukval over de warmtewisselaar en het daaraan gerelateerde extra energiegebruik van de rookgasventilator. Dit energiegebruik is minder dan 1% van de teruggewonnen hoeveelheid warmte.

Bij gebruik van een warmtepomp is het benodigde elektriciteitsgebruik tientallen procenten van de teruggewonnen hoeveelheid warmte. Bij een compressiewarmtepomp met een COP van bijvoorbeeld 3 is 0,33 GJ_e nodig per teruggewonnen GJ_{th}.

De toegepaste koelwaterstromen hebben na koeling van genoemde processen een temperatuur van 50 °C tot maximaal 60 à 70 °C en worden in de voorgestelde opzet van Heracless fase 1 in koeltorens teruggekoeld tot circa 30 - 35 °C. , waarbij de warmte verloren gaat.

Een andere mogelijke – maar in principe ook tijdelijke – warmtebron is de MDEA-oplossing gebruikt bij afvang van CO₂ uit procesgas. De MDEA-oplossing moet na regeneratie worden afgekoeld van circa 80°C tot circa 40°C. De weg te koelen warmte kan in principe worden gebruikt als warmtebron voor een warmtepomp, zoals beschouwd in het Everest project.

Bij de huidige stand der techniek zijn commerciële warmtepompen met voldoende relevant vermogen (> 5 MW) beschikbaar die warmte uit dergelijke restwarmtebronnen kunnen opwaarderen tot temperaturen tussen 100 - 150°C (Klute et al., 2023), terwijl er zelfs warmtepompen beschikbaar zijn waarmee warmte tot 200°C kan worden geproduceerd.

In de gebruikte bronnen worden diverse compressie warmtepompen met een TRL van 9, een leveringstemperatuur > 120 °C en een geleverd vermogen > 5 MW_{th} genoemd. Genoemde producenten zijn Epcon, Heaten, Olvondo, Piller, Spilling en Turboden.

Warmte van 150°C - 200°C kan in principe bijvoorbeeld worden ingezet bij:

- Regeneratie van de MDEA die wordt gebruikt bij CO₂-afvang uit top gas van de DRI-fabriek (± 80 MW_{th}, ± 130 °C). Deze toepassing is alleen relevant zolang aardgas als reductiemiddel wordt gebruikt. Bij het overstappen op waterstof vervalt de CO₂-afvang en daarmee ook deze toepassing.
- Leveren van warmte aan Koudbandwalserij 2, Dompelverzinklijn en eventueel Verflijn. De warmtevraag van deze productie-eenheden wordt in de referentie gedekt met warmtelevering vanuit ENB Centrale 3 (maximaal 36 ton/uur en gemiddeld 12,5 ton/uur aan stoom op 10 bar(g) – maar warmtevraag is op lagere temperatuur).
- Leveren van warmte aan gebouwen, leveren van warmte aan het smeerolie systeem van de walsen van de HSM, voorverwarmen van de verbrandingslucht van de regeneratie-installatie van INDAVER (Zoutzuurregeneratiefabriek), zoals genoemd in relatie tot Topsector onderzoeksproject VEKI119017 (Waste Heat Recovery Ovenkoelwater Warmbandwalserij, n.d.). aardgasscenario (Zühlsdorf, 2023).

7.6 Indicatie van cumulatieve CO₂-reductie

Door implementatie van de in dit hoofdstuk genoemde optimalisatie-opties zou een reductie van ruwweg 420 – 435 kiloton CO₂/jaar kunnen worden gerealiseerd, exclusief eventuele vermeden emissies door additionele warmteterugwinning uit rookgassen en/of warmteproductie met warmtepompen.

Tabel 7.1. Inschatting effecten van BBT+ maatregelen op jaarlijkse broeikasgasemissies (kton/jaar)

BBT+ opties	Aardgasscenario	waterstofscenario
Gedeeltelijke elektrificatie procesfornuis DRI-fabriek	275	275
Optimalisatie elektriciteitsvoorziening	Geen reductie van Scope 1 emissies	Geen reductie van Scope 1 emissies
Gebruik van biochar	105	145
Warmtepomp bij CO ₂ -afvang	50 - 55	N.V.T.
Som	430 - 435	420

De opties voor reductie van CO₂-emissies van het procesfornuis van de DRI-fabriek (elektrificatie, CO₂-afvang uit rookgassen) interfereren met elkaar: gedeeltelijke elektrificatie betekent dat er minder brandstof nodig is, dat er minder rookgassen zijn (waarvoor dan ook een kleinere afvanginstallatie nodig is) en dat er minder CO₂ in de rookgassen aanwezig is. Dit heeft consequenties voor specifieke afvangkosten. Ook gebruik van een warmtepomp bij CO₂-afvang uit procesgas interfereert – indirect - met opties voor reductie van CO₂-emissies van het procesfornuis van de DRI-fabriek (elektrificatie, CO₂-afvang uit rookgassen). Door gebruik van de warmtepomp vrijgespeelde stoom uit topgas vervangt aardgas of warmte uit elektriciteit voor het procesfornuis van de DRI-fabriek. Bij vervanging van aardgas is er minder CO₂ in de rookgassen van het procesfornuis aanwezig. Het economisch optimum van de combinatie van deze BBT+-opties vergt additionele studie.

Gebruik van biochar is in theorie toepasbaar in beide scenario's. Gebruik van zwavelarme biochar zou additionele milieuvordelen (lagere SO_x-emissie) en voordelen qua productkwaliteit kunnen geven.

8 Leemten in kennis en informatie

Er zijn wat betreft energiegebruik en CO₂-emissies geen significante leemten in kennis te verwachten. De te implementeren nieuwe installaties betreffen gangbare, goed bekende en goed stuurbare processen. De afwegingen zijn gemaakt op basis van informatie zoals aangeleverd door de leveranciers van de DRI- en EAF-installaties en door Tata Steel zelf. Er is uitgegaan van kengetallen, maar in de praktijk zullen de werkelijke waarden afwijken door productie-specifieke omstandigheden.

Ten aanzien van de BBT-toets en het vaststellen van mogelijke hergebruikopties voor restwarmte geldt dat de inpasbaarheid in het bestaande productieproces, de benodigde ruimtelijke aanpassingen en de kosteneffectiviteit complex zijn.

De leemten in kennis kan verder worden beperkt bij de nadere technische uitwerking. De in het kader van dit MER vastgestelde milieueffecten, zullen daarbij mogelijk verder beperkt kunnen worden.

De voornaamste leemten betreffen afzetmogelijkheden voor eventueel additioneel teruggewonnen stoom. Om te kunnen inschatten of terugwinning van warmte voor toepassing elders op het terrein zinvol is, moeten de volgende aspecten in kaart worden gebracht:

- Welke eventuele andere afnemers van warmte kouder dan 200 °C op het terrein aanwezig zijn.
- Of warmtevraag en warmte-aanbod voldoende goed op elkaar aansluiten (gelijktijdigheid, temperatuur).
- Of toepassing van de additioneel teruggewonnen warmte uit de rookgassen van het procesfornuis kosteneffectief is, rekening houdend met benodigde additionele investeringen in leidingwerk.
- Wat afzet van teruggewonnen warmte als verduurzamingsoptie aan meerwaarde biedt ten opzichte van andere opties om de warmtevraag elders op het terrein te decarboniseren.

9 Monitoring

Energiegebruik en CO₂-emissies zullen conform Europese en nationale wetgeving worden gemonitord onder respectievelijk de Europese Energie-Efficiency Richtlijn (Nederlandse afkorting: EED) en het Europese emissiehandelssysteem voor broeikasgasemissies (ETS).

Onder de EED geldt een EED energie-auditverplichting. Conform de verplichting moet een gedetailleerd overzicht van alle energiestromen binnen een bedrijf worden opgesteld en moet een overzicht van mogelijke besparingsmaatregelen en de te verwachten effecten daarvan worden opgesteld.

Onder de ETS dient een bedrijf de uitstoot van broeikasgassen te monitoren, registreren en rapporteren volgens het monitoringsplan dat het heeft opgesteld, conform de daarvoor geldende regels. Het bestaande monitoringplan zal daar waar nodig worden aangepast aan de nieuwe situatie.

Verklarende woordenlijst

Begrip	Uitleg
Alternatief	: Een andere techniek, andere materialen of een andere locatie dan het voornemen.
Aspect	: Onderwerp waarvan de effecten van het project in het milieueffectrapport zijn onderzocht. Een aspect is onderdeel van een milieuthema.
Autonome ontwikkeling	: Op zichzelf staande ontwikkeling die zorgt voor een verandering op het Tata Steel terrein of in de omgeving, die onafhankelijk van het project plaatsvindt en waarover al een besluit is genomen. Bijvoorbeeld wanneer deze ontwikkeling is vastgesteld in een ruimtelijk plan of de vergunning ervoor is verleend. Over de uitvoering ervan bestaat voldoende zekerheid.
BBT	: Afkorting voor de best beschikbare technieken. Beste beschikbare technieken zijn technieken die, in vergelijking met alle gelijkaardige technieken, het best scoren op milieugebied én betaalbaar zijn én technisch uitvoerbaar zijn. Dit zijn de meest doeltreffende methoden om emissies en andere nadelige gevolgen voor het milieu van een bedrijf te voorkomen. Het voornemen zoals dat in dit milieueffectrapport is onderzocht gaat uit van BBT.
BBT+	: BBT+ maatregelen zijn maatregelen die verder gaan dan de beste beschikbare technieken. BBT+ is niet gereguleerd in wettelijke bepalingen en deze maatregelen zijn niet beschreven of vastgelegd in richtlijnen of circulaire. Provincie Noord-Holland en de Commissie mer geven aan dat de BBT+ maatregelen gebaseerd moeten zijn op bewezen technieken die op voldoende schaal zijn toegepast en ook binnen het bereik liggen van Tata Steel. In dit milieueffectrapport is milieuthema onderzocht welke gangbare BBT+ maatregelen bestaan en eventueel toepasbaar zijn voor het voornemen. Voor zover mogelijk is de toepasbaarheid getoetst in de betreffende milieustudie. Alle voorgestelde BBT+ maatregelen zijn samengenomen en beoordeeld in het BBT+ alternatief.
Bevoegd gezag	: Overheidsorgaan dat bevoegd is om een besluit te nemen over het project. In dit geval is de provincie Noord-Holland bevoegd gezag voor het projectbesluit en de vergunningen voor milieubelastende activiteiten. Rijkswaterstaat is, namens de minister van Infrastructuur en Waterstaat, bevoegd gezag voor de vergunningen voor directe lozingen op water en de inname van water. Het hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is bevoegd gezag voor vergunningen voor wateractiviteiten met betrekking tot bouwen op/naast waterkeringen.
CCS	: Afkorting van het Engelse Carbon Capture Storage. Het betekent het afvangen, transport en permanente opslag van CO ₂ in de diepe ondergrond onder de Noordzee.
CCU	: Afkorting van het Engelse Carbon Capture Utilisation. Het betekent het afvangen, transport en gebruik van CO ₂ in bijvoorbeeld kassen.
CO ₂	: Scheikundige afkorting voor koolstofdioxide. Dit is een gas dat van nature voorkomt in de atmosfeer. Maar als gevolg van menselijke activiteiten is de hoeveelheid CO ₂ in de atmosfeer in de laatste 150 jaar extreem sterk toegenomen. Dit komt vooral door de verbranding van fossiele brandstoffen, zoals kolen, olie en gas. CO ₂ is het meest bekende broeikasgas. Broeikasgassen zorgen ervoor dat warmte wordt vastgehouden en daardoor stijgt de temperatuur op aarde. Zonder broeikasgassen zou de aarde ijskoud zijn, maar met te veel broeikasgassen wordt het juist te heet. Er zijn (inter)nationale afspraken om de CO ₂ -emissie te beperken en daarmee de opwarming van de aarde onder de 1,5 graden Celsius te houden.
Commissie mer	: Onafhankelijke, bij wet ingestelde, commissie die het bevoegd gezag adviseert over de reikwijdte en detailniveau van het milieueffectrapport en de beoordeling van de kwaliteit van het milieueffectrapport.
Compensatie	: Wanneer er restschade overblijft na het toepassen van mitigerende maatregelen, dan kan het effect worden gecompenseerd. Bijvoorbeeld; bomen moeten worden gekapt. Het aanplanten van nieuwe bomen op een andere plek is dan een compenserende maatregel.
Cumulatie	: De bij elkaar opgetelde effecten van verschillende ontwikkelingen samen. De verschillende ontwikkelingen kunnen zowel binnen als buiten het project plaatsvinden.
Doelbereik	: Beschouwing in hoeverre de doelen die Tata Steel voor 2030 heeft gesteld op het gebied van schoon, groen en circulair worden gehaald.
DRI	: Afkorting van het Engelse Direct Reduced Iron, ofwel direct gereduceerde ijzerpellets. Dit zijn ijzerpellets waaruit de zuurstof is verwijderd.
DRI-fabriek	: Deze installatie is onderdeel van het voorgenomen nieuwe groen staalproductieproces. In de reactor van de DRI-fabriek worden ijzerpellets bij hoge temperatuur en verhoogde druk gereduceerd met aardgas en/of waterstof. Dat betekent dat het aan het ijzer gebonden zuurstof uit de ijzerpellets wordt verwijderd.
DRI-technologie	: Een technologie om staal te maken die bestaat uit een DRI-fabriek die het ijzer reduceert met aardgas en/of waterstof én een elektrische smeltoven die het ijzer smelt. Met de DRI-technologie zijn geen kolen meer nodig en wordt veel minder CO ₂ geproduceerd. Tata Steel wil deze technologie gaan toepassen in plaats van de kooks- en gasfabrieken en hoogovens.
DRP	: Afkorting van het Engelse Direct Reduction Plant. Dit betekent hetzelfde als DRI-fabriek. In de deelrapporten en deelstudies van het MER wordt deze term gebruikt om de DRI-fabriek aan te duiden.

