



BILFINGER

Opdrachtgever: **Neste Netherlands B.V.**

Project: **Nieuwe productielijn voor hernieuwbare brandstoffen**

Energiestudie

Nieuwe productielijn voor hernieuwbare brandstoffen

Neste Netherlands B.V.

Bilfinger Tebodin Netherlands B.V.

Spoorstraat 7

3112 HD Schiedam

Postbus 922

3100 AX Schiedam

Auteur: 2E / Soheil Alavirad

- Telefoon: 2E

- E-mail: 2E @bilfinger.com

30 juli 2021

Ordernummer: T54640.32

Documentnummer: 3212002

Revisie: D



BILFINGER

			2E	
D	30/07/2021	Definitief voor indiening		
C	24/06/2021	Tekstuele aanpassingen		
B	22/06/2021	Opmerkingen Neste verwerkt		
A	08/06/2021	Eerste uitgave		
Rev.	Datum	Omschrijving	Opsteller	Gecontroleerd

© Copyright Bilfinger Tebodin

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke andere wijze ook zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever.

1 Introductie

In dit rapport worden de mogelijkheden voor warmte integratie in de nieuwe productielijn voor hernieuwbare brandstoffen van Neste op de Maasvlakte (Unit 21) onderzocht. Deze studie vormt een onderdeel van de Milieueffectrapportage (MER Neste 3410387).

In 2016 is voor een bestaande vergelijkbare productielijn voor hernieuwbare brandstoffen van Neste (unit 20) een pinch quickscan uitgevoerd (T50006-3211001 - Pinch Analysis Scan rev0.2). Hierin worden verschillende opties voor warmte integratie en nuttig gebruik van restwarmte voorgesteld.

Het doel van deze rapportage is te toetsten of de opties, zoals voorgesteld in bovengenoemde pinch quick scan, uitvoerbaar zijn voor unit 21. Voor de geïdentificeerde restwarmtebronnen wordt getoetst of deze in unit 21 aanwezig zijn en of de gesuggereerde integratietoepassing mogelijk is. Indien dit het geval is wordt hiervoor de energie- en CO₂ besparing bepaald. Vervolgens wordt er in hoofdstuk 3 onderzocht of er voor unit 21 nog aanvullende mogelijkheden zijn voor extra warmte integratie.

De volgende documenten worden gebruikt als referentie voor de berekening:

- PFD voor U20: ROTTERDAM RAFFINADERIJ – NESTE – Rev. 3
- Datasheets ontvangen voor U20 in 2016 voor eerder pinch onderzoek (T50006)
- Pinch studierapport over U20 uit 2016 (T50006-3211001- Neste Netherlands BV - Pinch Analysis Scan rev0.2)
- PFD voor U21: RDCG (Rotterdam Capacity Growth – Haalbaarheidsfase – NESTE – Rev.A
- Datasheets voor U21: RDCG - Rotterdam Capacity Growth – Haalbaarheidsfase - NESTE – Rev.PA

2 Overzicht van eerder geïdentificeerde opties voor warmte-integratie

Een overzicht van geïdentificeerde opties voor warmte-integratie in de eerdere studie wordt gegeven in onderstaande tabel. Van elke warmtebron is het nieuwe (unit 21) tag nr. weergegeven.

Tabel 1: Overzicht geïdentificeerde restwarmte bronnen

Optie	Beschrijving	Warmte bron	Warmte gebruiker(s)	Capaciteit [kW]	Temperatuur warme stroom [°C]	Temperatuur koude stroom [°C]
1	Restwarmte hydro-treatment reactor t.b.v. LD stoom	21DC-01	21EA-93 & 21EA-111A/B	12.200 & (5.000 ¹)	320 → 201	150 → 188
2	Restwarmte hydro-treatment reactor t.b.v. recycle gas verwarmers	21DC-01	21EA-28 & 21EA-92	6.874 & 1.236	336 → 274 & 164 → 151	122 → 324 & 100 → 150
3	Restwarmte isomerisatiereactor	21DC-02	N.t.b.	3.067	138 → 55	N.t.b.
4	Restwarmte hydrogen sulphide recovery regenerator t.b.v. membrane feed heater	21DD-02	N.t.b.	907	110 → 55	56 → 98°C
5	Restwarmte diesel stabilisatie kolom	21DA-02	N.t.b.	3.347	152 → 55	N.t.b.
6	Restwarmte condensor sour water stripper	21EA-23	N.t.b.	900	153 → 48	N.t.b.
7	Restwarmte bio nafta kolom	21DA-09	N.t.b.	77	80 → 40	N.t.b.

¹Indien de hete olie generator in bedrijf is (5.000 kW), wordt het restant van de restwarmte omgezet in middendruk stoom (7.200 kW).

Voor het bepalen van financiële besparing, primaire energie (PE) en CO₂-uitstoot worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Lagedruk stoom conditie: 5,3 barg en 161°C; condensatie enthalpie = 2.079 kJ/kg
- Middendruk stoom conditie: 11,1 barg en 188°C; condensatie enthalpie = 1.984 kJ/kg
- Calorische waarde aardgas: 31,65 MJ/m³
- Aanname ketelrendement: 100%
- CO₂-emissiefactor aardgas: 1,8 kg/m³
- Stoomprijs: 21 €/ton
- Bedrijfstijd: 50 weken / jaar → 8400 h/jaar

2.1 Optie 1: Restwarmte recirculatiestroom Hydro-treatment reactor 21DC-01

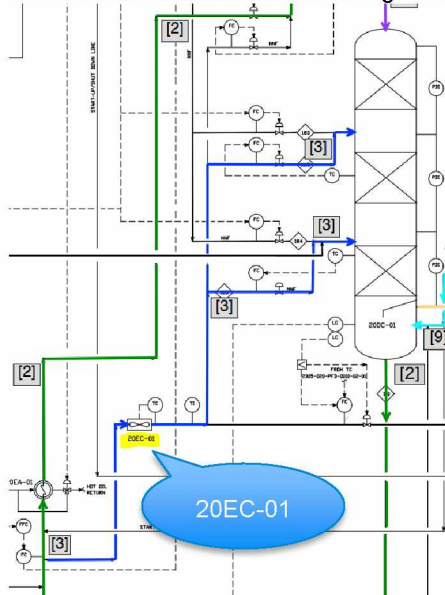
De recirculatiestroom van de Hydro-treatment reactor 21DC-01 bevat een overschot aan warmte. Deze restwarmte heeft, afhankelijk van het bedrijfsscenario een thermische capaciteit van 12,2 MW. In U20 wordt de warmte afgegeven aan de omgeving door een luchtkoeler.

Deze restwarmte, die nu aan de omgeving wordt afgegeven, wordt in U21 gebruikt om het hete oliesysteem (temperatuur ca. 290°C) te voorzien van warmte (5 MW). Het resterende deel van de restwarmte 7,2 MW, bevindt zich op een lager temperatuurniveau dan 290°C en wordt ingezet om middendruk stoom te maken. De totale warmte-integratie van deze optie bedraagt hiermee 12,2 MW¹.

