

# méér waarde uit afval

## HR Centrale

De nieuwe standaard voor het produceren  
van duurzame energie, metalen  
en bouwmaterialen uit stedelijk afval

# Méér waarde uit afval

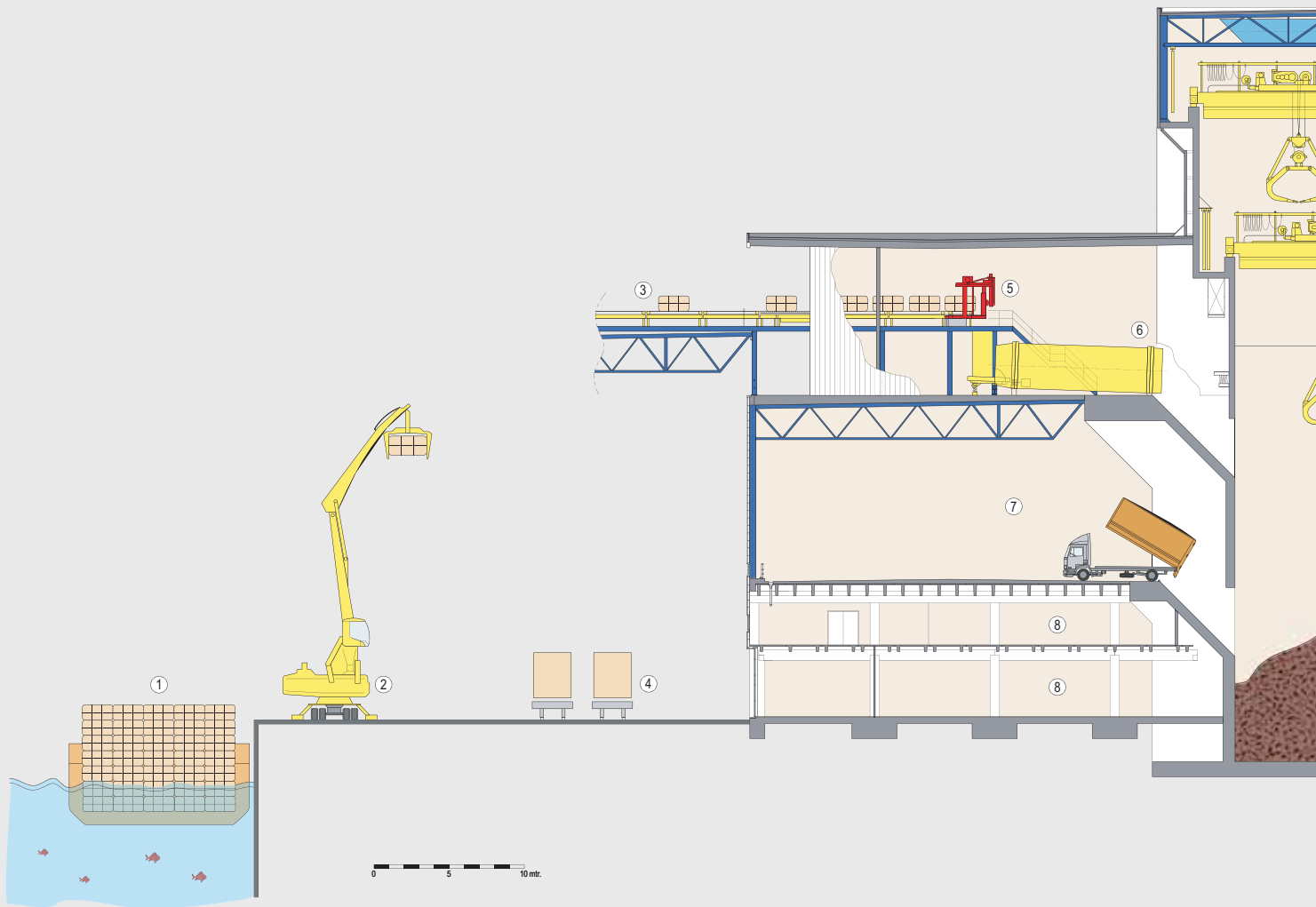
## HR Centrale

De nieuwe standaard voor het produceren van duurzame energie, metalen en bouwmaterialen uit stedelijk afval

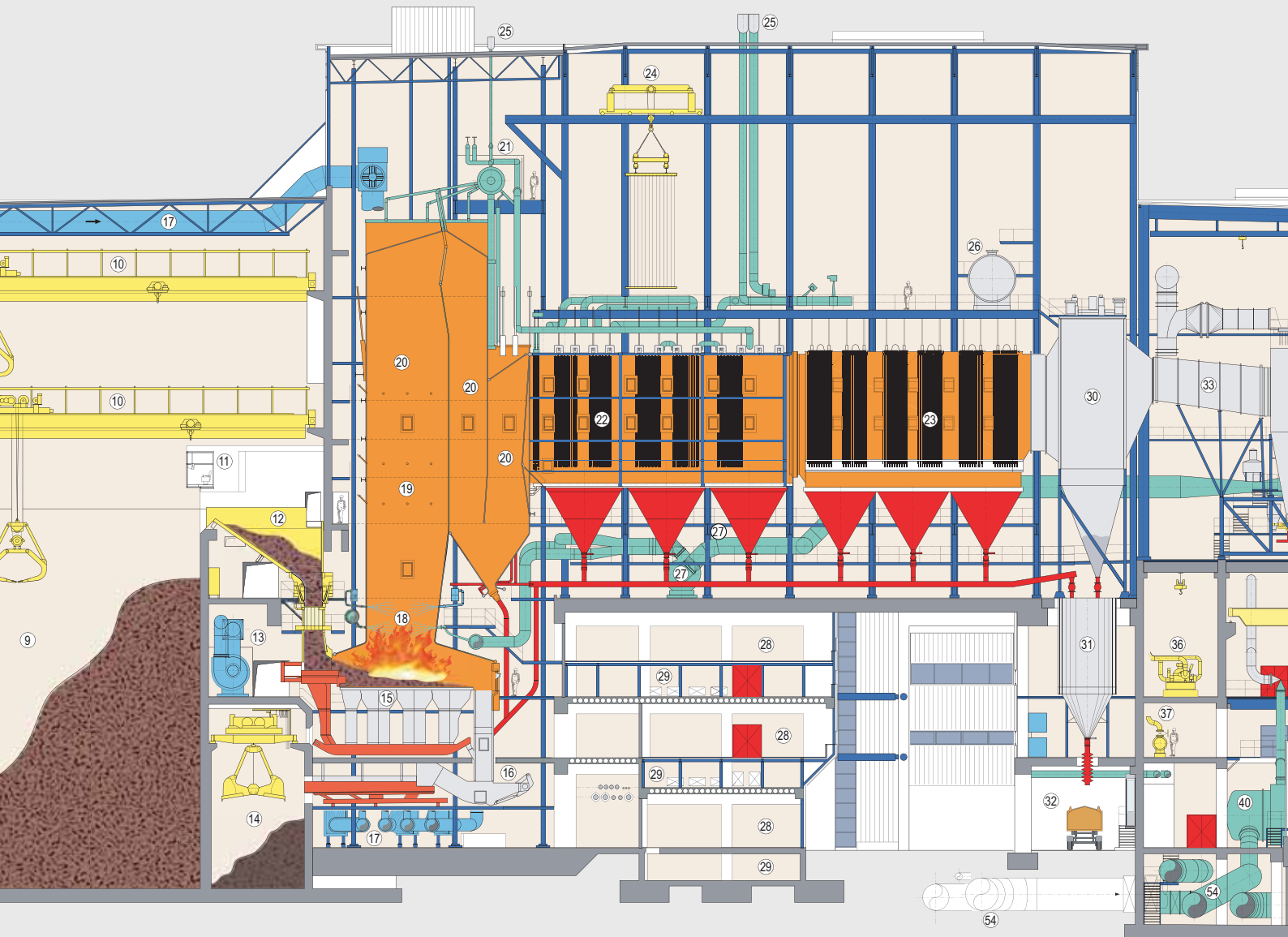


## HR Centrale

- 1 aanvoer per schip
- 2 mobiele kraan
- 3 transportband
- 4 aanvoer per trein
- 5 balen opener
- 6 homogenisatietrommel
- 7 storthal
- 8 magazijn
- 9 afvalbunker
- 10 afvalkraan
- 11 kraancabine
- 12 afvaltrechter
- 13 ventilator tertiaire lucht
- 14 slakkenbunker
- 15 rooster
- 16 primaire lucht
- 17 ontslakker
- 18 injectie reci-gas en tertiaire lucht
- 19 injectie ammonia t.b.v. DeNO<sub>x</sub>

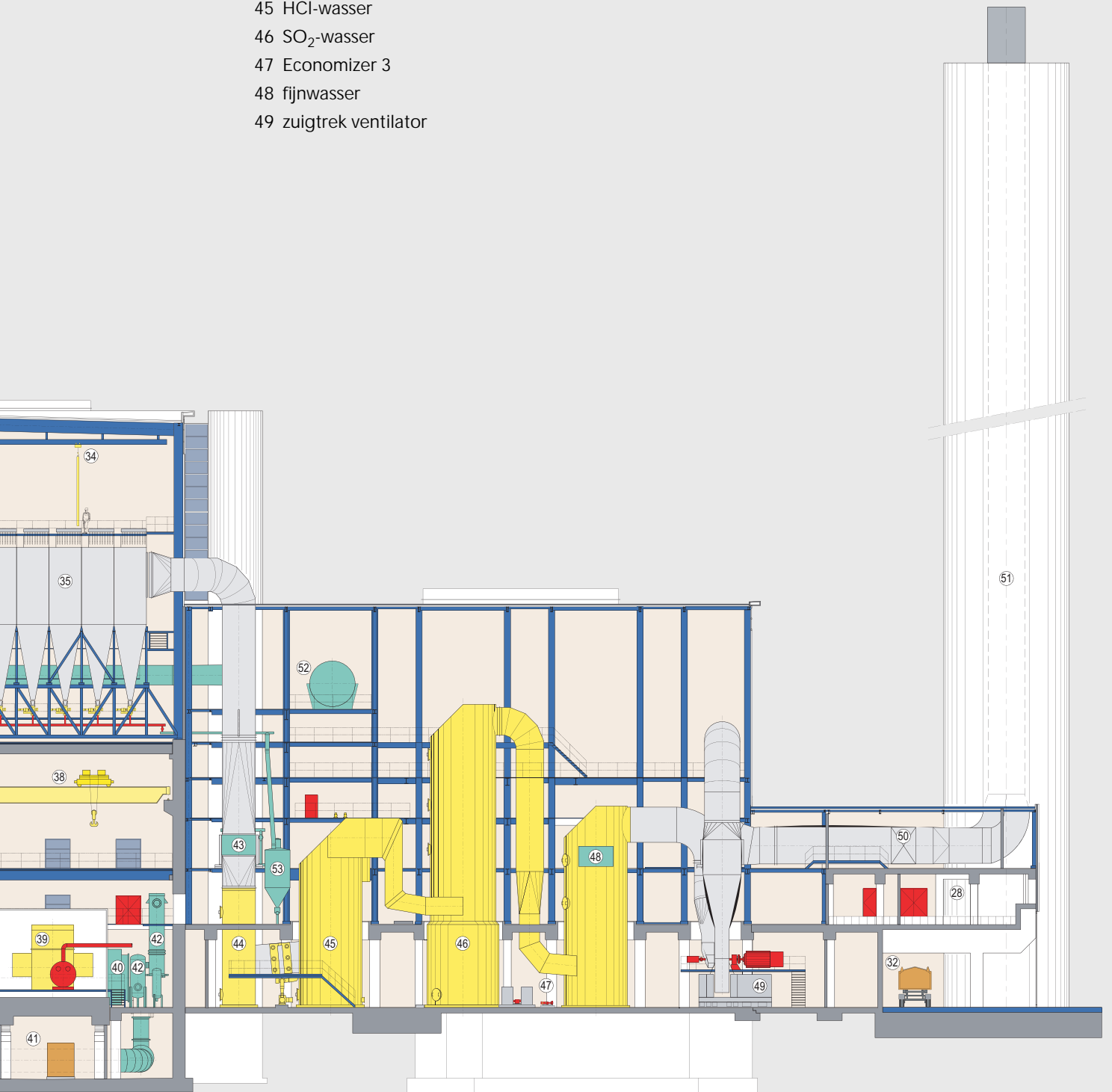


- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| 20 ketel, 1 <sup>e</sup> , 2 <sup>e</sup> en 3 <sup>e</sup> trek | 30 electrostatisch vliegfilter |
| 21 keteldrum   | 31 vliegfilter                 |
| 22 ketel sectie oververhitter                                    | 32 verlaadstraat               |
| 23 ketel sectie Economizer (ECO 1)                               | 33 injectie actief kool        |
| 24 ketel servicekraan  | 34 servicekraan doekenfilter   |
| 25 veiligheidskleppen  | 35 doekenfilter                |
| 26 ontgasser   | 36 voedingswaterpomp           |
| 27 ventilator reci-gas   | 37 stoombalk                   |
| 28 instrumentatie, besturing en electrotechniek                  | 38 turbine servicekraan        |
| 29 kabelruimte   | 39 turbogenerator              |



- 40 hoofd condensor
- 41 turbineolieruimte
- 42 herverhitter
- 43 Economizer 2
- 44 quench
- 45 HCl-wasser
- 46 SO<sub>2</sub>-wasser
- 47 Economizer 3
- 48 fijnwasser
- 49 zuigtrek ventilator

- 50 emissie-meting
- 51 schoorsteen
- 52 noodwatertank
- 53 residu silo
- 54 hoofd koelwatertoevoer



# Inhoud

-	<b>Voorwoord</b>	<b>4</b>
-	<b>Leeswijzer en kengetallen</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>6</b>
1.1	Afval Energie Bedrijf	6
1.2	Geschiedenis	7
1.3	Van Afvalenergiecentrale naar HR Centrale	8
1.4	Roosteroventechnologie	8
1.5	Volledig hergebruik	9
1.6	Bodemasopwerking	10
<b>2</b>	<b>De HR Centrale</b>	<b>12</b>
2.1	Doelstellingen	12
2.2	Milieu	16
2.3	Groenverklaring	17
2.4	ECO-port®	17
2.5	Patenten	18
<b>3</b>	<b>Procestechniek</b>	<b>20</b>
3.1	Blokken 10/20 en 30	20
3.2	Dimensioneringsgrondslag	20
3.3	Aanvoer van afval	21
3.4	Rooster en ontslakker	22
3.5	Verbrandingslucht	23
3.6	Ketel	24
3.7	Herverhitter	26
3.8	Turbinegenerator en hoofdcondensor	26
3.9	Water-stoom cyclus, energieopwekking, noodcondensor	26
3.10	Rookgasreiniging	28
3.11	Zoutfabriek	29
3.12	Biogasmotoren	31
3.13	Koelwatersysteem	31
3.14	Neveninstallaties	31
3.15	Elektrotechniek	32
3.16	Meet- en regeltechniek	33

<b>4</b>	<b>Realisatie</b>	<b>35</b>
4.1	Opdrachtgever	35
4.2	Kosten en financiering	35
4.3	Planning	36
4.4	Aanbesteding	38
4.5	Beschikbaarheid en veiligheid	38
<b>5</b>	<b>Bouwkunde</b>	<b>39</b>
5.1	Architectonisch concept	39
5.2	Lay-out van terrein en gebouwen	39
5.3	Gebouw indeling en constructie	43
-	<b>Nawoord</b>	<b>46</b>
-	<b>Bijlagen</b>	<b>47</b>
A	Technische gegevens	47
B	Percelen, aanemers en dienstverleners	51
C	Referenties	53
D	Plattegronden en tekeningen	54
-	<b>Colofon</b>	<b>60</b>

## Voorwoord

Sinds 1993 exploiteert het Afval Energie Bedrijf (AEB) een afvalenergiecentrale in het Westelijk Havengebied van Amsterdam met een verwerkingscapaciteit van meer dan 800.000 ton per jaar. Vanaf het moment van inbedrijfstelling is deze centrale in milieuhygiënisch, technisch en bedrijfseconomisch opzicht een succes. De capaciteit wordt volledig benut, waarbij ruimschoots wordt voldaan aan de emissie-eisen. In de afgelopen vijf jaar lag de beschikbaarheid gemiddeld boven de 94% en het netto elektrisch rendement bedroeg gemiddeld ruim 22%.

Om ook in de toekomst succesvol te kunnen opereren analyseert het Afval Energie Bedrijf continu en kritisch de markt waarin wordt geopereerd en de eigen positie die in deze markt wordt ingenomen. In 1998 ontwikkelde AEB een masterplan met als doelstelling de ontwikkeling van een geavanceerde afvalenergiecentrale met een verbrandingscapaciteit van circa 500.000 ton per jaar. Vernieuwend uitgangspunt van het plan was het optimaliseren van de output. Een verhoogd elektrisch rendement en het ontwikkelen van nieuwe producten uit residuen werden daarmee primaire doelstellingen.

Resultaat is de ontwikkeling van een Hoogrendement (HR) Centrale die het 'state-of-the-art' netto elektrisch rendement van 22% in één stap verhoogt tot 30%. Op deze wijze evolueert de afvalverbrander tot een afvalgestookte energiecentrale.

In deze brochure wordt de achtergrond en de technologie van deze nieuwe centrale gepresenteerd en toegelicht. Om verwarring te voorkomen, wil ik daarbij graag benadrukken dat de bestaande centrale wordt aangeduid als Afvalenergiecentrale en de innovatieve uitbreiding als Hoogrendement Centrale. Beide installaties zullen vanaf 2007 gezamenlijk opereren.

Met de bouw van de HR Centrale wordt verder invulling gegeven aan het Eco-Port® concept, een duurzaam industriecomplex gebaseerd op recycling en verwerking van de afvalstromen uit stedelijke regio's. Met dit technische kijkje achter onze schermen stellen wij u dan ook met plezier nieuwe, uitdagende perspectieven in het vooruitzicht.

**Dr. K.D. van der Linde**

Algemeen directeur Afval Energie Bedrijf



# Leeswijzer

Hoofdstuk 1 & 2 zijn bedoeld voor de lezer met algemene interesse in het concept van de HR Centrale. In combinatie met hoofdstuk 3 wordt tevens voorzien in de behoefte van de algemeen technisch geïnteresseerde lezer. De overige hoofdstukken zijn geschreven voor lezers met meer gedetailleerde belangstelling.

- Hoofdstuk 1 'Inleiding' beschrijft de historie en de visie die geleid hebben tot de HR Centrale.
- Hoofdstuk 2 'HR Centrale' geeft het concept en de uitgangspunten weer.
- Hoofdstuk 3 'Proces' gaat dieper in op de technische uitwerking.
- Hoofdstuk 4 'Project' beschrijft de realisatie.
- Hoofdstuk 5 'Bouwkunde' behandelt de constructie en de indeling van de Centrale.
- Bijlagen 'Technische gegevens' geeft een overzicht van relevante cijfers; 'percelen, aannemers en dienstverleners'; 'referenties' verwijst naar relevante studies en literatuur; 'plattegronden en tekeningen' toont enkele essentiële afbeeldingen en overzichten.

**fig. 1** Kengetallen

Capaciteit		Per jaar
Afvalenergiecentrale (ontwerp)	2.400 ton/dag	765.000 ton afval
Afvalenergiecentrale (2004)	2.800 ton/dag	850.000 ton afval + 25.000 ton slib
HR Centrale (ontwerp)	1.600 ton/dag	530.000 ton afval
Afval Energie Bedrijf (totaal in 2008)	4.400 ton/dag	1.400.000 ton afval + 100.000 ton slib

Energie (netto levering)		
Afvalenergiecentrale (ontwerp)	59 MW	450.000 MWh elektriciteit
Afvalenergiecentrale (2004)	67 MW	530.000 MWh elektriciteit + 150.000 GJ warmte
HR Centrale (ontwerp)	57 MW	420.000 MWh elektriciteit
Afval Energie Bedrijf (totaal in 2008)	125 MW	1.000.000 MWh elektriciteit + 250.000 GJ warmte

Investering	
Afvalenergiecentrale (1993)	€ 450 miljoen
HR Centrale (2004)	€ 370 miljoen

Omzet	
Afvalenergiecentrale (afval, 2004)	€ 85 miljoen
Afvalenergiecentrale (energie, 2004)	€ 17 miljoen
Afval Energie Bedrijf (totaal, 2004)	€ 110 miljoen

# 1

## Inleiding

### 1.1

## Afval Energie Bedrijf

Het Afval Energie Bedrijf (AEB) is een diensttak van de gemeente Amsterdam die opereert als zelfstandig bedrijf. De gemeente Amsterdam is enig aandeelhouder. Er moet dus worden gezorgd voor een sluitende eigen exploitatie op basis van normale concurrentie op de afval-, de energie- en de grondstoffenmarkt.

Het aan de kostprijs gelieerde verbrandingstarief van AEB behoort al meer dan 10 jaar tot de laagste tarieven in de markt. Waarom dat zo is, mag blijken uit de missie van AEB:

*'De beste zijn in het verwerken van afvalstoffen, gericht op het genereren van maximaal nut uit afvalstromen met een zo hoog mogelijk milieurendement, tegen zo laag mogelijke kosten en met toegevoegde waarde voor alle belanghebbenden. Dit met steun, onderling respect en inzet van alle medewerkers van de onderneming. Kortom: Maximaal nut uit afvalstromen'.*

Om haar missie te realiseren, heeft AEB strategische doelen gesteld, die uiterlijk in het jaar 2010 gerealiseerd moeten zijn. De voornaamste doelen en taken zijn:

### Een vooruitstrevende rol in Europa

Het Afval Energie Bedrijf en de gemeente Amsterdam voeren een vooruitstrevend milieubeleid. Zij streven continu naar verbetering van de milieuprestatie. Vandaar de ambitie om in Europa de beste in milieuprestatie te zijn en daarbij bovendien op te treden als Europees kostprijsleider. Het Afval Energie Bedrijf en de gemeente Amsterdam stellen het belang van de bevolking voorop. Hun overtuiging is, dat burgers recht hebben op het laagste tarief. Dit is, conform de werkwijze van een not-for-profit organisatie, direct op de kostprijs gebaseerd.

fig. 2

Afval Energie Bedrijf, gemeente Amsterdam



### Optimale ontplooiing en doorgroei

Wie kwaliteit wil leveren, kan het niet stellen zonder een goed functionerend samenspel van deskundige, gemotiveerde en kwaliteitsbewuste medewerkers. Daarbij gelden als kernelementen: openheid, eerlijkheid, een actieve instelling, veiligheid en wederzijds respect.

### Serviceorganisatie

Het Afval Energie Bedrijf heeft een zorgplicht binnen Amsterdam voor het verwerken van afval. Deze plicht omvat ook de zorg voor de inzameling en scheiding van klein chemisch afval, grof afval en elektrische apparaten van huishoudens en bedrijven. Daarnaast wordt er elektriciteit en warmte geleverd aan delen van de gemeente, bedrijven en burgers.

### Verzorgingsgebied

Het Afval Energie Bedrijf maakt deel uit van de gemeente Amsterdam. Het primaire verzorgingsgebied omvat de gemeente Amsterdam en 19 samenwerkende gemeenten in de regio. Aangezien de HR Centrale de capaciteit van AEB zal vergroten, zijn inmiddels ook langdurige contracten gesloten met afvalinzamelaars uit andere regio's. Voor de komende vijftien jaar is een optimaal gebruik van de grotere verwerkingscapaciteit al bij voorbaat ingevuld en gegarandeerd.

### De bedrijfsonderdelen

Het Afval Energie Bedrijf omvat naast de Afvalenergiecentrale verschillende bedrijfsonderdelen en een joint venture:

- Depot gevaarlijk afval: inzameling en hergebruik van chemisch en gevaarlijk afval.
- Regionaal Overslag Station Amsterdam (ROS): inzameling en demontage van afgedankte elektrische en elektronische apparaten (wit- en bruingoed).
- Afvalpunten: zes locaties in de stad waar gevaarlijk en/of recycleerbaar afval wordt ingenomen.
- Westpoort Warmte BV (WPW): een joint venture waarin het Afval Energie Bedrijf nauw samenwerkt met het energiebedrijf Nuon voor de distributie van warmte. De joint venture levert warmte aan bedrijfslocaties in het Westelijk Havengebied en binnenkort aan circa 15.000 huishoudens in Nieuw West.

Een bedrijfsonderdeel van groeiend belang is de slakopwerkingsinstallatie die de bodemassen scheidt in bouwstoffen en metalen. Een proefproject en toekomstige uitbreiding zullen zorgen voor de productie van steeds meer en hoogwaardiger metalen en primaire bouwstoffen, zoals zand en grind.

## 1.2

## Geschiedenis

Het Afval Energie Bedrijf komt voort uit de in 1885 opgerichte Stadsreiniging Amsterdam. De groeiende aandacht voor hygiënische verwerking van afval – om verspreiding van ziekten te voorkomen – leidde rond 1900 tot studies voor de bouw van een afvalverbrander. In 1919 werd de eerste afvalverbrander in Amsterdam in gebruik genomen. Deze had een capaciteit van 150.000 ton per jaar. In 1969 werd de afvalenergiecentrale vervangen door een nieuwe met een uiteindelijke capaciteit van 500.000 ton per jaar (fig. 2).

In 1993 is de huidige afvalenergiecentrale in bedrijf genomen met een ontwerpcapaciteit van 765.000 ton per jaar. Deze centrale was de eerste die al op de tekentafel ontworpen was om aan de toen nieuwe, zeer strenge emissie-eisen te voldoen. Deze centrale van de derde generatie behoort tot de zeven grootste afvalverwerkingscentrales ter wereld.

De huidige Afvalenergiecentrale is in de eerste 10 jaar door een systematische aanpak sterk geoptimaliseerd. Hierdoor is de bedrijfsvoering verbeterd, zijn de emissies verlaagd, is het chemicaliëngebruik verminderd en de doorzet vergroot. In lijn met overheidsdoelstellingen is in het bijzonder aandacht besteed aan de verbetering van het energetisch rendement. Hiervoor zijn tal van kleine en grote projecten uitgevoerd. Door het totaal van deze projecten is de hoeveelheid geleverde elektriciteit (netto) 20% toegenomen van 450.000 MWh in 1993 naar 530.000 MWh in 2004. Daarnaast is stadsverwarming gerealiseerd voor levering van warmte aan gebruikers in de omgeving.