Begrip	Uitleg
EAF-installatie	: Deze installatie is onderdeel van het voorgenomen nieuwe groen staalproductieproces. EAF is een afkorting van het Engelse Electric Arc Furnace. In de elektrische vlamboogoven van de EAF-installatie worden de gereduceerde ijzerpellets (DRI) samen met schroot gesmolten tot vloeibaar staal dat vervolgens in een nieuw deel van de Oxystaalfabriek verder kan worden verwerkt.
Emissie	: De hoeveelheid stoffen die vrijkomt in de lucht uit een bepaalde bron. De emissie wordt uitgedrukt in de vorm van concentratie in mg/m ³ .
eMJV	: Afkorting voor het elektronische Milieujaarsverslag, de emissieregistratie van de Europese Unie. Dit is een rapport waarin Tata Steel jaarlijks de emissies naar lucht, water en bodem rapporteert.
ENB	: Energiebedrijf, de afdeling van Tata Steel die verantwoordelijk is voor de energievoorziening van de productieprocessen.
ENCI Heidelberg	: Cementproducent in IJmuiden die hoogovenslakzand van Tata Steel gebruikt voor de cementproductie.
ETS	: Afkorting van het Engelse European Trading System. Volgens het Europese systeem van de handel in emissierechten moeten industriële uitstoters betalen voor hun CO ₂ -emissie.
Expression of Principles	: In dit document van 15 juli 2022 hebben het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (thans Klimaat en Groene Groei) en Tata Steel de ambities vastgelegd om in 2030 een uitstootreductie van 5 megaton CO ₂ te realiseren en bij te dragen aan een betere leefomgeving. Dit was de eerste stap voor de maatwerkafspraken over de verduurzamingsroute van Tata Steel en de publieke investeringen die daarvoor nodig zijn.
Gasunie	: Gasunie is een netwerkbedrijf voor energie. Gasunie Transport Services (GTS) is eigenaar en beheerder van het gastransportnet in Nederland. Hynetwork Services (HNS) ontwikkelt het waterstofnetwerk op land, Waterstofnetwerk Nederland.
Groen staal	: Staal dat niet is geproduceerd met kolen, maar met de DRI-technologie waarbij veel minder CO ₂ vrijkomt.
Grof stof	: Deeltjesvormige luchtverontreiniging die je met het blote oog kan zien. Grof stof geeft hinder en risico's bij indigestie en opname via de huid. Door de grootte kan het doorgaans niet in de longen komen en zijn de risico's bij inademing veel kleiner dan bij fijnstof.
H ₂	: Scheikundige afkorting voor waterstof. Waterstof is een veelvoorkomend chemisch element. Waterstof is een energiedrager, dat betekent dat duurzaam opgewekte elektriciteit wordt omgezet naar waterstof in gasvorm. Dit kan opgeslagen en via leidingen getransporteerd worden, vergelijkbaar met aardgas. Waterstof heeft een belangrijke rol in de energietransitie en kan gebruikt worden voor bijvoorbeeld zware industrie, brandstof voor grote voertuigen of energieopslag.
HARSCO	: Staalslakverwerker op het terrein van Tata Steel. Als gevolg van Heracless veranderen de hoeveelheid en samenstelling slak. Daarom zijn ook de effecten bij HARSCO onderzocht.
HBI	: Afkorting van het Engelse Hot Briquetted Iron. Dat is DRI waarvan briketten zijn gemaakt.
Heracless	: Het voorgenomen project waar dit milieueffectrapport over gaat. Het project zet de eerste stap naar groen staal. Heracless is afkomstig van H ₂ -era-C-less, wat zoiets wil zeggen als dat het tijdperk van koolstof (C) wordt afgesloten en het tijdperk van waterstof (H ₂) is aangebroken. Kookgasfabriek 2 en de grootste Hoogoven 7 worden vervangen door nieuwe installaties met de DRI-technologie. Met Heracless neemt de CO ₂ -uitstoot van Tata Steel af met circa 5 megaton per jaar. Dat is een vermindering van ongeveer 40% ten opzichte van de huidige 12,6 megaton per jaar en dát levert een significante bijdrage aan het Nederlandse reductiedoel voor CO ₂ . De nieuwe installaties dragen ook bij aan het verbeteren van de leefomgeving.
Hoogoven (HO)	: Een installatie in het huidige productieproces van Tata Steel waarin ijzererts (in de vorm van pellets en sinter) en koolstof (in de vorm van kooks) worden gesmolten en gemengd. Daarbij worden ze zo sterk verhit dat via een aantal chemische reacties gesmolten ruwijzer ontstaat met een percentage koolstof erin dat vervolgens wordt afgetapt en verder verwerkt in de Oxystaalfabriek. De koolstof dient zowel voor verhitting als reductiemiddel van het ijzererts. Op het terrein van Tata Steel staan twee hoogovens: HO6 en HO7.
IJM-01	: Afkorting van IJmond 1: warmtekrachtcentrale van Vattenfall waarin brandbare gasen van Tata Steel worden gebruikt om elektriciteit op te wekken.
Initiatiefnemer	: De privaat- of publiekrechtelijke rechtspersoon (een particulier, bedrijf, instelling of overheidsorgaan) die een bepaalde activiteit wil ondernemen en daarover een besluit vraagt. Bij dit project is de initiatiefnemer Tata Steel IJmuiden B.V. In dit rapport wordt de initiatiefnemer aangeduid met Tata Steel.
Klimaat en Groene Groei (KGG)	: Het ministerie van Klimaat en Groene Groei is een Nederlands ministerie. Het houdt zich bezig met alle zaken die te maken hebben met het klimaat. De huidige minister is Sophie Hermans. Het ministerie is opgericht op 2 juli 2024, bij het aantreden van het kabinet-Schoof, als één van de rechtsopvolgers van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.
Kiloton	: Een eenheid voor massa, staat gelijk aan 1 duizend ton of 1 miljoen kilogram. De term wordt meestal gebruikt als maat voor de hoeveelheid materiaal die een proces in- of uitgaat.
Kooks	: Een harde, poreuze vorm van koolstof die in de hoogovens wordt gebruikt als brandstof en reductiemiddel voor het maken van vloeibaar ruwijzer. Kooks wordt in de kooks- en gasfabrieken gemaakt van steenkool.

Begrip	Uitleg
Kooks- en gasfabriek (KGF)	: Installatie in het huidige productieproces van Tata Steel waarin steenkool wordt omgezet in kooks. Verschillende soorten kolen worden langdurig verhit op ongeveer 1000 graden celcius. Daardoor worden de vluchtige bestanddelen uit de kolen 'gegaard'. Het resultaat zijn twee producten: de kooks en de vluchtige stoffen in de vorm van gas (kooksovangas). Het koolstofgehalte in kooks is fors hoger dan in steenkool. Kooks is een hard en poreus eindproduct waarin de vluchtige bestanddelen tot een minimum zijn verwijderd en daarmee het koolstofgehalte fors is verhoogd. Het kooksovangas wordt op andere plaatsen binnen het productieproces gebruikt en door Vattenfall voor de energievoorziening. Op het terrein van Tata Steel staan twee kooks- en gasfabrieken: KGF1 en KGF2.
KBA	: Kosten-Batenanalyse, een analyse van de mogelijkheden voor toepassing van een warmtekraftkoppeling en hergebruik van restwarmte.
Linde Gas	: Bedrijf dat speciale gassen en gasmengsels produceert die door Tata Steel worden gebruikt in het productieproces. Als gevolg van Heracless zijn er andere hulpstoffen nodig. Daarom zijn ook de effecten bij Linde Gas onderzocht.
Maatwerkafspraken:	Het ministerie van Klimaat en Groene Groei maakt bindende maatwerkafspraken met de grootste industriële CO ₂ -uitstoters over hun verduurzamingsroute en de publieke investeringen die daarvoor nodig zijn.
Megaton	: Een eenheid voor massa, staat gelijk aan 1 miljoen ton of duizend miljoen kilogram. De term wordt meestal gebruikt als maat voor de energie die vrijkomt bij een proces.
MER	: Afkorting voor het milieueffectrapport. Dit is het rapport waarin de resultaten worden neergelegd van het onderzoek naar de milieueffecten van een project en van de redelijkerwijs in beschouwing te nemen alternatieven daarvoor.
mer	: Afkorting voor milieueffectrapportage-procedure. Deze wettelijk geregelde procedure is een hulpmiddel bij de besluitvorming, dat bestaat uit het maken, beoordelen en gebruiken van een milieueffectrapport en het evalueren achteraf van de gevolgen voor het milieu van de uitvoering van een activiteit. Onder de Omgevingswet wordt de afkorting mer gebruikt.
Mitigatie	: Maatregelen om nadelige effecten te verminderen of voorkomen.
NHN	: Afkorting voor Noord-Holland Noord.
NO _x	: Chemische afkorting voor stikstofoxiden. Stikstofoxiden (NO _x) zijn gassen die vooral vrijkomen bij de verbranding van fossiele brandstoffen, zoals uitlaatgassen van voertuigen of industriële uitstoot. Deze groep gassen bestaat voornamelijk uit stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO ₂). Stikstofoxiden kunnen leiden tot gezondheidseffecten en vermindering van de biodiversiteit.
NRD	: Afkorting voor Notitie Reikwijdte en Detailniveau. Dit rapport is opgesteld in het kader van de milieueffectrapport-procedure en geeft aan wat (reikwijdte) en met welke diepgang (detailniveau) in het onderzoek naar de milieueffecten wordt onderzocht.
NZKG	: Afkorting voor Noordzeekanaalgebied.
OD	: Afkorting van Omgevingsdienst. De Omgevingsdienst NZKG coördineert, in mandaat van de provincie Noord-Holland, het besluitvormingsproces van Heracless.
Omgevingsplan	: Het omgevingsplan bevat regels van de gemeente voor de fysieke leefomgeving. Iedere gemeente heeft één omgevingsplan onder de Omgevingswet.
Pellets	: IJzerertsnikkers van ongeveer 1 cm diameter die geschikt zijn voor verwerking in de hoogovens en de DRI-fabriek. Tata Steel maakt zelf pellets in de pelletfabriek. In de pelletfabriek wordt ijzererts gemengd met hulpstoffen, en daarna zo fijn gemalen dat er een soort meel overblijft. Dat wordt aangelengd met water en hulpstoffen. In roterende vaten worden de pellets gevormd. De pellets worden geroosterd en gedeeltelijk afgekoeld en zijn dan klaar voor verdere verwerking. Pellets kunnen ook worden ingekocht.
Pelt & Hooykaas	: Bedrijf dat slakken van Tata Steel verwerkt als grondstof voor de grond-, weg- en waterbouw. Als gevolg van Heracless veranderen de hoeveelheid en samenstelling slak. Daarom zijn ook de effecten bij Pelt & Hooykaas onderzocht.
Plakken	: Dikke platen staal, die per schip worden aangevoerd vanaf andere staalproducenten en dan bij Tata worden verhit (om het staal zacht te maken) en worden uitgewalst tot dunne plaat.
Projectbesluit	: Het projectbesluit is een instrument voor waterschappen, provincies en het Rijk voor het mogelijk maken van complexe projecten met een publiek belang. Het projectbesluit wijzigt de omgevingsplannen met regels die nodig zijn voor het uitvoeren, inwerking hebben of in stand houden van het project. De gewijzigde regels van het omgevingsplan zijn onderdeel van het projectbesluit.
PWN	: Waterleidingbedrijf Noord-Holland.
R&D	: Afkorting voor Research en Development. Dat is de onderzoeksafdeling van Tata Steel die zich bezighoudt met nieuwe technologieën voor staalproductie, procesverbetering voor CO ₂ -reductie, energie-efficiëntie, watergebruik, circulariteit en innovatie productie en staalsoorten voor specifieke klanten.