De impact van bovenstaande warmte-integratie wordt hieronder berekend:

- Financieel: Besparing = 12,2 MW (=20.4 t/h stoom) * 8400 uur * 21 €/ton stoom = 3,60 M€/jr.
- Primaire energie: Besparing = 12,2 MW * 8400 uur * 3,6 = 369 TJ PE/jr
- CO₂ besparing: 12.200 kW * 8400 uur * 3,6 / 31,65 MJ/m³ gas * 1,8 kg CO₂/m³ gas = 21 kton CO₂/jr

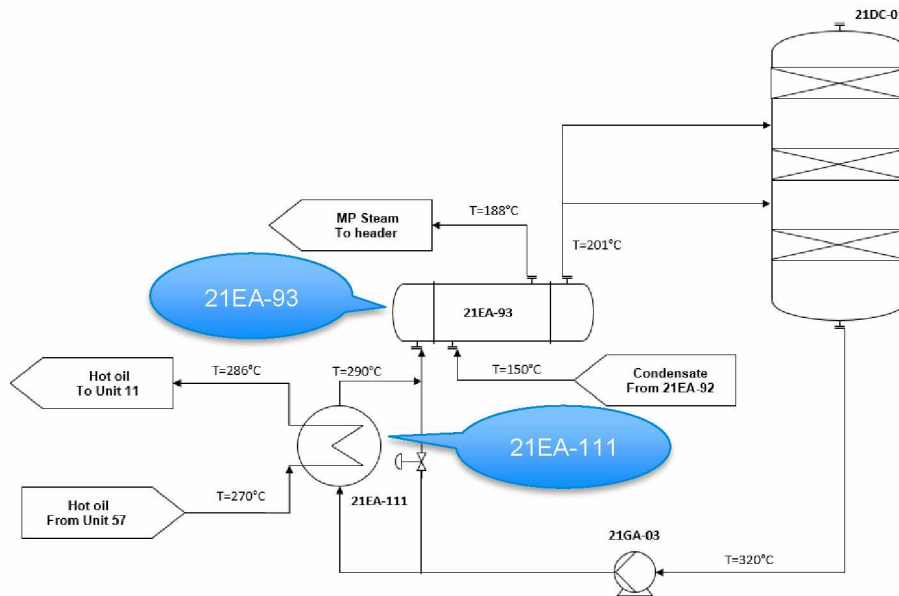
In onderstaand schema is het huidige ontwerp van U20 getoond:



Figuur 1 Hydro treatment reactor U20

In onderstaand schema wordt optie 1 schematisch voorgesteld. Hierbij wordt de luchtkoeler vervangen door een serieel geschakelde hete olie warmtewisselaar (21EA-111) en stoom recuperatieketel (21EA-93).

¹ Data afkomstig van datasheet U21



Figuur 2 Schematische weergave optie 1

2.2 Optie 2: Restwarmte bodemproduct Hydro-treatment reactor 21DC-01 t.b.v. recycle gas heater

In U20 wordt de aanvoer van recycle gas naar de Hydro treatment reactor (in nieuw ontwerp 21DC-01) opgewarmd met lagedruk stoom. Vervolgens wordt de uitgaande stroom (bodemproduct) afgekoeld met een luchtkoeler (20EC-02). Door de recyclegas stroom op te warmen middels de uitgaande stroom van de reactor, hoeft deze niet met lagedruk stoom te worden verwarmd. Hiermee wordt continue ca. 11,9 t/h lagedruk stoom bespaard². De uitgaande stroom wordt hiermee afgekoeld tot ca. 164°C.

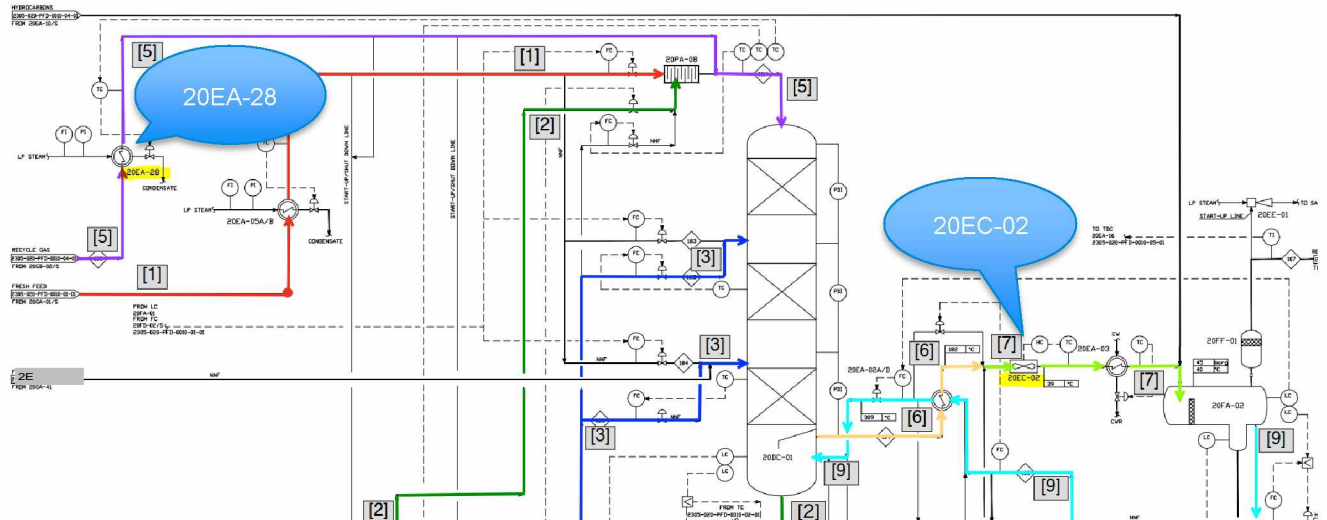
Aanvullend is verdere warmte integratie mogelijk door uitkoeling van de uitgaande stroom en het voorwarmen van de condensaat toevoer naar de MD-stoom recovery boiler (zie optie 1). Hiermee wordt de uitgaande stroom verder afgekoeld tot 151°C, en wordt continue 1.236 kW restwarmte nuttig ingezet.

De impact van deze warmte-integratie wordt hieronder berekend:

1. Impact van 21EA-28 (recycle gas heater)
 - Financieel: Besparing = 11,9 t/h stoom * 8400 uur * 21 €/ton stoom = 2,10 M€/jr.
 - Primaire energie: Besparing = 6.874 kW * 8400 uur * 3,6 = 208 TJ PE/jr
 - CO₂ : besparing = 6.874 kW * 8400 uur * 3,6 / 31,56 MJ/m³ gas * 1,8 kg CO₂/m³ gas = 11,8 kton CO₂/jr
2. Impact van 21EA-92 (condensaat voorwarmer MD stoom recovery unit, zie optie 1)
 - Financieel: Besparing = reeds meegenomen in berekening optie 1 stoom recovery ketel 21EA-93.
 - Primaire energie: Besparing = 1.236 kW * 8400 uur * 3,6 = 37 TJ PE/jr
 - CO₂ : besparing = 1.236 kW * 8400 uur * 3,6 / 31,56 MJ/m³ gas * 1,8 kg CO₂/m³ gas = 2,1 kton CO₂/jr

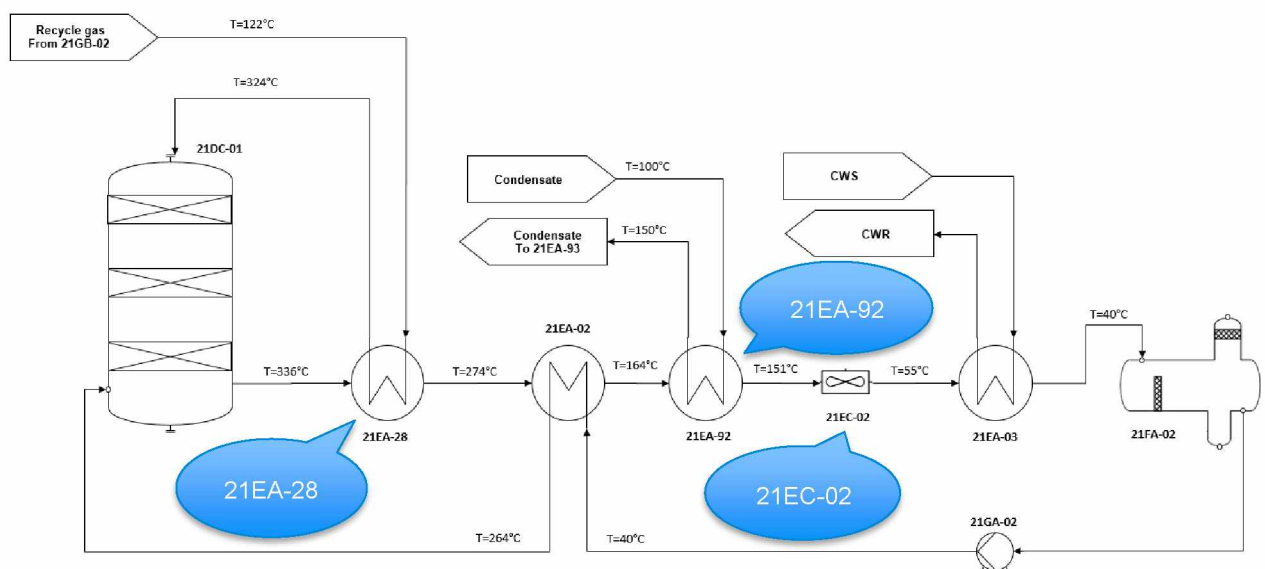
²Het stoomverbruik is berekend, gebaseerd op het vermogen van de stoomheater (6.874 kW) en de LD-stoom condities (zie uitgangspunten).