## 1.3

### Van Afvalenergiecentrale naar HR Centrale

Bij het maken van de nieuwe plannen heeft AEB zich bezonnen op de wezenlijke functie die afvalverbranding heeft voor de samenleving. De conclusie was dat de centrales op het moment dat ze vervangen werden in feite nog niet technisch waren afgeschreven. De vervanging vond plaats omdat het denkkader in de maatschappij gewijzigd was. In de maatschappelijke optiek voldeden de centrales niet meer. In de huidige situatie ligt dat anders. Het heeft geen zin om de centrale nóg schoner te maken. Uiteraard wordt wél rekening gehouden met de nieuwe maatschappelijke bewustwording dat duurzaamheid op steeds meer fronten noodzakelijk is (fig. 3).

Deze vaststelling bracht AEB tot de conclusie dat de conventionele afvalverbranding zich moet ontwikkelen in de richting van volledig hergebruik van energie en materialen. Iets heel anders dus, dan alleen een oplossing om van afval af te komen. Het denkkader voor de vierde generatie afvalenergiecentrales is: 'design for output'. Er is ontworpen voor een maximale productie. Het resultaat van dit nieuwe paradigma is een hoogrendement afvalenergiecentrale die 30% netto elektrisch installatierendement realiseert. Bovendien wordt de bodemas gewassen om schoon zand en grind te leveren en metalen maximaal terug te winnen. De aanpassing van het denkkader lijkt slechts een subtiele aanpassing, maar vertaald naar de praktijk leidt het tot zeer wezenlijke resultaten in het hergebruik van energie en materialen (fig. 4).

## 1.4

### Roosteroventechnologie

Bij het maken van het – in het voorwoord genoemde – masterplan van 1998 is veel aandacht geschonken aan toekomstige ontwikkelingen in de afvalmarkt en de bijbehorende technologieën. Daarbij is een strategische keuze gemaakt voor concentratie op de kernactiviteit: het integraal verbranden van huishoudelijk afval. De technologische ontwikkelingen, waaronder wervelbed, pyrolyse en vergassing, zijn in

fig. 3

#### Afvalverbranding in Amsterdam

##### Generaties in afvalverbranding in Amsterdam

–	1885	–	openlucht verbranding
1.	1917	150,000 ton/jaar	oven, geen rookgasreiniging
2.	1969	500,000 ton/jaar	stof afvang
3.	1993	800,000 ton/jaar	chemische reiniging
4.	2006	+ 500,000 ton/jaar	design for output

allerlei varianten afgewogen. De conclusie van deze vergelijkingen was dat roosteroventechnologie het meeste perspectief te bieden heeft voor huishoudelijk afval. In verband met het toenmalige 'moratorium' (een tijdelijk stop op de bouw van roosterovens volgens conventionele technologie) is gestart met de ontwikkeling van een verbeterde roosteroven, die aansluit op de uitgangspunten van de overheid. Zo werd een nieuw concept ontwikkeld, dat vooral gericht is op het maximaliseren van de elektriciteitsproductie. Voor verbetering van het hergebruik van materialen werden separate projecten gestart. U leest hierover meer – met name over het hergebruik van de bodemassen – op pagina 10 en 11.

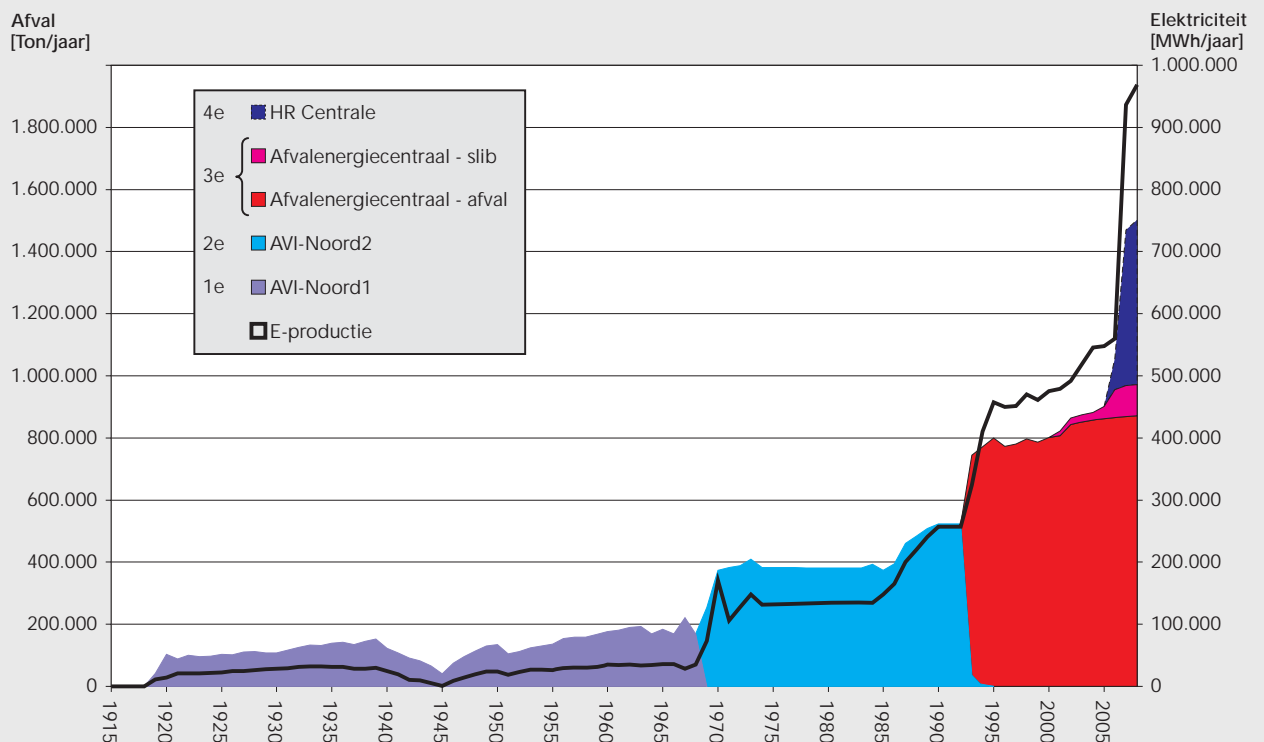
## 1.5 Volledig hergebruik

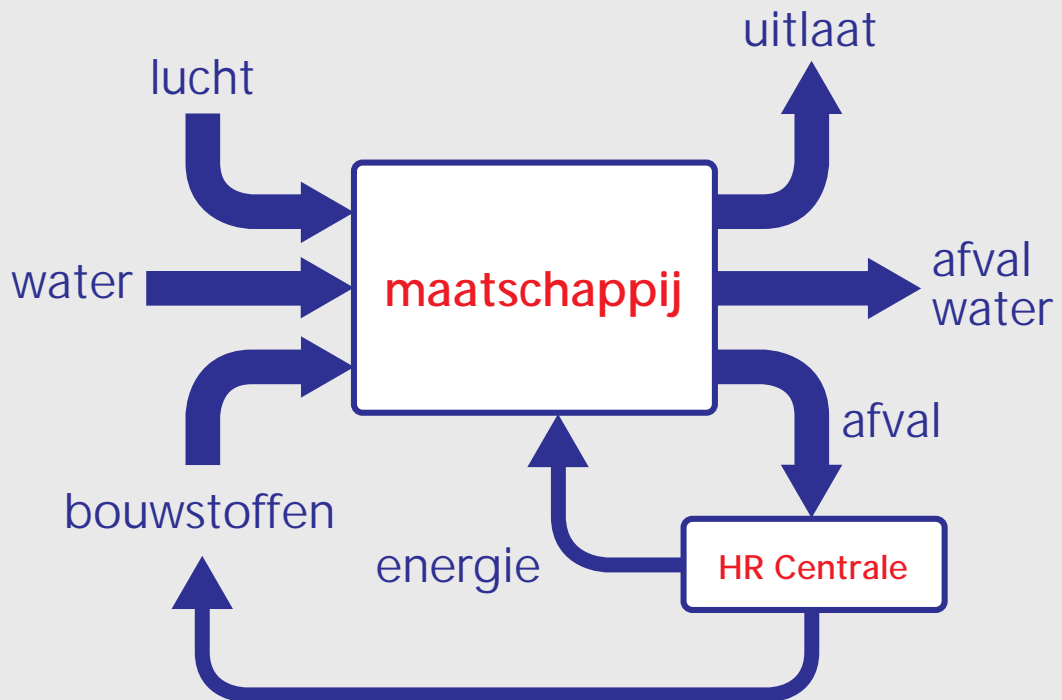
De bovengenoemde aanpak is gebaseerd op de filosofie dat een afvalenergiecentrale die alleen gericht is op 'verwijdering van afval' de maatschappij onvoldoende toegevoegde waarde oplevert. De maatschappelijke bewustwording leidt tot een toenemende aandacht voor nuttige toepassingen. Om op lange termijn maatschappelijk draagvlak te verwerven, dienen afvalenergiecentrales zich te ontwikkelen van centrales voor 'verwijdering van afval' tot centrales voor 'volledig hergebruik' (fig. 5).

Met de kennis en ervaring die werd opgedaan met de bedrijfsvoering en energetische optimalisatie van de bestaande Afvalenergiecentrale is een dertigtal maatregelen tot één concept verenigd. Het gaat daarbij vooral om bestaande technologie die in een sterk verbeterde vorm wordt ingezet. Om het concept sluitend te maken werden innovatieve technische ideeën in toepassing gebracht. Het geheel heeft geleid tot de centrale die in deze brochure wordt toegelicht.

Deze centrale, die HR Centrale wordt genoemd, wordt op dit moment gerealiseerd door AEB. Vanaf eind 2006 zal AEB deze centrale exploiteren in combinatie met de bestaande Afvalenergiecentrale. De HR Centrale heeft maximale elektriciteitsproductie als uitgangspunt. Daarnaast moet uiteraard voldaan

fig. 4 Afvalverbranding en energieopwekking in Amsterdam





worden aan de commerciële, milieutechnische en operationele eisen die aan elke concurrerende full-scale centrale in de markt gesteld worden. Het voorliggende concept overtreft de uitgangspunten die zijn vastgelegd in de EU-referentie voor 'Best Available Technology' (BREF 2003).

In vergelijking met andere technologieën wordt met de HR Centrale een optimaal hergebruik bereikt. Dit komt vooral door de integrale verbranding van het afval, waardoor er geen reststromen ontstaan die met een laag rendement verwerkt of zelfs gestort moeten worden. In het Landelijk Afvalbeheersplan (LAP) zijn Levenscyclusanalyses (LCA's) uitgewerkt voor huishoudelijk afval. Hieruit blijkt dat het concept met integrale verbranding in een HR Centrale even goed scoort als de meest ideale concepten gebaseerd op scheidingsinstallaties. Het grote voordeel zit in de robuustheid en de lage kosten van het concept. Dit geldt met name voor moeilijke, zeer gemengde, afvalstromen zoals huishoudelijk restafval (fig. 6).

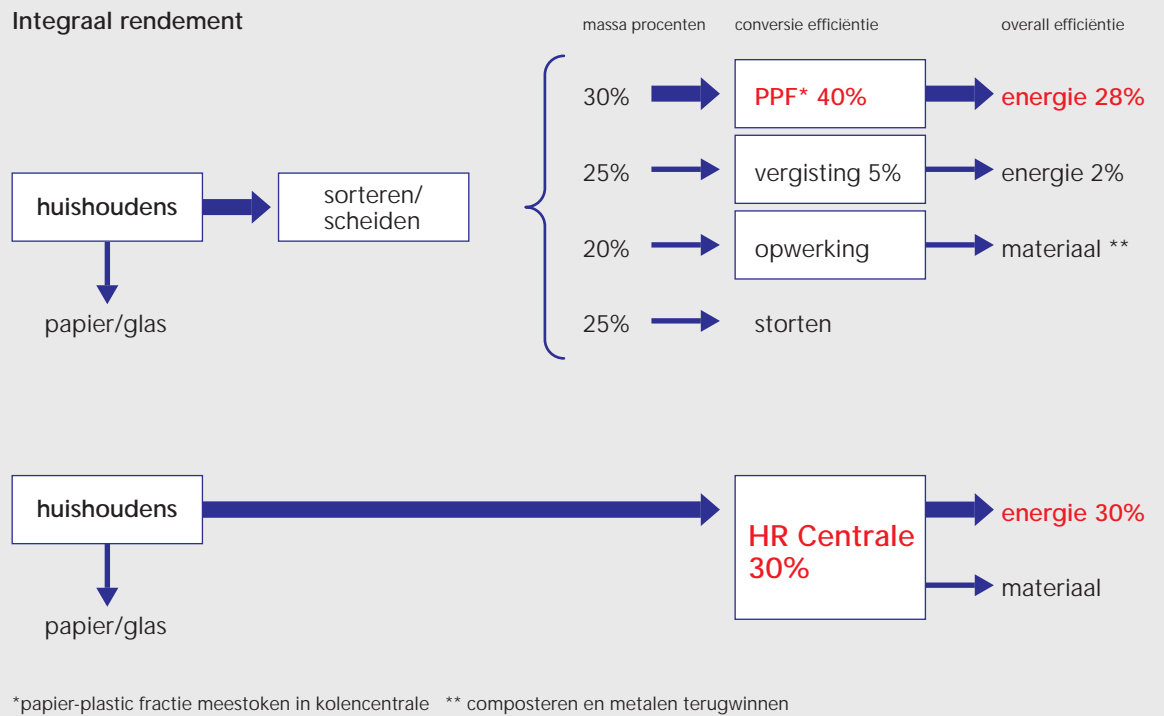
## 1.6 Bodemasopwerking

Naast de realisatie van de HR Centrale die gericht is op energieopwekking werkt AEB aan verbeterd hergebruik van materiaal. In de bodemas blijven de inerte afvalcomponenten zoals zand, steen en metalen achter. Voor het scheiden en wassen van de bodemassen volgens een nat proces is een separaat traject opgezet. In dit natte scheidingsproces is een geavanceerde stap opgenomen, waarbij gebruik wordt gemaakt van kinetische zwaartekrachtscheiding in water. Dit heeft geleid tot een pilot-installatie die uit de bodemassen schone en hoogwaardige grondstoffen en tussenproducten vervaardigt:

- Ferro metalen: hergebruik van ijzer.
- Non-ferro metalen: hergebruik van aluminium, koper, zink, lood, enz.
- Granulaatfractie (steentjes, aardewerk enz.): hergebruik in beton.
- Zandfractie: hergebruik in kalkzandsteen.
- Kleine restfractie (slib): vooralsnog residu.

fig. 6

Vergelijking van scheiding met integrale verbranding



De resultaten van deze pilot zijn zeer goed. Met behulp van de nieuwe technologie, ontwikkeld in samenwerking met de TU Delft, is het mogelijk om het terugwinningspercentage sterk op te voeren en een goede (zuivere) kwaliteit van de diverse stromen te realiseren. Inmiddels wordt de pilot verder opgeschaald naar 50 ton/uur. De verwachting is, dat binnen enkele jaren een full-scale installatie (met een capaciteit van meer dan 300.000 ton/jaar) operationeel zal zijn. Het streven naar volledig hergebruik zal hiermee nagenoeg geheel worden gerealiseerd.

Voor de HR Centrale zijn de volgende doelstellingen vastgesteld:

1. De HR Centrale realiseert een netto elektrisch rendement van 30%.
2. De beschikbaarheid is  $\geq 90\%$  van de tijd.
3. De verwerkingscapaciteit bedraagt  $\geq 530.000$  ton per jaar.
4. De technologie is roosteroventechnologie voor integrale verbranding van huishoudelijk restafval zonder voorbereiding.
5. Voor het ontwerp van de rookgasreiniging geldt het BAT-principe (best beschikbare technologie).
6. Volledige nuttige toepassing van reststoffen.
7. Het aantal transportkilometers over de weg mag ondanks de toegenomen aanvoer van afval niet groter worden.

Zo legt de 90-jarige ervaring die het Afval Energie Bedrijf met afvalverbranding heeft opgedaan de basis voor het realiseren van een nieuwe generatie afvalverbranders die een nieuwe standaard vormen voor energieproductie en hergebruik.

#### Netto rendement van 30%

De bestaande Afvalenergiecentrale levert elektrisch vermogen met een netto elektrisch rendement dat door optimalisatie is opgevoerd tot ruim 22%. De Centrale bezet daarmee een technologische topositie. Om tot een netto elektrisch rendement van 30% te komen, moet de hoeveelheid elektriciteit die per ton afval wordt opgewekt met meer dan een derde worden verhoogd. Thermodynamisch ligt een verhoging van de stoomparameters (druk en temperatuur) voor de hand om het rendement op te schroeven. Maar bij afvalenergiecentrales gaan hogere stoomparameters altijd samen met chloorcorrosie en neemt de levensduur van de oververhitter met de stijging van de stoomtemperatuur drastisch af. Dit is tegenstrijdig met het streven naar een optimaal beschikbare en rendabele centrale. De vraag was dus, hoe deze tegenstelde doelen met elkaar in overeenstemming konden worden gebracht. Om een hoger rendement zonder extra risico's te behalen werden na uitgebreide studies de volgende maatregelen gecombineerd:

- a. Dankzij de jarenlange positieve ervaringen die zijn opgedaan met de behandeling van kritieke warmteoppervlakken in de ketel door middel van oplassen met Inconel<sup>®</sup>, kan bij de HR Centrale corrosie beter beheerst worden. Deze hoogwaardige nikkel-chroomlegering is het uitgangspunt voor een pakket maatregelen, waarmee het rendement wordt verhoogd en de ketel en de water-stoom cyclus nieuwe dimensies krijgen.
- b. Een hogere stoomtemperatuur is bij afvalenergiecentrales kritisch door het sterk toenemen van de corrosie van oververhitters. In de HR Centrale is in plaats van de gangbare 400°C gekozen voor een stoomtemperatuur van 440°C met de optie om deze later te verhogen tot 480°C. Het ketelontwerp is geoptimaliseerd om corrosie en erosie te minimaliseren.
- c. Het verhogen van de stoomdruk levert een grote bijdrage aan de rendementsverhoging, maar kan in verband met condensatie van stoom in de lagedrukturbine slechts evenredig met de stoomtemperatuur gebeuren. Het is bij de HR Centrale toch gelukt om de stoomdruk sterk te verhogen. Er wordt een sprong gemaakt van 40 bar naar 125 bar. Dit is mogelijk door de volgende, cruciale aanpassing:
- d. Herverhitting met gebruik van verzadigde stoom uit de keteldrum. Tussenoververhitting van de turbinestoom is een procédé dat onder andere in kolencentrales wordt toegepast om een hoger rendement te realiseren. Dit gebeurt met een warmtewisselaar direct in het rookgas. Maar voor een afvalenergiecentrale heeft dat grote nadelen. De rookgastemperaturen in de ketel zouden dan zodanig worden verhoogd, dat het corrosiegevaar sterk zou toenemen. De oplossing van dit probleem werd gevonden in herverhitting door een externe warmtewisselaar met verzadigde stoom. Dit procédé, dat in veel



kerncentrales wordt toegepast, wordt nu voor het eerst gebruikt bij afvalverbranding. Het principe is weergegeven in het schema hieronder (fig. 7):

Om de temperatuur van de stoom voor de tweede turbinetrap te verhogen, wordt verzadigde stoom uit de stoomdrum van de ketel gebruikt. Het genereren van verzadigde stoom in een afvalverbrandingsketel levert een stuk minder problemen op dan de opwekking van oververhitte stoom.

e. Minimalisering van het zuurstofgehalte bij het stoken. Bij afvalenergiecentrales is een zuurstofgehalte van 8 tot 11% in het rookgas gebruikelijk. De HR Centrale bereikt met behulp van rookgasrecirculatie een zuurstofgehalte van 6%. Daardoor wordt het rookgasvolume met circa 40% gereduceerd en wordt de warmte die via de schoorsteen verloren gaat tot een minimum teruggebracht.

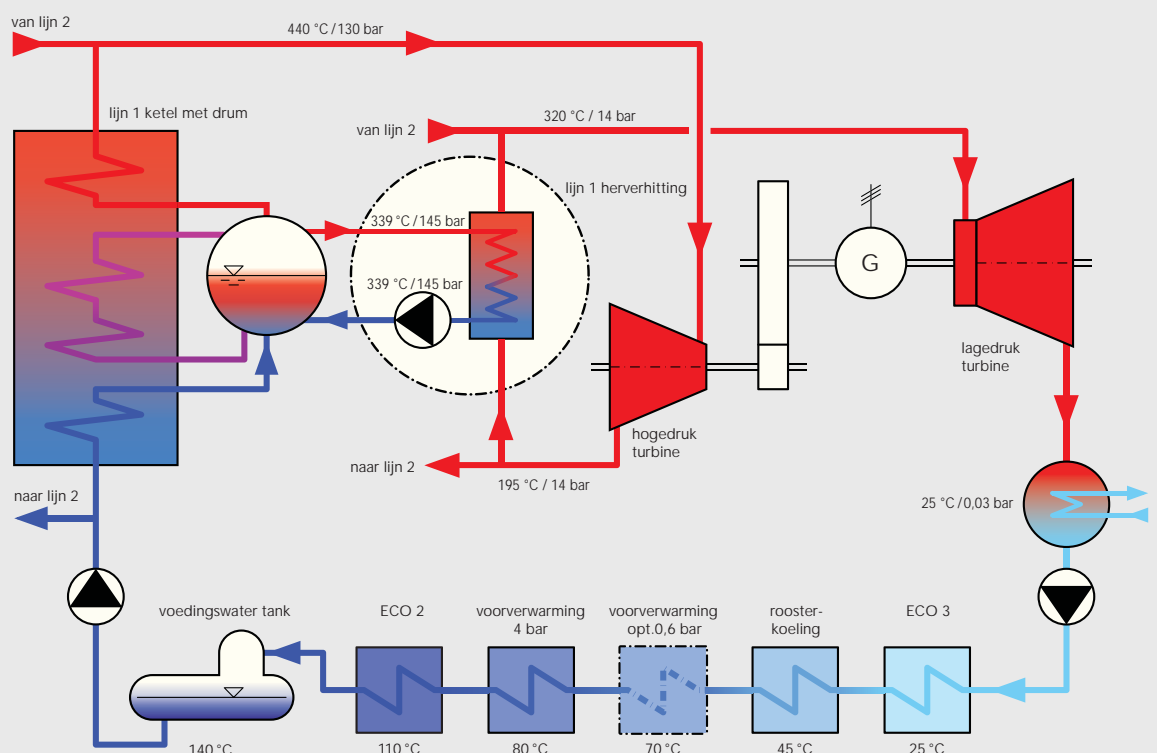
f. Maximale benutting van de rookgasenergie. Gewoonlijk wordt de energie van de rookgassen niet meer gebruikt nadat deze de ketel hebben verlaten. Bij de HR Centrale wordt de resterende energie als volgt benut:

- De rookgastemperatuur bij keteluittrede is verlaagd ten opzichte van de gangbare 200-240°C en wordt constant gehouden op 180°C door de economiser (ECO 1) in de ketel te vergroten.
- Voor de eerste rookgaswasser (de quench) is een corrosiebestendige warmtewisselaar geïnstalleerd om het condensaat voor te verwarmen (ECO 2).
- In de laatste fijnwasser worden de rookgassen zover afgekoeld dat het water condenseert. Ook deze warmte wordt gebruikt voor het voorverwarmen van het condensaat (ECO 3).

g. Minimalisatie van de stoomdruk na turbine. Door de herverhitting van de turbinestoom en de koeling van de condensor met havenwater is een zeer lage stoomdruk na turbine mogelijk. Het rendement van de turbine kan daardoor tot het maximale worden opgevoerd.

fig. 7

Schema herverhitting



Het ontwerp wordt afgerond met diverse extra maatregelen, zoals de 0,6 bar condensaatvoorverwarmer (optioneel), het gebruik van afzonderlijk regelbare luchtvoorverwarmers per roosterzone en het gebruik van aandrijvingen met regelbaar toerental (met behulp van frequentieomvormers). Dit op plaatsen waar volgens de ontwerp- en bedrijfsspecificaties een mogelijkheid tot elektriciteitsbesparing is.

Door de combinatie van deze maatregelen en de mogelijkheid de stoomtemperatuur te verhogen tot 480°C, is een bruto elektrisch rendement van ongeveer 34% haalbaar. Zo wordt de doelstelling – een netto elektrisch rendement van 30% – gerealiseerd. De HR Centrale stelt hiermee een nieuwe norm ten aanzien van energiewinning uit afval.

### **Beschikbaarheid van 90%**

Een hoge mate van beschikbaarheid is een eerste vereiste voor de rendabele inzet van een afvalenergiecentrale. Vooral de momenten waarop de centrales ongepland tot stilstand komt, leiden tot hoge kosten en inkomstenderving. Om de HR Centrale ondanks zijn innovatieve karakter optimaal inzetbaar te maken, worden onder andere de volgende maatregelen getroffen:

- De eerste twee trekken van de ketel worden geheel met een hoogwaardige nikkellegering beschermd (Inconel®-cladding).
- Elke oververhitterbundel kan bij slijtage binnen 72 uur worden vervangen.
- Alle componenten zijn gebouwd op een ononderbroken bedrijfsduur (reistijd) van 24 maanden in plaats van de gangbare 12 maanden. Dat wil zeggen dat ze twee jaar onafgebroken kunnen werken tussen twee grote onderhoudsbeurten. De tijdsduur van deze revisies is door alle maatregelen verkort van 21 naar 14 dagen.
- Systematische analyses, die tekortkomingen in de veiligheid en bedrijfszekerheid signaleren, waardoor in een vroeg stadium verbeteringsmaatregelen kunnen worden getroffen. In paragraaf 4.5 wordt een overzicht gegeven van deze analyses. Ze resulteren in een groot aantal gedetailleerde optimalisaties die in de engineering zijn meegenomen.
- Door de medewerkers van het Afval Energie Bedrijf nadrukkelijk bij het ontwerp en de bouw te betrekken wordt bovendien gewaarborgd dat de ervaringen met de bestaande Centrale worden meegenomen in de plannen en dat de optimaliseringsmogelijkheden ten volle worden benut.

### **530.000 ton afval per jaar**

De HR Centrale bestaat uit twee verbrandingslijnen, elk met een thermische capaciteit van 93,3 MW. Bij een gemiddelde calorische waarde van 10MJ/kg komt dit overeen met 33,6 ton/h afvaldoorzet per lijn, samen 1600 ton/dag. In vergelijking met andere afvalenergiecentrales gaat het hier dus om zeer grote units. Voor de afvalverbranding heeft deze omvang het belangrijke voordeel dat afwijkingen in het afvalaanbod eenvoudig kunnen worden opgevangen. Schommelingen in de samenstelling van het afval hebben minder invloed en de ketels kunnen gelijkmatig en dus storingsvrij draaien.