Begrip	Uitleg
REF-installatie	: Afkorting van het Engelse Reducing Arc Furnace. Dit is een ander soort elektrische smeltoven dan een EAF-installatie. Maar een REF is nog niet op deze schaal beproefd. Dat brengt risico's met zich mee ten aanzien van tijdige realisatie, effecten op de leefomgeving en financierbaarheid. Daarom heeft Tata Steel voor Heracless gekozen voor een EAF-installatie.
Referentiesituatie	: Bij deze situatie wordt uitgegaan van de huidige situatie en de autonome ontwikkeling. Deze situatie dient als referentiekader om de milieueffecten van het project te beschrijven.
SA-filter	: Afkorting voor Secundaire afzuiging.
Secundaire metallurgie	: Dit is onderdeel van het voorgenomen nieuwe groen staalproductieproces en komt in een aangebouwd deel van de Oxystaalfabriek. Het vloeibare staal uit de EAF wordt in stappen behandeld om via het reguliere productieproces eindproducten te maken.
Sinter	: Stevige brokken ijzererts samengebakken van fijne ertsen die geschikt zijn voor verwerking in de hoogovens. Tata Steel maakt sinter in de sinterfabriek. In de sinterfabriek wordt ijzererts gemengd met hulpstoffen die ijzer, kalk en/of koolstof bevatten uit het staalproductieproces.
Slak	: Slak is een steenachtig materiaal uit een mix van metaaloxides, die aanwezig zijn in de ertsen. Als bij hoge temperaturen het ijzer smelt en naar de bodem zakt, komen de metaaloxides bovendrijven. In het huidige productieproces gaat het onder andere om hoogovenslak, converterslak uit de converters van de Oxystaalfabriek, ROZA-slak uit de ontzwaveling, giethalsslak uit de continugietery, slobslak die uit de converters koken en meer calcium bevatten dan converterslak en panovenslak uit de gietwalsinstallatie. Met Heracless komt er een nieuw soort slak bij, namelijk EAF-slak.
STEG	: Stoom- en gasturbine, waarbij de verbranding van een gasmengsel gebruikt wordt om een gasturbine en een stoomturbine aan te drijven voor elektriciteitsproductie.
Tata Steel	: In dit rapport wordt met Tata Steel het staalproductiecomplex Tata Steel IJmuiden B.V. bedoeld. Het is een onderdeel van Tata Steel Nederland, dat zelf een dochteronderneming is van de Indiase Tata-groep.
TRL	: Technology Readiness Level, een getal tussen 1 en 9 dat aangeeft in welke mate een technologie
Variant	: Technische opties voor onderdelen van het voornemen waarmee onderzocht wordt of er milieuwinst te bereiken is ten opzichte van het voornemen.
Vattenfall	: Energieleverancier. Vattenfall gebruikt in de elektriciteitscentrales Velsen-Noord 24, Velsen-Noord 25 en de warmtekrachtcentrale IJmond 1 brandbare gassen van Tata Steel om energie op te wekken. Als gevolg van Heracless neemt de hoeveelheid brandbare gassen af. Daarom zijn ook de effecten bij Vattenfall onderzocht.
VN24	: Afkorting van Velsen Noord 24: elektriciteitscentrale van Vattenfall waarin brandbare gassen van Tata Steel worden gebruikt om elektriciteit op te wekken
VN25	: Afkorting van Velsen Noord 25: elektriciteitscentrale van Vattenfall waarin brandbare gassen van Tata Steel worden gebruikt om elektriciteit op te wekken
Voornemen	: Het project dat de initiatiefnemer wil uitvoeren om Heracless voor elkaar te krijgen. Het beschrijft wat er wordt gebouwd en hoe het wordt aangelegd. Dit wordt ook wel het voornemen genoemd.

Bronnen

Besluit activiteiten leefomgeving. (2025, June 18). Wetten.nl. <https://wetten.overheid.nl/BWBR0041330/2025-06-18>

Besluit bouwwerken leefomgeving. (2023, May 21). Wetten.nl. <https://wetten.overheid.nl/BWBR0041297/2025-05-21>

BioReSteel. (n.d.). <https://bioresteel.eu/>

Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council. (2023, October 18). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023L2413&qid=1699364355105>

Electrical Process Gas Heater (E-PGH) | Energiron. (n.d.). <https://www.energiron.com/electrical-process-gas-heater-e-pgh>

Environment and climate change - EUR-Lex. (n.d.). <https://eur-lex.europa.eu/summary/chapter/20.html>

Erkende maatregelenlijst (EML). (2023). In Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, *Bijlage 10 Van De Activiteitenregeling Milieubeheer*. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-11/erkende-maatregelenlijst-eml-2023-v-1-3.pdf>

EU-Emissiehandelsstelsel | EUR-Lex. (n.d.). <https://eur-lex.europa.eu/NL/legal-content/summary/eu-emissions-trading-system.html>

European commission, EU-BRITE. (n.d.). *BAT reference documents*. <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference>

European commission, EU-BRITE. (2009, February). *Energy Efficiency*. European Bureau for Research on Industrial Transformation and Emissions. <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/energy-efficiency>

European commission, EU-BRITE. (2013, January). *Iron and Steel Production*. European Bureau for Research on Industrial Transformation and Emissions. <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/iron-and-steel-production>

GE Vernova announces its first 100 percent hydrogen-fueled aeroderivative gas turbine solution | GE Vernova News. (n.d.). <https://www.gevernova.com/news/press-releases/ge-vernova-announces-first-100-percent-hydrogen-aeroderivative-gas-whyalla>

Hammingh, P., Overveld, M. A., Blomjous, D., Boesler, P., Bours, L., Brink, C., Van Dam, D., Van Dijk, W., Domhof, J., Geilenkirchen, G., Hoen, M. ', Hoff, M., Van Hout, M., Ivanova, O., Koelemeijer, R., Koole, G., Koutstaal, P., Lensink, S., Martens, A., . . . Velthof, G. (2024). *Klimaat- en Energieverkenning 2024*.

Hers, S., Afman, M. R., & CE Delft. (2015). Verkenning voorlopige analyse WKK. In Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, RVO.nl & L. Bosselaar, Verkenning Voorlopige Analyse WKK (Report 15.3H72.100). CE Delft. https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/03/CE_Delft_3H72_defnotitieSHe.pdf

Hoe werkt het. (n.d.). CO2 Emissiefactoren. <https://co2emissiefactoren.nl/hoe-werkt-het/>

Ichikawa, H., Nakayama, T., Duarte, P. E., & Martinis, A. (2017). THE BREAKTHROUGH IRONMAKING TECHNOLOGIES COMBINED WITH ENERGIRON, BLAST FURNACE AND SYNGAS (pp. 305–315). <https://doi.org/10.5151/2594-357x-26597>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2024). *IPCC global warming potential values*. <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2024-08/Global-Warming-Potential-Values%20%28August%202024%29.pdf>

iRecovery - Key references | Tenova. (n.d.). <https://tenova.com/node/681?isiframe=yes>

Jackson, S., & Heath-whyte, E. (n.d.). *Presentation Title and Sub-Title*. https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Presentation_Edward-HEATH-WHYTE-Liberty-Steel.pdf

KEMA. (2010). Milieueffectrapport voor de bouw van een 525 MWe gasgestookte warmtekrachtcentrale van Corus op de Coruslocatie IJmuiden.

Klimaataakkoord. (2019). In *Klimaataakkoord* (p. 2). <https://www.klimaataakkoord.nl/binaries/klimaataakkoord/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaataakkoord/klimaataakkoord.pdf>

Klute, S., Budt, M., Van Beek, M., & Doetsch, C. (2023). Steam generating heat pumps – Overview, classification, economics, and basic modeling principles. *Energy Conversion and Management*, 299, 117882. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117882>

Konstruktion & Entwicklung. (2024, May 14). *30 Jahre Green Steel*. <https://www.konstruktion-entwicklung.de/30-jahre-green-steel>

Kosten-batenanalyse warmtevoorziening EED. (n.d.). RVO.nl. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/eed/kosten-batenanalyse-eed>

Margraf, R. (2015). Simple and effective – the conditioned dry sorption process for flue gas treatment downstream waste incinerators. *Waste Management*, 5. <https://www.ask-eu.de/Artikel/27670/Simple-and-Effective-%E2%80%93-the-Conditioned-Dry-Sorption-Process-for-Flue-Gas-Treatment-Downstream-Waste-Incinerators.htm#>

Memoli, F., & Villares De Freitas, J. (2007). *The newest ConSteel® projects and the perspectives of scrap & Hot metal continuous charge in the EAF for the Brazilian steel industry*.

Midrex. (2021, September). *German Federal Government to provide €55 million for ArcelorMittal's hydrogen DRI plant | Midrex Technologies, Inc.* Midrex Technologies, Inc. <https://www.midrex.com/company-news/german-federal-government-to-provide-e55-million-for-arcelormittals-hydrogen-dri-plant/>

Ministerie van Klimaat en Groene Groei. (2025, April 1). *Verduurzaming van de industrie*. Duurzame Economie | Rijksoverheid.nl. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-economie/verduurzaming-industrie>

Mishra, V. (n.d.). *Fume treatment plant*. SlideShare. <https://www.slideshare.net/slideshow/fume-treatment-plant-51586633/51586633>

Olthof, J., Van Den Berg, B., Schoorl, A., Verwoort, J., Provincie Noord-Holland, Gemeente Beverwijk, Gemeente Heemskerk, & Gemeente Velsen. (2023). *Programma Tata Steel 2024-2030*.

Pauluzzi, D., Martinis, A., & Danieli & Officine Meccaniche. (2021). SUSTAINABLE DECREASE OF CO2 EMISSIONS IN THE STEELMAKING INDUSTRY BY MEANS OF THE ENERGIRON DIRECT REDUCTION TECHNOLOGY. In *Danieli & Officine Meccaniche*.
https://www.energiron.com/sites/default/files/documents/2018_06_Sustainable%20decrease%20of%20CO2%20emissions%20in%20the%20steelmaking%20industry%20by%20means%20of%20the%20ENERGIRON%20Direct%20Reduction%20technology.pdf

Porisiensi, S., Fulgosi -Ferriere, M., Guzzon, M., Bissoli, M., Chiarullo, E. J., & Malfa, E. (Eds.). (2023). *Valorization of LF slag: the Pittini Group tests Tenova's air granulation process*.