In onderstaand schema is het huidige ontwerp van U20 getoond.



Figuur 3 Hydro treatment reactor en recycle gas heater U20

In onderstaand schema wordt optie 2 schematisch weergegeven. Hierin wordt de uitgaande stroom van de Hydro treatment reactor (21DC-01) gebruikt om de recycle gas toevoer op te warmen en wordt de uitgaande stroom vervolgens verder afgekoeld door 21EA-02 en 21EA-92.



Figuur 4 Schematische weergave optie 2

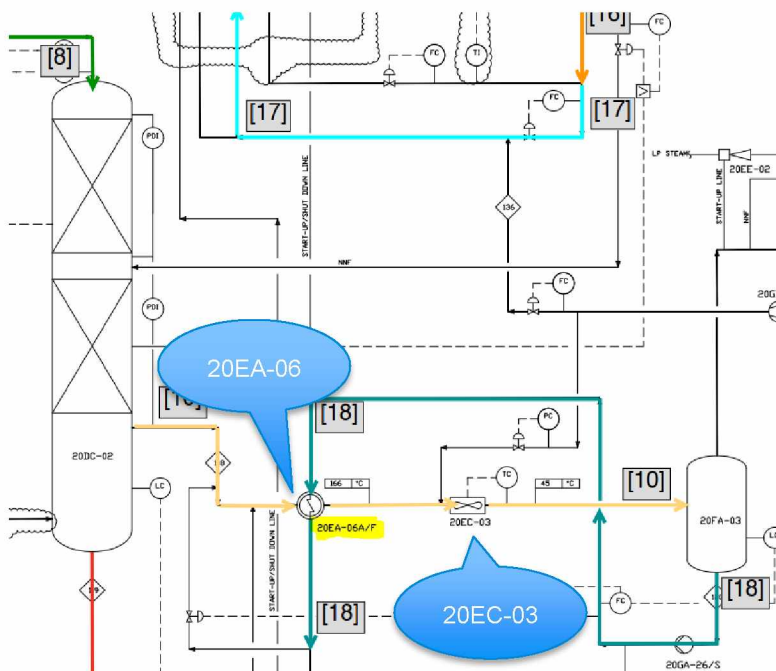
De uitgaande stroom is na integratie van restwarmte (optie 2) nog 151°^{2E} warmte (cooler 21EC-02; 13,5 MW) is beschikbaar voor verdere integratie (zie hoofdstuk 4).

2.3 Optie 3: Restwarmte isomerisatiereactor 21DC-02

De uitgaande processtroom van isomerisatiereactor 20DC-02 heeft al een beperkte warmte integratie stap in de vorm van warmtewisselaar 20EA-06. Na deze stap is in unit 21 de temperatuur ongeveer 138°^{2E} stroom wordt door de luchtkoeler (21EC-03) verder afgekoeld tot 55°C. Hierbij wordt 3.067 KW aan warmte weg-gekoeld.

Door de lage temperatuur van de reststroom is nuttige inzet in een van de reboilers (zoals gesuggereerd in de pinch quick-scan) niet meer mogelijk.

In onderstaand schema is het huidige ontwerp van U20 getoond. In dit schema is te zien dat de uitgaande stroom wordt afgekoeld door 20EA-06 en vervolgens nog verder gekoeld wordt door 20EC-03.



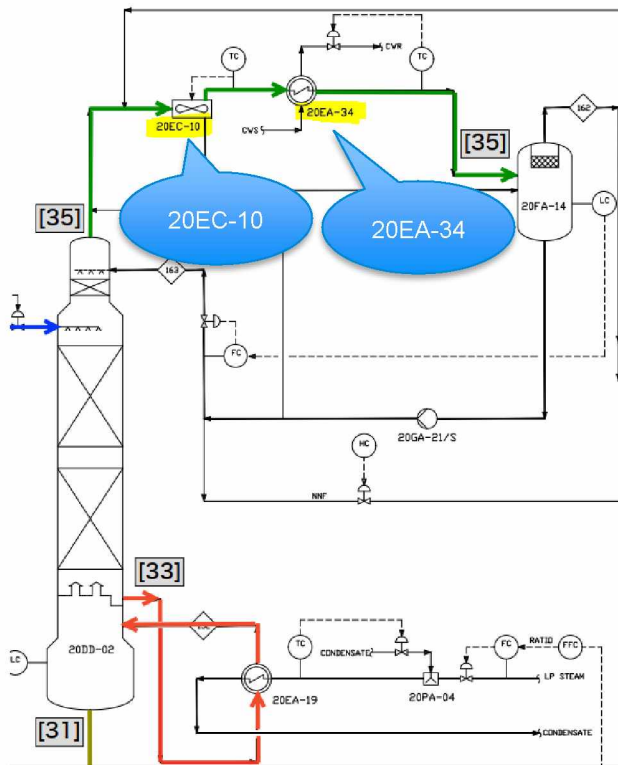
Figuur 5 Beschikbare restwarmte isomerisatiereactor U20

2.4 Optie 4: Restwarmte op lage temperatuur 21DD-02

De uitgaande processtroom van hydrogen sulphide recovery regenerator kolom 21DD-02 wordt gekoeld door een luchtkoeler (21EC-10) van 110°C tot 55°C waarbij 907 kW aan warmte vrijkomt. Deze restwarmte kan, zoals gesuggereerd in de pinch quick-scan, mogelijk nuttig worden ingezet in de Membrane feed heater (21EA-12; 870 kW), welke een temperatuurtraject van 56 → 98°C heeft.

Na navraag is gebleken dat de werkelijke ingaande temperatuur van de processtroom 102°C is en niet 110°C zoals opgegeven in de datasheets voor U21. Hierdoor ontstaat er een te klein temperatuurverschil om warmteoverdracht te laten plaatsvinden en is volledige integratie van deze optie niet meer mogelijk. Tevens zijn de dampen rijk aan H₂S waardoor extra maatregelen nodig zullen zijn.

In onderstaand schema is het ontwerp van U20 getoond. In dit schema is te zien dat de uitgaande stroom wordt afgekoeld door luchtkoeler 20EC-10 en vervolgens nog verder gekoeld wordt door 20EA-34 (koelwater).



Figuur 6 Beschikbare restwarmte H2S recovery reactor U20

2.5 Optie 5: Warmtepotentieel 21DA-02

In U20 wordt het bodemproduct afkomstig van de diesel stabilisatie kolom (20DA-02) afgekoeld door de serieel geschakelde lagedruk stoom recovery ketel 20EA-09 en de warmwater warmtewisselaar 20EA-25 ter benutting van het restwarmte potentieel afkomstig van 20DA-02. Het betreft hier een thermisch vermogen van respectievelijk 9.979 kW en 6.523 kW.