### **Roosteroventechnologie**

De verbranding van het afval vindt plaats op een horizontaal rooster dat is uitgerust met waterkoeling. Deze koeling maakt deel uit van de water-stoom cyclus, waardoor er geen warmte verloren gaat. Alleen de eerste helft van het roosteroppervlak is watergekoeld om verbranding van de roosterstaven tegen te gaan en ook verbranding van hoogcalorisch bedrijfsafval mogelijk te maken. Een groot voordeel van waterkoeling is de langere levensduur van de roosterstaven.

### **Rookgasreiniging**

Het Afval Energie Bedrijf streeft naar continue verbetering van haar milieuprestaties. Daarom is de rookgasreiniging zodanig ontworpen, dat een selectieve afscheiding van reststoffen plaatsvindt, waarbij schadelijke stoffen kunnen worden omgezet in goed bruikbare stoffen die als product verkocht kunnen worden.

Naast de grenswaarden voor de emissies in de Wet Milieubeheer heeft AEB ook de nog betere operationele waardes van de bestaande Afvalenergiecentrale als uitgangspunt genomen. Het overtreffen van deze grenswaarden heeft geleid tot een ontwerp van de rookgasreiniging dat is gebaseerd op BAT (best beschikbare technologie).

In het diagram zijn de garantiewaarden van de HR Centrale (grijs en rood) afgezet tegen de verwachte (groene) waarden als percentages van de wettelijk toegestane grenswaarden. De verwachte waarden zijn uiteraard lager dan de gegarandeerde waarden (fig. 8).

Voor de emissie van NO<sub>x</sub> ligt de Nederlandse grenswaarde op 1/3 van de EU-norm. Het milieutechnische optimum ligt, vanwege het ammoniakverbruik, bij een bedrijfsvoering met een NO<sub>x</sub>-waarde net onder de Nederlandse norm. Bij alle overige componenten ligt de operationele emissie waarde ver beneden de Nederlandse- en de EU-normen.

### Maximale benutting van reststoffen

Het innovatieve karakter van de HR Centrale blijkt eens te meer uit de nuttige toepassing van de verschillende reststoffen:

- Bodemas wordt in de slakopwerkingsinstallatie verwerkt.
- Ketelas kan op kwaliteit geselecteerd worden.
- Vliegas wordt in het elektrofilter separaat afgescheiden.
- Chloor (zoutzuur) wordt in de zoutfabriek tot calciumchloride verwerkt.
- Zwavel (zwaveldioxide) wordt verwerkt tot gips.

Alleen de reststoffen uit het doekenfilter moeten voorlopig nog gestort worden.

**Bodemas.** Na de verbranding blijft het inerte materiaal achter als bodemas. Deze bodemassen worden bewerkt in de slakopwerkingsinstallatie en dienen te voldoen aan het Bouwstoffenbesluit. Het Afval Energie Bedrijf richt zich op zo hoogwaardig mogelijke toepassingen van bodemas. Het ijzer en de zeer waardevolle non-ferro metalen kunnen met verschillende technieken worden teruggewonnen. Met het natte proces dat hiervoor wordt toegepast, wordt ook schoon zand en grind geproduceerd dat bruikbaar is voor de productie van kalkzandsteen en beton. Zie ook pagina 10.

fig. 8

### Emissiewaarden



**Ketelas.** Afhankelijk van de temperatuur zal de eigenschap van het ketelas verschillen in het rookgas-traject in de ketel. Voor de as dat zich in de karen onder de OVO's en ECO verzamelt kan daarom per keer de keuze gemaakt worden of het als vliegias of als bodemas verwerkt moet worden.

**Vliegias.** Er is vanuit milieuoverwegingen gekozen voor een elektrofilter als vliegias-voorafscheiding vóór het doekenfilter. Procestechnologisch is hier geen noodzaak voor, maar dankzij deze methode wordt het vliegias als een 'beter' product apart gehouden van het rookgasreinigingsresidu dat in het doekfilter afgescheiden wordt. Dit maakt toepassing in asfaltbeton mogelijk. Storten wordt op deze manier vermeden.

**Zout.** De zuren uit de rookgassen reageren in de quench en de HCl-wasser met kalksteen tot calciumzout  $\text{CaCl}_2$ . In de rookgasreinigingsinstallatie is een zoutfabriek geplaatst die de verontreinigde zouten reinigt en indampst tot een schone oplossing voor bijvoorbeeld hergebruik als strooizout voor wegen of voor gebruik in de chemische industrie.

**Gips.** Het gips dat geproduceerd wordt in de rookgasreiniging is vergelijkbaar met gips uit kolencentrales. Het kan ingezet worden voor de productie van bouwstoffen, gipsblokken en gipswanden.

**Water.** De centrale is vrij van afvalwater. Het vrijkomende water wordt in andere processtappen intern hergebruikt of ingedampt in blok 10/20.

**Doekenfilter.** Vóór het doekenfilter wordt een mengsel van actief-kool en kalksteen gedoseerd. Hiermee wordt een zeer goede afscheiding van zware metalen en dioxines bereikt, waardoor de producten uit de natte rookgasreiniging in een schone vorm beschikbaar komen. Het residu uit het doekenfilter is de enige afvalstof van de Centrale die gestort moet worden. In hoeveelheid is het residu minder dan 1% van de hoeveelheid verbrand afval. In de toekomst zal onderzocht worden in hoeverre deze residu-stroom nog bewerkt kan worden voor hergebruik.

**Emissies.** De emissies van de HR Centrale zijn lager dan die van de huidige Afvalenergiecentrale. Om dat te bereiken, is in de rookgasreinigingsinstallatie van de HR Centrale vóór de wassers een doekenfilter geplaatst. Hiermee worden stof en andere componenten beter afgescheiden, dan met het elektrofilter in de bestaande Afvalenergiecentrale. Bovendien zijn het gewonnen zout en gips direct redelijk schoon. Voor de emissie-cijfers per component. (fig. 8)

### Minder verkeersdruk

Doelstelling is te voorkomen dat het wegverkeer voor de aanvoer van afval toeneemt door de uitbreiding. Vandaar de voorkeur om het afval per schip naar de HR Centrale te brengen. Alle overige optimalisatiemogelijkheden, zoals een betere omloop voor vuilniswagens en de inzet van grotere voertuigen worden ten volle benut. De aanvoer per spoor blijft gehandhaafd en de bestaande spooraansluiting met de ACTS-terminal kan zonodig worden uitgebreid.

## 2.2 Milieu

Het Afval Energie Bedrijf heeft een milieubewuste instelling en traditie. Dat verklaart waarom een milieuvergunning op hoofdlijnen werd verkregen. De vergunning op hoofdlijnen heeft als uitgangspunt dat het bedrijf zelf de invloed op het milieu goed bewaakt. Daarnaast geldt een inspanningsverplichting om de milieuprestatie in de loop van de tijd continu te verbeteren. De basis voor deze milieuvergunning wordt gevormd door het Arbo- en milieuzorgsysteem conform ISO 14001, dat elke drie jaar door een extern bureau wordt geaudit.

Ook voor de Afvalenergiecentrale is een vergunning op hoofdlijnen verleend. Het bevoegd gezag heeft deze vergunning verleend vanwege de actieve houding van AEB ten opzichte van het milieu. De actoren die vereist zijn voor een vergunning op hoofdlijnen zijn:

- Een gecertificeerd bedrijfsmilieuzorgsysteem op basis van ISO 14001.
- Een milieujaarverslag.

- Een goedgekeurd bedrijfsmilieuplan.
- Voldoende naleefgedrag van milieuvoorschriften.
- Openheid naar buiten van de organisatie.

Onderdeel van de nieuwe vergunning is een uitgebreide Milieu Effecten Rapportage (MER). Hierin zijn alle effecten van het HR Centrale op bodem, water, lucht en geluid onderzocht. Ook zijn in deze fase veel zaken afgestemd met omwonenden en betrokken partijen. De ambitieuze milieudoelstellingen zijn mede op basis van deze onderzoeken en peilingen geformuleerd. Zij hebben daardoor veel steun gekregen. Op de uiteindelijke aanvraag zijn dan ook geen externe bezwaren aangetekend, waardoor de vergunning volgens planning is goedgekeurd.

## 2.3 Groenverklaring

Voor de nieuwe HR Centrale heeft het Afval Energie Bedrijf een zogeheten Groenverklaring ontvangen, die het voor banken en hun cliënten fiscaal aantrekkelijk maakt om in de Centrale te investeren. Voor het verhogen van het elektrisch rendement liggen de investeringen circa € 55 miljoen (15%) hoger dan voor een conventionele Afvalenergiecentrale. De Groenverklaring maakt het mogelijk om de middelen te verwerven die voor deze bijzonder hoge investeringen noodzakelijk zijn. Bovendien is steun toegewezen in het kader van het CO<sub>2</sub>-reductieplan. Volgens de Wet Milieukwaliteit van de Elektriciteits Productie (MEP) zal straks voor elke geproduceerde MWh gedurende tien jaar een vast bedrag aan subsidie worden verleend. De provincie Noord-Holland zorgt eveneens vanuit milieuperspectief voor een substantiële bijdrage. Daarnaast werd een belangrijke Europese subsidie verkregen conform het programma 'Energy, environment and sustainable development'.

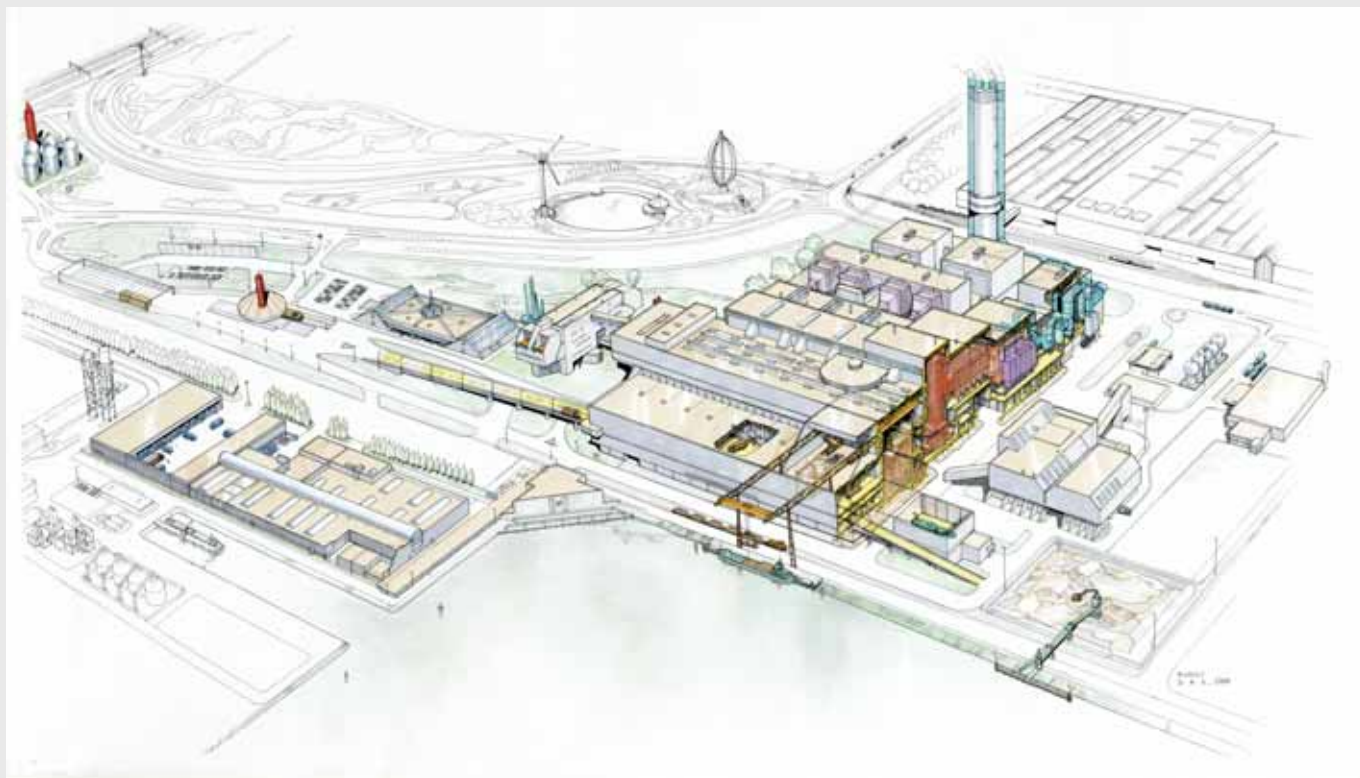
## 2.4 Eco-Port® (fig. 9)

De HR Centrale wordt gebouwd op het terrein van het Afval Energie Bedrijf als uitbreiding op de bestaande Centrale in het industrie- en havengebied van Amsterdam. Zo kan gebruik worden gemaakt van de aanwezige infrastructuur, met name van aanvoerwegen, spoorlijn en haven.

Het HR Centrale maakt onderdeel uit van een brede benadering op het maximaal herbenutten van afvalstromen uit onze maatschappij. Het Afval Energie Bedrijf streeft ook voor de andere bedrijfsactiviteiten naar een continue verbetering van de processen om zoveel mogelijk hergebruik te realiseren. In dit kader wordt veel aandacht geschonken aan het benutten van synergie tussen verschillende afvalstromen en processen. Vanuit deze gedachte wordt actief gezocht naar mogelijkheden om activiteiten van andere bedrijven in de omgeving van AEB te situeren. De bouw van een nieuwe rioolwaterzuiveringsinrichting (rwzi) voor de gehele stad Amsterdam door Waternet (de voormalige Dienst Waterbeheer en Riolerings) op het terrein direct naast AEB is bij het realiseren van deze gedachte een belangrijke stap voorwaarts.

De bouw van de nieuwe rwzi in de directe nabijheid van het Afval Energie Bedrijf wordt gebruikt om in onderlinge samenwerking afvalstoffen te benutten en energie te sparen:

1. Het riolslib wordt rechtstreeks naar de Afvalenergiecentrale gepompt, en via 30 nozzles geïnjecteerd in de vuurhaard, waar het boven op het afval meeverbrandt.
2. Het biogas dat bij de slibgisting in de rioolwaterzuivering vrijkomt, wordt in gasmotoren bij de Afvalenergiecentrale gebruikt voor opwekking van elektriciteit. Daarbij vrijkomende warmte wordt als stadsverwarming geleverd.
3. Extra synergie komt tot stand door de uitlaatgassen van de biogasmotoren in de eerste zone van de verbranding bij de Afvalenergiecentrale te gebruiken voor het drogen van afval. Zo wordt de energie in het biogas voor 95% gebruikt.
4. De Afvalenergiecentrale levert warmte en elektriciteit aan rwzi.
5. Er bestaat een optie om in de toekomst het rioolwater vóór te verwarmen. Dit om de biologische activiteit in de rioolwaterzuivering te stimuleren, waardoor de performance wordt verbeterd. Met name stikstofverwijdering in het winterseizoen wordt op deze wijze geoptimaliseerd.



Er is voorzien in aansluitingen voor een toekomstige koppeling met de turbinecondensor. Het is in principe ook mogelijk om de rookgaswarmte hiervoor te benutten.

Inmiddels zijn voorbereidingen getroffen om in de toekomst ook samen te werken met bedrijven die materiaal toepassen dat uit de bodemassen gewonnen wordt. Daarnaast heeft het zoeken naar synergie met andere bedrijfstakken in het kader van het Eco-Port® concept blijvende aandacht. Met name recyclingactiviteiten en industrieën met een grote energiebehoefte, veel afvalstoffen of afvalwater kunnen directe synergievoordelen opleveren. Voorbeelden zijn de papierindustrie, beton- en kalkzandsteenfabricage en de chemische industrie.

## 2.5 Patenten

De HR Centrale maakt vooral gebruik van bewezen technologie. Het Afval Energie Bedrijf heeft veel energie gestoken in het systematisch optimaliseren van de bestaande Centrale. De kennis die daarbij werd ontwikkeld, is gebruikt om de nieuwe Centrale zo goed mogelijk te ontwerpen. Op de sleutelinnovaties is inmiddels patent aangevraagd en verkregen zowel nationaal als internationaal:

- Detergenten in rookgasreiniging voor dioxinereductie (NL1005578 Werkwijze voor het verwijderen van een verontreiniging uit een gas onder gebruikmaking van een gasreinigend middel).
- Zoutfabriek voor hergebruik residuen uit de rookgasreiniging (NL 1006515 Werkwijze en inrichting voor het opwerken van een rookgasreinigingsresidu).
- Reheater concept voor rendementsverhoging van Afvalenergiecentrales (NL 1015438 Hoogrendement Afvalenergiecentrales).



fig. 10

Magnus-effect



- Rookgas recirculatie/uitlaatgas benutting voor betere droging en verbranding (NL 1015519 Rookgascirculatie bij een afvalenergiecentrale).
- Verbeterd ontwerp van stoom-oververhitters (NL 1019612 Stoomoververhitter).
- Natte non-ferro afscheiding uit bodemas met Magnus-effect en dichtheidsscheider (3 internationale patenten in samenwerking met de TU Delft).
- Koppeling van een afvalenergiecentrale met waterzuiveringsinstallatie (NL 1017009 Werkwijze en inrichting voor het reinigen van afvalwater).

Het Afval Energie Bedrijf streeft naar brede toepassing van deze en andere ontwikkelde kennis. Hiertoe worden licentiecontracten internationaal op de markt gezet. De eigen ontwikkelingen en kennis worden op deze wijze verder gestimuleerd.

## 3 Procestechniek

### 3.1 Blokken 10/20 en 30

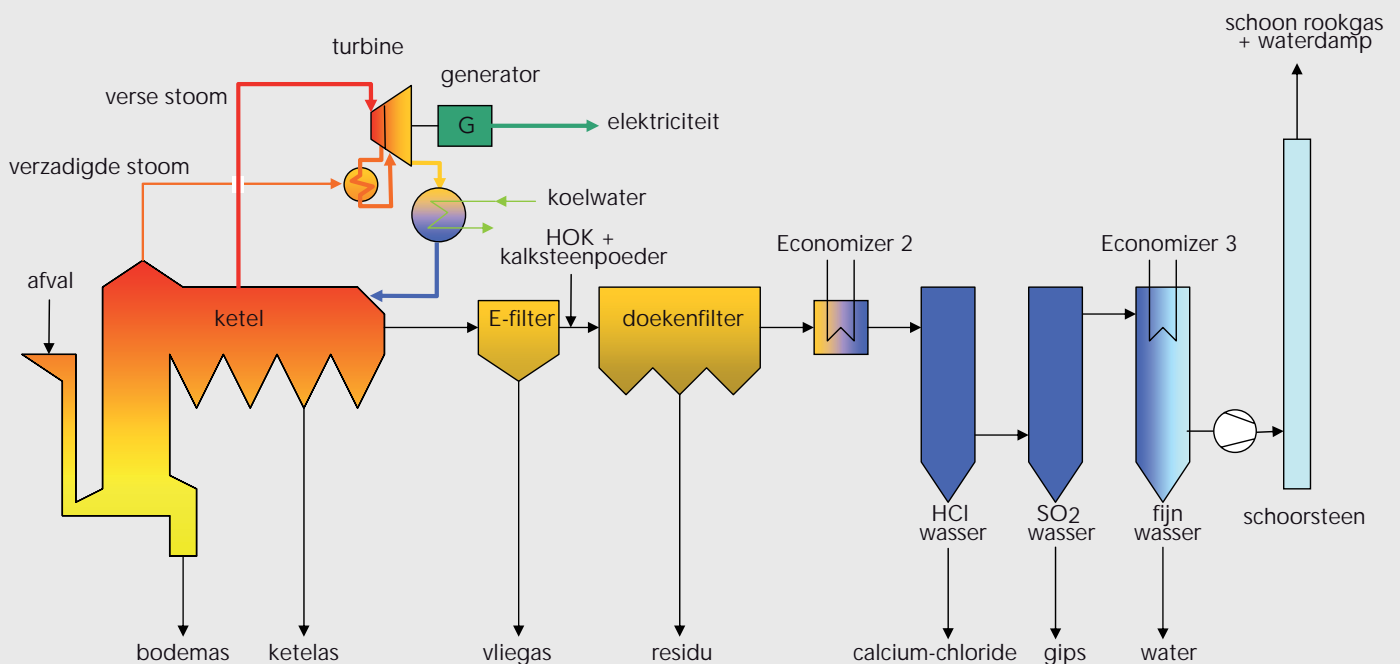
De HR Centrale is als blok 30 toegevoegd aan de bestaande Afvalenergiecentrale die bestaat uit de blokken 10 en 20. Blok 30 kan onafhankelijk van blok 10 en 20 opereren. De koppelingen blijven beperkt tot het aanvoeren van zaken als chemicaliën en water. Er zijn buffers met voldoende capaciteit om tenminste 48 uur achter elkaar onafhankelijk te kunnen draaien. De bestaande Afvalenergiecentrale (blok 10 en 20) bestaat uit vier identieke lijnen, genummerd lijn 11, 12, 23 en 24. De HR Centrale (blok 30) bestaat uit twee identieke nieuwe lijnen, genummerd lijn 35 en 36. Deze twee lijnen bestaan elk uit een afvaltoevoer, verbrandingsrooster, ketel, rookgasreiniging en schoorsteenpijp. De lijnen kunnen onafhankelijk van elkaar bedreven worden. Blok 30 heeft één turbinegenerator. Als de turbine buiten werking is wordt de gegenereerde stoom via een reduceerventiel naar de noodcondensator geleid. Het diagram toont de belangrijkste componenten en functies van de HR Centrale (fig. 11).

### 3.2 Dimensioneringsgrondslag

In de HR Centrale worden brandbaar huishoudelijk restafval en daarmee vergelijkbaar bedrijfsafval verbrand. De gemiddelde calorische waarde is op basis van analyse en prognoses vastgesteld op 10 MJ/kg en de verwerkingscapaciteit op 530.000 Mg/jaar bij een beschikbaarheid van 90% (1600 ton/dag). Daaruit laat zich de thermische capaciteit van de HR Centrale aflezen. Het verband is in het stookdiagram te zien voor één van de beide verbrandingslijnen (fig. 12).

Het optimale lastpunt is met A aangegeven en komt overeen met een thermische opbrengst van 93,3 MW = 100%. De calorische waarde op dit punt bedraagt 10 MJ/kg en de doorzet 33,6 Mg/h per lijn. Bij lagere

fig. 11 Processchema





calorische waarden neemt de doorvoercapaciteit toe tot maximaal 37 Mg/h. Ook hogere calorische waarden tot aan 16 MJ/kg kunnen door de HR Centrale worden verwerkt. Zo is het mogelijk een breed scala aan bedrijfsafval te verbranden.

De HR Centrale is ontworpen met alle garanties voor lastpunt A: beide ketels opereren op 100% capaciteit. Daarnaast is lastpunt B mogelijk, dat wil zeggen dat alle componenten het vermogen hebben om tot 110% belasting te kunnen draaien. Dit niveau wordt niet door garanties gedekt, maar kan na afloop van de garantieperiode worden verwezenlijkt. Dan zal op basis van de ervaringen en eventuele optimalisaties worden bekeken in hoeverre het technisch-economisch mogelijk is om deze extra capaciteit te realiseren. Hetzelfde geldt voor lastpunt C waarbij de temperatuur van de verse stoom wordt opgevoerd tot 480°C om het rendement nog verder te verhogen.

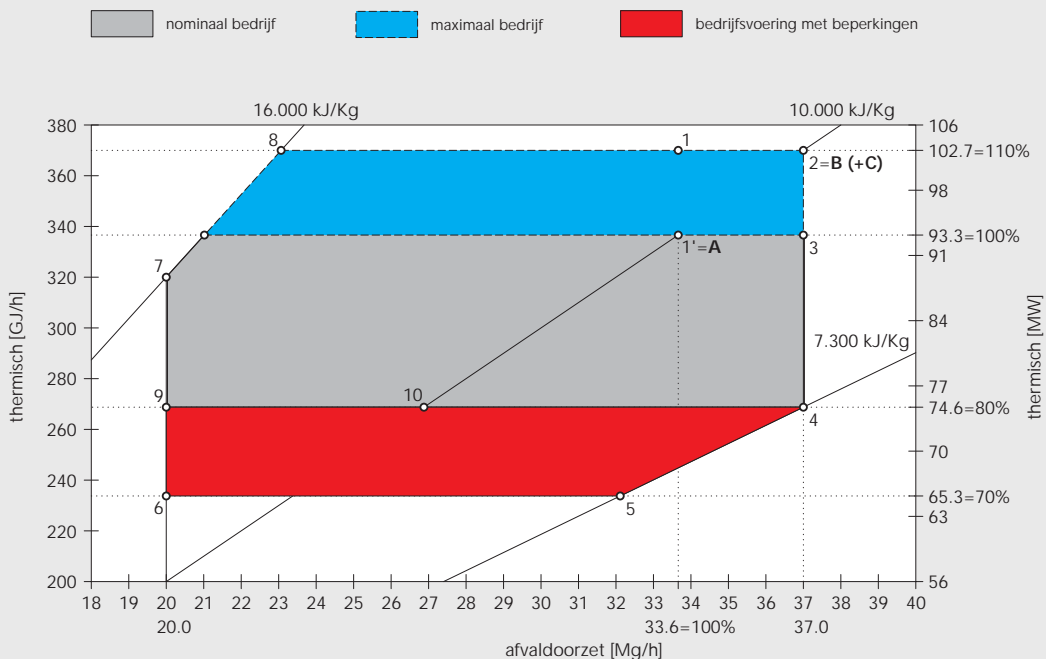
### 3.3 Aanvoer van afval

Een nieuwe storthal en bunker worden in het verlengde van de bestaande storthal en bunker geplaatst. Naast de bestaande aanvoer per vrachtwagen en trein is ook voorzien in de aanvoer per schip. Aparte stortgaten boven op het dak van de storthal maken directe invoer in de bunker mogelijk. Van de twee nieuwe kranen in de bunker kan er één ook afval overslaan tussen blok 10/20 en blok 30.