Primetals Technologies to supply EAF Quantum to Acciaieria Arvedi. (n.d.).
<https://www.primetals.com/press-media/news/primetals-technologies-to-supply-eaf-quantum-to-acciaieria-arvedi>
Richtlijn 2012/27/EU van het Europees Parlement en de Raad. (2012, October 25). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=CELEX%3A02012L0027-20230504>

Schliephake, H., Born, C., Granderath, R., Memoli, F., & Simmons, J. (2016). Heat recovery for the EAF of Georgsmarienhütte Germany. In *Iron and steel technology*.
https://www.researchgate.net/profile/Francesco-Memoli-2/publication/285810375_Heat_recovery_for_the_EAF_of_Georgsmarienhutte_Germany/links/5706599308aebcf68ba9d2e9/Heat-recovery-for-the-EAF-of-Georgsmarienhutte-Germany.pdf

Slag dry granulation | Tenova. (n.d.). <https://tenova.com/technologies/slag-dry-granulation>

Surup, G. R., Trubetskaya, A., & Tangstad, M. (2020). Charcoal as an alternative reductant in ferroalloy production: a review. *Processes*, 8(11), 1432. <https://doi.org/10.3390/pr8111432>

Tata Steel Nederland. (2023). *Brief Tata Steel Nederland over verbeteringen op het gebied van emissies en hinder naar de omgeving rondom Tata Steel IJmuiden B.V.* [Report].
<https://www.tatasteelnederland.com/sites/default/files/Brief%20Groen%20Staal%20211129.pdf>

TataSteel Nederland. (n.d.). *Duurzaamheidsverslag 2022/2023*.
<https://www.tatasteelnederland.com/sites/tatasteelnl/files/tata-steel-duurzaamheidsverslag-2022-2023.pdf>

Tullis, S., Korabi, A., & Deeks, I. (2013). NOx sources and production in a consteel electric arc furnace. In *Researchgate*.
https://www.researchgate.net/publication/269408483_NOx_Sources_and_Production_in_a_Consteel_Electric_Arc_Furnace

United Nations Development Programme (UNDP). (2023). *Low-carbon Technologies Packages for Mini Steel Plants: A Compendium*. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-07/undp_steel_tech_compendium_-_web_version.pdf

University of Minnesota – Natural Resources Research Institute. (2023). Scale-up and demonstration of a carbon neutral engineered material to displace fossil carbon in electric arc furnace steel mills. In *University of Minnesota – Natural Resources Research Institute*. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-10/CX-028869.pdf>

Waste heat recovery and utilization for steel plants. (2021). In E. Chiarullo, N. Monti, & G. Di Zanni (Eds.), *European Steel Technology Platform conference*.

Waste heat recovery ovenkoelwater warmbandwalserij. (n.d.). Topsector Energie Projecten.

<https://projecten.topsectorenergie.nl/projecten/waste-heat-recovery-ovenkoelwater-warmbandwalserij-33564>

Zühlsdorf, B., PhD. (2023). High-Temperature heat pumps. In Danish Technological Institute, *Task Report* (HPT-AN58-2). Heat Pump Centre. <https://heatpumpingtechnologies.org/annex58/wp-content/uploads/sites/70/2023/09/annex-58-task-1-technologies-task-report.pdf>

Zuliani, D., Scipolo, V., Shoop, K., & Stagnoli, P. (2018). *I Consteel®-A Top Charge EAF Revamping strategy for reducing operating costs, energy & particulate emissions while increasing yield & productivity*. [https://www.researchgate.net/publication/323733892_i_Consteel_R-A_Top_Charge_EAF_Revamping_Strategy_for_Reducing_Operating_Costs_Energy_Part](https://www.researchgate.net/publication/323733892_i_Consteel_R-A_Top_Charge_EAF_Revamping_Strategy_for_Reducing_Operating_Costs_Energy_Part particulate_Emissions_while_Increasing_Yield_Productivity)

Arsene, Tommassi, & Lapasin. (2024). *Mass, Energy and Carbon Balances (document DPC9A3 van 13 november 2024)*. Buttrio: Danieli & C. SpA.

Chiarullo, E., Monti, N., & Di Zanni, G. (2021). Waste heat recovery and utilization for steel plants. *European Steel Technology Platform Conference*, (p. 21).

Cunha, J., & al, e. (2021). *Decarbonization potential of integrating industrial excess heat in a district heating network: the Portuguese case*.

Danieli. (2023). *DETAILED HEAT AND MASS BALANCE - DPC2MQ-FA08-K7000-TS004*. Buttrio: Danieli.

Hammingh, P., & al, e. (2024). *Klimaat- en Energieverkenning 2024*. Den Haag: PBL Planbureau voor de Leefomgeving.

Hay, T., & al, e. (2020). A Review of Mathematical Process Models for the Electric Arc Furnace Process. *Steel Research Int.*, 2000395.

Heath-Whyte, E. (2023). CO2 reduction 'charge carbon' coal to ecoke. *World Steel Association Breakthrough Technology Conference 2023* (p. 16). Abu Dhabi: World Steel Association .

Ichikawa, H., Nakayama, T., Duarte, P., & Martinis, A. (2015). The breakthrough ironmaking technologies combined with ENERGIRON, Blast furnace and Syngas. *METEC & Estad*, (p. 26).

Karpf, R. (2015). *Expert Assessment of the Flue Gas Treatment Process Implemented in the Delfzijl (NL) Waste Incineration Plant*. Delfzijl/Helmstedt: EEW Energy from Waste.

KEMA, 2. (2010). *Milieueffectrapport voor de bouw van een 525 MWe gasgestookte warmtekrachtcentrale van Corus op de Coruslocatie IJmuiden*. Arnhem: KEMA.

Klute, S., Budt, M., Van Beek, M., & Doetsch, C. (2024). Steam generating heat pumps – Overview, classification, economics, and basic modeling principles. *Energy Conversion and Management, Volume 299, 1 January 2024, 117882*, 1-22.

Margraf, R. (2015). Simple and Effective – the Conditioned Dry Sorption Process for Flue Gas Treatment Downstream Waste Incinerators. *Waste Management, Volume 5 (Dezember 2015)*, 254-267.

Memoli, F., & Villares de Freitas, J. (2008). The newest Consteel® projects and the perspectives of scrap & hot metal continuous charge in the EAF for the Brazilian steel industry . *The XXXIXst International Steelmaking Seminar of the ABM*, (pp. 98 - 109). Curitiba.

Mukhopadhyay, A., & Ometto, M. (2015). Energy saving and CO2 reduction in Energiron DRI production. *6th international congress on the science of steel making*. Beijing.

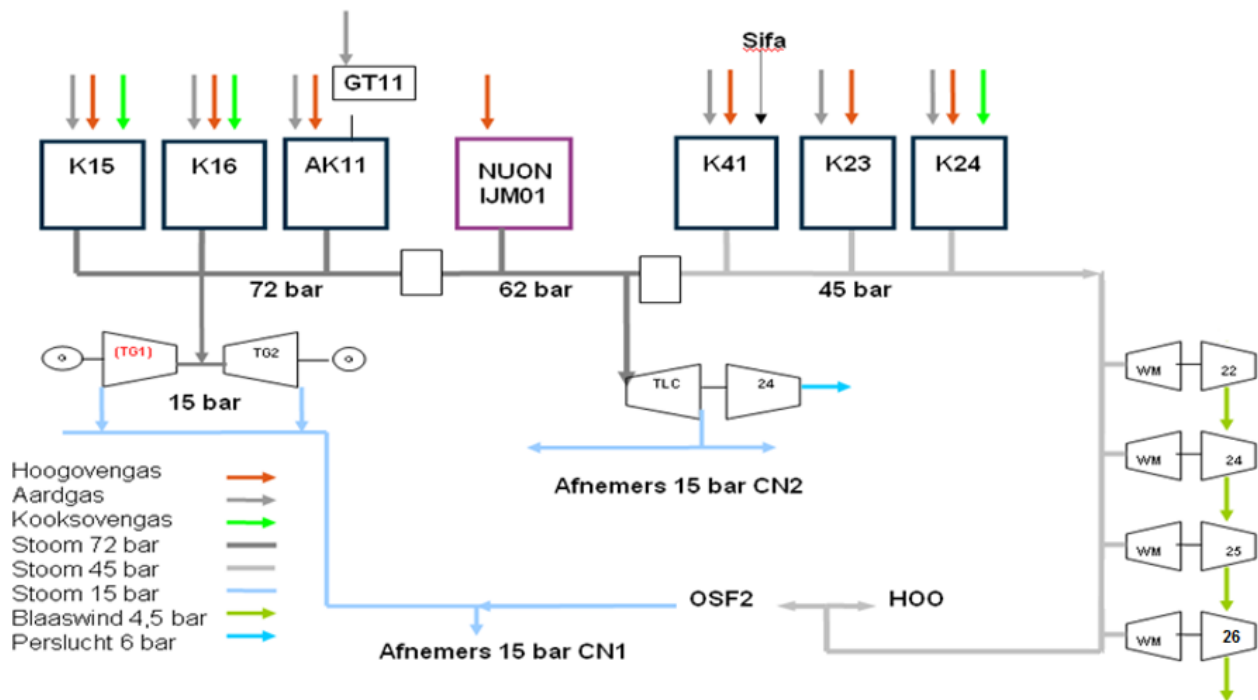
Pauluzzi, D., & Martinis, A. (2018). Sustainable decrease of CO₂ emissions in the steelmaking industry by means of the ENERGIRON Direct Reduction technology. *AIST - 2018*. Udine: Association for Iron & Steel Technology.

- Reid, A., & al, e. (2011). *The potential for application of CO2 capture and storage in EU oil refineries*. Brussels: Concawe.
- Remus, R., Aguado Monsonet, M. A., Roudier, S., & Delgado Sancho, L. (2013). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production*. Seville: Joint Research Centre.
- Rossetti, Tommasi, & Lapasin. (2024). *Preliminary environmental information report for direct reduction plant & water treatment plant, 2.5 MTPY HDRI/CDRI plant, revised report dd 11/10/24*. Buttrio, Italy: DANIELI & C. SpA.
- Spagnuolo, L. (2023). *SULFUR REMOVAL UNIT Chelate Unit - Preliminary Technical Proposal for Tata Steel Steel Mill Gas Treatment Plant*. N/A: DOW.
- Surup, G., Trubetskaya, A., & Tangstad, M. (2020, November 9). Charcoal as an Alternative Reductant in Ferroalloy Production: a Review. *Processes*.
- Tata Steel. (2024, januari 9). *Afschrift brief Tata Steel over voorgenomen milieuverbeteringen*. Opgehaald van Rijksoverheid: <https://open.overheid.nl/documenten/dpc-330595e35eaf61369e3250710afadd418a0b0400/pdf>
- Tata Steel Nederland. (2023). *Duurzaamheidsverslag 2022/2023*. Opgehaald van Tata Steel Nederland: <https://www.tatasteelnederland.com/sites/tatasteelnl/files/tata-steel-duurzaamheidsverslag-2022-2023.pdf>
- Tullis, S., Korabi, A., & Deeks, I. (2013). NOx Sources and Production in a Consteel Electric Arc Furnace. *A/STech 2013* (p. 8). Pittsburgh, Pa.: Association for Iron & Steel Technology.
- UNDP. (2023). *Low-carbon Technology Packages for Mini Steel Plants: A Compendium*. New Delhi: United Nations Development Programme.
- van den Acker, J., Lieten, S., & Hendrickx, B. (2019). *Milieu-effectrapport CO2-afvanginstallatie Twence Afvalverwerking*. Deventer: Witteveen en Bos.
- Veen, V., & B. (2024). *Study report Electricity infrastructure*. Beverwijk: Tata Steel Nederland (TSN).
- Zühlsdorf, B. (2023). *High -Temperature Heat Pumps, Task 1 – Technologies, Task Report*. Borås, Sweden: Heat Pump Centre.
- Zuliani, D., & Scipolo, V. (2018). *Consteel® - A Top Charge EAF Revamping Strategy for Reducing Operating Costs, Energy & Particulate Emissions while Increasing Yield & Productivity*.

Bijlagen

A1 Energiebedrijf Tata Steel (KEMA, 2010)

Het Energiebedrijf (ENB) bestaat uit een gasturbine (GT11 + AK11), 2 stoomturbines (Turbogeneratoren 1 en 2) en een aantal ketels (K15, K16, K41, K23, K24, K33, K34 en K35), georganiseerd in drie zogenaamde Centrales met ieder een specifieke taak of functie.



Figuur 0.1. Schema van de huidige configuratie van het Energiebedrijf (excl. Centrale 3)

Toelichting:

Sifa: warme lucht, die vrijkomt bij productieproces Sinterfabriek (ca. 300 000 m³/uur, 330 °C).

HOO: Hoogovens, OSF2: Oxystaalfabriek 2. K: stoomketel, AK: afgassenketel, GT: gasturbine, TG: turbo-generator.

Centrale 1

Centrale 1 heeft de volgende taken:

- Leveren van 72, 45, 15 en 0,5 barg stoom aan verschillende afnemers voor warmte- en krachtdoeleinden.
- Leveren van 15 bar(g) stoom (voor onder andere hulpwerktuigen Centrale 1, Kooksfabriek 1, demi-installatie, verpakkingen (CPP)).
- Verzorgen van stoom- en elektriciteitelandbedrijf
- Back-up stoom voor Centrale 2.
- Leveren van 62 bar(g) startstoom voor IJMond-01 en regelen van de stoomextractie van IJMond-01. IJMond-01 heeft geen black start-faciliteit.