In U21 neemt de capaciteit van de stoom recovery ketel toe tot 11.057 kW door gewijzigde procescondities.

In U21 is geen warmwatercircuit aanwezig, waardoor restwarmte niet kan worden benut voor het produceren van warm water. Als alternatief hiervoor wordt het condensaat van de LD stoom recovery ketel (21EA-09) voorverwarmd. Het gaat hierbij om een thermisch vermogen van 1.102 kW.

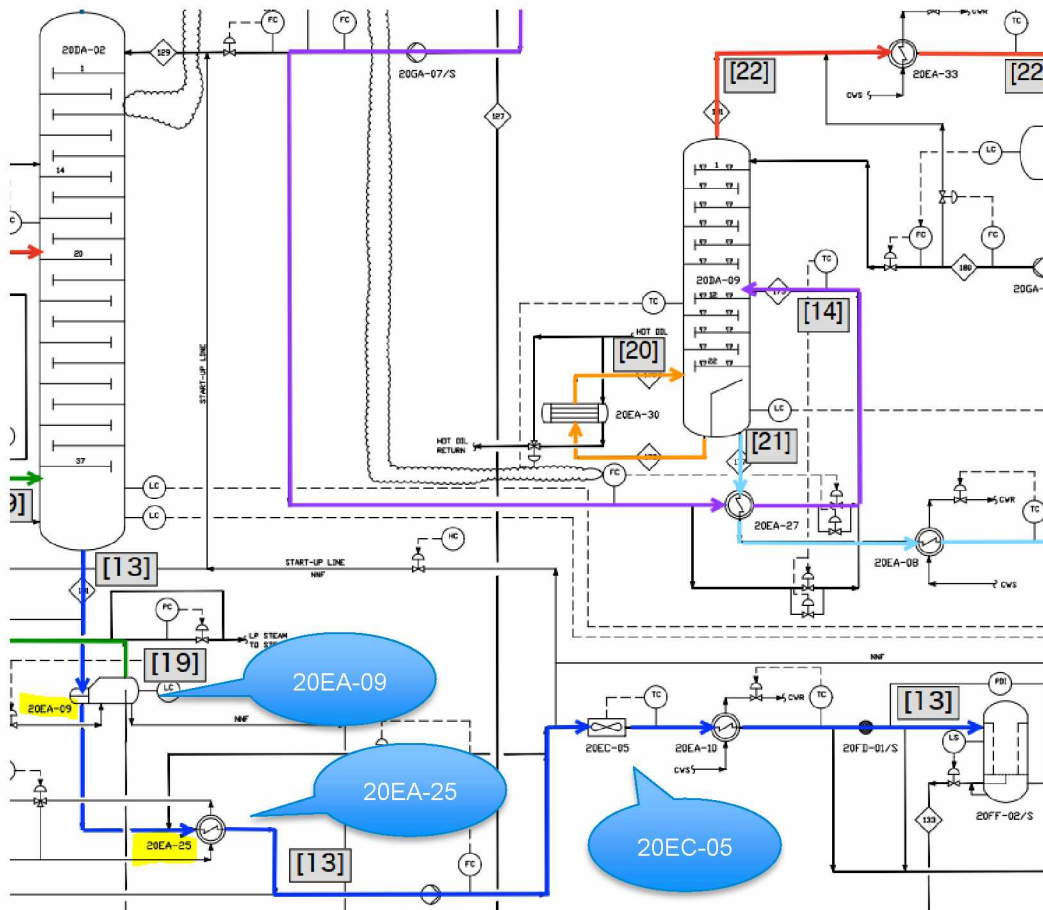
Na deze integratiestap kan de overgebleven lage temperatuur restwarmte, welke nu wordt gekoeld middels luchtkoeler 21EC-05 (155°C; 3.347 kW) mogelijk nog elders nuttig ingezet worden, maar gezien het lage temperatuurniveau vereist dit verder onderzoek en is directe integratie nu niet geïdentificeerd.

Deze restwarmte kan niet, zoals gesuggereerd in de pinch quick-scan, nuttig worden ingezet in de Hydro treating fresh feed heater 21EA-05, omdat deze uitsluitend in bedrijf is tijdens opstart.

Schematische weergave warmte-integratie unit 20, LD stoom recovery boiler 20EA-09 en warm water heater 20EA-25:

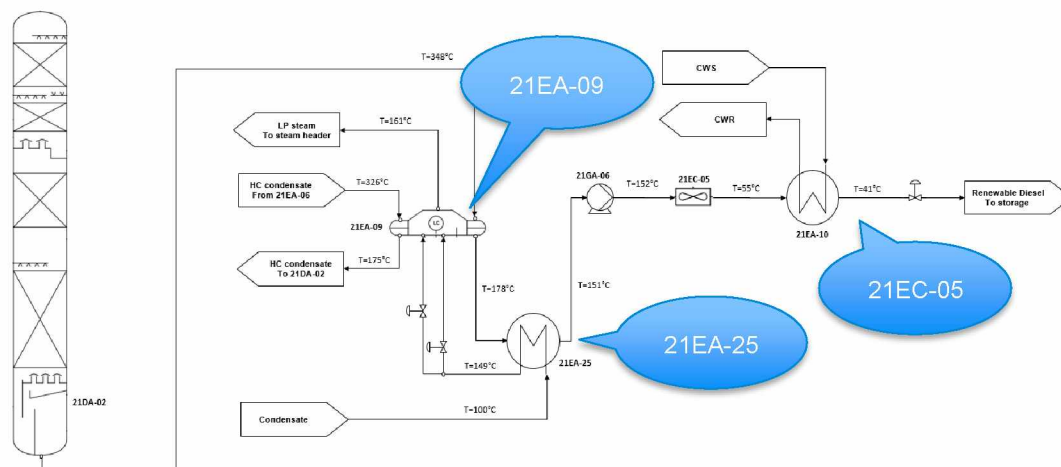


BILFINGER



Figuur 7 Warmte integratie hete olie en LD stoom U20

In onderstaande figuur is schematisch de warmte integratie in U21 weergegeven. Zichtbaar is de condensaatvoorwarmer 21EA-25.



Figuur 8 Warmteintegratie diesel stabilisatie kolom

2.6 Optie 6: Restwarmte condensor “sour water stripper” 21DA-02

De in de topcondensor (21EA-23) van de “sour water stripper” te condenseren stroom is rijk aan H₂S en daardoor erg corrosief. De beschikbare warmte is 900 kW indien de stroom wordt afgekoeld van 153°C tot 48°C.

Deze restwarmte kan niet, zoals gesuggereerd in de pinch quick-scan, nuttig worden ingezet in de Hydro treating fresh feed heater 21EA-05, omdat deze uitsluitend in bedrijf is tijdens opstart.

2.7 Optie 7: Restwarmte bio nafta stabilisatie kolom 21DA-09

Bio nafta productkoeler 20EA-08 wordt gebruikt om de bio-nafta uit kolom 20DA-09 af te koelen van 193°C naar 40°C (totaal 1.679 kW). In het ontwerp van U21 wordt deze stroom afgekoeld van 144°C naar 40°C en bedraagt de beschikbare restwarmte nog slechts 220 kW (143 kW voor 21EA-27 en 77 kW voor 21EA-08).

Deze restwarmte is nu van dusdanig laag temperatuurniveau en vermogen, dat integratie hiervan niet rendabel is.

2.8 Samenvattend warmte integratie U21

Van de eerder geïdentificeerde opties is optie 1 volledig geïntegreerd in U21 met eliminatie van de warmtebron, terwijl optie 2 gedeeltelijk is geïntegreerd met de rest van de afvalwarmte die wordt afgevoerd naar de atmosfeer. De restwarmte van optie 2, 3, 4 en 5 zijn nog beschikbaar voor verdere integratie, wat later in het rapport wordt besproken. Optie 6 is nog steeds beschikbaar voor integratie, maar vormt een extra veiligheidsmaatregel vanwege vervuiling en corrosiviteit van hete stroom en wordt daarom buiten beschouwing gelaten. Ten slotte is de beschikbare capaciteit van optie 7 aanzienlijk verminderd in U21 en wordt niet langer geïdentificeerd als een praktische warmtebron om te integreren.