De afvalkranen zijn uitgerust met hydraulisch aangedreven poliepgrijpers. Ze zijn volledig geautomatiseerd, waardoor ze onbemand kunnen werken, een voordeel waarvan vooral 's nachts gebruik zal worden gemaakt. De kranen beschikken over een geavanceerd bunkermanagementsysteem. In het nieuwe twee verdiepingen tellende zwaluwnest is een reparatiekraan geïnstalleerd waarmee ook delen van de loopkat kunnen worden gemonteerd.

fig. 12

Stookdiagram



### 3.4 Rooster en ontslaker

De vultrechters die de aanvoer naar beide verbrandingslijnen verzorgen, worden gevuld door de afvalkranen. Via een watergekoelde vulschacht zakt het afval naar de doseerschuiif, die het afval op het verbrandingrooster duwt. De verbranding van het afval vindt plaats op horizontale stookroosters die gelijk zijn aan de bestaande, maar gedeeltelijk zijn voorzien van waterkoeling. Het rooster is van het tegenloopoverschuiftype en bevat drie parallelle banen, elk met zeven luchtzones (fig. 13).

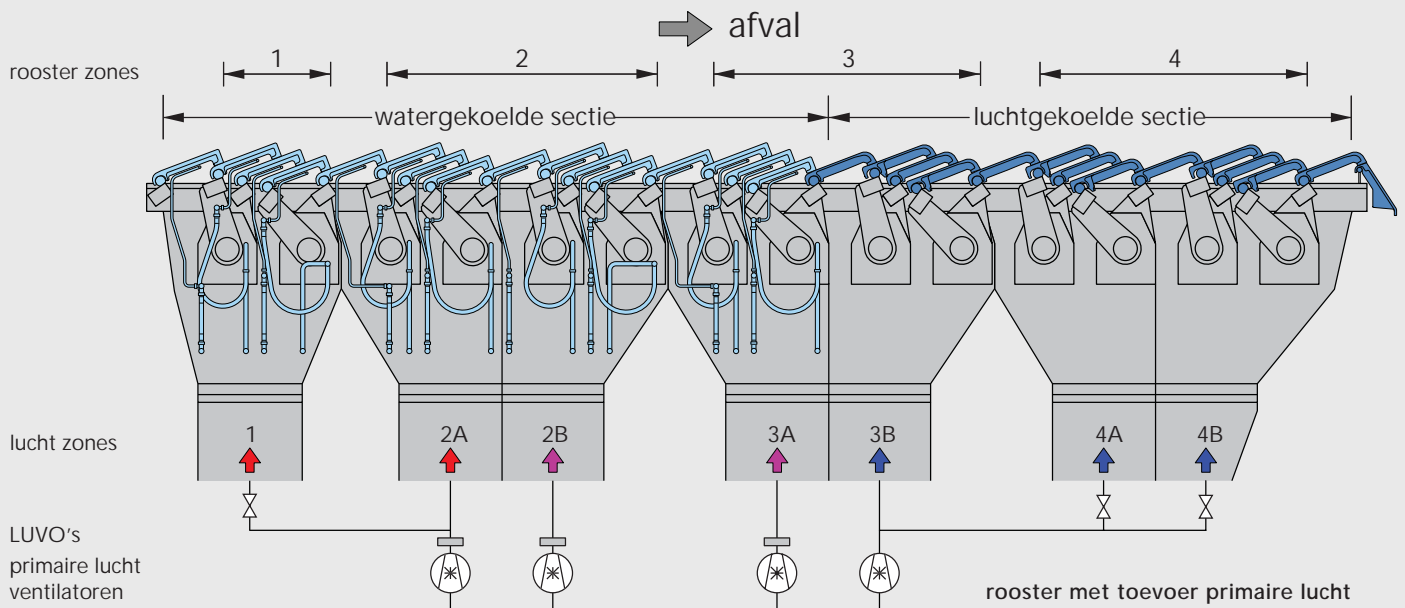
#### Watergekoelde roosterstaaf

De roosterkoeling is gekoppeld aan de water-stoom cyclus, om ook deze warmte te benutten. De koelleidingen zijn in de roosterstaven ingegoten en de verbinding tussen de roosterstaven bestaat uit vaste buizen, met alleen aan de uiteinden flexibele slangen, die de verbinding maken met het warmwatercircuit. Alleen de eerste helft van het roosteroppervlak is gekoeld om verbranding van de roosterstaven tegen te gaan en ook het verbranden van hoogcalorisch bedrijfsafval mogelijk te maken. Het grootste voordeel van waterkoeling is dat de slijtage van de roosterstaven minder is, waardoor de levensduur wordt verlengd. Bovendien is verbranding met minder luchtvermaat mogelijk. Er zijn gedetailleerde betrouwbaarheids-onderzoeken uitgevoerd naar de roostereigenschappen die nodig zijn om twee jaar lang onafgebroken werking te kunnen garanderen.

De uitgebrande bodemas valt via de slakkenschacht in de met water gevulde ontslaker, waarvan elke roosterbaan er één telt. De verdere afvoer naar de slakkenbunker geschiedt met behulp van geheel gesloten schudgoten. De waterdamp uit het ontslakkingssysteem wordt afgezogen met het afzuigstelsel voor de tertiaire lucht.

fig. 13

Rooster



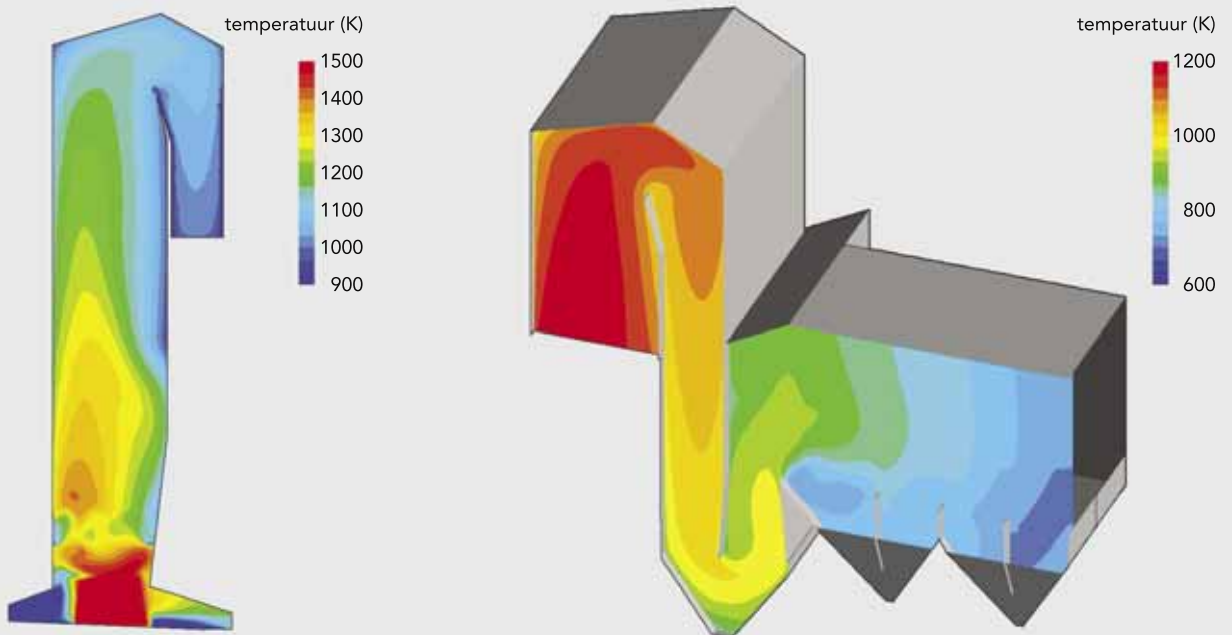
Om een maximaal rendement te bereiken, wordt gestreefd naar een minimale luchtvermaat. Om dit effect te combineren met een goede verbranding van het afval, goed uitgebrand rookgas en bodemas, wordt de lucht in stappen geïnjecteerd:

- Primaire verbrandingslucht wordt van onderen door het rooster en de laag afval geblazen. Iedere zone kan onafhankelijk worden verwarmd tot de gewenste temperatuur. Voor elke van de 21 secties (drie banen met elke zeven zones) worden druk en luchthoeveelheid geregeld.
- Rookgas van ná het doekenfilter wordt gerecirculeerd als secundaire lucht. Grote nozzles zorgen ervoor dat de rookgassen van voor naar achter goed worden gemengd. Dit leidt tot een lagere temperatuur en een gelijkmatiger profiel. Door de combinatie met zuurstofarme rookgassen wordt de vorming van  $\text{NO}_x$  beperkt.
- Tertiaire lucht zorgt voor een tweede menging, nu met zuurstof uit de lucht, zodat een even goede uitbrand mogelijk blijft met slechts 6% zuurstof.

De luchtinjectie wordt ontworpen met behulp van CFD (Computational Fluid Dynamics) om een optimale turbulentie in de verbrandingszone te garanderen evenals een stabiele, gelijkmatige rookgasstroom in de ketel. Onderstaande afbeeldingen laten de resultaten zien, waarbij de linker afbeelding de eerste ketel-trek in plakken parallel aan de zijwand voorstelt, en de rechter de andere secties in de ketels.

fig. 14

Temperaturen in 1e trek (links) en 2e, 3e en 4e trek (rechts)



De hoogrendementketel heeft drie lege trekken en een horizontale trek met pijpenbundels voor oververhitters (OVO's) en economisers (ECO's). Voor de maximaal haalbare betrouwbaarheid en overbelastingcapaciteit zijn de inhoud en oppervlakken van de vuurhaard ruim bemeten. Bovendien zijn de ontwerpsnelheden van het rookgas laag, net zoals de rookgastemperatuur vóór de eerste bundels. Dit is vooral duidelijk als men de afmetingen van de eerste trekken vergelijkt met die in de bestaande Afvalenergiecentrale. Het grotere volume helpt de stofbelasting van het rookgas te verminderen en tegelijkertijd de temperatuur te verlagen. De betrouwbaarheid van de pijpenbundels van oververhitters en economisers wordt hierdoor opgevoerd. De reserves dragen tevens bij aan de flexibiliteit die nodig is om separaat verzadigde stoom op te wekken voor de tussenoververhitting.

De hele eerste en tweede keteltrek is met Inconel® opgelast (cladding), ook op de membraanwanden onder het metselwerk. Een van de redenen hiervoor is de hoge temperatuur van de membraanwanden die door de hoge druk zo'n 340°C in plaats van de gebruikelijke 270°C bedraagt. Het is mogelijk ook nog in de derde trek tot cladding over te gaan, maar of die aangebracht wordt, hangt af van de manier waarop corrosie van de membraanwanden zich in de praktijk zal ontwikkelen.

De ketels kennen geen opstart- en steunbranders, maar worden aangestoken via een gasontsteker. Wel worden ze voorverwarmd met heet voedingswater, hete primaire lucht en reci-gas, met name om condensatie in het doekenfilter te vermijden. Hiermee is een bypass over het doekenfilter overbodig.

Er is bij het ontwerp van de horizontale trek, inclusief de leidingen aan de buitenkant, rekening mee gehouden dat de oververhittingsbundels in hun totaliteit kunnen worden vervangen. Zo wordt de beschikbaarheid geoptimaliseerd bij slijtage door corrosie en erosie van de pijpenbundels. De complete vervanging van een bundel kost slechts 72 uur. De oververhitter kan daardoor worden beschouwd als een in z'n geheel te vervangen slijtdeel.

De verhittingsvlakken zijn op klassieke wijze geschakeld. Dit betekent dat slechts de twee eindoververhitters in gelijkstroom geschakeld zijn en dat de overige bundels in tegenstroom geschakeld zijn. Vóór de eindoververhitter bevindt zich een verdampbundel om de stroming van de rookgassen gelijkmatig te verdelen voor de OVO. Er is voorzien in twee inspuutkoelers voor het nauwkeurige regelen van de stoomtemperatuur (fig. 15).

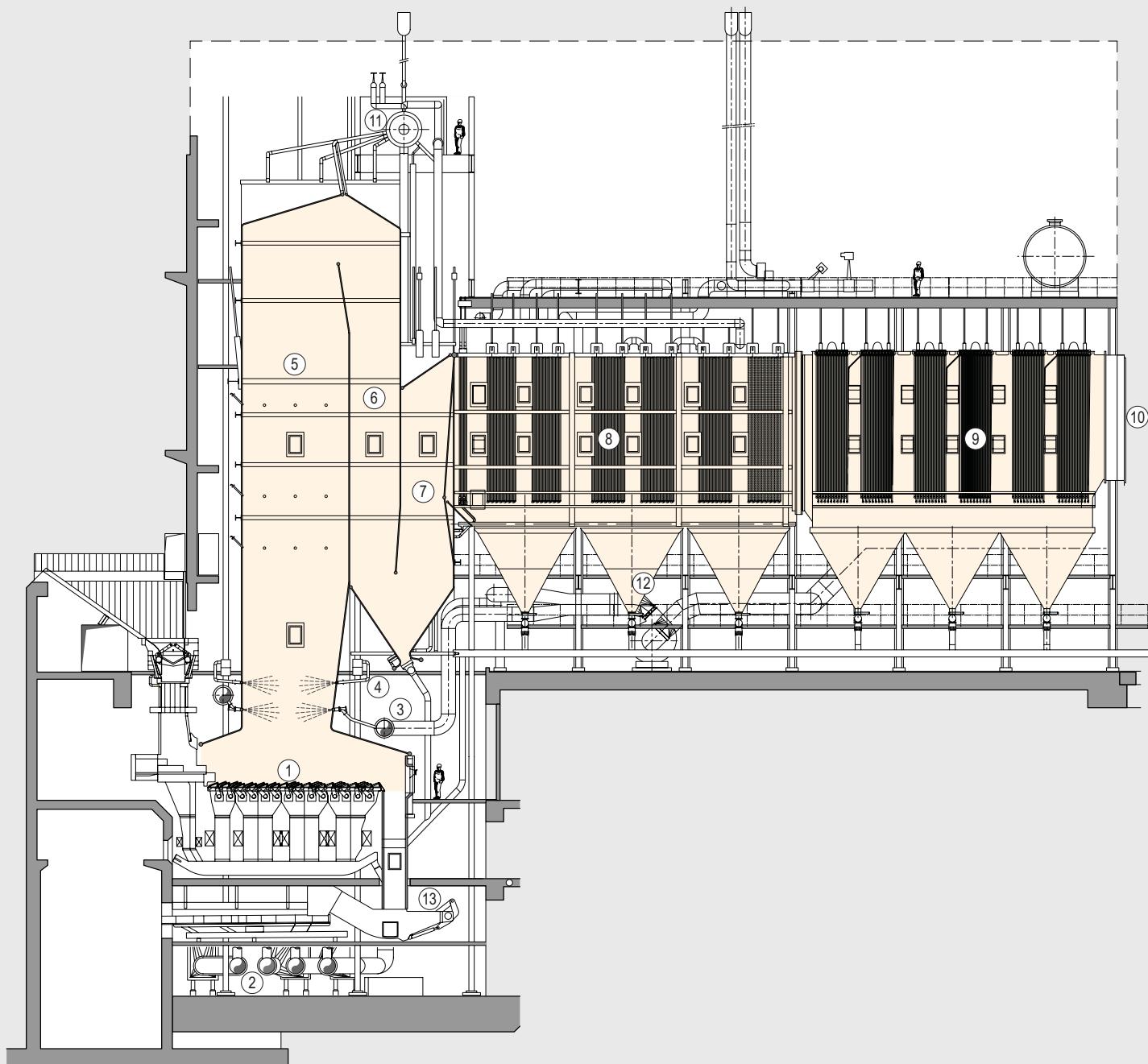
Het ketelontwerp voorziet in een lege ruimte tussen de OVO- en de ECO-sectie. Deze ruimte kan worden gebruikt voor een extra bundel om een nog hogere temperatuur van de verse stoom, tot 480°C, tot stand te brengen. In de toekomst kan de totale efficiency van de HR Centrale hierdoor nog verder worden vergroot. Met dat oogmerk is het ook mogelijk de OVO-bundels geheel in tegenstroom te schakelen. De keuze zal afhangen van de ervaring in de praktijk, dat wil zeggen hoe de slijtage van de pijpenbundels zich ontwikkelt. Alleen als de mate van slijtage door corrosie/erosie binnen praktische grenzen blijft zal tot hogere stoomtemperaturen worden overgegaan.

Onder de karen van de horizontale trek is een tweeweg kettingtransporteur geïnstalleerd. Per kaar kan gekozen worden of de betreffende ketelas bij de bodemas of bij het vlieggas gevoegd wordt. Op die manier kan het eerste deel van de ketelas samen met de bodemas worden gebruikt. Dit op voorwaarde dat aan de kwaliteitscriteria wordt voldaan. De ketelas uit het laatste deel van de ketel wordt verwijderd samen met het vlieggas van het elektrostatische vlieggasfilter.

fig. 15

**Keteldoorsnede**

- 1 rooster
- 2 primaire lucht
- 3 reci-gas
- 4 tertiaire lucht
- 5 1<sup>e</sup> trek
- 6 2<sup>e</sup> trek
- 7 3<sup>e</sup> trek
- 8 4<sup>e</sup> trek: stoomovenverhitters (OVO)
- 9 4<sup>e</sup> trek: Economizer (ECO)
- 10 keteluitlaat
- 11 stoomdrum
- 12 karen ketels
- 13 ontslaker



### 3.7 Herverhitter (fig. 16)

De herverhitter is een stoom-stoom-warmtewisselaar. Deze herverhitting is nog niet eerder gebruikt in een afvalenergiecentrale. De stoom komt met 14 bar uit de hogedrukturbine en gaat na opwarming naar de lagedrukturbine. Tijdens normaal bedrijf, waarbij beide ketels actief zijn, leveren de twee herverhitters, parallel geschakeld, de benodigde opwarming van de turbinestoom.

Aan de hogedrukkant zijn de twee herverhitters ieder gekoppeld aan één ketel. Hierdoor kunnen ze optimaal voldoen aan de verschillende bedrijfsomstandigheden van beide ketels. De verzadigde stoom uit de keteldrum condenseert aan de hogedrukkant van de herverhitter. Het condensaat wordt rechtstreeks teruggevoerd naar de keteldrum. Vanwege de hoge voordruk is hiervoor een speciale pakkingsbusloze pomp met een ingekapselde rotor nodig, met waterkoeling in verband met de hoge temperatuur. Op basis van de RAM/FMECA-analyse (zie pagina 38) heeft elke herverhitter slechts één condensaat retourpomp zonder redundantie.

### 3.8 Turbinegenerator en hoofdcondensator

Er is één turbinegeneratorset geïnstalleerd. Vanwege de tussenoververhitting is de stoomturbine voorzien van een afzonderlijk hoge- en lagedrukdeel. Tussen beide turbinedelen is de generator geplaatst. Een tandwielkast tussen het hogedrukdeel en de generator zorgt ervoor dat de hogedrukrotor sneller kan draaien. Dit geeft de schoepen een hoger rendement. Het turbinehuis van het hogedrukdeel is van het trommeltype, terwijl het lagedrukhuis horizontaal is gesplitst. De hogedruksectie en de tandwielkast zijn omgeven door een geluidskap.

De turbine is uitgerust met extracties voor alle benodigde stoomdrukken, dat wil zeggen nominale drukken van 14,4 en 0,6 bar. De condensator is uitgelegd op diep vacuüm van 30 mbar (absoluut) om met de grote lagedrukrotor het rendement van de turbine maximaal te maken. De diameter van de laatste schoepenrijen bedraagt daardoor ongeveer 4 meter (fig. 17).

De met havenwater gekoelde hoofdcondensator zit op hetzelfde niveau als de lagedrukturbine, dat wil zeggen axiaal gekoppeld. Dit om uitstroomverliezen tot een minimum te beperken. De condensator bestaat uit twee onafhankelijke kamers, voorzien van titanium condensatorbuizen. Om vervuiling van de pijpen tegen te gaan is een reinigingssysteem met schuimballetjes geïnstalleerd. De eveneens door havenwater gekoelde noodcondensator vormt de redundantie voor de turbine. Dankzij deze voorziening is het mogelijk om beide ketels op 100% door te laten draaien als de turbine niet beschikbaar is.

### 3.9 Water-stoom cyclus, energieopwekking, noodcondensator

De water-stoom cyclus van blok 30 staat volledig los van de bestaande Afvalenergiecentrale en omvat twee ontgassers, drie ketelvoedingwaterpompen en de noodzakelijke extra apparatuur zoals een opslagtank voor ketelwater, reduceerstations, een noodcondensator, enzovoort. De ketelvoedingwaterpomp die normaal actief is, is een elektrische pomp met frequentieregeling. Daardoor kan bij normaal bedrijf de voedingwaterdruk verliesarm geregeld worden. Er is nog een vaste e-pomp beschikbaar voor redundantie plus een stoom gedreven turbopomp die vooral dient voor noodsituaties, zoals uitval van elektriciteit.

De water-stoom cyclus is in hoofdlijnen opgezet conform de bestaande Afvalenergiecentrale. Om te voorzien in een zo groot mogelijke energetische efficiency en betrouwbaarheid is de condensaatvoorverwarming gerealiseerd in vier stappen: ECO 3 en ECO 2 benutten restwarmte uit de rookgasreiniging, de roosterkoeling benut warmte van onder het afvalbed in de ketel, en een (optionele) 0,6 bar stoomcondensaatvoorverwarmer vangt variaties in de roosterkoeling op. Voor de condensaatverwarming wordt hiermee het gebruik van aftapstoom uit de turbine geminimaliseerd tot 4 bar stoom voor de ontgasser.



fig. 16

LD-turbine (boven) en hoofdcondensator (onder)

- 1 noodcondensator
- 2 HD-turbine
- 3 generator
- 4 LD-turbine
- 5 hoofdcondensator
- 6 herverhitters

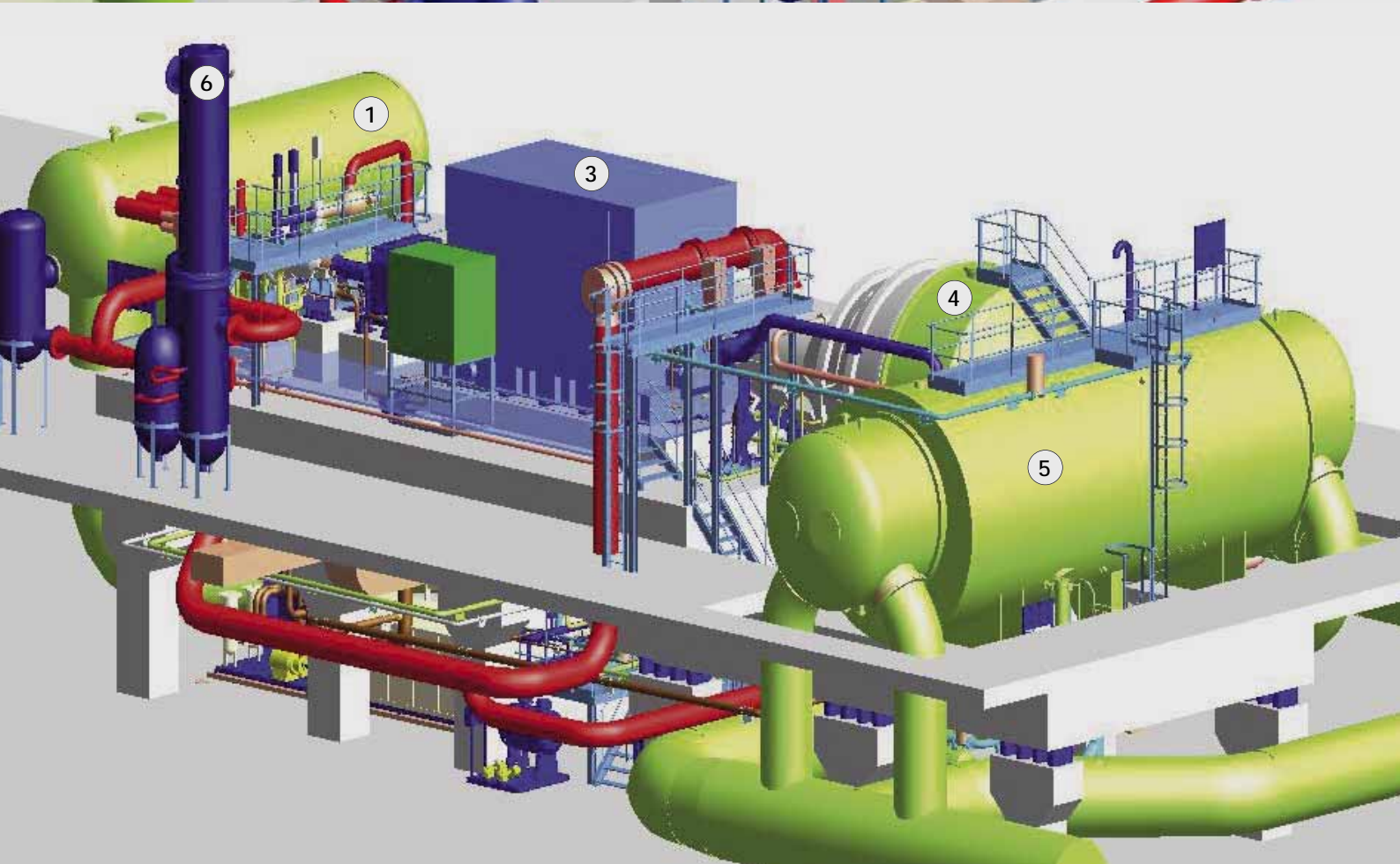
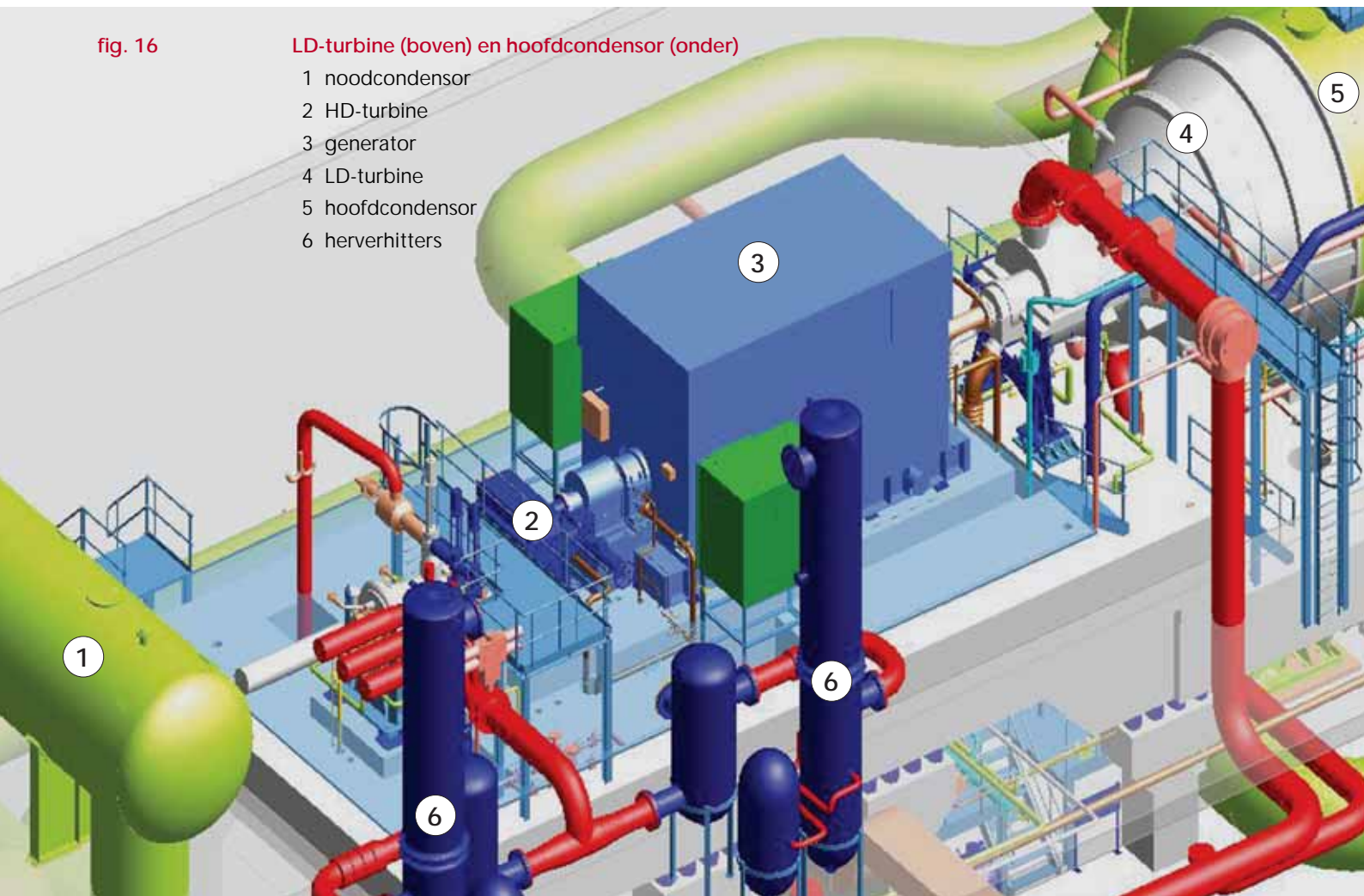




fig. 17

Lagedruk rotor



Aftapstoom uit de turbine op 14 bar, van vóór de herverhitter, wordt gebruikt voor stoomtracing en voorverwarming van de primaire lucht in de eerste zone. Aftapstoom op 4 bar wordt gebruikt voor de primaire lucht van de tweede en derde zone. Ook de zoutfabriek gebruikt 4 bar stoom voor het indampen van de zoutoplossing.