Met eilandbedrijf wordt bedoeld, dat bij uitval van het landelijke elektriciteitsnet er een klein plaatselijk elektriciteits- en stoomnet in stand gehouden kan worden om verscheidene installaties binnen Tata Steel veilig voor mens, omgeving en installaties af te regelen. Om bovenstaande taakstellingen te realiseren heeft Centrale 1 de beschikking over een STEG-installatie, twee stoomketels en één turbo-generator. De STEG-installatie bestaat uit een gasturbine met generator (GT11) en een afgassenketel (AK11).

De drie ketels (AK11, K15 en K16) leveren 72 bar(g) stoom, die over turbo-generator TG2 wordt gereduceerd tot 15 en 0,5 bar(g), waarbij de vrijkomende energie wordt omgezet in elektrisch vermogen (zie ook Figuur 0.2). Zowel GT11 als TG1 kunnen het elektrisch eilandnet in stand houden. Ketel 11 en 15 kunnen het stoomeiland in stand houden.

Door middel van stoomreductie kan via twee stoomleidingen ook 72 bar(o) stoom van Centrale 1 worden gesuppleerd in het 45 bar(g) stoomnet van Centrale 2. Tevens bestaat de mogelijkheid 45 bar(g) stoom te betrekken van Centrale 2 en dit te reduceren tot 15 bar(g). Deze voorzieningen dienen als back-up voor beide centrales. Ook kan Oxystaalfabriek 2 stoom leveren aan het 15 bar(o) stoomnet¹⁶.

Parallel aan turbogenerator 2 zijn stoomreductoren opgesteld om tijdens stilstand van een turbogenerator het 15 bar(o) stoomnet te kunnen voeden. In de Windmachinehal van Centrale 1 staat een diesलगenerator (Huisgenerator 12) opgesteld, die dient om de regeltechnische installaties van Centrale 1, Demineralisatie en Kookgasfabriek 1 en een deel van het Energieverdeelsstation bij uitval van het elektriciteitsnet van noodstroom te kunnen voorzien.

In Centrale 1 staat een noodluchtcompressor opgesteld die bij een storing in het algemene luchtnet de afdeling Centrale van instrumentenlucht kan voorzien.

Centrale 2

Centrale 2 heeft als hoofdtaak het leveren van blaaswind aan de Hoogovens. Door middel van 45 bar(o) stoom worden de turbocompressoren, “windmachines” genoemd, aangedreven. Deze windmachines leveren blaaswind voor de Hoogovens 6/7 via een windverdeelsstuk, waardoor diverse combinaties van verschillende machines per oven mogelijk zijn. Voor de verrijking van deze blaaswind wordt zuurstof geïnjecteerd.

Tevens levert Centrale 2 proces- en verwarmingsstoom aan Kookgasfabriek 2, OSF2 (45 bar(g) stoom) en Hoogovens 6/7 (15 bar(g) stoom).

Teneinde deze taakstelling te realiseren heeft Centrale 2 de beschikking over de stoomketels K23, K24 en K41 en vier windmachines (WM 24 t/m 27), waarvan er 3 met stoom (45 bar(g)) worden aangedreven en 1 elektrisch wordt aangedreven. De ketels 23 en 24 kunnen het stoomeiland in bedrijf houden.

In de nabijheid van Centrale 2 staan twee hoogovengas expansie-turbines (HET) met daaraan gekoppelde generatoren opgesteld (HET 6 en 7). Het hoogovengas, wat bij uittrede van de hoogoven een druk heeft van 1,5 bar(g) (HO6) tot 2,2 bar(g) (HO7), wordt door middel van deze turbines geëxpandeerd tot een netdruk van circa 0,1 bar(g). De energie die hierbij vrijkomt wordt zo omgezet in elektrisch vermogen (20 MW_e).

Ten behoeve van de persluchtvoorziening is één turbo-persluchtcompressor (TLC24) opgesteld. Nabij Centrale 2 staan tevens twee aardgasmotor gedreven noodluchtcompressoren opgesteld, die bij een storing in het algemene luchtnet de afdelingen Centrale 2 en Hoogovens van instrumentenlucht kunnen voorzien. Voor het injecteren van poederkool wordt gebruik gemaakt van transportlucht met een druk van 16 bar. Hiervoor wordt perslucht uit ZuFa4 (LindeGas) gebruikt en back-up staan er in Centrale 2 drie opjaagcompressoren opgesteld die de druk van 7 naar 16 bar brengen. Tevens staat een diesलगenerator (Huisgenerator 22) opgesteld, die dient om de regeltechnische installaties van Centrale 2 en een deel van het Energieverdeelsstation bij uitval van het elektriciteitsnet van noodstroom te kunnen voorzien.

¹⁶

Centrale 3

Voor stoomlevering staan in Centrale 3, drie op aardgasgestookte stoomketels opgesteld: K33, K34 en K35. Centrale 3 is opgesteld in de omgeving van de Koudbandwalserij en wordt uitsluitend op aardgas bedreven, omdat hier geen productiegasleidingen aanwezig zijn.

Stoom vanuit Centrale 3 wordt geleverd aan: Koudbandwalserij 2, Dompelverzinklijn en indien noodzakelijk aan de Verflijn. De stoomketel van de Verflijn die wordt gestookt op verfdampen kan ook leveren aan Centrale 3, die dit dan weer verder distribueert naar de afnemers. Normaal is de situatie zo dat de Verflijn en ketel 35 stoom kunnen leveren, waarbij de voorkeursregeling zo is gebouwd dat eerst de Verflijn en als laatste ketel 35 levert.

Stoomsysteem

In is een overzicht gegeven van de capaciteiten van de verschillende in voorgaande paragrafen benoemde ketels.

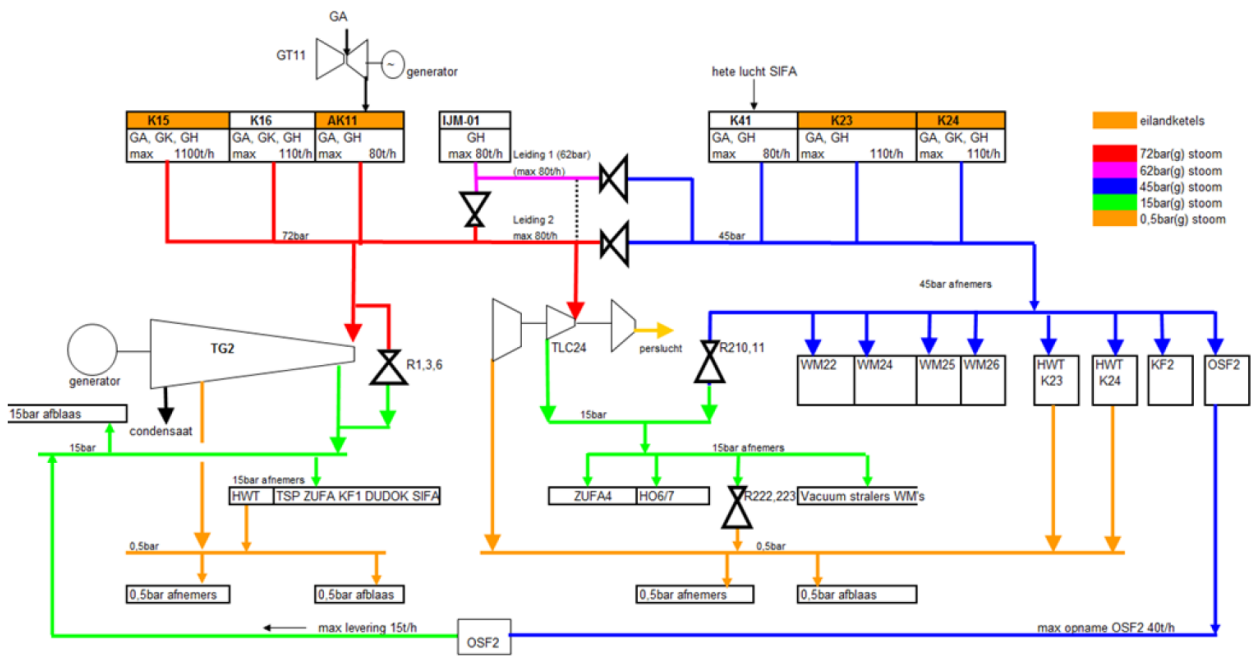
Tabel 0.1. Overzicht vermogens van de ketels en turbines opgenomen in de Centrales 1 – 3.

	MW _{th}	MW _e	Maximale productie	Stoom kwaliteit		Maximale productie	Stoom kwaliteit	
			ton stoom/uur	druk (barg)	T (°C)	ton stoom/uur	druk (barg)	T (°C)
Centrale 1								
TG1	-	12,6	90	15	350	20	0,5	175
TG2	-	14,5	105	15	350	20	0,5	175
K15	96,4	-	110	72	505	-		
K16	96,4	-	110	72	505	-		
STEG 11	85	13,1	80	72	505	-		
	278	13,1	195 ¹⁷	15		40	0,5	175
Centrale 2								
K41	56	-	80	45	465	-		
K23	96,2	-	110	45	465	-		
K24	93,1	-	110	45	465	-		
totaal	245	-	300			-		
Centrale 3								
K33	-		12	10	185			
K34	-		12	10	185			

¹⁷ Een deel van de stoom van 72 bar(g) wordt volledig geëxpandeerd. De opgegeven totale hoeveelheid betreft het deel van de op 72 bar(g) geproduceerde stoom dat wordt afgetapt op 15 bar(g) en de op de druk van 15 bar(g) geproduceerde stoom.

K35	-	12	10	185			
totaal	45	36					

Een blokdiagram van het stoomsysteem is opgenomen in Figuur 0.2.



Figuur 0.2. Blokdiagram stoomsysteem
WM = windmachine

A2 Beschrijving processturing vlamboogoven en secundaire metallurgie

Dit document is een vertaald hoofdstuk uit het interne document van Tata Steel genaamd J49104 14, rev 02 - Process description EAF/Consteel, van 11/07/2024.

Vlamboogoven en Consteel systeem - fundamentele procesregelloogica

De belangrijkste besturingslogica die op het EAF-proces werkt, is gericht op het handhaven van een stabiel temperatuurniveau van het gesmolten bad gedurende de gehele laad- en smeltfase.

De procesbesturingslogica.

1. Initialisatiefase – invoerparameters

Stel het doeltapgewicht in volgens het productieschema van de fabriek.

Stel de vereiste metaalladingsstroomsnelheid dienovereenkomstig in.

Invoer naar het PCS (Process Control System): elektrische instelpunten, chemische instelpunten en beoogde specifieke energie als functie van het metallische ladingspercentage.

2. Laad- en smeltfase

Start laadfase: stel de gewenste Consteel transportband oscillatiefrequentie en/of de beoogde DRI/HBI stroomsnelheid in.

Start smeltfase: stroom AAN met elektrische en chemische SP (Set Point) bij 0% metaallading.

3. Materiaal invoerregeling

De PCS regelt de stroomsnelheid van schroot via Consteel en DRI via MHS op basis van de beoogde specifieke energie. De PCS-regelkring combineert:

- Continue meting van gewicht, gegeven door EAF-weegcellen.
- Continue meting van het schrootvolume op de transportband, gegeven door het schrootvolgsysteem.
- HBI/DRI-stroomsnelheid geleverd door MH.
- Werkelijke elektrische en chemische vermogensinvoer.

PCS berekent onmiddellijk specifieke energie die aan de oven wordt gegeven en past de metaalladingsstroomsnelheid dienovereenkomstig aan. Op deze manier wordt een soepel temperatuurprofiel gedurende de smeltfase gegarandeerd.

4. Oververhittingsregeling

Zodra de laadfase is voltooid, begint de oververhittingsfase. Zolang er geen materiaal meer in de oven wordt toegevoegd, zal de specifieke energie toenemen en de belangrijkste controleparameters worden voor de verdere bewerkingen (ontslakken, bemonstering, uiteindelijk ontkoling). Vanaf nu zijn alle PCS-parameters gebaseerd op de specifieke energie die aan het vloeibare staal wordt gegeven.

De temperatuurwaarde wordt continu bewaakt, zodat de energietoevoer wordt gestopt zodra de doeltemperatuur voor het aftappen is bereikt.

5. Tappen en omkeren

Nadat de tapcondities zijn bereikt, wordt het vloeibare staal in de lege gietpan afgetapt.