3 Additionele restwarmte integratie mogelijkheden U21

In het ontwerp van U21 zijn de restwarmtebronnen welke beschikbaar zijn voor integratie alsmede enkele nieuwe aanvullende restwarmtebronnen en mogelijke restwarmte toepassingen geïdentificeerd. Hiermee is vervolgens een nieuwe pinch analyse uitgevoerd, waaruit enkele nieuwe restwarmte integratie mogelijkheden worden voorgesteld. Deze worden kort omschreven in dit hoofdstuk.

3.1 Beschikbare restwarmte bronnen (voor aanvullende integratie)

In de onderstaande tabel is een samenvatting gegeven van de data behorende bij de beschikbare restwarmte bronnen in U21.

Tabel 1 Beschikbare restwarmtebronnen U21

Equipment	Omschrijving	Capaciteit [kW]	T _{in} → T _{out} [°C]	mCp [kW/°C]
11EC-01A/B	Heat treated oil cooler	11.726	183 → 65	99,4
21EC-02	Hydro-treating effluent condenser	13.530	151 → 55	140,5
21EC-03	Isomerization effluent condenser	3.067	138 → 55	37
21EC-04	Recycle gas cooler	1.323	92 → 55	35,8
21EC-05	NEXBTL product air cooler	3.347	152 → 55	34,5
21EC-06	Diesel stabilization column OVHD condensor	7.946	98 → 55	184,8
21EC-07	Amine regenerator OVHD condenser	2.301	102 → 55	49
21EC-08	Lean amine cooler	5.170	88 → 55	156,7
21EC-10	H ₂ S recovery regenerator OVHD condenser	907	110 → 55	16,5
21EC-12	Renewable jet product cooler	3.547	168 → 55	31,4

3.2 Overzicht geïdentificeerde restwarmte toepassingen

De restwarmte toepassingen welke zijn genoemd in de vorige pinch-studie zijn nogmaals geëvalueerd en geïdentificeerd in het nieuwe procesontwerp van U21. In onderstaande tabel wordt een overzicht weergegeven van alle restwarmte toepassingen.

Tabel 2 Restwarmte toepassingen U21

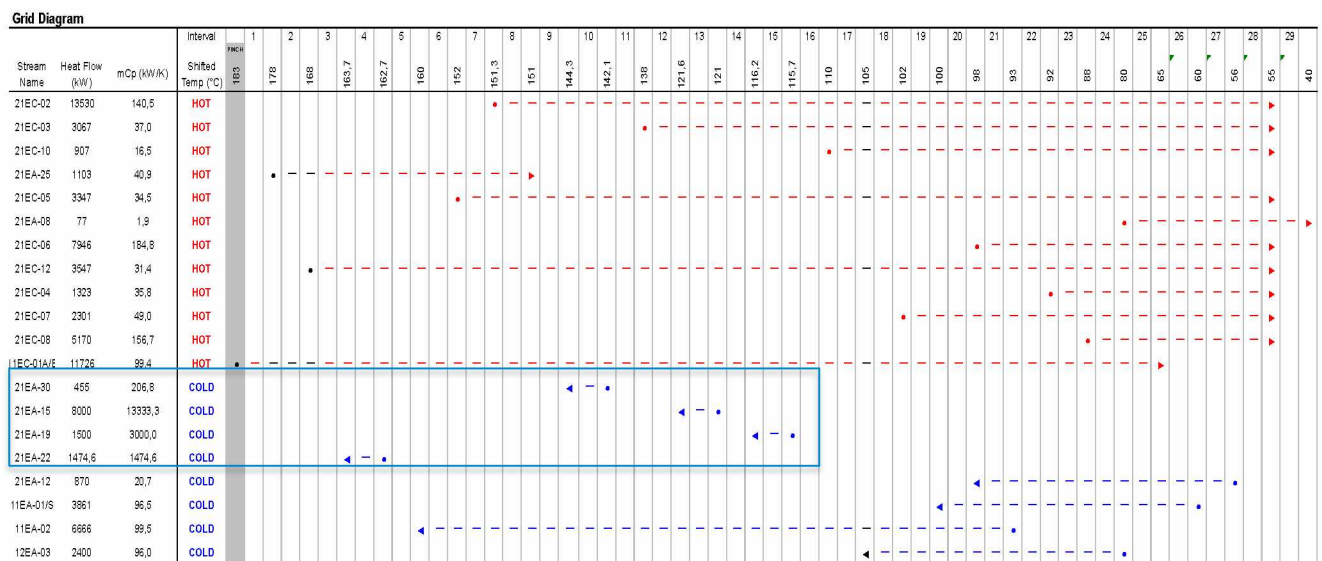
Equipment	Omschrijving	Capaciteit [kW]	T _{in} → T _{out} [°C]	mCp [kW/°C]	Opmerking
11EA-01	HTU feed heater	3.861	60 → 100	96,5	Uses LP steam
11EA-02	HTU dried feed heater	6.666	93 → 160	99,5	Uses MP steam
12EA-03	Slurry heater	2.400	80 → 105	96	Uses VLP steam
21EA-05	Hydro treating fresh feed heater	6.874	69 → 145		Only in start up and EOR
21EA-12	Membrane feed heater	870	56 → 98	20,7	Uses LP steam
21EA-15	Lean Amine regenerator reboiler	8.000	121 → 122	13.333	Uses LP steam
21EA-19	H ₂ S recovery regenerator reboiler	1.500	115.7 → 116.2	3.000	Uses LP steam
21EA-22	Sour water stripper reboiler	1.475	162.7 → 163.7	1.475	Uses MP steam
21EA-30	Renewable naphta stabilization column reboiler	455	142.1 → 144.3	206,8	Uses hot oil

De bovengenoemde restwarmte toepassingen en restwarmtebronnen zijn gebruikt als input in de pinch tool, dit resulteert in onderstaand griddiagram (zie Figuur 9). Met behulp van dit griddiagram kan bepaald worden welke processtromen aan elkaar kunnen worden gelinkt om verdere warmte integratie in de fabriek te realiseren. In het griddiagram is onder andere te zien dat er restwarmte beschikbaar is op het temperatuurniveau van 183°C tot 55°C. De restwarmte toepassingen een temperatuur traject van 55°C tot 168°C^{2E} integratie kan binnen de overlap van de twee temperatuur trajecten

plaatsvinden en wanneer er genoeg warmte aanwezig is in de processtroom. De verschillende opties worden verder uitgelegd in de hierop volgende paragrafen.

Noot 1: de processtroom 21EA-05 is uitgesloten van het diagram omdat het alleen actief is tijdens het opstarten.

Noot 2: de reboilers worden niet beschouwd voor verdere integratie omdat deze een klein temperatuurverschil hebben en gevoelig zijn voor temperatuurschommelingen, wat reboilers moeilijk maken voor het toepassen van restwarmte integratie. Integratie van reboilers is vooral interessant wanneer lagedruk stoom met restwarmte kan worden gemaakt.