Alle genoemde stoomdrukken kunnen bij stilstand van de turbine gevoed worden via reduceerstations. De 14 bar en deels ook de 4 bar stoom kan bij stilstand van beide lijnen ook door 12 bar stoom van blok 10/20 worden gevoed ten behoeve van voorverwarming bij het opstarten van de Centrale.

### 3.10 Rookgasreiniging

Niet de emissienormen van de Nederlandse wetgeving (Besluit Verbranding Afvalstoffen) vormden de criteria voor het ontwerp van de rookgasreiniging, maar wél de uitstekende bedrijfswaarden van de bestaande Afvalenergiecentrale. De lat werd daarmee duidelijk hoger gelegd, dan de wet voorschrijft.

Net als bij de bestaande Centrale wordt voor de  $\text{NO}_x$ -reductie de SNCR-techniek gebruikt. In verband met de optimalisatie van het rendement wordt in plaats van stoom gebruik gemaakt van perslucht voor het inspuiten van de ammoniak, die met onthard water verdund wordt.

Voor de voorafschieding van vliegias is na de keteluitlaat een elektrostatische filter geplaatst. Dankzij dit filter en de combinatie met het tweeweg asverwerkingssysteem van de ketel kan zoveel mogelijk vliegias hergebruikt worden. Voor de verwijdering van het fijne stof wordt een doekenfilter toegepast. Fijn poedervormig HOK (hoogovencokes) wordt als adsorptiemedium ingeblazen voor het doekenfilter. Aan de HOK-injectie wordt poedervormig kalksteen toegevoegd om brand- en explosiegevaar te voorkomen



en om een filtrerende laag op de filterzakken te vormen. Door middel van het HOK-adsorptiemedium worden dioxines en furanen al aan het begin van het rookgasreinigingsproces afgescheiden. Ook wordt het gehalte aan zware metalen zodanig verminderd dat producten uit het natte gedeelte van de rookgasverwerking hergebruikt kunnen worden (fig. 18).

Na het doekenfilter wordt, net als bij de bestaande Centrale, een rookgaswarmte-wisselaar (ECO 2) gebruikt voor condensaat voorverwarming. Onder de warmtewisselaar is de quench geplaatst, waar de hete rookgassen worden afgekoeld tot het verzadigingspunt. Dit gebeurt door het injecteren van een overmaat aan water. De verdamping van dit water in de quench zorgt er tevens voor dat de zure oplossing uit de navolgende wasser ingedampt wordt en als 10% oplossing naar de zoutfabriek gaat.

De HCl- en SO<sub>2</sub>- wassers vormen de volgende reinigingsstappen voor het verwijderen van de zure bestanddelen en ammonia uit de rookgassen. De HCl-wasser is een wasser met gepakt bed die het na de quench nog resterende HCl uit de rookgassen opvangt. De spuistroom uit de HCl-wasser wordt als een geconcentreerde zoutzuuroplossing naar de quench gevoerd. De SO<sub>2</sub>-wasser is een open wasser waarin kalksteen (CaCO<sub>3</sub>) wordt gedoseerd als neutralisator. Bij pH6 vangt deze wasser SO<sub>2</sub> op, dat in de wasser reageert tot een gips-slurry (CaSO<sub>4</sub>). Door gebruik van het doekfilter kan relatief schoon gips geproduceerd worden dat geschikt is voor hergebruik. Het gips wordt met een centrifuge als een droge stof afgescheiden uit de slurry en voor transport en hergebruik opgeslagen in een container.

Na de SO<sub>2</sub>-wasser komt nog een separate fijnwasser. Deze is uitgevoerd als een wasser die ook fungeert als warmtewisselaar. De wasser bestaat uit een gepakt bed waarover water circuleert. Een water-water warmtewisselaar ECO 3 koelt het waswater. Deze koeling leidt tot condensatie van water uit het rookgas, waardoor de emissies verder worden verlaagd. De teruggewonnen warmte wordt gebruikt als eerst stap voor voorverwarming van het condensaat. De fijnwasser met ECO 3 produceert, door onderkoeling van de rookgassen, nagenoeg schoon condensatiewater dat opnieuw gebruikt wordt in de rookgasreiniging, voornamelijk in de HCl-wasser en de quench.

Tenslotte wordt het gezuiverde rookgas op onderdruk gehouden door een zuigtrekventilator. Deze draait 'nat' in de verzadigde rookgassen die via een druppelvanger, langs de emissiemeetapparatuur naar de schoorsteen gaan.

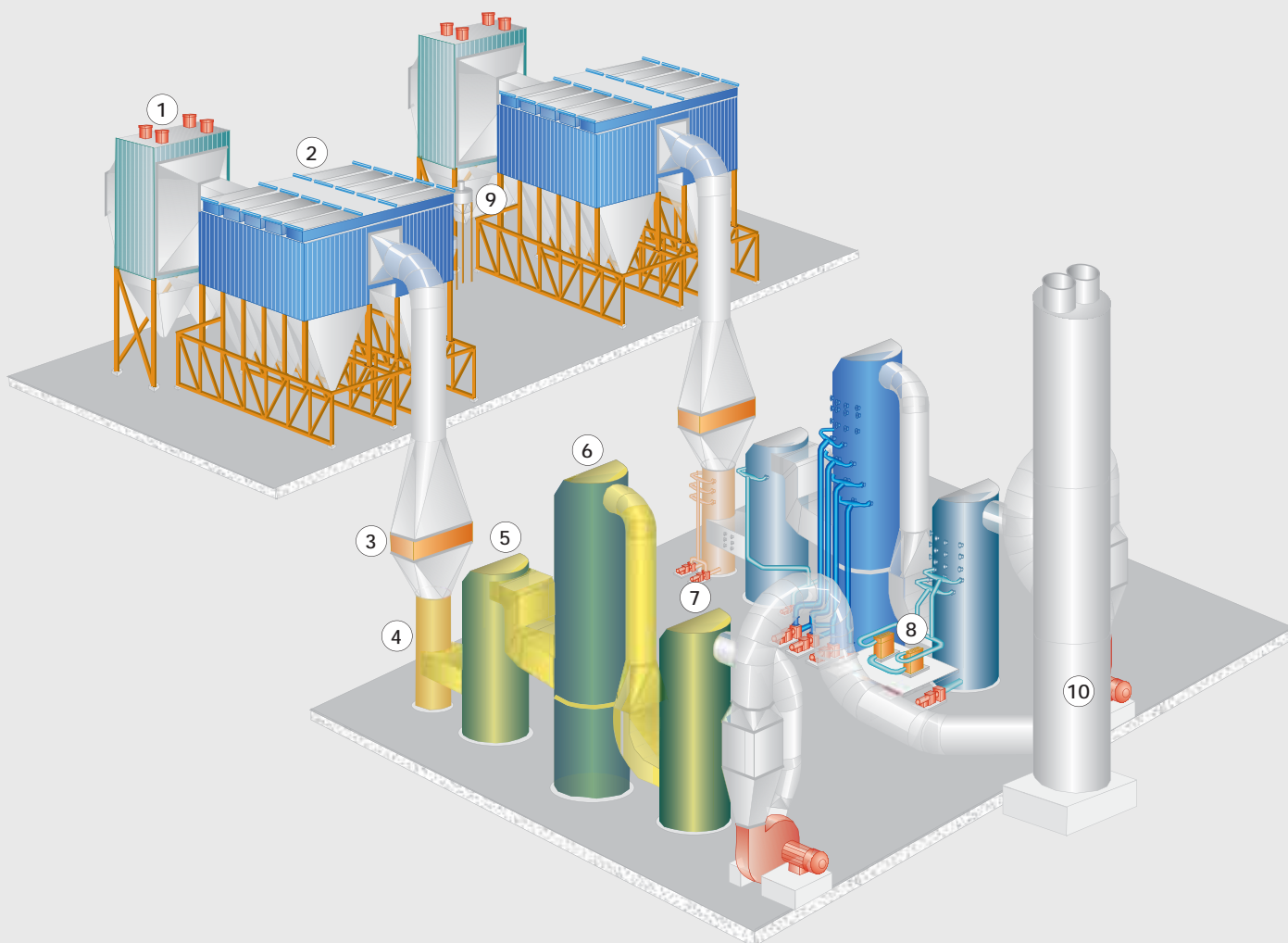
## 3.11 Zoutfabriek (brine plant)

De blowdown van de quench en HCl-wasser wordt geneutraliseerd met kalksteen (CaCO<sub>3</sub>). Met kalkmelk (Ca(OH)<sub>2</sub>) en natronloog (NaOH) wordt de pH verder verhoogd. Dosering van wasterstofsulfide (Na<sub>2</sub>S) zorgt voor sulfide-precipitatie van de zware metalen. In een bezinking wordt het gevormde slib afgescheiden en naar de filterpers in blok 10/20 afgevoerd. Met een verdampingsinstallatie wordt de aanwezige ammonia uit de oplossing gestript en teruggevoerd naar de ammonia inspuiting in de ketel (SNCR). Een zandfilter, ionenwisselaar en actief-koolfilter vormen de polijstende stappen die de zoutkwaliteit garanderen. Vervolgens wordt een met 4 bar stoom verwarmde verdamper gebruikt om de oplossing in te dikken tot een tot 40% geconcentreerde zoutoplossing. Deze oplossing wordt als product op de markt afgezet. Eventuele overschotten kunnen naar de (brakke) haven geleid worden.

fig. 18

**Rookgasreiniging**

- 1 vliegaselektrofilter
- 2 doekenfilter
- 3 warmtewisselaar ECO 2
- 4 quench
- 5 HCl-wasser
- 6 SO<sub>2</sub>-wasser
- 7 fijnwasser
- 8 warmtewisselaar ECO 3
- 9 HOK-dosering
- 10 schoorsteen



## 3.12 Biogasmotoren (fig. 19)

De rioolwaterzuiveringsinrichting (rwzi) van Waternet (de voormalige DWR) wordt gebouwd direct naast AEB. De rwzi reinigt het rioolwater van 1.000.000 inwoner-equivalenten en produceert ca. 1000 m<sup>3</sup>/h biogas. Dit biogas wordt via een gasreiniger naar gasmotoren in het AEB complex geleid.

De gasreiniger verwijdert zwavelwaterstof (H<sub>2</sub>S) in twee wassers. Door middel van diepkoeling tot -25°C wordt het biogas gedroogd en worden siloxanen verwijderd. Door deze goede gasreiniging wordt het rendement van de motoren verhoogd en wordt slijtage door corrosie en afzettingen van SiO<sub>2</sub> in de motoren voorkomen.

Vier gasmotoren wekken elektriciteit op uit het gereinigde biogas. Drie motoren zijn nodig voor verwerking van het beschikbare gas, één is stand-by. De motoren kunnen tevens opereren als noodstroomvoorziening. Dit voor het uitzonderlijke geval dat zowel de Afvalenergiecentrale als de HR Centrale met een volledige stroomuitval te maken zouden krijgen. Ze kunnen ook draaien op aardgas, als back-up voor de biogaslevering en om tijdens piekuren elektriciteit te kunnen leveren.

De warmte uit het motorkoelcircuit en de warmte van hete motoruitlaatgassen wordt naar warmtewisselaars geleid die heet water van 100°C produceren voor de stadsverwarming (Westpoort Warmte) en de verwarming van blok 30. Voor de verwarming van de slibgistingstanks wordt warmte op 70-80°C door blok 10/20 aan Waternet geleverd.

De uitlaatgassen van de biogasmotoren gaan met een temperatuur van 150°C tot 250°C naar blok 10/20 om daar als primaire lucht voor de eerste zone gebruikt te worden. Het afval droogt op de eerste zone door de hoge temperatuur, zonder dat het daar al kan ontsteken. Dit vanwege het lage zuurstofpercentage. Hierdoor verbrandt het beter op de tweede zone en wordt bovendien stoom voor het voorverwarmen van de primaire lucht bespaard. Er is in een nooduitlaat voorzien voor het geval de uitlaatgassen niet verwerkt kunnen worden in de ketels van blok 10/20.

## 3.13 Koelwatersysteem

Het hoofdkoelwatersysteem levert het koelwater voor de hoofd- en/of de noodcondensor. Het water komt uit de Aziëhaven, wordt gezuiverd door roosters en trommelzeven, en wordt vervolgens door één van de drie geïnstalleerde pompen naar de hoofd- en/of noodcondensor gepompt. De koelwateruitlaat ligt 2,6 kilometer verderop, in de ADM-haven. Door deze afstand wordt recirculatie van opgewarmd oppervlaktewater voorkomen. Vanwege de enorme hoeveelheid water die het totale systeem bevat, moesten er uitgebreide waterslaganalyses worden gedaan om drukstoten (waterslag) bij uitschakelen van de pompen te voorkomen.

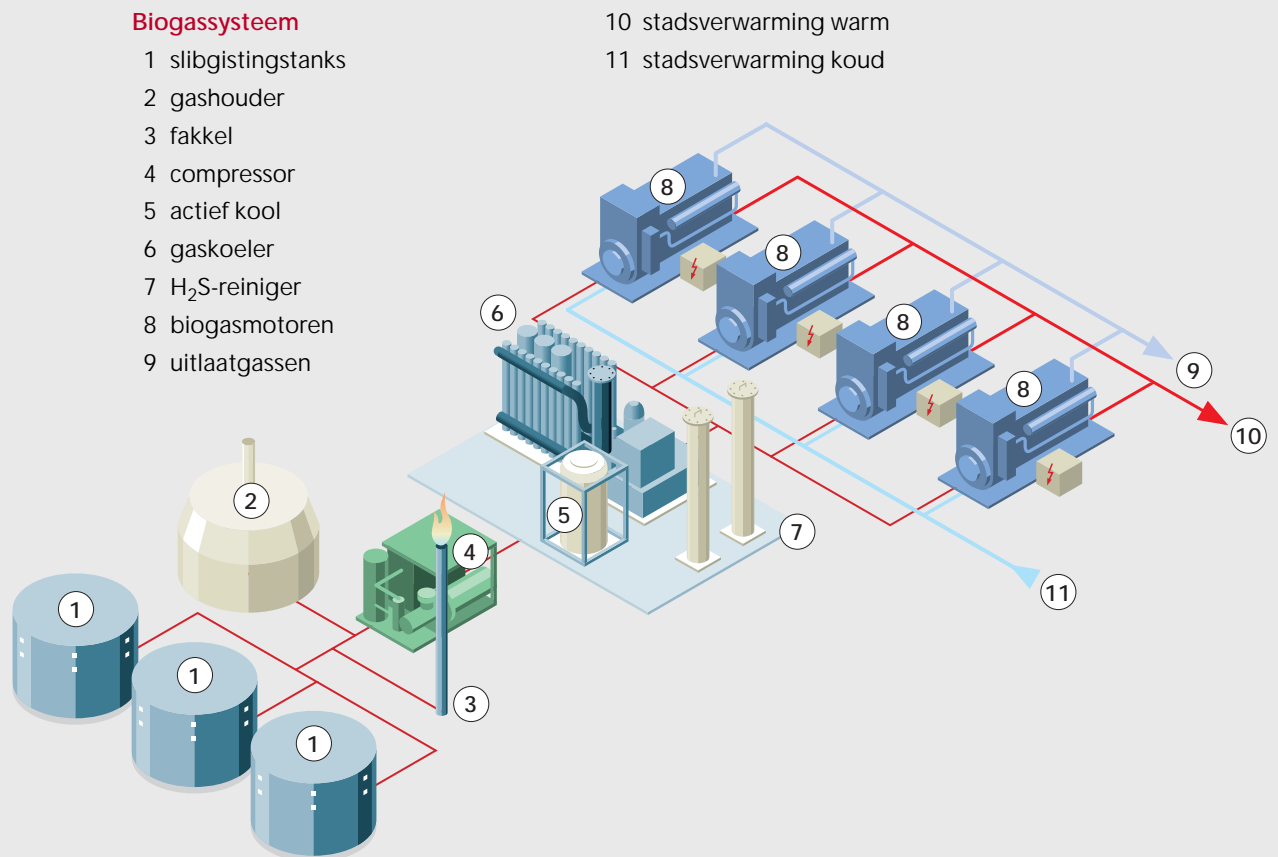
Het primaire interne koelwatersysteem pompt havenwater naar redundante warmtewisselaars. Het secundaire interne koelwatersysteem van de HR Centrale is een gesloten kringloop met schoon water, waarmee de diverse installatiedelen van gekoeld water worden voorzien.

## 3.14 Neveninstallaties

Van de bestaande Afvalenergiecentrale worden de demiwaterinstallatie, het bassin voor ruw leidingwater, de afvalwaterreinigingsapparatuur (ARA) en de aanvoerfaciliteiten voor opslag van chemicaliën zoals ammoniak mede gebruikt door de HR Centrale. Nieuw gebouwd, maar voor redundantie gecombineerde systemen voor beide centrales zijn:

- Persluchtsysteem.
- Communicatiesystemen als telefoon, camera-installatie, brandalarminstallatie.

fig. 19



Gebruik van bestaande systemen van de Afvalenergiecentrale, met uitbreiding naar de HR Centrale geldt voor:

- Demiwater opslag.
- Ruw leidingwater.
- Chemicaliën.
- Specifieke infrastructuur, waaronder een drainagesysteem en bassin 7.
- Brandbestrijdingssysteem.
- Stofzuiginstallatie.

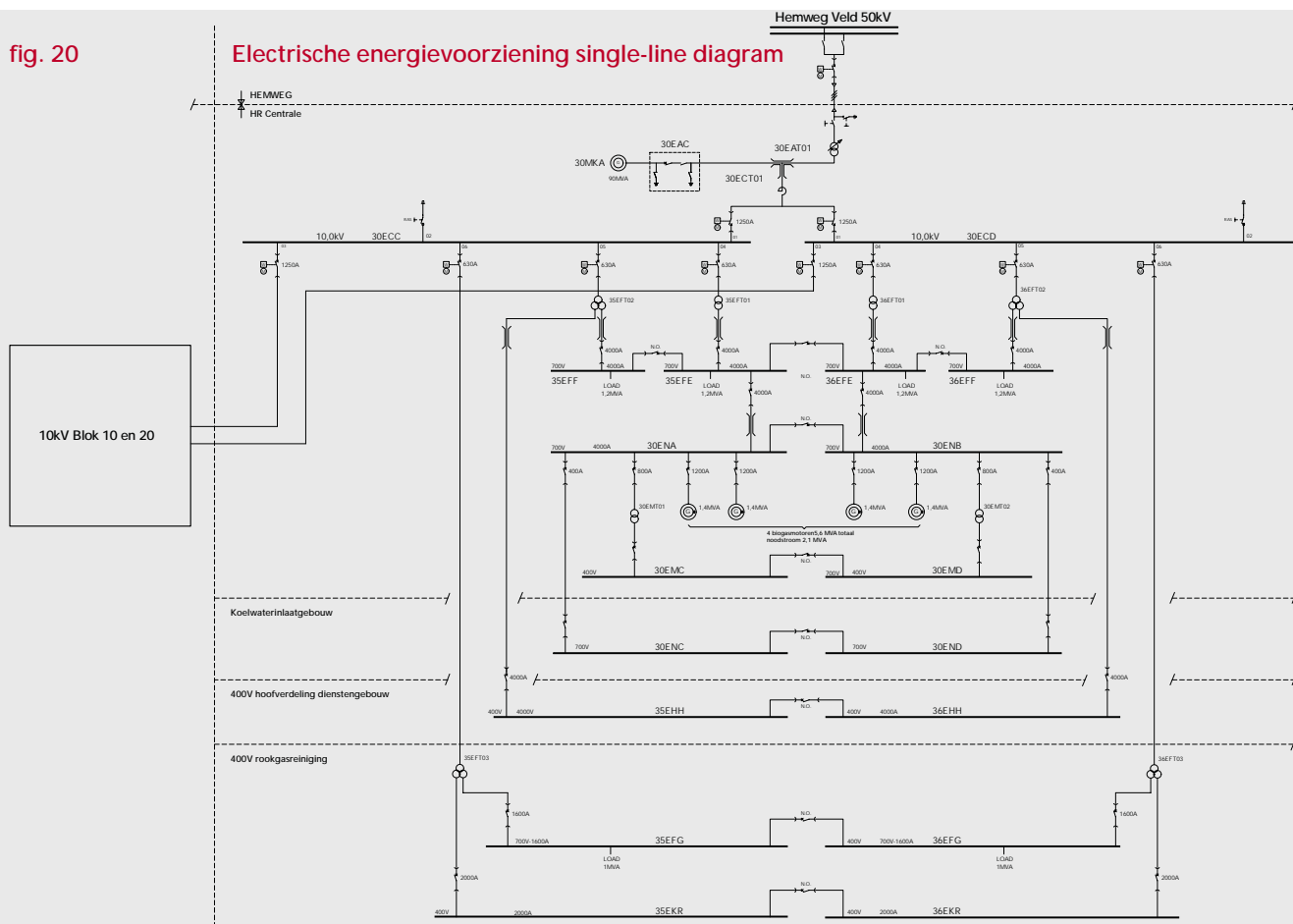
Aparte installaties van de HR Centrale zijn de ventilatie-verwarming-en-koeling installaties (HVAC), het interne koelwatersysteem, en de eigen dienstkranen. Het laboratorium dat werd vervangen, bedient beide centrales. De HR Centrale bevat geen werkplaatsen maar slechts additionele bergruimten om de capaciteit van de bestaande te vergroten. In de vraag naar ruimte is dus op voorhand voorzien.

## 3.15 Elektrotechniek

Overeenkomstig het concept van de bestaande Centrale zijn er gedecentraliseerde elektrische ruimten. Zo hebben bijvoorbeeld de rookgasreiniging en het gebouw voor de koelwaterinlaat hun eigen elektrische ruimten inclusief de bijbehorende HVAC-installaties. De HR Centrale (blok 30) zal elektrisch totaal onafhankelijk van de bestaande Afvalenergiecentrale (blok 10/20) draaien. Alleen op 10 kV worden noodkoppelingen voorzien.

De machinetransformator levert maximaal 75MW/90MVA aan het schakelstation Hemweg ten behoeve van het landelijke koppelnet. Hiervoor wordt een zeven kilometer lange 50 kV ondergrondse kabelverbinding

fig. 20



gelegd. De HR Centrale kan bij uitval van deze netkoppeling ook in eilandbedrijf draaien. Bij een totale black-out zijn de biogasmotoren beschikbaar als noodstroomvoorziening. De capaciteit van één gasmotor is voldoende voor een veilige afstook van de ketels. Met twee van de in totaal vier geïnstalleerde gasmotoren kan de Centrale niet alleen veilig maar ook rustig worden stilgelegd zodat een snelle herstart mogelijk is. Met vier motoren is het zelfs mogelijk om één lijn in bedrijf te houden en daarmee een turbine opnieuw op te starten.

De transformatoren voor het eigen stroomverbruik van de HR Centrale zijn ontworpen voor de bestaande voltageniveaus van 10 kV, 700 V en 400 V. Voor het ketelhuis, de rookgasreiniging en de kranen zijn er aparte ruimten voor vermogensdistributie. Het railsysteem is symmetrisch in tweeën gedeeld. Iedere helft kan één lijn voeden. Tussen beide helften zijn koppelingen aangebracht om uitval van transformatoren op te kunnen vangen.