Het Consteel® systeem is uitgerust met TAT (Tenova auto tapping) technologie die de tapvolgorde beheert: eerst wordt de EBT geopend door de onderste klep te draaien, vervolgens wordt de EAF progressief gekanteld op basis van het gewicht van de gietlepelwagen. Zodra 15% van het gewicht is bereikt, wordt de eerste sleuf met legeringen in de gietlepel gelost (killers en slakvormers) en nadat 30%

van het gewicht is bereikt, worden de ferro-legeringen gelost. Het tappen eindigt met de snelle terugkeer van de oven nadat de gietlepel het gewenste gewicht heeft bereikt.

De EAF is nu klaar voor de omkeerprocedure: schuren van de EBT, horizontale positie en aan-/uitschakelaar.

A3 Kosten-Baten Analyse warmtevoorziening - KBA volgens EED-richtlijn artikel 14 (versie 31 maart 2023)

A3.1 Inleiding

Bij de realisatie van projecten met een geplande thermische capaciteit van significante capaciteit, vereist de Energie-efficiëntierichtlijn (EED, zie § A3.2) vaak het uitvoeren van een kosten-batenanalyse (KBA). Dit moet vaststellen of:

- Hoogrendement warmtekrachtkoppeling kosteneffectief is
- Of aansluiting op (stads)verwarming en -koeling (netwerk) kosteneffectief is

In deze bijlage wordt in § A3.2 de wettelijke KBA-verplichtingen uit de EED beschreven: wanneer is het verplicht en waaraan moet de KBA voldoen?

Vervolgens wordt in § A3.3 besproken of het Heracless project (WP's zoals hieronder weergegeven) een dergelijke KBA vereist. Het blijkt dat dit inderdaad verplicht is.

Tot slot wordt in § A3.4 ingegaan op de vraag of is voorzien dat het uitvoeren van een KBA zal leiden tot een vergunningsvrije situatie. Als dit het geval is, wordt ingegaan op welke wijzigingen moeten worden doorgevoerd om te weten hoe tot een vergunningsvrije situatie kan worden gekomen.

A3.2 Wettelijk kader

Deze paragraaf beschrijft het wettelijk kader. Deze bestaat uit een Europese richtlijn (§ A3.2.1) en de Nederlandse implementatie ervan (§ A3.2.2).

A3.2.1 De Europese richtlijn energie-efficiëntie (EED)

Artikel 14 van de richtlijn energie-efficiëntie (EED) vereist dat lidstaten van de Europese Unie (EU) beleid implementeren om efficiënte verwarming, koeling en WKK te bevorderen. Deze richtlijn uit 2012, zoals gewijzigd in 2018, stelt regels en verplichtingen vast voor het behalen van de energie-efficiëntiedoelstellingen van de EU voor 2020 en 2030. EU-lidstaten hebben dit geïmplementeerd in nationale wetgeving.

A3.2.2 De Nederlandse implementatie van de EED

Nederland heeft de verplichting tot het uitvoeren van een kosten-batenanalyse die volgt uit artikel 14(5) van deze richtlijn geïmplementeerd in paragraaf 5.2.3. van het Besluit activiteiten leefomgeving. Artikel 5.7g en artikel 5.7h van het Besluit activiteiten leefomgeving schrijven voor wanneer exploitanten van installaties een kosten-batenanalyse moeten uitvoeren:

- a. Als een stookinstallatie met een totaal nominaal thermisch ingangsvermogen van meer dan 20 MW wordt opgericht of ingrijpend wordt gerenoveerd;
- b. Als een warmtenet of een koudenet wordt opgericht of ingrijpend wordt gerenoveerd;
- c. Als een stookinstallatie met een totaal nominaal thermisch ingangsvermogen van meer dan 20 MW in een warmtenet of een koudenet wordt opgericht of ingrijpend wordt gerenoveerd.

Art. 5.7i Bal stelt dat de kosten-batenanalyse wordt uitgevoerd volgens de beginselen, bedoeld in deel 2 van bijlage IX bij de richtlijn energie-efficiëntie (dit is richtlijn 2023/1791 EU) en dat op het berekenen van de kosten en baten de bij ministeriële regeling gestelde regels van toepassing zijn.

A3.3 Is een KBA verplicht voor Heracless?

In deze paragraaf wordt de vraag beantwoord: 'Vallen de activiteiten van Heracless binnen de reikwijdte van de EED en vereisen ze wettelijk een KBA?' Sectie A3.3.1 bevat de analyse en sectie A3.2.2 bevat de conclusie dat de activiteiten van Heracless inderdaad een KBA vereisen.

A3.3.1 Analyse

Om de vraag te beantwoorden "Is Tata Steel wettelijk verplicht om een KBA uit te voeren?", wordt getest aan de voorwaarden gegeven in artikel 5.7i van het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal):

1. Met het oog op het doelmatig gebruik van energie wordt een kosten-batenanalyse uitgevoerd als een stookinstallatie met een totaal nominaal thermisch ingangsvermogen van meer dan 20 MW:
 - a. wordt opgericht, om de kosten en baten te berekenen van de werking van die stookinstallatie als een hoogrenderende warmtekrachtkoppelingsinstallatie als bedoeld in artikel 2, onder 34, van de richtlijn energie-efficiëntie; **of**
 - *Het procesfornuis van de DRI-fabriek heeft een vermogen van > 20 MW_{th}. Daarmee is deze regel van toepassing, er zal dus een KBA naar Hoogrendement warmtekrachtkoppeling uitgevoerd moeten worden.*
 - b. ingrijpend wordt gerenoveerd als bedoeld in artikel 2, onder 44, van de richtlijn energie-efficiëntie, om de kosten en baten te berekenen van het ombouwen van die stookinstallatie tot een hoogrenderende warmtekrachtkoppelingsinstallatie als bedoeld in artikel 2, onder 34, van de richtlijn energie-efficiëntie.
 - *Dit is niet van toepassing. Er is geen bestaande elektriciteitscentrale binnen Heracless. Er zijn verschillende stoomketels en een stoomturbine op de Tata Steellocatie, echter vallen deze buiten de huidige reikwijdte. De betreffende installaties zijn twee elektriciteitscentrales: Velsen 24 en 25 (buiten Tata Steel) en de WKK IJmond 1 (binnen de Tata Steelfaciliteit) waar hoogovengas wordt verwerkt.*
2. Als de stookinstallatie, bedoeld in het eerste lid, restwarmte op een bruikbare temperatuur genereert, worden ook de kosten en baten berekend van:
 - a. het gebruik van restwarmte om te voldoen aan een economisch aantoonbare vraag naar warmte als bedoeld in artikel 2, onder 31, van de richtlijn energie-efficiëntie; **en**
 - b. de aansluiting van die stookinstallatie op een warmtenet of een koudenet.
 - *Aangezien er wordt voldaan aan lid 1a. moet er ook een KBA naar het voldoen aan een economisch aantoonbare vraag en aansluiting op een warmtenet of koudenet worden uitgevoerd.*

A3.3.2 Conclusie

De analyse in paragraaf A3.3.1 laat zien dat er een KBA moet worden uitgevoerd. De KBA betreft de volgende onderwerpen:

- Hoogrendement warmtekrachtkoppeling (1a)
- Voldoen aan een economisch aantoonbare vraag (2a)
- Aansluiting op (stads)verwarming en -koeling (netwerk) (2b)

A3.4 Showstopperanalyse

In deze paragraaf wordt geanalyseerd of het uitvoeren van een kosten-batenanalyse (KBA) naar verwachting leidt tot een 'showstopper', een situatie waarvoor geen milieuvergunning kan worden verkregen.

- §4.4.1 bespreekt de relatie tussen BBT en de KBA.
- §4.4.2 gaat in op de niveaus van showstoppers zoals gedefinieerd binnen Heracless.
- §4.4.3 geeft de analyse welke niveaus van showstoppers relevant zijn voor de KBA en welke daadwerkelijke showstoppers worden voorzien.

A3.4.1 KBA & BBT

De KBA verschilt van veel andere milieustudies die moeten worden uitgevoerd voor een milieuvergunningsaanvraag. Er vindt geen toetsing plaats aan grenswaarden zoals bijvoorbeeld emissie- of immissienormen. De KBA is het nauwst verbonden met de BBT-energietoets. De BBT-beoordeling bepaalt of de meest energiezuinige processen worden toegepast en bekijkt ook of er maximaal gebruik wordt gemaakt van restwarmte. De relevante BREF's en de BBT-conclusies vermelden specifiek (niet-uitputtende lijst):

- BAT-conclusies IS voor ijzer- en staalproductie (Iron and Steel): Om het thermische energieverbruik te verminderen door restwarmte uit processen terug te winnen, stoom- en warmtebeheer te optimaliseren en procesgeïntegreerd hergebruik van voelbare warmte zoveel mogelijk toe te passen.
- BAT-conclusies LCP voor grote stookinstallaties (Large Combustion Plants): Gebruik een combinatie van technieken om de energie-efficiëntie van verbrandings-, vergassings- en/of IGCC-eenheden te verhogen: WKK (1.4.i), warmteaccumulatie (1.4.l) en minimalisatie van warmteverliezen (1.4.p).
- BREF (ENE) voor energie-efficiëntie (Energy Efficiency), hoofdstuk 4 (niet-uitputtende lijst):
 - BAT is om kansen te identificeren om energierugwinning binnen de installatie, tussen systemen binnen de installatie en/of met een derde partij te optimaliseren (BAT 6).
 - BAT is om energie-efficiëntie te optimaliseren bij het plannen van een nieuwe installatie, eenheid of systeem (BAT 10).
 - BBT is het zoeken naar mogelijkheden voor warmtekrachtkoppeling, binnen en/of buiten de installaties (met een derde partij) (BBT 20).

Uit bovenstaand overzicht blijkt dat het BBT is om optimale warmte-integratie toe te passen en indien mogelijk WKK toe te passen. De BBT-methodiek uit de IPPC-richtlijn betreft vooral de mogelijkheden binnen de installatie. Hoewel er mogelijkheden met partijen buiten de installatie worden genoemd, valt dit formeel niet onder de IPPC-richtlijn. In plaats daarvan gaat de KBA over de potentie voor warmte-uitwisseling met de omgeving.

BBT – KBA – kosteneffectiviteit

De naam 'Kosten-batenanalyse' wekt vaak verwarring. De naam suggereert dat het een brede studie is van kosten en baten. Dat is het echter niet: het gaat alleen over (1) de mogelijke toepassing van WKK en (2) mogelijke restwarmte- of koude-uitwisseling met de omgeving.

Voor de volledigheid wordt hieronder kort vermeld hoe de term 'BBT' moet worden geïnterpreteerd binnen het kader van de IED.

Als een techniek al als BBT voor een bepaalde sector of activiteit is beoordeeld in een Europese (of Nederlandse) BBT-studie, wordt deze in principe als economisch haalbaar beschouwd voor het gemiddelde bedrijf dat binnen de scope van de BBT-studie valt. Een specifieke (slechte) economische situatie vormt doorgaans geen argument om af te wijken van conclusies over BBT die op sectorale basis zijn vastgesteld. Afwijking is mogelijk als kan worden aangetoond dat de kosten buitensporig hoog zijn in verhouding tot de milieubaten en dat dit het gevolg is van een specifieke (niet-standaard) technische situatie, geografische ligging of lokale milieumomstandigheden. In situaties waarin een installatie volledig nieuw wordt gebouwd, is er geen ruimte voor de kosteneffectiviteitsmethode. Het bevoegd gezag mag echter de methodologie voor het beoordelen van kosteneffectiviteit toepassen als toepasselijke BBT-conclusies verouderd zijn of als lokale overwegingen gerechtvaardigd zijn.

Voor Heracless wordt dus in principe geen kosteneffectiviteitstoets toegepast, maar het bevoegd gezag kan deze wel toestaan als het de BBT-conclusies verouderd of een lokale overweging gerechtvaardigd vindt.

A3.4.2 Showstoppers niveaus 1, 2 en 3

Voordat milieustudies die horen bij de vergunningaanvraag daadwerkelijk worden uitgevoerd, wordt binnen Heracless eerst een 'showstopperstudie' uitgevoerd. Dit geldt voor alle milieucapartimenten. Daarom voeren we deze ook uit voor de KBA.

Binnen Heracless zijn drie niveaus van 'showstoppers' gedefinieerd:

- Showstopper niveau 1: Voldoet de (deel)installatie aan de best beschikbare technieken qua milieuhygiënisch verantwoord ontwerp en dus ook aan emissie-eisen?
- Showstopper niveau 2: Voldoet het (deel)ontwerp aan de immissie-eisen / wettelijke normen voor milieueffecten?
- Showstopper niveau 3: Voldoet de gehele assemblage van installaties van Heracless aan de immissie-eisen / wettelijke normen voor milieueffecten?