Figuur 9 Grid diagram pinch quick scan U21

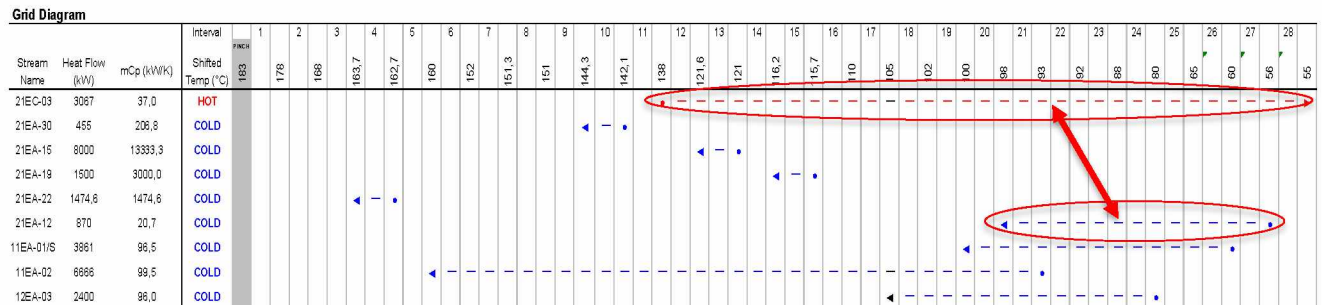
De restwarmte toepassingen in de blauwe omkadering betreffen reboilers.

3.3 Optie 8: Restwarmte isomerisatie reactor 21-DC-02 t.b.v. membrane feed heater 21EA-12

De uitgaande stroom van de isomerisatie reactor (21DC-02) moet afgekoeld worden van 138°C tot 55°C. Hierbij wordt 3.067 kW aan warmte afgestaan aan de buitenlucht door middel van 21EC-03. Deze warme processtroom wordt in U21 aan de koude ingaande processtroom die opgewarmd wordt door de membrane feed heater 21EA-12. De koude processtroom wordt hierin verhit van 56°C tot 98°C, de benodigde warmte hiervoor is 870 kW. Hiervoor wordt in het huidige ontwerp 1,45 ton/h lage drukstoom gebruikt.

De impact van deze warmte-integratie op basis van membraanvoedingsverwarmer 21EA-12 wordt hieronder berekend:

- Financieel: Besparing = 1,45 t/h stoom * 8400 uur * 21 €/ton stoom = 255 k€/jaar.
- Primaire energie: Besparing = 870 kW * 8400 uur * 3,6 = 26 TJ PE/jaar
- CO₂ : Besparing = 870 kW * 8400 uur * 3,6 / 31,65 MJ/m³ gas * 1,8 kg CO₂/m³ gas = 1,5 kton CO₂/jaar



Figuur 10 Grid diagram 21EC-03

Met behulp van het griddiagram afkomstig uit de pinch studie wordt bepaald welke processtromen het beste bij elkaar passen. In dit geval heeft warmtebron 21EC-03 een van de laagste mCp waarden van alle geïdentificeerde warmtebronnen. Om de warmtebron te gebruiken moet een warmtevrager gevonden worden met een lagere of gelijke mCp waarde. In dit geval kan alleen een match worden gemaakt met 21EA-12 vanwege de lage mCp waarde, de overige warmtevragers hebben een hogere mCp waarde.

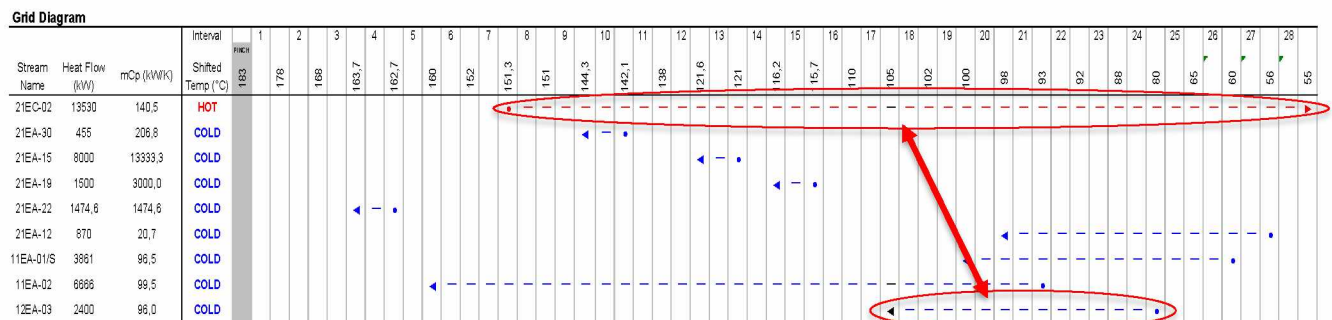
Reactie Neste: na afstemming met Neste is gebleken dat de membraam unit gevoelig is voor temperatuurswisselingen, indien er condensatie plaatsvindt in de membraam unit kan dit schade veroorzaken aan de membranen. Om condensatie te voorkomen is het noodzakelijk om een zo constant mogelijke inlaat temperatuur te handhaven. Tevens is het vermogen van de restwarmte bron onvoldoende tijdens enkele bedrijfssituaties. Hierdoor is deze integratiemogelijkheid niet geïmplementeerd in het ontwerp van U21.

3.4 Optie 9: Restwarmte hydro treatment reactor condensor 21EC-02

Uit de hydrotreatment reactor (21DC-01) komt een processtroom met een temperatuur van 151°C, deze wordt afgekoeld tot 55°C. Dit wordt gedaan met behulp van 21EC-02, hierbij wordt 13.530 kW aan warmte afgestaan aan de buitenlucht. In het ontwerp van U21 is integratie mogelijk door de koude stroom die opgewarmd wordt door membrane feed heater 12EA-03 te koppelen aan de warme stroom van de hydrotreatment reactor. De koude stroom wordt opgewarmd van 80°C tot 105°C. Hiervoor is een thermisch vermogen van 2.400 kW benodigd.

De impact van deze warmte-integratie is hieronder berekend:

- Financieel: Besparing = 4,2 t/h stoom * 8400 uur * 21 €/ton stoom = 733 k€/jaar.
- Primaire energie: Besparing = 2.400 kW * 8400 uur * 3,6 = 73 TJ PE/jaar
- CO₂ : Besparing = 2.400 kW * 8400 uur * 3,6 / 31,65 MJ/m³ gas * 1,8 kg CO₂/m³ gas = 4,1 kton CO₂/jaar



Figuur 11 Grid diagram 21EC-02

De warmtebron heeft een mCp waarde van 140,5 kW/°C, om de warmtebron in een warmtewisselaar te gebruiken willen we idealiter matchen met een warmtevrager met een lagere of gelijke mCp waarde. In dit geval zijn er drie potentiële matches,

namelijk: 21EA-12, 11EA-01/S en 12EA-03. 12EA-12 is al gebruikt in optie 1 en 11EA-01/S heeft een betere match met 11EC-01 en 11EC-02. Vandaar dat in dit geval is gekozen voor 12EA-03.

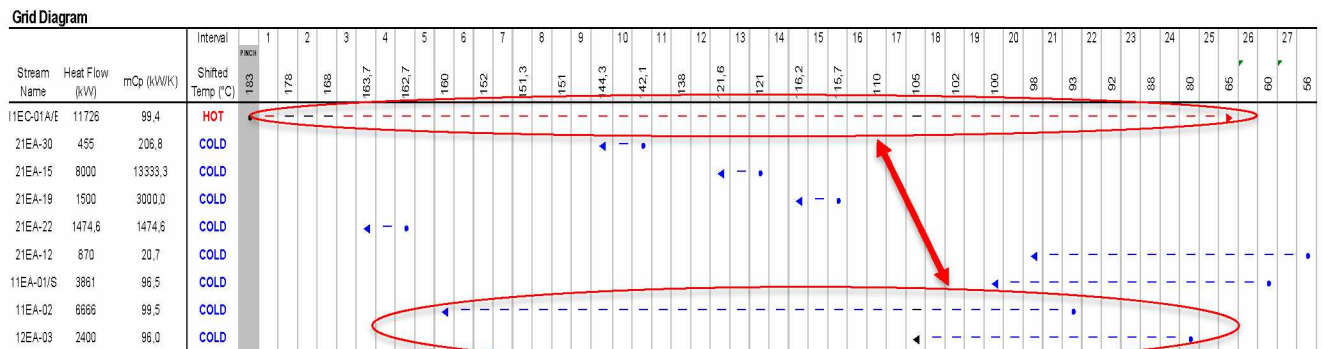
Reactie Neste: na overleg met Neste is gebleken dat U12 en U21 een afwisselend onderhoudsschema hebben van 1 en 4 jaar respectievelijk. Dit betekent dat wanneer U12 uit bedrijf is, de warmtebron niet beschikbaar is. Tevens is het ook mogelijk dat U12 voor langere tijd uit bedrijf wordt gehaald omdat er op een locatie elders genoeg capaciteit aanwezig is om alles te verwerken. Hierdoor vervalt optie 9 als integratiestap en wordt deze niet geïmplementeerd.