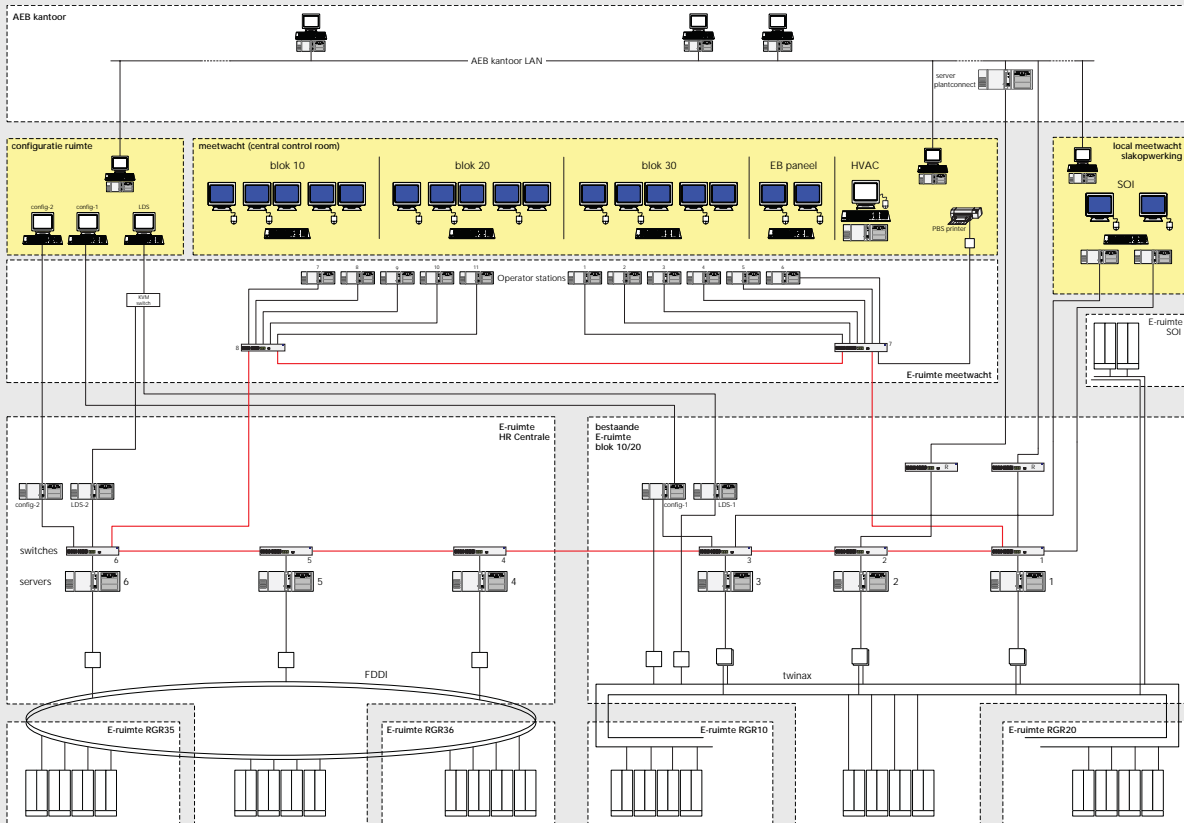
In het kader van de energetische optimalisatie wordt het gebruik van regelkleppen geminimaliseerd door het toepassen van pompen en ventilatoren met regelbaar toerental. Hiervoor wordt een groot aantal frequentieomvormers geïnstalleerd, waarvan een gedeelte een 3,3 kV voeding en twaalfpuls gelijkrichter heeft om ongewenste frequenties hogere in het net te reduceren (fig. 20).

### 3.16 Meet- en regeltechniek

Voor de meet- en regeltechniek van de HR Centrale is gekozen voor eenzelfde bedienings- en visualisatiesysteem als voor de bestaande Centrale. In de nieuwe meetwacht ontstaat hierdoor voor de bediening één geïntegreerd geheel voor zowel de Afvalenergiecentrale als de HR Centrale. Het systeem is 'state-of-the-art'. Een videowall, waarop alle zes verbrandingslijnen en de drie turbinegeneratoren te zien zijn, zorgt

fig. 21

## Schema DCS



voor een compleet overzicht van de gehele Centrale. Ook de meet- en regelfilosofie van de bestaande Centrale wordt ingezet voor de HR Centrale. Er komt een identiek Distributed-Control-System (DCS), ingepast in een eigen netwerk en voorzien van up-to-date hardware. Het systeem werkt onafhankelijk van de bestaande Afvalenergiecentrale. De procesbesturings- en regelsoftware zal eveneens de bewezen principes van de bestaande Afvalenergiecentrale zoveel mogelijk volgen. Ook de aansluiting van motoren en instrumenten is gestandaardiseerd overeenkomstig de bestaande Centrale. Hiervoor zijn typicals gemaakt van een aantal standaard controleconfiguraties.

Er zijn twee aparte DCS ruimtes voor ketelhuis en rookgasreiniging, waar de apparatuur in een geconditioneerde omgeving staat. Een 24-volts accu (UPS) voorziet de regelapparatuur ook bij eventuele storingen in de elektriciteitsvoorziening van stroom en garandeert de controle op de Centrale. Het DCS omvat in principe alle procesbesturing van de Centrale. Ook enkele gedecentraliseerde (black box) controles, die in feite losstaan van de normale DCS besturing, zijn zodanig gerealiseerd, dat de processtatus in zijn geheel in de bedieningsruimte kan worden gecontroleerd (fig. 21).

In vergelijking met de Afvalenergiecentrale zullen opstartvolgordes in functiegroepen en normale afsluitvolgordes verder geautomatiseerd worden om consistente opstart- en afsluitprocedures te garanderen. Vanachter het bureau van de operator gezien, gedragen deze volgordes zich als een interactief stroomdiagram. Dit geldt met name voor een warme start van bijvoorbeeld turbine en water-stoom cyclus.

## 4

## Realisatie

### 4.1

### Opdrachtgever

De opdrachtgever is het Afval Energie Bedrijf namens de gemeente Amsterdam. Voor het ontwerp, de engineering en de directievoering is een ingenieursconsortium gevormd. De mensen van dit consortium werken samen in een kantoor op de bouwsite. Een aantal ervaren mensen van AEB is ingehuurd door dit consortium om de engineering te ondersteunen en de inbreng van kennis van AEB te waarborgen. Alvorens met de bouw van de HR Centrale werd begonnen, heeft AEB contracten afgesloten met drie landelijke afvalinzamelaars/transporteurs, goed voor een jaarlijkse hoeveelheid afval van 495.000 ton, gedurende 15 jaar. Zo is de capaciteit van de HR Centrale voor 95% vol gecontracteerd voor de gehele afschrijvingstermijn van de Centrale.

#### Aanvoer van afval

Het afval voor de HR Centrale komt niet uit het directe verzorgingsgebied, regio Amsterdam, maar wordt uit heel Nederland aangeleverd. Met de leveranciers zijn afspraken gemaakt om het aantal wegkilometers op het huidige niveau te houden, ondanks de verhoogde aanvoer, door transport per schip, trein en/of perscontainers.

Samen met de leveranciers wordt onderzocht of dit transport in containers of in balen zal plaatsvinden. Op het dak van de storthal zijn drie stortopeningen ingericht die bij voldoende container/balenaanvoer gebruikt zullen worden om het afval met een kraan vanaf schepen direct in de bunker te lossen.

Extra leveranties over spoor via de bestaande ACTS-containerterminal blijven mogelijk. Voor aanvoer met vrachtauto's zijn zes nieuwe stortopeningen gepland op de verlengde vloer van de storthal. Ook door gebruik te maken van grote vrachtwagens met perscontainers wordt het aantal vervoersbewegingen over de weg teruggedrongen.

### 4.2

### Kosten en financiering

De belangrijkste doelstellingen die aan de uitbreiding van de verwerkingscapaciteit ten grondslag liggen, zijn het verbeteren van de milieuprestaties en het verlagen van de kostprijs. De beslissing om over te gaan tot de uitbreiding van de verwerkingscapaciteit is dus mede gebaseerd op bedrijfseconomische gronden.

Er wordt een reductie van de kostprijs per ton afval van 5% verwacht ten opzicht van de bestaande Centrale die op zichzelf al de laagste kostprijs van Nederland heeft. Dit wordt gerealiseerd door de hoge beschikbaarheid en het hoge energetisch rendement van de Centrale. Daar komt nog bij, dat de HR Centrale, in verband met het milieuvriendelijke en innoverende karakter, diverse stimuleringsbijdragen zal ontvangen.

#### Investeringsbedrag

In 2003 heeft de Gemeenteraad van Amsterdam voor de bouw van de HR Centrale een bouwkrediet afgegeven van € 370 miljoen. Dit bedrag is opgebouwd uit € 290 miljoen voor de Centrale zelf. De overige 80 miljoen is bestemd voor ontwerp en management, bijkomende kosten, onvoorziene posten en bouwrente. Een aanvullend krediet en een aantal subsidies brengen het totale budget op € 371 miljoen.

De afschrijvingstermijn van de investering is bepaald op 15 jaar. De technische levensduur zal 20 jaar of meer bedragen. Deze verlenging kan een belangrijke extra bijdrage leveren aan het rendement van de investering.

### Financieringswijze

In samenwerking met Concern Financiën van de Gemeente Amsterdam zijn de volgende leningen afgesloten:

- Een gewone lening af te lossen in 10 jaar.
- Groenfinanciering voor een bedrag van € 80 miljoen met een looptijd van eveneens 10 jaar. De groenverklaring is door het ministerie van VROM verstrekt omdat de HR Centrale een belangrijke milieuprestatie gaat leveren. Zie hiervoor ook paragraaf 2.3.
- Europese Investerings Bank (EIB) in Luxemburg heeft een lening van € 170 miljoen verleend.

### Subsidies

In het kader van het milieuvriendelijke en innoverende karakter van de HR Centrale zijn diverse subsidies toegezegd, zowel in nationaal verband als op Europees niveau:

- In een vroeg stadium is in een EU 5e-kaderprogramma subsidie verkregen op enkele essentiële delen, die de Centrale onderscheiden van een gewone afvalenergiecentrale.
- De zogenaamde MEP-regeling (Milieueffectiviteit Energie Productie) levert gedurende een periode van 10 jaar een bijdrage per gerealiseerde kWh om het opwekken van duurzame energie uit (ondermeer) afval verder te stimuleren.
- Door de Groenverklaring van het ministerie van VROM is financiering met lagere kosten mogelijk.
- Het CO<sub>2</sub>-reductieplan Provincie Noord-Holland levert een bijdrage.

## 4.3

### Planning

- 1998 Start Masterplan
- 1999 Studie 'Hochleistungskessel'
- 2000 Aanvraag gemeente eerste budget € 1,7 miljoen  
Aanvraag patent HR Centrale
- 2001 Studiefase  
Aanvraag gemeente tweede budget € 17 miljoen  
Aanbesteding engineering
- 2002 Milieu Effecten Rapportage  
Programma van eisen  
Basic engineering
- 2003 Bestekengineering hoofdpercelen  
Milieu Vergunning verleend  
Aanbesteding drie hoofdpercelen  
Aanvraag gemeente derde budget € 338 miljoen  
Bouwvoorbereiding (o.a. verplaatsing slakopwerkingsinstallatie)
- 2004 Begin bouw  
Bestekengineering overige percelen  
Detailengineering hoofdpercelen  
Aanbesteding overige percelen
- 2005 Begin apparatenbouw  
Civiele ruwbouw gereed  
Opstart rioolwaterzuiveringsinrichting, biogasmotoren in bedrijf
- 2006 Afronding apparatenbouw  
Inbedrijfstelling
- 2007 Overdracht  
Functietest
- 2008 Optimalisatie
- 2009 Einde garantietermijn



fig. 22

Bouw van de HR Centrale



## Aanbesteding

De Centrale is opgedeeld in percelen. De drie hoofdpercelen rooster/ketel, rookgasreiniging en turbine zijn als eerste aanbesteed omdat zij de technologie, vormgeving en uitgangspunten voor de overige percelen in grote mate beïnvloeden. De afbakening van de percelen is afgestemd op de in de markt gangbare activiteiten en taakgebieden van bedrijven. Hierdoor kunnen bedrijven aanbiedingen maken die optimaal aansluiten bij hun ervaringen. Per perceel is vervolgens gekozen voor de fabrikant met de beste aanbieding in termen van technologie en kosten. Voor de kosten is geëvalueerd op total-cost-of-ownership, het totaal van investerings- en operationele kosten. Naast de drie hoofdpercelen zijn ongeveer nog zo'n 30 percelen aanbesteed. In de bijlage B staan de geselecteerde aannemers en in het project betrokken dienstverleners.

## Beschikbaarheid en veiligheid

Bij afvalverbranding is de omgang met slijtage door het agressieve proces groot. Dit geldt in het geval van de HR Centrale nog sterker omdat er vanwege het streven naar een hoog rendement bijzondere procescondities optreden. Van begin af aan is er dus aangestuurd op een zo hoog mogelijke beschikbaarheid van de Centrale. Om de doelstelling van 90% beschikbaarheid te borgen is er een intensieve bewaking opgezet in de vorm van een protocol, genaamd RAMSHE.

### RAMSHE

De afkorting RAMSHE staat voor: Reliability, Availability, Maintainability, Safety, Health and Environment analyse.

Het betreft een systematische, uitgebreide aanpak voor het verbeteren van de betrouwbaarheid, beschikbaarheid en onderhoudbaarheid van de Centrale. Bij deze aanpak worden de aspecten veiligheid, gezondheid en milieu geborgd met de hoogste prioriteit. De RAMSHE analyse omvat de volgende activiteiten:

- FMECA (Failure Mode and Effect and Criticality Analysis): een systematische inventarisatie van probleemsituaties met hun kans en gevolgen. Het proces wordt hierbij systematisch, in alle details doorlopen aan de hand van de processchema's. Alle geïdentificeerde situaties worden beoordeeld en er worden mogelijke maatregelen benoemd die in de engineering uitgewerkt worden.
- HAZOP (Hazard & Operability): een studie waarbij vanuit de risicokant, en vanuit de bedienbaarheid, geobserveerd wordt wat er aan preventieve en praktische maatregelen nodig is.
- SIL (Safety Integrity Levels): een analyse die handvatten geeft om instrumentele veiligheid te toetsen.

Uit deze analyses volgt een groot aantal activiteiten, die systematisch geborgd zijn in engineering en bouw.

De beschikbaarheid van de gehele Centrale bedraagt meer dan 90%. Dit getal is uiteraard grondig onderbouwd met berekeningen en heeft betrekking op een bedrijfstijd van twee jaar tussen twee revisies. Dit uitgangspunt is gestoeld op de ervaring die met de huidige Afvalenergiecentrale is opgedaan. Voor dit doel is vooral geïnvesteerd in de Inconel® coating van de ketelwanden en de watergekoelde roosters. Naast de geoptimaliseerde reiniging met kloppers voor de pijpenbundels van OVO's en ECO's zullen de ketels met explosieven gereinigd worden om de ketelvervuiling binnen de perken te houden.

Bovendien wordt de duur van het onderhoud van de HR Centrale teruggebracht van de gangbare drie weken naar twee weken, inclusief afkoel- en opstarttijd. Tot in detail worden tal van maatregelen getroffen om deze tijdsreductie mogelijk te maken. De onderhoudsbedrijven zijn daarbij als adviseurs ingeschakeld. Zo wordt er bijvoorbeeld een afzuigsysteem geïnstalleerd, waardoor het mogelijk wordt om al in de rookgasreiniging te werken, terwijl de schoonmaakwerkzaamheden in de ketel nog aan de gang zijn. In de ketel kan op verscheidene niveaus tegelijkertijd worden gewerkt.

## 5.1 Architectonisch concept

In de architectuur is de technische standaard het uitgangspunt geweest voor vormgeving, materiaalgebruik en kleurstelling. De HR Centrale vormt een logische, visuele eenheid met de bestaande Afvalenergiecentrale. De belangrijkste uitgangspunten in het bestaande ontwerp zijn behouden. De bestaande hoogtes van vloeren en daken zijn voor de HR Centrale, zoveel mogelijk overgenomen om binnen het complex een optische eenheid te verkrijgen. Dat geldt ook voor de breedtes en de rangschikking van de gevels.

De bouwkundige omvang van de HR Centrale is duidelijk toegenomen ten opzichte van de bestaande Afvalenergiecentrale. Dat geldt vooral voor het enorme ketelhuis van 60 meter hoogte. De structuur van de gebouwenmassa wordt bepaald door de procesrichting, dat wil zeggen een duidelijke lengterichting van de storthal naar de schoorsteen. De parallel aan de procesrichting staande muren worden grotendeels uitgevoerd als gesloten wanden met de noodzakelijke bouwhoogte. De betonnen wanden verlopen onder een hoek van 45°. In de loodrecht op de procesrichting staande muren zijn gedeeltelijk lichtbanden aangebracht, waarin ook ventilatieopeningen zijn opgenomen.

## 5.2 Lay-out terrein en gebouwen (fig. 23)

De volgorde van de proceslijnen loopt parallel aan die van de bestaande Afvalenergiecentrale. De bestaande bunkers voor afval en bodemas kunnen daardoor met dezelfde afmetingen worden uitgebreid. Ook de andere onderdelen van het proces zijn, waar enigszins mogelijk, op dezelfde manier gerangschikt als bij de bestaande Centrale, waardoor oriëntatie en bediening eenvoudiger en efficiënter is.

Om het terrein naast de Afvalenergiecentrale vrij te maken, moest de daar opgestelde installatie voor slakopwerking worden verplaatst. Om de onderbreking van de bedrijfsactiviteiten zo kort mogelijk te houden, is het gebouw in zijn geheel naar de nieuwe plek vervoerd. Met zo'n 6.600 ton op 1.200 wielen was dit één van de grootste bouwtransporten ter wereld (fig. 24).

De HR Centrale wordt zodanig aangesloten op de bestaande Centrale, dat de afval- en slakkenbunker verlengd worden. Daarbij blijft het westelijke zwaluwnest van de bestaande afvalbunker bewaard. De afstand tussen de gebouwen bedraagt op het smalste punt 12 en op het breedste punt 20 meter. De aanwezige wegen op het terrein kunnen daardoor gehandhaafd blijven. Beide Centrales zijn op verschillende plaatsen door loopbruggen met elkaar verbonden.

De bestaande Afvalenergiecentrale wordt uitgebreid met een nieuwe bedieningsruimte voor de totale centrale, dat wil zeggen: voor alle zes verbrandingslijnen. De nieuwe meetwacht sluit direct aan op de bestaande, zodat na voltooiing de bestaande meetwacht gebruikt kan worden als nevenruimte voor de nieuwe.

Er is rekening gehouden met een kade voor de aanvoer per schip met een kraan om balen en/of containers naar het dak van de storthal te brengen. Hier is voorzien in een installatie om de balen en/of containers te openen en direct in de stortbunker te legen. Het hoge punt om het afval in de bunker te lossen maakt het mogelijk om een groter volume van de bunker effectief te benutten.

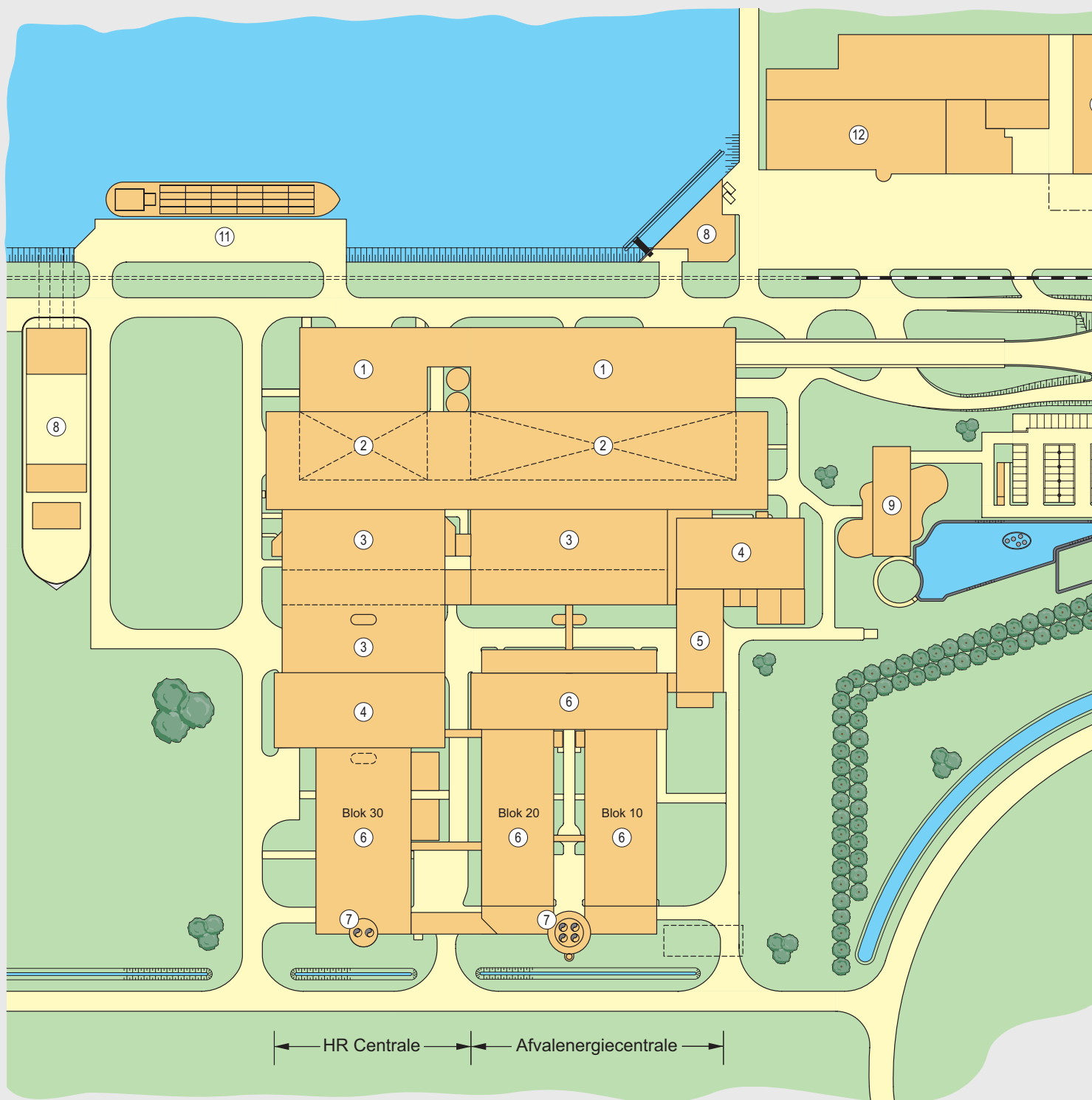
Het gebouw voor de inlaat van koelwater bevindt zich aan de westelijke grens van het terrein. Het ligt iets van de haven af om de oever vrij toegankelijk te houden. De rails en de straat kunnen daardoor verlengd worden tot op het perceel van de burens. Het aanpalende perceel aan de westzijde is aangekocht door AEB en is beschikbaar voor toekomstige uitbreidingen en andere activiteiten.

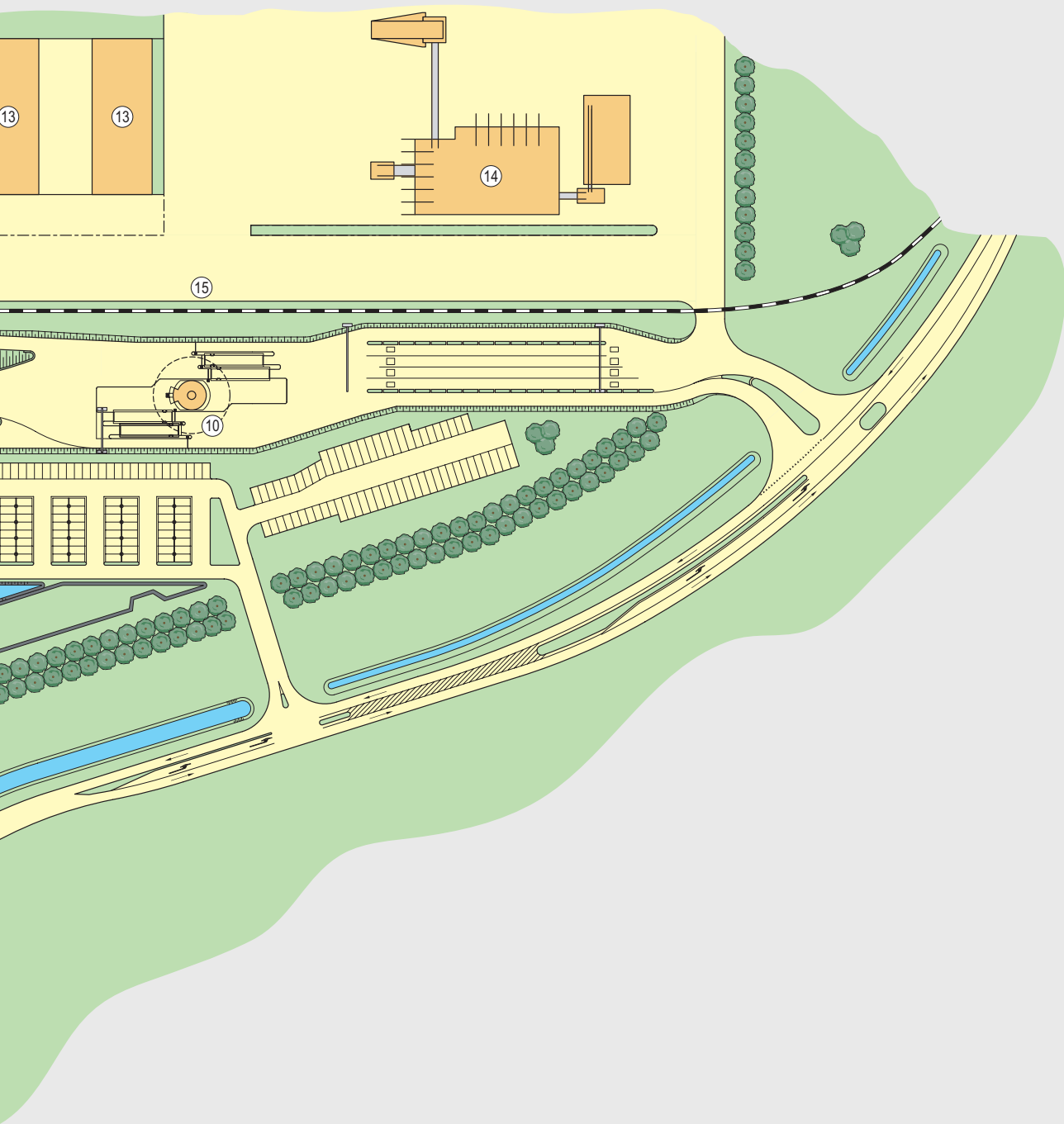


fig. 23

Plattegrond van het terrein

- 1 storthal
- 2 bunker
- 3 ketelhuis
- 4 turbinehal
- 5 meetwacht
- 6 rookgasreiniging
- 7 schoorsteen
- 8 koelwaterinlaat
- 9 kantoor
- 10 portiersloge met weegbrug
- 11 kade
- 12 Depot gevaarlijk afval
- 13 Regionaal Overslag Station
- 14 slakopwerking
- 15 ACTS-terminal voor treinaanvoer







Uitgangspunt bij het ontwerp van de gebouwen was een onafhankelijke indeling, ten dienste van verschillende secties als de storthal, het ketelhuis en de rookgasverwerking. Logischerwijs is het bunkergebouw met zijn afval- en slakkenbunker een uitbreiding van het bestaande, inclusief de bijbehorende storthal. Het grootste verschil in de afvalbunker is de toegevoegde hoogte waardoor binnen een afgesloten ruimte een hoger kraanniveau bovenop de bestaande rails mogelijk is. Ook de installatie voor het legen van de containers en/of balen bovenop de storthal is nieuw. De constructie is daarvoor op bepaalde punten gewijzigd, maar volgt dezelfde principes als die van de bestaande Afvalenergiecentrale.