Naast de drie niveaus showstoppers onderscheidt Heracless vijf fasen in de realisatie:

- Voorbereidingsfase;
- Aanlegfase;
- Transitiefase;
- Operationele fase met aardgas (aardgasscenario);
- Operationele fase met waterstof (waterstofscenario).

In de volgende paragraaf identificeren we welke van de showstoppers en fasen relevant zijn voor de KBA.

A3.4.3 Kosten-batenanalyse

Showstopper niveau 1

Dit betreft vooral de toepassing van BBT en wordt besproken in de Showstopper analyse BBT-beoordeling. Alleen de beoordeling of hoogrenderende WKK haalbaar is, is relevant voor de KBA: zie § A3.4.1.

Showstopper niveau 2

Dit betreft alleen BBT en wordt besproken in de Showstopper analyse BBT-beoordeling.

Showstopper niveau 3

Dit is het meest relevant voor de beoordeling van de mogelijkheid om restwarmte te leveren of te gebruiken: zie § 4.3.3.

Fasen

Gezien de huidige scope zijn de operationele fasen het meest relevant.
In de volgende subparagrafen bespreken we de vier onderdelen van de KBA.

Bedrijfsuren

Elektriciteitscentrales als noodvoorziening en voor piekverbruik, die minder dan 1.500 uur per jaar draaien, zijn vrijgesteld van het uitvoeren van een KBA (artikel 5(2b)). Deze vrijstelling is niet relevant voor Heracless.

Hoogrenderende warmtekrachtkoppeling

Uit § A3.3 blijkt dat een KBA uitgevoerd moest worden, inclusief een beoordeling van de mogelijkheden voor hoogrenderende warmtekrachtkoppeling (HE-WKK).

In veel gevallen was HE-WKK in Nederland geen rendabele technologie. Uit het document 'Voorlopige analyse bij kosten-batenanalyse - EED artikel 14' en de onderliggende studie van adviesbureau CE-Delft volgt dat een WKK alleen interessant is als deze flexibel inzetbaar is (dat wil zeggen: elektriciteitsproductie gestuurd) (Hers et al., 2015). Deze flexibiliteit zal naar verwachting steeds belangrijker worden naarmate er meer hernieuwbare bronnen worden gebruikt voor de elektriciteitsvoorziening. Deze bronnen zijn immers vaak niet continu (Kosten-batenanalyse Warmtevoorziening EED, n.d.).

Flexibiliteit is echter onmogelijk in een 24/7 productie-installatie als Heracless waar processen continu zijn en een continue warmtevraag hebben. Een flexibele bedrijfsvoering kan dan alleen worden gerealiseerd door een dubbel systeem met een volledige back-up voor warmte.

Mogelijke technische invulling

In het ontwerp van de DRI-fabriek zou een warmte-krachtkoppeling kunnen worden geïmplementeerd door een gasturbine 'voor te schakelen' bij het procesfornuis door de hete rookgassen van de gasturbine te gebruiken als verbrandingslucht in het procesfornuis. De gasturbine zou op die manier én elektriciteit én proceswarmte leveren aan het fornuis.

De door de gasturbine geleverde proceswarmte zou niet voldoende groot zijn om de hele warmtevraag van het fornuis te dekken en zou ook een onvoldoende hoge temperatuur hebben in vergelijking met de temperatuur van de door het procesfornuis te leveren warmte (400 – 600 °C voor rookgassen van de gasturbine, > 940 °C voor de door het procesfornuis te leveren warmte). Door de rookgassen van de gasturbine te gebruiken als verbrandingslucht zou extra warmte kunnen worden toegevoerd en zou de temperatuur van de warmte kunnen worden verhoogd tot voor het procesfornuis benodigde waarden.

Om voldoende flexibel te zijn zou een aeroderivatieve gasturbine met korte opstarttijd en hoge regelsnelheid nodig zijn.

De turbine zou daarnaast zowel op aardgas als op een gasmengsel met een hoog volume aan waterstof moeten kunnen opereren om te kunnen worden ingezet in zowel aardgasscenario als waterstofscenario.

Er zijn gasturbines met kleine tot middelgrote vermogens (5 – 100 MW_e) van producenten als bijvoorbeeld GE en Siemens, die aan deze eisen kunnen voldoen en waarmee ervaring is opgedaan met inzet van kooksofengas en waterstofrijk raffinaderijgas¹⁸.

Het nadeel van integratie van een gasturbine in het procesfornuis is dat terugwinnen van warmte uit rookgassen voor het voorverwarmen van verbrandingslucht – zoals in het voorgenoemde ontwerp is voorzien – beperkt wordt of wegvalt waardoor het ketelrendement afneemt.

De mate waarin dit het geval is hangt af van het thermische vermogen dat door de gasturbine wordt geleverd, de hoeveelheid rookgassen die door de gasturbine wordt geleverd en de additionele hoeveelheid verbrandingslucht die nog nodig is.

Op zich kan warmte, die niet kan worden hergebruikt voor verbrandingslucht voorverwarmen worden gebruikt voor productie van heet water of lagedruk stoom in een externe economizer.

Daarnaast is het onduidelijk of flexibele bedrijfsvoering van de gasturbine combineerbaar is met een continu bedrijf van het procesfornuis. In- en uitschakelen van de gasturbine leidt tot verandering van de warmtebalans over het procesfornuis.

De DRI-fabriek blijkt in de praktijk gevoelig voor variaties in procescondities en er is een risico dat variaties in bedrijfsvoering van het procesfornuis leidt tot storingen van het hoofdproces. Omdat er – voor zover Haskoning bekend – nog geen enkele DRI-fabriek is waar een gasturbine met elektriciteitsproductie gestuurde bedrijfsvoering wordt toegepast is niet in te schatten in hoeverre dit risico relevant is.

Mogelijk hangen de risico's ook af van de relatieve bijdrage van de gasturbine aan de totale warmtetoevoer van het procesfornuis¹⁹, maar met gebrek aan ervaringen is hierover geen uitspraak te doen.

KBA

De mogelijkheid van warmteopwekking met een gasturbine moet worden beoordeeld. De leidraad van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) beschouwt een HR-WKK als potentieel rendabel wanneer: $P_{el} > a \times P_{gas} + b \times P_{CO_2} + c$ waar is. Voor een nieuw te bouwen gasturbine zijn de factoren a, b en c respectievelijk 1,29, 0,24 en 33,0.

Als de elektriciteit voornamelijk voor eigen bedrijf is, moet de elektriciteitsprijs P_{el} met 8% worden verhoogd. Aangezien de vraag naar elektriciteit bij Tata Steel groter zal zijn dan de som van eigen productie en productie op basis van productiegassen bij Vattenfall is ervan uitgegaan dat de in de WKK-installatie voornamelijk voor eigen bedrijf zal zijn.

Door Tata Steel is aangegeven dat in bedrijfseconomische evaluaties voor de prijzen voor elektriciteit, aardgas en CO₂ in 2030 (het jaar dat de nieuwe installaties volledig operationeel zullen zijn) respectievelijk € 88,70/MWh_e, € 28,50/MWh_{HHV} aardgas en 114,13/ton CO₂ worden aangehouden. De prijs voor aardgas per eenheid in calorische onderwaarde kan als volgt berekend worden:

¹⁸ Zie bijvoorbeeld GE Vernova's LM6000VELOX gasturbine, GE Vernova's LM2500 gasturbine, en de SGT-200, SGT-A65, SGT-A45 en SGT-A35 gasturbine modellen van Siemens. De inventarisatie is niet uitputtend.

¹⁹ Een LM6000VELOX gasturbine zou – bij gebruik van aardgas als brandstof – ongeveer 20% van de aan het procesfornuis toe te voeren warmte (circa 340 MW_{th}) kunnen verzorgen.

$\text{€}28,50 * \frac{47,65 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}}{52,55 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} = \text{€}25,70$. Wanneer ervan uitgegaan wordt dat elektriciteit voornamelijk door Heracless wordt gebruikt dan geldt het volgende:

$$1,08 P_{el} > a P_{gas} + b P_{CO2} + c \rightarrow 1,08 \times 88,70 > 1,29 \times 25,70 + 0,24 \times 114,13 + 33,0 = 93 > 97 \rightarrow \text{FALSE}$$

Uit bovenstaande vergelijking blijkt dat WKK in dit geval niet als potentieel rendabel beschouwd wordt.

Technische beperkingen en onzekerheden

Zoals aangegeven in de subparagraaf “Mogelijke technische invulling” is er een onbekend risico gerelateerd aan het voorschakelen van een gasturbine voor het procesfornuis:

- In- en uitschakelen van de voor het fornuis voorgeschakelde gasturbine leidt tot verandering van de warmtebalans over het procesfornuis.
- De DRI-fabriek blijkt in de praktijk gevoelig voor variaties in procescondities (ervaringen Nucor Steel Louisiana).
- Er is een risico dat variaties in bedrijfsvoering van het procesfornuis leiden tot storingen van het hoofdproces.
- Omdat er – voor zover bekend – nog geen enkele DRI-fabriek is waar een gasturbine met elektriciteitsproductie gestuurde bedrijfsvoering wordt toegepast is niet in te schatten in hoeverre dit risico relevant is.

Conclusie

De WKK-configuratie is:

- volgens de Nederlandse implementatie van de EED niet rendabel.
- geeft een onbekend risico voor het adequaat functioneren van het procesfornuis van de DRI-fabriek.

A3.5 Voldoen aan een economisch aantoonbare vraag & aansluiting op een (stads)verwarming en -koeling(netwerk)

Een KBA met betrekking tot verwarming en koeling bestaat uit de volgende stappen

- Een analyse van de hoeveelheid en temperatuur van de beschikbare restwarmte.
- Een inventarisatie van de aanwezigheid van nabijgelegen warmtenetten die kunnen worden aangesloten en de technische mogelijkheid om dit te doen.
- Beschikbare capaciteit op een geschikt warmtenet.
- De organisatorische, juridische en economische haalbaarheid van het leveren van warmte aan een nabijgelegen warmtenet.

Als deze analyse aantoont dat toepassing van externe warmtelevering een interessante optie is, moet voor deze optie een volledige KBA worden uitgevoerd.

Eerst on-site warmte-optimalisatie. Vervolgens off-site warmtelevering

Zoals al vermeld in §4.1, is het BBT om de energie-efficiëntie van de volledige installatie te optimaliseren. Pas na de volledige on-site warmte-optimalisatie (niet alleen WP500 en WP600, maar ook alle andere installaties) kan de eerste stap van de KBA worden uitgevoerd, namelijk bepalen hoeveel restwarmte van welke temperatuur beschikbaar zou zijn voor off-site levering. Dit kan resulteren in een Showstopper level 3.

Warmtenetten in de buurt

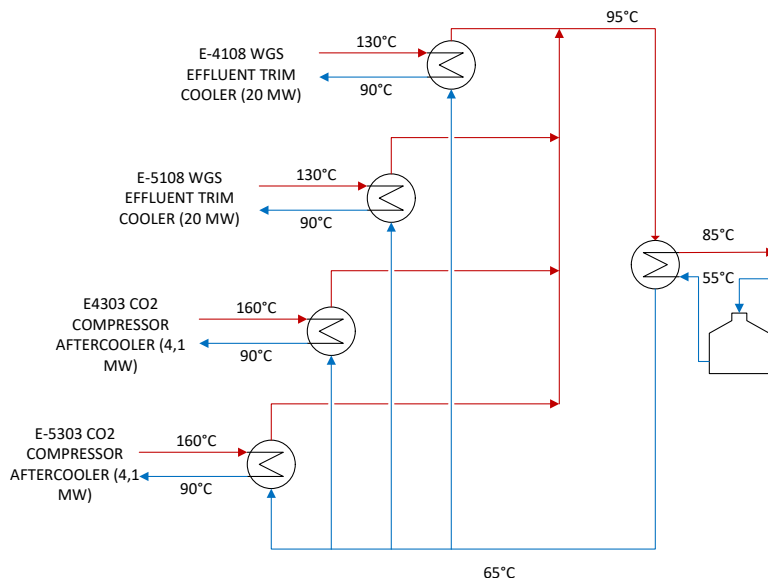
Om vooruit te blikken op het mogelijke optreden van een Showstopper level 3, kunnen we alvast kort ingaan op stap 2 van bovenstaande lijst. We zijn ervan uitgegaan dat de restwarmtetemperatuur relatief laag is door optimale on-site warmte-integratie (dit is BBT). Levering van restwarmte op relatief lage temperatuur (laten we zeggen $< 130^{\circ}\text{C}$, wat door Tata Steel als redelijke referentie wordt bevestigd) is vrijwel alleen zinvol voor warmtenetten binnen de gebouwde omgeving. Uit de Heat Atlas, www.warmtenetwerk.nl blijkt dat dergelijke warmtenetten niet in de directe omgeving aanwezig zijn. Omdat bij een KBA de kosten voor warmtetransportleidingen een grote bijdrage leveren aan de totale projectkosten, blijkt levering aan een verre klant zelden rendabel.