3.5 Optie 10: Restwarmte olie uit heat treatment reactor 11DC-01

De met waterstof behandelde olie uit de heat treatment reactor (11DC-01) staat warmte af aan de HTU stoomgenerator (11EA-04) en daarna door de condensaat economizer (11EA-09). Tenslotte wordt de processtroom nog afgekoeld van 183°C tot 65°C in luchtkoeler (11EC-01) en gaat vervolgens verder naar PTU2. Het vermogen dat wordt weggekoeld bedraagt 11.726 kW. In het ontwerp van U11 zijn er twee processtromen waar warmte uitwisseling mee kan plaatsvinden, dit zijn:

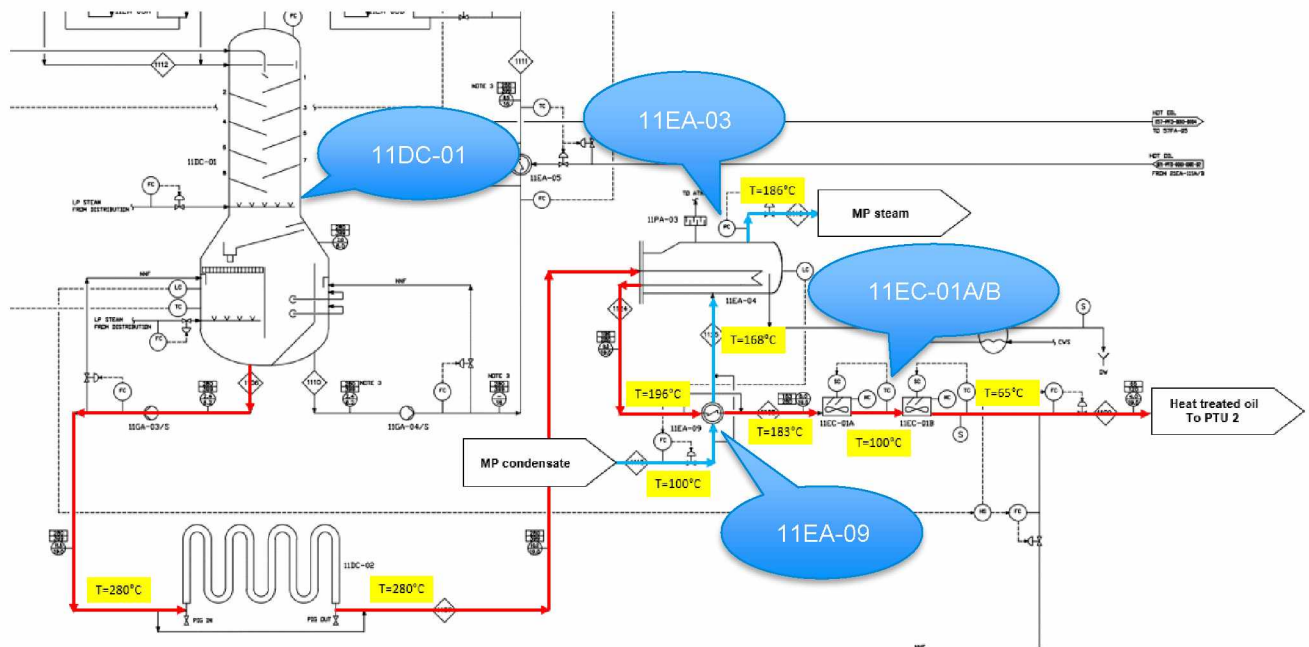
1. HTU feed heater 11EA-01 (3.861 kW)
2. HTU dried feed heater 11EA-02 (6.666 kW).

Door beide wisselaars in serie te koppelen kunnen beide stromen verwarmd worden tot de gewenste eindtemperatuur. Als eerste wordt 11EA-02 geschakeld waardoor de temperatuur van de warme olie daalt tot 115,9°C^{2E} wordt de warme olie door 11EA-01 geleid en is ook deze koude stroom op eindtemperatuur gebracht. Hierna heeft de warme olie nog een temperatuur van 77°C, de gewenste eindtemperatuur is 65°C. Dit betekent dat er nog 1.199 kW weggekoeld zou moeten worden naar de buitenlucht. Dit resterende deel is van een dusdanige laag temperatuurniveau dat er in de unit geen match gevonden kan worden.

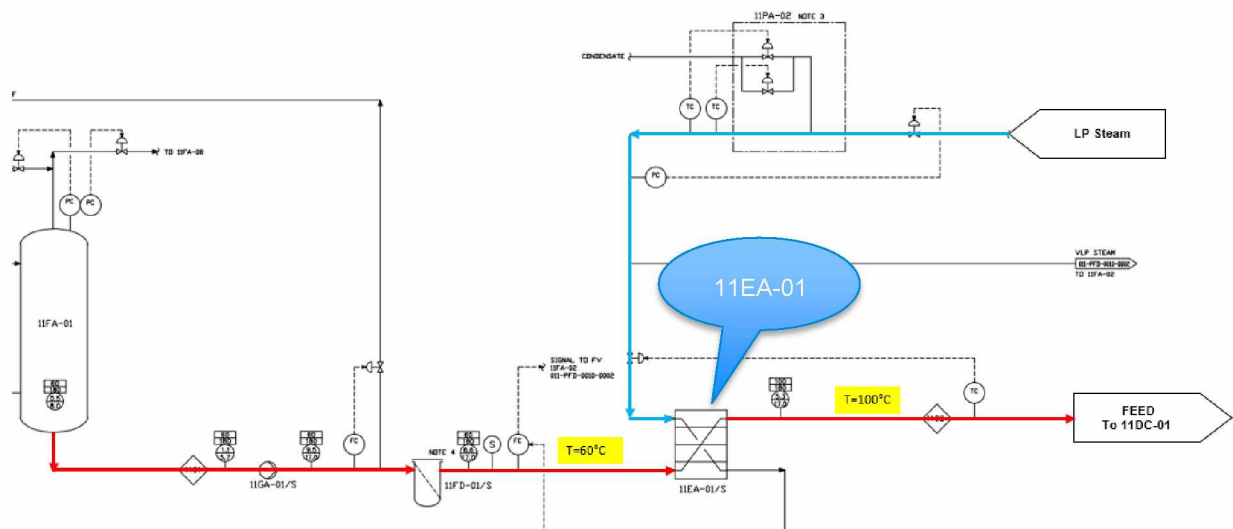


Figuur 12 Grid diagram 11EC-01A/B

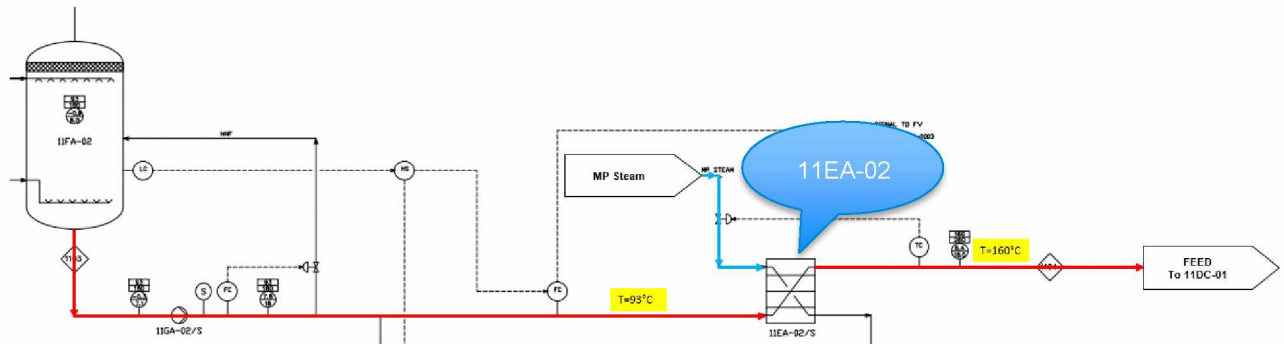
Het processchema van de verschillende stromen is hieronder schematisch weergegeven.