Het ontwerp van de gebouwen focust op twee aspecten: een eerste, belangrijke wens is om de civiel-technische constructie in overeenstemming te brengen met de verschillende installaties ten einde een ononderbroken bouwprogramma voor beide disciplines veilig te stellen. Ten tweede ging het erom een logische indeling te ontwerpen die te vergelijken is met de bestaande Afvalenergiecentrale. Dit om gemakkelijk toegang van en naar de verschillende installaties te creëren en bovendien korte, duidelijk aangegeven vluchtroutes te bieden. Het resultaat is dat beide verbrandingslijnen zo zijn gerangschikt dat in het centrum van beide een strook van vier meter vrij is als toegangsweg, transportroute en voor de aanleg van pijpleidingen. Aan de buitenkant zijn vluchttrappen gelegen, die in noodgevallen gemakkelijk te bereiken zijn. Alle gebouwen staan op heipalen. Voor de meetwacht zijn boorpalen gebruikt om uitval van de bestaande turbines door trillingen te vermijden.

#### De storthal

De storthal heeft drie niveaus. Op de onderste twee lagen bevinden zich opslagruimten, verbonden door een zware lift. Op de 6,40 meter vloer is een elektroruimte gepland voor elektrische voeding en besturing van naburige machines zoals kranen en balenopeners. Er is ruimte gereserveerd voor de elektrische installatie van een zesde afvalkraan. Het belangrijkste niveau is de uitbreiding van de bestaande stortvloer op de 10,20 meter vloer waar vrachtauto's hun lading kunnen afleveren. Op het dak van de storthal bevinden zich de drie stortopeningen. Een vaste kraan kan containers vanuit schepen naar deze stortopeningen brengen om ze direct in de bunker te legen.

#### Bunker

Het bestaande zwaluwnest aan de westzijde van de Afvalenergiecentrale is het beginpunt voor de uitbreiding van de HR Centrale. Dit zwaluwnest wordt gehandhaafd en vormt na verwijdering van de westgevel de verbinding met de verlengde afvalbunker. De kraanrails van de bestaande afvalbunker zijn verlengd en lopen door in de HR Centrale. Zo kan de nieuwe kraan 40 zowel in blok 30 als ook in blokken 10/20, actief zijn. Hiermee wordt redundantie gerealiseerd en de mogelijkheid om afval tussen de Afvalenergiecentrale naar de HR Centrale te verplaatsen.

Boven deze doorlopende kraanbaan is een tweede kraanbaan gerealiseerd. De bovenste kraan 50, die alleen voor de bunker van de HR Centrale bestemd is, heeft de mogelijkheid om bij normale afvalverwerkingsactiviteiten bovenlangs de lagere kraan 40 te passeren.

Voor de bediening van de kranen bevindt zich een kraancabine tussen de beide storttrechters. Voor onderhoud aan de bestaande kranen blijft aan de oostzijde het bestaande zwaluwnest tussen blok 20 en 30 beschikbaar. Aan de westzijde van de nieuwe bunker komt een nieuw zwaluwnest op beide kraanniveaus voor onderhoud aan de kranen 40 en 50.

#### Slakkenbunker

De bestaande slakkenbunker en de rails voor de slakkenkraan zijn tot in de HR Centrale doorgetrokken. Zowel blok 10/20 als blok 30 worden door de bestaande kraan bediend.

De bodemas wordt aan de oostzijde van blok 10 met de slakkenkraan in vrachtwagens geladen voor transport naar de Slakopwerkingsinstallatie (SOI). Hiervoor zal in de toekomst een transportband geïnstalleerd worden. De transportband bezorgt de bodemas rechtstreeks bij de SOI, die zich na de verplaatsing op 300 meter ten noordoosten van de Afvalenergiecentrale bevindt.





### Ketelhuis

Het nieuwe ketelhuis is evenals het bestaande ontworpen als een gecoate staalconstructie. Alleen de wand met de bunker is in beton uitgevoerd. Deze wand fungeert als brandwering tussen bunker en ketelhuis en stabiliseert het ketelhuis.

De niveaus van de vloeren bevinden zich, voor zover uitvoerbaar, op dezelfde hoogtes als in het bestaande ketelhuis. De hoogte van het HR Centrale ketelhuis is 60 meter vanwege de hoogte van de eerste ketel-trek. Ook boven de horizontale ketel-trek is het ketelhuis zo hoog om de complete pijpenbundels van de horizontale ketel-trek te kunnen vervangen. Om deze bundels binnen 72 uur te kunnen verwisselen, is een kraan geïnstalleerd boven de twee horizontale ketel-trekken. Door montageluien in de 19,6 meter vloer kunnen pijpenbundels vanuit de ketel direct op een vrachtauto kunnen worden geladen.

Het ketelhuis is toegankelijk via vier trappenhuizen. Het trappenhuis aan de oostzijde is uitgerust met een heavy-duty lift, vooral bestemd om bijvoorbeeld roosterstaven met een vorkheftruck te transporteren.

Het ketelhuis moest vanwege de enorme afmetingen van de HR ketel anders worden gebouwd dan het bestaande. Het gedeelte van het ketelhuis met de lege trekken bestaat uit een staalconstructie die een eenheid vormt met het ketelstatief. Deze constructie rust rechtstreeks op de uit één stuk bestaande grondplaat. Het onderste deel van de lege trekken hangt in het ketelstatief, het bovendeel staat hierop. Hierdoor kan de ketel vrij uitzetten met minimale verschillen ten opzichte van de horizontale trek. Bij de horizontale trek wordt het gebouw gevormd door een staalconstructie die onafhankelijk van het ketelstatief is opgebouwd.

De horizontale trek van de ketel staat op de 19,6 meter vloer op een betonnen vloer die tevens het dak is van het dienstgebouw en een brug vormt naar de turbinehal. Deze constructie maakt van de verlaadstraat een overdekte ruimte tussen dienstgebouw en turbinehal, die naar de oost- en westzijde open is.

### Dienstruimten

De indeling van de dienstruimten volgt de indeling van de bestaande Afvalenergiecentrale. Dat wil zeggen dat één helft van het gebouw gebruikt wordt voor mechanische apparatuur, en de andere helft voor elektrische apparatuur en bedieningsapparatuur. De drie verdiepingen van de mechanische afdeling bevatten voornamelijk de biogasmotoren, watersystemen en de systemen voor perslucht, verwarming, ventilatie, airconditioning en koeling. De elektrische afdeling omvat op de begane grond de transformatoren en in twee verdiepingen schakelkamers voor rooster, ketel en aanvullende systemen.

### Turbinehuis

Het turbinehuis is een apart gebouw dat vanwege de koelwaterleidingen en de hulp- en neveninstallaties van de turbine geheel is onderkelderd. De stoomturbine staat met de hoofdcondensor op het begane grond niveau, evenals de noodcondensoren en de herverhitters. De turbine staat, inclusief de generator en de condensor, op een apart gebouwde turbinetafel, die door middel van geveerde elementen trillingvrij is gescheiden van het bouwwerk zelf. De 1,40 meter vloer is als een betonnen vloer uitgevoerd die de turbinetafel omraamt.

De kelder van het gebouw huisvest voornamelijk de koelwaterleidingen, de olievoorzieningen van de turbine en de condensaatpompen. Naast en boven de verlaadstraat is ruimte voor verscheidene tussenverdiepingen waarin voedingwaterpompen, de centrale stoom-verzamel-balken en diverse installatieonderdelen van de water-stoom cyclus ondergebracht zijn. Hierdoor zijn er voor de belangrijkste onderdelen slechts korte pijpleidingen nodig. De dakhoogte sluit aan op een platform van het ketelhuis. Het hele turbinehuis is uitgevoerd als betonconstructie, vooral vanwege de hoge belasting. De kraanbaan rust op betonnen consoles die tegelijkertijd dienen als statische versteviging voor de wand.

### Doekenfilterhal

De doekenfilters worden in een hal als staalconstructie boven op het turbinehuis geplaatst. Dit gedeelte biedt ook onderdak aan de rookgasrecirculatieleiding, de opwarmingsinstallatie van het doekenfilter en de injectie van cokes- en kalksteenpoeder in de rookgassen. De dakhoogte van de filterhal maakt het mogelijk de filterelementen in hun geheel te vervangen met behulp van een monorailkraan. De belasting van het doekenfilter wordt via een eigen brugconstructie rechtstreeks afgevoerd naar de wanden van de turbinehal. De spanwijdte overkapt ook het silogebouw boven de verlengde verlaadstraat.

### Gebouw voor de natte rookgasreiniging

In het gebouw voor rookgasreiniging zijn de rookgaswassers, de elektrische ruimten, de analyseruimte en de zoutfabriek ondergebracht. De rookgaswassers met circulatiewaterpompen en de zuigtrekventilatoren bevinden zich op de begane grond. De elektrische ruimten voor stroomvoorziening en frequentieomvormers bevinden zich achter de ventilatoren. Daarboven, tussen de ventilatoren en de schoorsteen bevindt zich de emissiemeetapparatuur.

De begane grond is ontworpen als een vloer met afvoer naar de bekkens en tanks in de kelder. De rookgasreiniging is tot en met de 8,00 meter vloer als betonnen constructie uitgevoerd. De daarop rustende hal is een staalconstructie met bekleding. Het centrale trappenhuis met lift is bedoeld voor de ontsluiting van het turbinehuis en de rookgasreiniging. Het gaat om een betonconstructie die de staalconstructie verstevigt.

### Schoorsteen

De schoorsteen is uitwendig identiek aan de bestaande schoorsteen, maar uitgevoerd zonder een meetbordes. Inwendig bevat de schoorsteen twee pijpen die het rookgas naar een hoogte van 100 meter boven NAP leiden. Dat is ruim boven de hoogte die door de milieuwetgeving wordt geëist, maar gelijk aan de bestaande hoogte. De betonnen constructie van de schoorsteen bevat de twee met glasvezel versterkte polyester rookgasbuizen die gedragen worden door een staalconstructie.

Op de begane grond bevinden zich in de lege ruimte van de schoorsteen de tanks voor de gereinigde  $\text{CaCl}_2$ -zoutoplossing. Aan het eind van de rookgasreiniging worden blok 10/20 en blok 30 door een brugconstructie met elkaar verbonden. Op deze brug wordt de biogasreiniging gebouwd in een half open afscherming.





### Meetwacht

Het nieuwe gebouw voor de meetwacht overspant ter hoogte van de 8,00 meter vloer de weg ten zuiden van de bestaande bedieningsruimte naast blok 10. Het ketelhuis wordt op deze wijze met de rookgasreiniging van de bestaande Afvalenergiecentrale verbonden. Het gebouw bevat de bedieningsruimte voor alle zes verbrandingslijnen op de 8,00 meter vloer in één grote ruimte. Daarnaast zijn er ruimtes voor chefwacht en procesautomatisering. De grote ruimte wordt voorzien van beeldschermen en een projectiewand in een ergonomisch ontwerp. Eén verdieping hoger op de 15 meter vloer is het laboratorium gepland, samen met de elektrische ruimten en de HVAC-installatie. De bestaande meetwacht wordt omgebouwd tot enkele separate hulpruimten.

## Nawoord

Met deze brochure heeft het Afval Energie Bedrijf van de gemeente Amsterdam u willen informeren over de technische achtergronden van de HR Centrale die in 2007 in het westelijk havengebied van Amsterdam operationeel zal zijn. Voor meer algemeen geïnteresseerde lezers is ook een minder gedetailleerde brochure beschikbaar. Met eventuele vragen en opmerkingen bent u welkom bij de afdeling Public Affairs en Corporate communicatie van AEB. Hier kunt u ook afspraken maken voor een rondleiding of voor een gesprek met de deskundigen die bij het ontwerp en de bouw van de HR Centrale betrokken zijn. Telefoon +31 (0)20 5876299, e-mail: [info@afvalenergiebedrijf.nl](mailto:info@afvalenergiebedrijf.nl) en [www.afvalenergiebedrijf.nl](http://www.afvalenergiebedrijf.nl)

# Bijlagen

- A Technische gegevens
- B Percelen, aanemers en dienstverleners
- C Referenties
- D Plattegronden en tekeningen

## A Technische gegevens

Alle data zijn per component, tenzij anders genoemd.

### Civieltechnisch

lengte kade	88 m
aantal palen	ca. 1200
platforms in het ketelhuis	10.000 m <sup>2</sup>
schoorsteen hoogte	100 m (+1,4m tov NAP)
dakhoogte ketelhuis	58,6 m (+1,4m tov NAP)
lengte totaal	ca. 120 m
breedte totaal	ca. 70 m

### Afvalbunker

lengte x breedte	44 m x 20 m
volume (met watervulling)	20.000 m <sup>3</sup>
stortplekken trucks	6
stortplekken aanvoer per schip	3

### Afvalkranen

aantal	2
overspanning brug onder/boven	28,5 m / 31 m
hijsvermogen	23 Mg
grijpervolume	12 m <sup>3</sup>

### Rooster

aantal	2
bruto warmteafgifte	93,36 MW
nominale doorvoercapaciteit (lastpunt A)	33,6 Mg/u@10 MJ/kg = 806 Mg/dag = 9,33 kg/sec
maximale doorvoercapaciteit	37 Mg/u
roosterbreedte	12,8 m
roosterlengte	9,3 m
aantal roosterbanen	3
aantal aandrijfsecties per roosterbaan	4
waterkoeling/luchtgekoelde roosterstaven	16/13

### Verbrandingslucht

aantal luchtzones per roosterbaan	4 regelbaar flow + 3 handinstelling
luchtovermaat coëfficiënt	1.39
primaire luchtstroom	95.000 m <sup>3</sup> /u
recirculatie gas (secundair gas)	40.000 m <sup>3</sup> /u
tertiaire luchtstroom	37.000 m <sup>3</sup> /u
luchtvoorverwarmingszone 1	160°C (14 bar)
luchtvoorverwarmingszone 2 en 3	120°C (4 bar)

## Ketel

aantal	2
ketellast (thermische input afval) nom./max.	93,6 MW/102,7 MW
verse stoomtemperatuur	initieel 440°C, later 480°C
verse stoomdruk	nominaal 130 bar, max 162 bar
verse stroom (nominaal, lastpunt A)	28 kg/s = 102 ton/h
verse stroom (maximaal, lastpunt B)	31,6 kg/s = 113,8 ton/h
waterinhoud normaal niveau	+/- 250 m <sup>3</sup>
hoogte keteldak boven rooster	31 m
NH <sub>3</sub> - inspuiting NO <sub>x</sub> -reductie	3 niveau's x 8 nozzles
ovenvolume	930 m <sup>3</sup>
totaal oppervlak	7.930 m <sup>2</sup>
oppervlak stralingsdeel	4.400 m <sup>2</sup>
oppervlak convectiedeel (incl. dak)	1.200 m <sup>2</sup> OVO 1.050 m <sup>2</sup> ECO 1.280 m <sup>2</sup> karen
rookgassnelheid 1e-trek	3,2 m/s
oppervlak opgelast met Inconel®	1.330 m <sup>2</sup>
gasstroom keteluitlaat	200.000 m <sup>3</sup> /u
rookgastemperatuur vóór bundels	630°C
aantal OVO- bundels	5
aantal ECO- bundels	6
lengte horizontale trek	36 m
rookgastemperatuur keteluitlaat	180°C
gasstroom keteluitlaat ( incl. reci-gas)	200.000 Nm <sup>3</sup> /u
ketelrendement	87,14%

## Herverhitters

aantal	2 (1 per ketel)
stoom vanaf turbine	27,3 kg/s@14,1 bar
herverhitting turbinstoom	van 195°C naar 320°C
stoomhoeveelheid van ketel	7,1 kg/s@138 bar
warmteoverdracht per oververhitter	9 MW
omvang l x d	6,5 m x 1,2 m
ontwerpdruk	162 bar
herverhittercondensaatpomp opvoerhoogte	7,0 bar

## Turbine

aantal	1, hogedruk + lagedruktrap
slokvermogen	64 kg/s = 230 Mg/h@125 bar
uitlaatdruk HD	14 bar
uitlaatdruk LD	0,030 bar (Abs)
diameter laatste schoepenrij/uitlaat oppervlak	3,86 m/9,6 m <sup>2</sup>
gewicht	LD: 115 Mg, HD 18 Mg
turbinetafel	30 x 9 m

## Generator

aantal	1
generator vermogen maximaal	74 MWel/86,8MVA
geleverd vermogen nominaal	66 MWel
geleverd vermogen minimaal	5 MWel (min. last turbine)
generatorspanning	10,5 kV
gewicht	130 Mg

### Condensor

aantal hoofd-/noodcondensors	1/1
hoofdcondensor pijpen	1.100 stuks x 12 meter x 18mm rond
actief koeloppervlak hoofdcondensor	8.200 m <sup>2</sup>
materiaal	titanium
hoofdcondensaatpompen	2 x 200kW

### Koelwater

aantal pompen	3
koelwaterstroom hoofd/noodcondensor	22.400/22.400 m <sup>3</sup> /u
olie+intern koelwater	1.570 m <sup>3</sup> /u
gemiddelde koelwater inlaat temperatuur	17,5°C
delta-T koelwater hoofd/noodcondensor	5°C/7°C
transportleiding	DN 2.000, 2,6 km
recirculatieleiding	DN1.600

### Water- en stoomcyclus

aantal voedingswaterpompen	2 elektrisch, 1 stoomgedreven
geïnstalleerd vermogen per pomp	1,2 MW
ontgassers	2 x 55 m <sup>3</sup>

### Elektrostatische vliegfilter

aantal	2
hoeveelheid rookgas	220.000 Nm <sup>3</sup> /u
stofniveau inlaat/uitlaat (8%O <sub>2</sub> )	4.050/500 mg/Nm <sup>3</sup>

### Doekenfilter

aantal	2
aantal kamers	10
hoeveelheid rookgas	220.000 Nm <sup>3</sup> /u
rookgastemperatuur	180°C
stofniveau inlaat/uitlaat	500/<<5 mg/m <sup>3</sup>

### ECO 2

aantal	2
structuurtype	pijpenbundel email+teflon
thermisch vermogen	3MW

### Quench + HCl-wasser

aantal quenches/HCl-wassers	2/2
structuurtype HCl-wasser	gepakt bed
hoeveelheid rookgas	190.000 Nm <sup>3</sup> /u

### SO<sub>2</sub>-wasser (gips-wasser)

aantal	2
structuurtype	open toren,
dosering	kalksteen (CaCO <sub>3</sub> )
hoeveelheid rookgas	190.000 Nm <sup>3</sup> /u

### Fijnwasser

aantal	2
structuurtype	open toren
dosering	natronloog (NaOH)
hoeveelheid rookgas	190.000 Nm <sup>3</sup> /u

### ECO 3

aantal	2
structuurtype	platen warmtewisselaar
thermisch vermogen	2,2 MW
condensatiehoeveelheid nominaal	7.2 m <sup>3</sup> /h

### Zuigtrekventilator

aantal	2
temperatuur/vochtgehalte	61°C/20,9%
nominaal hoeveelheid rookgas (droog/nat)	140.000/176.000 Nm <sup>3</sup> /h
nominaal fysiek debiet@drukverschil	229.000 m <sup>3</sup> /h@6.9 kPa
max-last fysiek debiet@drukverschil	287.000 m <sup>3</sup> /h@9.8 kPa
elektrisch vermogen	945 kW

### Biogasmotoren

aantal units	4
geïnstalleerd vermogen elk	1,044 MWelektrisch 1,0 MWthermisch 0,4 MWin rookgas
noodstroomvoorziening benodigd/nominaal	0,8/1,6 MW
verwachte hoeveelheid opgewekte stroom per jaar	22.000 MWh

### Elektrotechniek

aantal motoren	650
geïnstalleerd vermogen	91 MW
nominaal gelijktijdig vermogen	8 MW
geïnstalleerd vermogen freq. omvormers	7,5 MW

### DCS - Besturing

geschakelde motoren (aan/uit)	580
geregelde motoren (frequentieomvormer)	32
open/dicht kleppen (motorgestuurd)	185
regelkleppen (motorgestuurd)	92
magneetventielen	225
instrumentatie ingangen binair	675
instrumentatie ingangen analoog	910

### Neveninstallaties

perslucht capaciteit	3 x 1800 Nm <sup>3</sup> /h
intern koelwater nom./max.	5,7/11 MWth
intern koelwater debiet	1.120 m <sup>3</sup> /h



## B Percelen, aanemers en dienstverleners

Nr.	Perceel	Aannemer	Plaats	Land
<b>Hoofdpercelen</b>				
31	Rooster / Ketel	Martin-NEM Combination (MNC)	München	Duitsland
32	Rookgasreiniging	FLSmidth Airtech A/S	Valby, Copenhagen	Denemarken
33	Turbine (apparatuur)	Siemens	Finspong	Zweden
33.2	Turbine (oprichting)	Fabricom GTI	Moerdijk	Holland
<b>Andere percelen</b>				
34.1	Water- stoomkringloop	Fabricom GTI	Moerdijk	Holland
34.2	Herverhitter	Bronswerk Heat Transfers B.V.	Nijkerk	Holland
34.2	Pompen herverhitter	Hayward Tyler	Glasgow	Schotland
34.3	Herverhitter (oprichting)	Fabricom GTI	Moerdijk	Holland
35.1	Afval- en slakkenkraan / kranen	NKM Noell Special Cranes GmbH & Co KG	Würzburg	Duitsland
35.2	Service kranen	Konecranes	Purmerend	Holland
35.3	Onderhoudskranen	Konecranes	Purmerend	Holland
36	-	-	-	-
37	Koelwatersysteem	BAM Tebodin HR Centrale VOF	Velsen-Noord	Holland
38	Brandblusinstallatie	Ingenieursbureau Wolter & Dros	Amsterdam	Holland
39	Watersystemen	Fabricom GTI	Moerdijk	Holland
40	Verwarming, ventilatie&airco	Ingenieursbureau Wolter & Dros	Amsterdam	Holland
41	-	-	-	-
42	-	-	-	-
43.1	Persluchtinstallatie (zonder net)	Fabricom GTI	Moerdijk	Holland
43.2	Stofzuiginstallatie	Ingenieursbureau Wolter & Dros	Amsterdam	Holland
44	Elektrotechniek	Imtech Projects Industry B.V.	Wormerveer	Holland
44.2	Aarding	Imtech Projects Industry B.V.	Wormerveer	Holland
44.3	Kabel Hemweg	NACAP	Barendrecht	Holland
45.1	Regeltechniek	ABB Utilities GmbH	Mannheim	Duitsland
45.2	Meettechniek	ABB Utilities GmbH	Mannheim	Duitsland
46.1	Communicatie-installaties	Imtech Projects Industry B.V.	Wormerveer	Holland
46.2	Brandmeldinstallatie	Imtech Projects Industry B.V.	Wormerveer	Holland
46.3	Camera-installatie	Imtech Projects Industry B.V.	Wormerveer	Holland
47	-	-	-	-
48.1	Meetwacht gebouw	BAM Civiel Noordwest	Amsterdam	Holland
48.2	Grond- en heiwerk	Voorbij Funderingstechniek	Amsterdam	Holland
48.3	Civiele hoofdconstructies	Ballast Nedam Infra	Amsterdam	Holland
48.5	Koelwater inlaat gebouw (KIG)	Ballast Nedam Infra	Amsterdam	Holland
49	Staalbouw, gevels	Rijndijk Steel Contracting B.V.	Hoogvliet	Holland
50.1	Koelwaterleidingen op site	Nelis Infra B.V.	Zwanenburg	Holland
50.1	Koelwaterleiding buiten site	Ooms Avenhorn B.V.	Schoorl	Holland
50.2	Leiding persing	Ooms Avenhorn B.V.	Schoorl	Holland
50.3	Infrastructuur	Ballast Nedam Infra	Amsterdam	Holland
50.4	Kade	-	-	-
50.5	Spoor	-	-	-
51	-	-	-	-
52	Slakopwerking	-	-	-
53	-	-	-	-
54.1	Biogasmotoren	HABO B.V.	Bodegraven	Holland
54.2	Biogas gasreiniging	HABO B.V.	Bodegraven	Holland
55.1	Slibsilo heiwerk	Voorbij Funderingstechniek	Amsterdam	Holland

55.2	Slibsilofundering	Ballast Nedam Infra	Amsterdam	Holland
56	Schoorsteenpijpen	BAM Tebodin HR Centrale VOF	Velsen-Noord	Holland
57	Afvalaanvoer (balen/containers)	-	-	-