De afgelopen jaren is een plan ontwikkeld voor een warmtenet in IJmond. Warmte zou worden geleverd door Tata Steel en een geothermische bron van onder andere Floricultura. In 2020 heeft Tata Steel besloten de samenwerking voorlopig op te schorten.

Onderzocht kan worden of nabijgelegen bedrijven restwarmte kunnen gebruiken. Hierbij valt te denken aan papierfabriek Crown van Gelder en ENCI. Dit zou kunnen gebeuren na onderzoek naar warmtegebruik binnen Heracless (BAT) en warmte buiten Heracless maar binnen Tata Steel.

Warmteleveringsgereed

Ook als blijkt dat er nu geen rendabele toepassing is voor restwarmte, kan deze situatie in de toekomst veranderen. Dit kan door in het huidige ontwerp ruimte te reserveren voor de plaatsing van warmtewisselaars die nodig zijn voor eventuele externe warmtelevering in de toekomst. Realisatie zal moeten plaatsvinden tijdens een geplande onderhoudsstop.



Figuur 0.3. Voorbeeld van een vereenvoudigd afvalwarmteleveringsschema (overgenomen uit Everest-concept-KBA, 2021)

Conclusie

Externe restwarmtelevering is waarschijnlijk niet kosteneffectief en niet verplicht. Op dit moment is niet te bepalen hoeveel restwarmte en welk temperatuurniveau buiten Heracless geleverd kan worden. Optimale warmte-integratie binnen Heracless en binnen Tata Steel moet eerst gerealiseerd worden, aangezien dit BBT is.

A3.6 Conclusies over showstoppers

De EED en de Nederlandse regelgeving ter uitvoering van artikel 14 daarvan vereisen dat er een kosten-batenanalyse (KBA) wordt uitgevoerd om te onderzoeken of WKK mogelijk is en/of restwarmte kan worden benut (import of export). De Nederlandse regelgeving staat hiervoor ook een verkorte 'voorlopige KBA' toe.

De showstopperanalyse voor de werkpakketten DRI-fabriek en vlamboogoven laat zien dat er vooralsnog geen showstoppers uit de genoemde wet- en regelgeving naar voren komen met betrekking tot het verkrijgen van een milieuvergunning.

De analyse van restwarmteafvoer kan pas volledig worden uitgevoerd wanneer de warmte-integratie ter plaatse is geoptimaliseerd (dit is BBT). Het is van belang bij de uitwerking van de volgende werkpakketten te blijven toetsen aan deze wet- en regelgeving en in de ontwerpen rekening te houden met mogelijke toekomstige levering van restwarmte.

A4 Analyse McDermott

Onderstaande tekst is afkomstig van een notitie van McDermott met redactionele aanpassing door Haskoning.

A4.1 INTRODUCTION

Tata Steel Nederland decided in September 2021 to invest in assets to produce hot metal with hydrogen and electricity, in order to reduce the CO₂ emissions significantly.

The objective of the project is to enable the decarbonization by reducing carbon as source material through realisation of a Direct Reduced Iron Plant (DRP) in combination with Reducing Electrical Furnaces (REF). The DRP/REF plant shall enable the closure of a Blast Furnace 7 (BF7) and Coke & Gas Plant 2 (CGP2). The DRP/REF plant shall have minimum impact on the configuration of the Tata Steel IJmuiden site, in particular the Basic Oxygen Steel Plant 2 (BOS2) and the Pellet Plant (PEFA).

According to the current DRP design by OEM Danieli (rev 6 of the PFD's) around a total of 480 MW of waste heat is released to the environment for the 2 DRP's. To follow the Tata Steel IJmuiden philosophy to become more sustainable and improve the energy efficiency, a design option where the kinetic energy from the tail gas is recovered before it is burned in the process gas heater has been evaluated, while Danieli continues with their current design to minimise the impact on the overall project schedule.

This study report describes a waste energy recovery design and economic evaluation, as per the requirements of the EED and as per the requirements of Tata Steel IJmuiden for the implementation of energy efficiency measures ('energiebesparingsplicht').

A4.2 Current situation

In the current DRP design a fraction (so called tail gas) of the circulating process gas needs to be purged to control the build-up of inert gas, tail gas is used as fuel for the process gas heater. According to the current design, this tail gas is split off from the main PG stream upstream the process gas compressor, the pressure is 6.1 barg. Due to the presence of sulphur in the gas it is being considered to relocate the tail gas branch off downstream the Process Gas Compressor and the CO₂ removal plant. At that alternative location the tail gas has a pressure of 10.7 barg. In current tail gas branch off location the pressure is too low for any kinetic energy recovery, for this study the alternative tail gas branch off is used.

A4.3 Option considered for kinetic energy recovery

To increase the energy efficiency of the DRP the option of kinetic energy recovery from the tail gas has been considered. By combining the two tail gas streams (one from each DRP) and route it through a single turbo-expander/ power generator, electricity can be produced using the kinetic energy of the tail gas, lowering the tail gas pressure from 10.7 barg to around 2 barg. The drop in pressure results also in a reduction of the tail gas temperature, which means slightly more fuel needs to be burned in the PG heater to get the same PG outlet temperature.

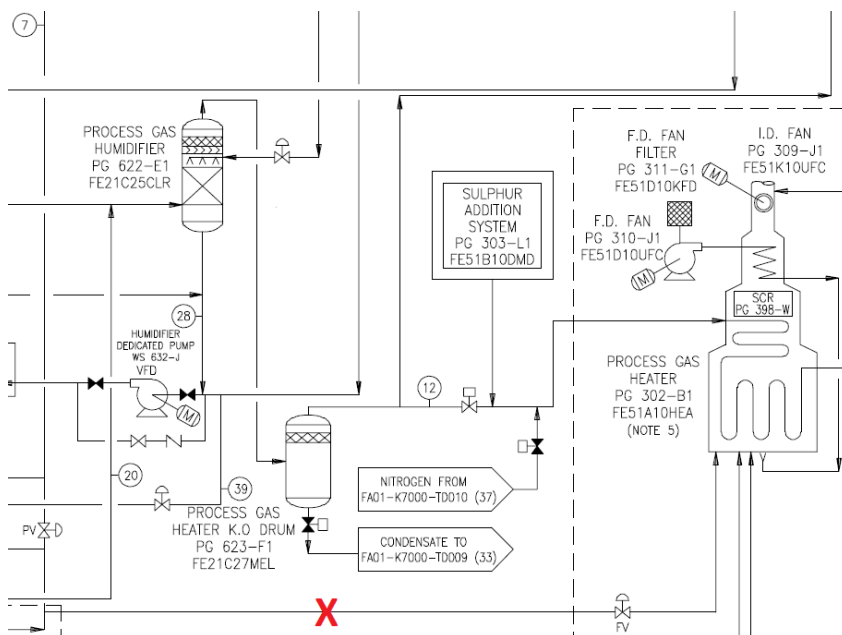


Figure 1: Potential location of the turbo-expander with respect to the process gas heater. Image taken from PFD DPC2MQ-FA01-K7000-TD001.

A4.4 BASIS FOR STUDY

A4.4.1 Price set

For this study, two different set of prices for utilities have been used. The first price list is taken from the TNO document from 12 October 2021 number M11161, regarding the EED requirements provided by the Dutch Government. The pricelist is shown in table 4.1 and is based on the total natural gas and power consumption of Tata Steel IJmuiden.

The second price list is based on the document “20230103_Prijzen_CSM_Utilities”, where a prediction for the cost of utilities has been made for the period 2022 till 2041 by Tata Steel IJmuiden. The average prices for the period (2029-2033) have been used for this study and are presented in table 4.2. This timeframe has been selected to represent the anticipated period in which the actual pay-out of the additional equipment would be.

The price of CO₂ emission was taken from the site of the Dutch Emissions Authority (NEA) and is the average of the period 2029-2033. This so-called ‘CO₂-heffing industrie’ is a minimum emission price set by the Dutch government to ensure CO₂ emission does not become too cheap in the case EU ETS prices drop. As a result, the actual price of emission is equal to this minimum or higher, but as there is no indication yet of the ETS prices in the relevant period the minimum value is used for this report.

Table 4.1: Price set EED

Product/Utility	Price	Unit
Electricity	90.00	€/MWh
Natural Gas	13.59	€/GJ
CO ₂	148.34	€/tonne

Table 4.2: Price set Tata Steel IJmuiden

Product/Utility	Price	Unit
Electricity	47.3	€/MWh
Natural Gas	7.4	€/GJ
CO ₂	148.34	€/tonne

A4.4.2 Other design parameters

- ✓ Volume flow of tail gas 21,890 Nm³/h per DRP as per Danieli mass balance
- ✓ Turbo-expander lowers pressure from 10.7 barg to 2 barg
- ✓ On-stream time is 8000 hrs. per year

All other relevant design parameters were taken from Detailed Heat and Material Balance document DPC2MQ-FA00-K7000-TS004, Rev. 03.

A4.5 EVALUATION

A4.5.1 Technical evaluation

To determine the energy that can be extracted from the tail gas the enthalpy drop in the expander was calculated using an estimation of the temperature drop based on experience with similar expanders. The total power that can be extracted from the tail gas of two DRPs combined and converted to electricity is 1.23 MW assuming 70% efficiency.

Table 5.1: Extracted power from tail gas for two DRPs

	Process gas
Mass flow [kg/s]	5.5
Inlet pressure [barg]	10.7
Outlet pressure [barg]	2.0
Inlet temperature [°C]	45
Outlet temperature [°C]	-20
Enthalpy drop [kJ/kg]	301
Power [MW]	1.75

Because the inlet temperature of the fuel gas in the heater is lowered, extra fuel is needed to achieve the required outlet temperature of the process gas, which will most likely be natural gas. To heat up the tail gas back to 45 °C a duty of 1.08 MW is needed, using natural gas.

Due to the temperature drop there might be risk of hydrate formation. Based on studies done on very similar gasses at the same conditions, is concluded that hydrate formation will not be a problem.

A4.5.2 Economic evaluation

The net savings of the turbo-expanders were calculated using the prices in table 4.1 and 4.2 respectively, the extracted power from the gas and the additional duty needed in the process gas heater. Using the EED price set results in €201,500 being saved each year, while the Tata price set gives a loss of €26,000 each year.

Table 5.2: Net savings due to installation of one combined turbo-expander for two DRPs

	EED	Tata Steel
Electricity savings [€/y]	883,500	464,500
Natural gas costs [€/y]	422,000	231,000
CO ₂ emission costs [€/y]	260,000	260,000
Net savings [€/y]	201,500	-26,000

To determine the Return on Investment (ROI) period, the total installed cost (TIC) and operational costs of the turbo-expander/ power generator are needed. For reliable cost data, turbo expander vendors shall be approached with support from Procurement. Instead, an optimistic (relatively low) estimation of the TIC was made using data from existing turbo-expanders at Tata Steel and a recent study for potential future ones. Operational costs are neglected. The ROI periods for both the EED and Tata Steel price sets and methods are shown in table 5.3.

Table 5.3: ROI periods for EED and Tata Steel method

	EED	Tata Steel
Savings [€/y]	201,500	-26,000
Additional total installed costs [€]	5,620,000	5,620,000
ROI period [y]	27.9	NA

A4.6 CONCLUSIONS

In the current DRP design the tail gas pressure is reduced by a control valve. The Tata Steel IJmuiden philosophy is to reduce the waste of energy. To increase the energy efficiency the option of recovering kinetic energy from the process tail gas that is routed to the process gas heater was studied. Using the Tata Steel price set this results in a net financial loss and as such this design change can never be justified. Although the EED price set results in money being saved each year, the ROI period is 28 years much longer than the limit of 5 years. Therefore, the current design shall be maintained, the alternative design option evaluated in this report with additional turbo expander, shall not be considered.