Figuur 13 Schematische weergave restwarmtebron 11EC-01A/B



Figuur 14 Schematische weergave 11EA-01



Figuur 15 Schematische weergave 11EA-02

In onderstaande tabel wordt een samenvatting gegeven van bovengenoemde warmte integratie mogelijkheid.

Tabel 3 Resultaat restwarmte integratie 11DC-01

Equipment	Warme bron / toepassing	Capaciteit [kW]	Temperatuur [°C]
11EC-01A/B	Bron	11.726	183 → 115,9* → 77** → 65
11EA-01	Warmtevrager	3.861	60 → 100
11EA-02	Warmtevrager	6.666	93 → 160

*Berekende temperatuur na 11EA-02

**Berekende temperatuur na 11EA-01

De impact van deze warmte-integratie is hieronder berekend:

1. Impact van 11EA-01

- Financieel: Besparing = 6,7 t/h stoom * 8400 uur * 21 €/ton stoom = 1,18 M€/jaar.
- Primaire energie: Besparing = 3.861 kW * 8400 uur * 3,6 = 117 TJ PE/jaar
- CO₂: Besparing = 3.861 kW * 8400 uur * 3,6 / 31,56 MJ/m³ gas * 1,8 kg CO₂/m³ gas = 6,6 kton CO₂/jaar

2. Impact van 11EA-02

- Financieel: Besparing = 12,1 t/h stoom * 8400 uur * 21 €/ton stoom = 2,12 M€/jaar.
- Primaire energie: Besparing = 6.666 kW * 8400 uur * 3,6 = 202 TJ PE/jaar
- CO₂: Besparing = 6.666 kW * 8400 uur * 3,6 / 31,56 MJ/m³ gas * 1,8 kg CO₂/m³ gas = 11,5 kton CO₂/jaar

Reactie Neste: Reactor 11DC-01 heeft verschillende bedrijfstemperaturen. In de data sheets was deze weergegeven op 280°C, echter wilt Neste in de toekomst mogelijk op 220°C opereren. Indien de reactor op 220°C opereert is er minder warmte integratie mogelijk met het bodem product van de reactor waardoor 11EC01A/B een lagere capaciteit zal krijgen. Tevens is voor opstart altijd nog lage druk stoom nodig voor 11-EA01 en 11EA-02, dit zou betekenen dat er een extra warmtewisselaar nodig is om optie 10 haalbaar te maken. Om deze redenen is deze optie niet geïmplementeerd in het procesontwerp van U21.

3.6 Conclusie additionele restwarmte integratie

Gebaseerd op de nog beschikbare restwarmtebronnen na de eerste integratiestap (hoofdstuk 2) zijn drie aanvullende restwarmteintegratiemogelijkheden besproken. Deze opties zijn om diverse redenen, zoals hierboven beschreven niet geïmplementeerd in het procesontwerp van U21.

Een extra mogelijkheid buiten de scope van het griddiagram is het benutten van laagwaardige restwarmte bijvoorbeeld voor het maken van warm water t.b.v. stadsverwarming of diverse andere toepassingen.

4 Conclusie

In dit rapport is getoetst of de warmte integratie opties, zoals voorgesteld in het rapport "T50006-3211001- Neste Netherlands BV - Pinch Analysis Scan rev0.2", kunnen worden toegepast in het ontwerp van U21.

Voor opties 1, 2 en 5 is directe integratie in unit 21 mogelijk. Dit zijn:

- Optie 1; De restwarmte van de Hydro-treatment reactor 21DC-01 is benut in het hete olie systeem (290°C) en de productie van MD-stoom. De totale warmte-integratie van deze optie bedraagt 12,2 MW.
- Optie 2; De restwarmte afkomstig van de Hydro-treatment reactor is nuttig ingezet om de recyclegas stroom voor te verwarmen, zodat wordt bespaard op LD-stoom. Tevens is de restwarmte aanvullend ingezet om condensaat voor de MD stoom recovery boiler (optie 1) voor te verwarmen. De totale warmte-integratie van deze optie bedraagt 8.110 kW.
- Optie 5; De warmte integratie is deels gelijk aan unit 20, maar in unit 21 wordt condensaat voorverwarmd in plaats van de productie van warm water. Reden hiervoor is de afwezigheid van een warm water systeem in unit 21.

In onderstaande tabel worden bovenstaande opties samengevat:

Tabel 4 Resultaat warmte integratie U21

Optie	Omschrijving	Restwarmte bron	Restwarmte toepassing	Capaciteit toepassing [kW]	Primaire energie besparing [TJ/jaar]	CO ₂ uitstoot besparing [kton CO ₂ /jaar]
1	Restwarmte hydro-treatment reactor t.b.v. LD stoom	21DC-01	21EA-93 & 21EA-111A/B	12.200	369	21
2	Restwarmte hydro- treatment reactor t.b.v. recycle gas verwarmen en condensaat voorverwarming	21DC-01	21EA-28 & 21EA-92	6.874 & 1.236	208 & 37	11,8 & 2,1
5	Warmtepotentieel diesel stabilisatie kolom	21DA-02	21EA-25	1.103	Vervanging van heet water door condensaat-voorverwarming	N.v.t. (t.o.v. unit 20)

Van de 10 geïdentificeerde warmte integratie opties zijn er 7 opties (3, 4, 6 t/m 10) waarvan integratie niet langer eenvoudig mogelijk is, de restwarmte toepassingen voor deze opties zijn vervallen, of temperatuurniveaus en vermogens zijn gewijzigd.

Tabel 5 Resultaat overige restwarmtebronnen

Optie	Omschrijving	Restwarmte bron	Restwarmte toepassing	Capaciteit toepassing [kW]	Temperatuur bereik [°C]	Opmerking (reden)
3	Restwarmte isomerisatiereactor	21DC-02	Reboilers	3.067	138°C - 55°C	Lage restwarmte temperatuur toepassing op reboilers niet mogelijk.
4	Restwarmte hydrogen sulphine recovery generator	21DD-02	21EA-12	870	110°C - 55°C	Bedrijfstemperatuur te laag.
6	Sour water stripper	21DA-02	21EA-05	900	153°C - 48°C	H ₂ S rijke stroom, 21EA-05 alleen tijdens opstart in bedrijf.
7	Bio nafta stabilisatie kolom	21DA-09		77	80°C - 40°C	Te lage temperatuur en vermogen.
8	Isomerisatie reactor	21DC-02	21EA-12	870	138°C - 55°C	Temperatuur gevoeligheid membraam unit



BILFINGER

9	Hydrotreatment reactor	21DC-01	12EA-03	2.400	151°C - 55°C	Onderhoudsschema en uit bedrijf zijn U12
10	Heat treatment reactor	11DC-01	11EA-01 + 11EA-02	3.861+ 6.666	100°C - 60°C 160°C - 93°C	Toekomstige bedrijfsmodi 11DC-01 onzeker