Diensten	Offices	Plaats	Land
----------	---------	--------	------

#### Diensten / Services

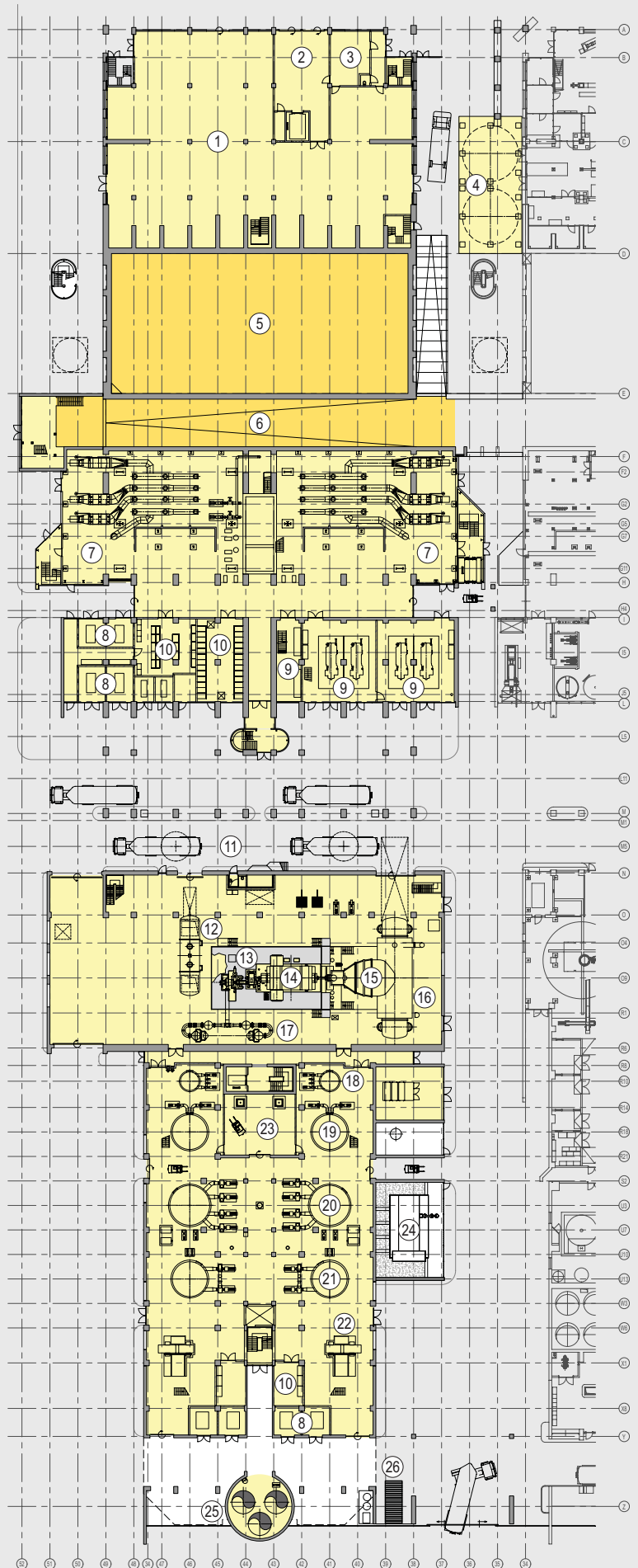
-	Adviseur	KEMA	Arnhem	Holland
-	Adviseur/Engineering	Wandschneider + Gutjahr	Hamburg	Duitsland
-	Adviseur RAMSE	CBO	Rotterdam	Holland
-	Architect	Visser en Withag architecten	De Steeg	Holland
-	Bewaking	Falck Security	Rijswijk	Holland
-	Engineering	DHV	Amersfoort	Holland
-	Juristen	Nauta Dutilh	Amsterdam	Holland
-	Milieu Effecten Rapportage	Arcadis	Arnhem	Holland
-	Planning	Aram Planning Consultants	Rotterdam	Holland
-	Project control	AT Osborne	Utrecht	Holland
-	Project management/ engineering	Ingenieurs Combinatie Fichtner Cumae	Stuttgart	Duitsland
-	Waterslag studie	Waterloopkundig Lab	Delft	Holland

- 1 Planung einer energetisch optimierten Abfallverbrennungsanlage am Beispiel HR-AVI in Amsterdam, 10. Fachtagung Thermische Abfallbehandlung, Berlin 2005
- 2 HR-AVI Amsterdam setzt neue Standards: elektrischer Wirkungsgrad von über 30%; Jörn Wandschneider, Bamberg 2004
- 3 Wandschneider + Gutjahr Ing.-Ges., Sondertagung des VBSA und des AWEL, Zwitterland juni 2005
- 4 Masterplan GDA, 1998-99
- 5 Studie Hochleistungskessel, 1999
- 6 High-Efficiency Waste-to-Energy Concept, Hamburg 2002
- 7 Waste incinerator flue gas recirculation: European Patent Application: EP 1.164.331.A1, 14-6-2000
- 8 High efficiency waste incinerator: European Patent: EP 1.164.330.A1, 14-6-2000
- 9 High efficiency Waste-to-Energy Concept
- 10 'Municipal Solid Waste Management, Strategies and technologies for sustainable solutions' (p184-196), Editors: C. Ludwig, S. Hellweh, S. Stucki, Springer verlag Berlin, 2003, ISBN 3-540-44100-X.
- 11 Superheater screenpipes: International Patent Application: PCT/NL02/00848 and 00849, 19-12-2001
- 12 Combination of waste incineration and sewage treatment plant: European Patent Application: 01205189.2, 29-12-2000
- 13 Aanvraag budget gemeente Adam 2001
- 14 MER 2001
- 15 Aanvraag budget gemeente Adam 2002
- 16 Basis of design, 2002
- 17 Aanvraag budget gemeente Adam 2003
- 18 Groenfinanciering 2004
- 19 Brochure HR Centrale (beknopt), 'Afval is innovatie, de HR Centrale, Het met een hoog elektrisch rendement omzetten van afval in duurzame energie en hoogwaardige bouwstoffen', 2005 ook beschikbaar in Duits en Engels
- 20 'Waste incineration and the community; the Amsterdam experience', Thomas McCarthy, september-oktober 2004
- 21 'Clean your biogas; How to remove contaminants', Thomas McCarthy en Peter Simoës, juli-augustus 2005
- 22 'Unleash the power of biogas; Removing contaminants is the first step', Thomas McCarthy en Peter Simoës, september-oktober 2005
- 23 'Ecoport® Amsterdam; An integrated sustainable concept for recovery of energy and reuse of solid remains for building and construction materials out of urban waste and sewage sludge at lowest costs', Ecoport® quality paper, KEMA, maart 2004
- 24 'Energy from waste: opportunities and effects', Deloitte, augustus 2005

## Plattegronden en tekeningen

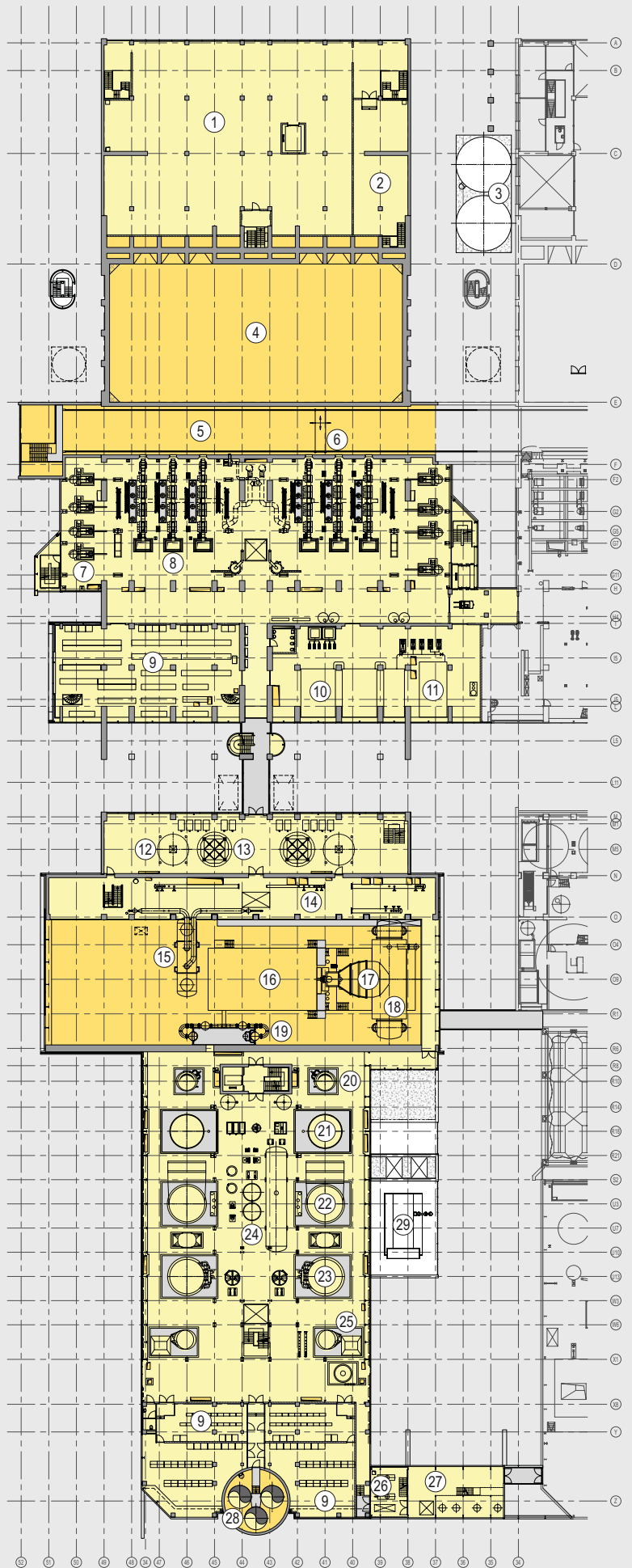
Niveau +1.40 meter

- 1 magazijn
- 2 aanvoer magazijn
- 3 kantoor
- 4 slib
- 5 afvalbunker
- 6 slakkenbunker
- 7 primaire lucht
- 8 trafo's
- 9 biogas motoren
- 10 instrumentatie, besturing en electrotechniek
- 11 afvoer vliegias
- 12 noodcondensator
- 13 HD-turbine
- 14 generator
- 15 LD-turbine
- 16 hoofdcondensator
- 17 herverhitter
- 18 quenches
- 19 HCl-wasser
- 20 SO<sub>2</sub>-wasser
- 21 fijnwasser
- 22 zuigtrekventilator
- 23 residu silo
- 24 machine transformator
- 25 zouttanks
- 26 gipsopslag



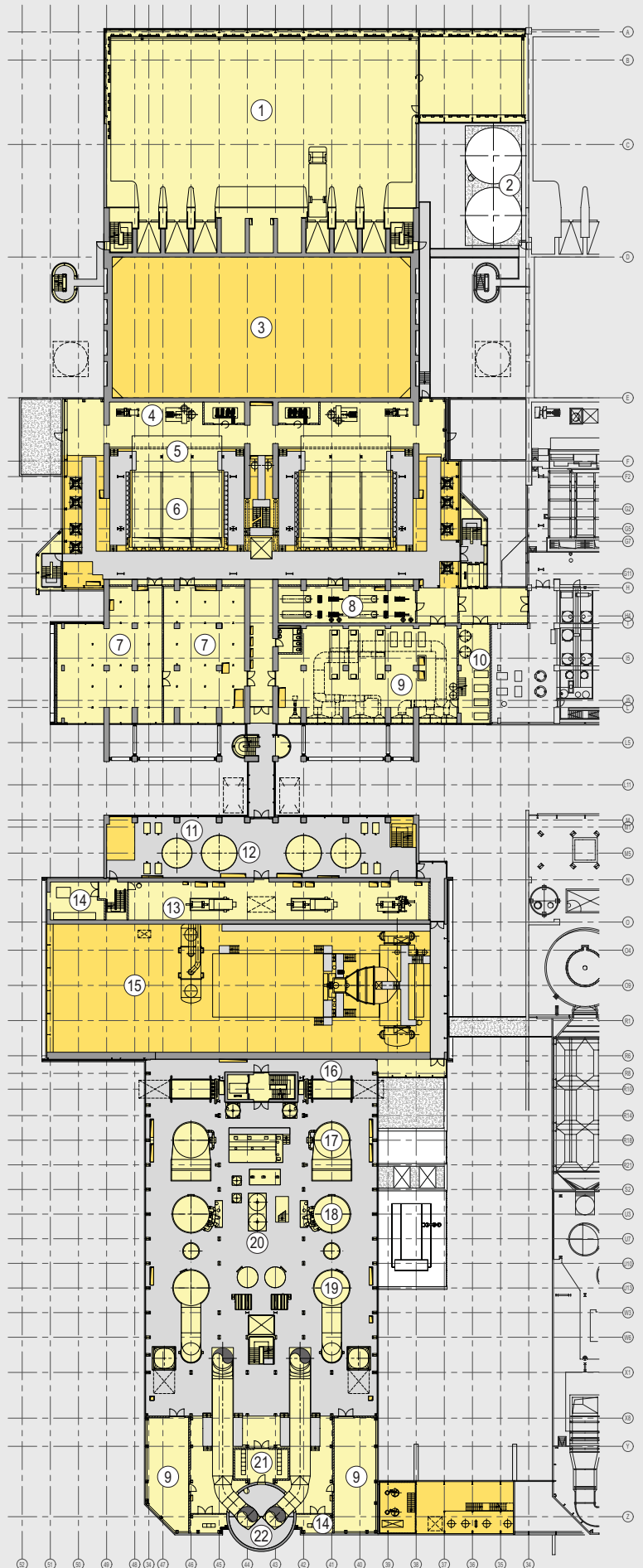
Niveau +8.00 meter

- 1 magazijn
- 2 mobiele kraan
- 3 slibsilo
- 4 afvalbunker
- 5 slakkenbunker
- 6 slakkenkraan
- 7 primaire lucht
- 8 rooster doorval/ontslakker
- 9 instrumentatie, besturing en electrotechniek
- 10 ketel afluattank
- 11 demi-watertank
- 12 vliegassilo
- 13 kalksteensilo
- 14 stoomheader
- 15 noodcondensator
- 16 geluidskap turbine
- 17 LD-turbine
- 18 hoofdcondensator
- 19 herverhitter
- 20 quenches
- 21 HCl-wasser
- 22 SO<sub>2</sub>-wasser
- 23 fijnwasser
- 24 zoutwater behandeling
- 25 rookgaskanalen
- 26 gipscentrifuge
- 27 biogasreiniging
- 28 zouttank
- 29 machine transformator



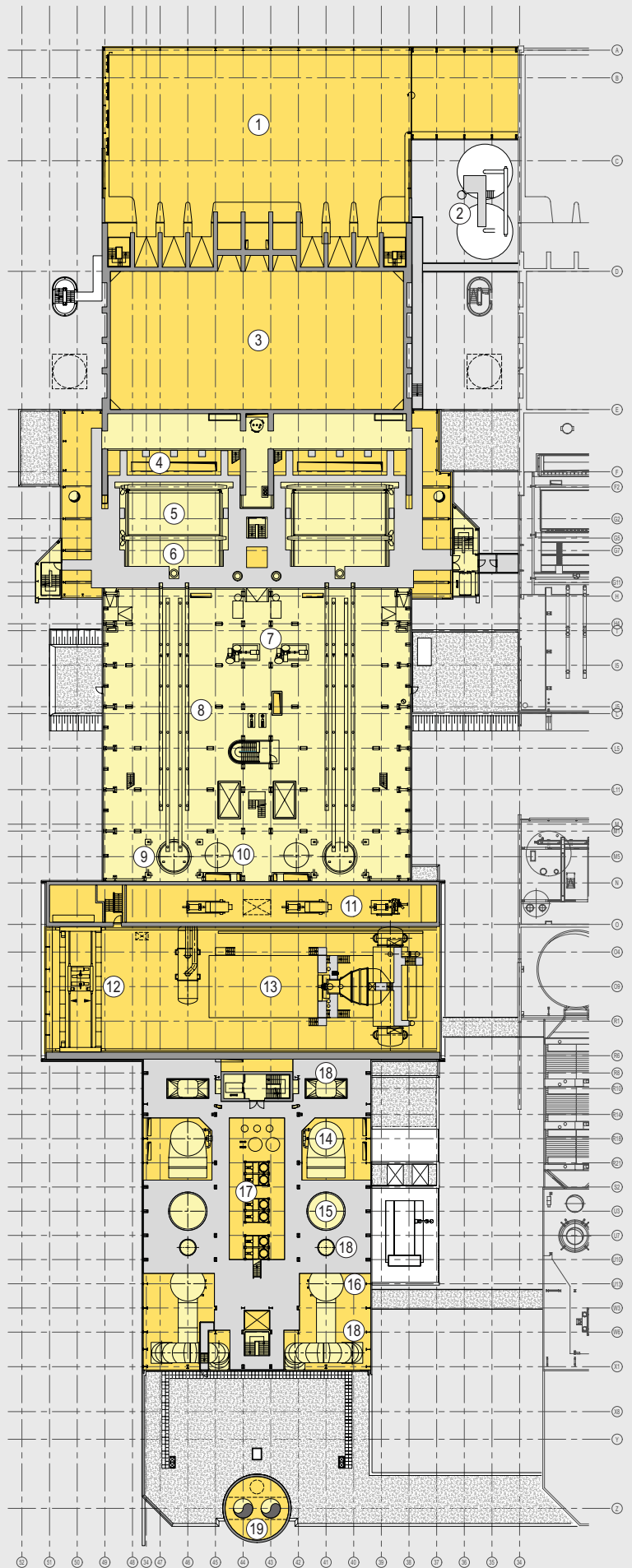
Niveau +12.40 meter

- 1 storthal
- 2 slibsilo
- 3 afvalbunker
- 4 tertiare lucht
- 5 doseersysteem
- 6 rooster
- 7 kabelkelder
- 8 warmteproductie biogas
- 9 ventilatieruimte
- 10 persluchtsysteem
- 11 vliegassilo
- 12 kalksilo
- 13 voedingswaterpompen
- 14 instrumentatie, besturing en electrotechniek
- 15 turbinehal
- 16 ECO 2 warmtewisselaar
- 17 HCl-wasser
- 18 SO<sub>2</sub>-wasser
- 19 fijnwasser
- 20 zoutwaterbehandeling
- 21 emissiemeeting
- 22 schoorsteen



Niveau +19.60 meter

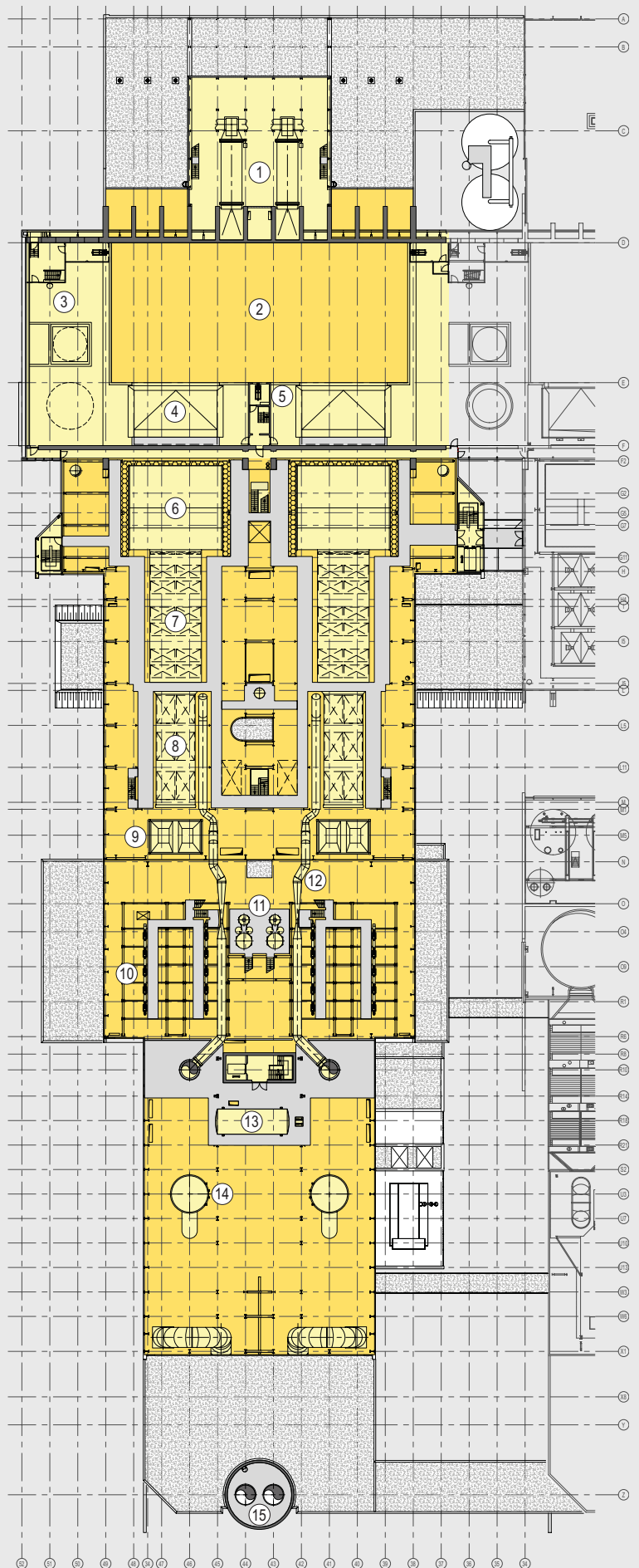
- 1 storthal
- 2 slibsilo
- 3 afvalbunker
- 4 afvaltrechter
- 5 ketel, 1e trek
- 6 ketel 2e trek
- 7 ventilator reci-gas
- 8 asafvoer ketel
- 9 vliegassilo
- 10 kalksteensilo
- 11 voedingswaterpompen
- 12 turbinehijskraan
- 13 turbinehal
- 14 HCl-wasser
- 15 SO<sub>2</sub>-wasser
- 16 fijnwasser
- 17 zoutfabriek
- 18 rookgasikanalen
- 19 schoorsteen





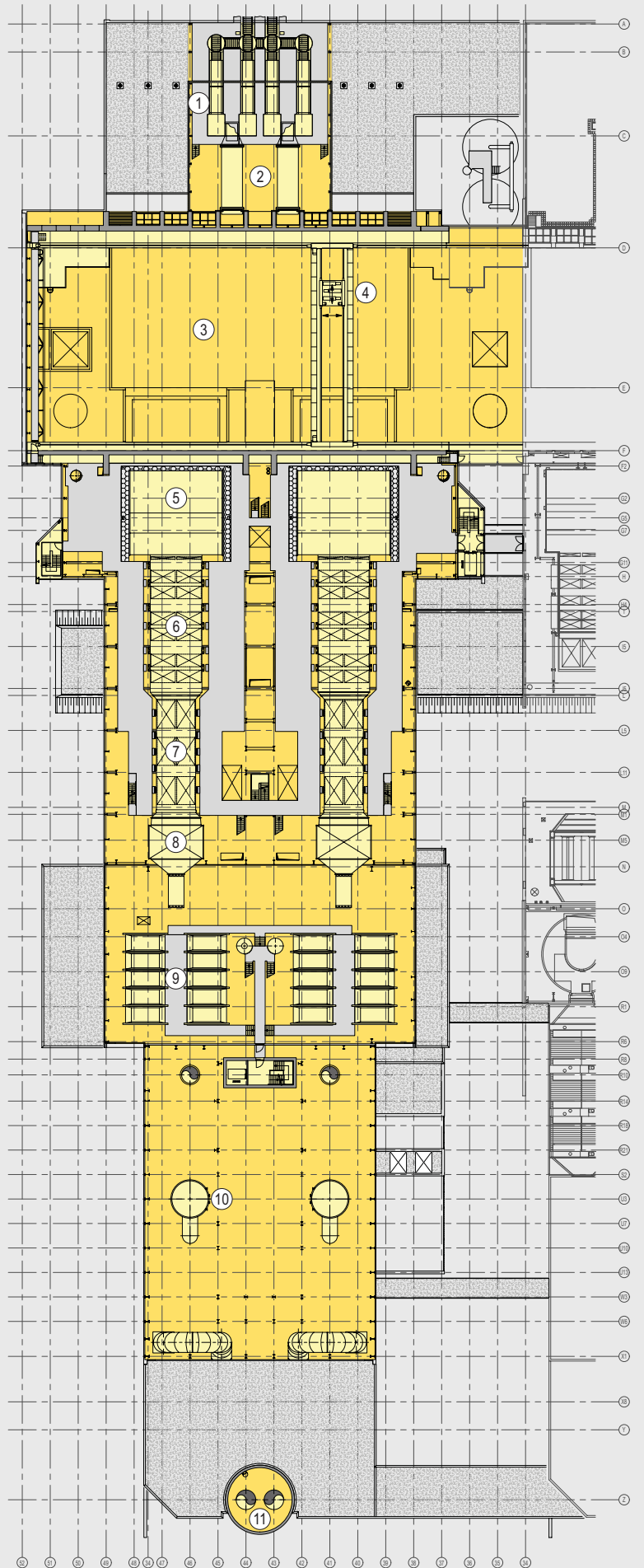
Niveau +25.00 meter

- 1 aanvoer per schip
- 2 afvalbunker
- 3 zwaluwnest
- 4 trechter
- 5 kraancabine
- 6 ketel, lege trek
- 7 ketel, 4<sup>e</sup> trek sectie  
oververhitter
- 8 ketel, 4<sup>e</sup> trek sectie  
Economizer
- 9 elektrofilter
- 10 doekenfilter
- 11 adsorbens silos
- 12 reci-gaskanaal
- 13 noodwatertank
- 14 SO<sub>2</sub>-wasser
- 15 schoorsteen



Niveau +31.20 meter

- 1 aanvoer per schip
- 2 scheepsverlading
- 3 afvalkraan
- 4 ketel, lege trekken
- 5 ketel, sectie oververhitter
- 6 ketel, sectie Economizer
- 7 electrofilter
- 8 doekenfilter
- 9 SO-wasser
- 10 schoorsteen



# Colofon

## **Uitgave**

Gemeente Amsterdam Afval Energie Bedrijf  
Australiëhavenweg 21  
1045 BA Amsterdam

Afdeling Public Affairs en Corporate communicatie T 020 5876299

## **Vormgeving**

Thonik®

## **Opmaak**

Studio 338

## **Tekst**

Jolle Westermann

## **Illustraties**

Lavèn De Wit, Schwandt infographics, F.L.Smidth e.a.

## **Fotografie**

Gé Dubbelman, Henk de Jong, Lex de Lang, André Rijkeboer, Siemens

## **Productie**

Alleman Creative Projects

## **Druk**

Rotor Offsetdruk, Amsterdam

## **Papier**

Oxford, gecertificeerd door de 'Raad voor Goed Bosbeheer',  
FSC cert-no. CU-COC-802758

© maart 2006

Niets aan deze uitgave mag op welke wijze of in welke vorm dan ook worden vermenigvuldigd of overgenomen zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Australiëhavenweg 21  
1045 BA Amsterdam

T 020 587 6299  
info@afvalenergiebedrijf.nl  
www.afvalenergiebedrijf.nl

**Gemeente Amsterdam**  
**Afval Energie Bedrijf**

