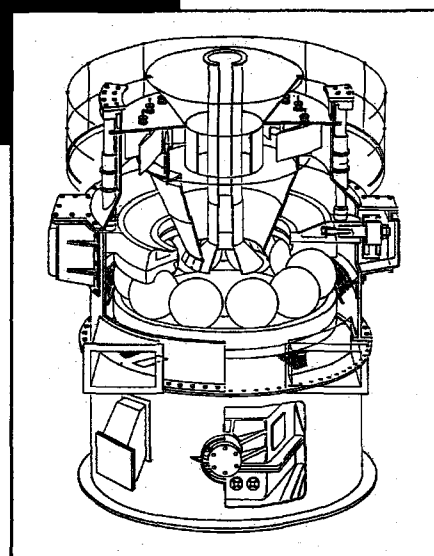




Optimalisatie kolenmolenstraat van CG 13



Mediatheek HvU

N:  illessen

IC 3

O 0300 525 2925 del Nederland N.V.

Schoolbegeleider: J. Verhagen



Scriptie:
Optimalisatie kolenmolenstraat van CG 13

Titel verklaring:

De titel "Optimalisatie kolenmolenstraat van CG 13" is een zeer brede titel. Hiermee wil ik aangeven dat ik meerdere manieren heb onderzocht die leiden tot een mogelijke verbetering van de kolenmolenstraat. Hiervoor heb ik dus het gehele proces van de kolenmolenstraat onderzocht: de huidige problemen, het productieproces, huidige bedrijfsvoering en mogelijke verbeteringen. CG 13 staat voor CG eenheid 13.

Ruud Sillessen
Hogeschool van Utrecht
AOT (Algemene operationele techniek)

Deze scriptie is geschreven in het kader van mijn afstudeeropdracht binnen de productielocatie CG 13 te Nijmegen:
Electrabel Nederland N.V.
Weurtseweg 460
6541 BE Nijmegen

Afstudeerperiode: 02-02-2004 t/m 17-06-2004
Bedrijfsbegeleiders: Dhr. H. de Groot (hoofd proces beheer)
Dhr J. Willems (projectleider E&M)
Dhr J. Haanstra (chef onderhoud W/EMRA)



Inhoudsopgave

Samenvatting	6
1. Inleiding.....	8
2. Doel van het afstuderen.....	9
3. Persoonlijke motivatie.....	9
4. Probleemstelling	10
5. Steenkool.....	11
§ 5.1 Hardgrove Grindability Index.....	11
§ 5.2 Kolen handling CG	11
6. Het Productieproces van CG	13
§ 6.1 Waar zit de kolenmolenstraat in het gehele proces	13
§ 6.2 De kolenmolenstraat.....	15
§ 6.2.1 De voeder	16
§ 6.2.2 De ventilator.....	16
§ 6.2.3 De molen	17
§ 6.3 Meetfactoren	19
§ 6.4 De regeling.....	20
7. De gebruikte metingen.....	21
§ 7.1 Afstriker van de voeder controleren.....	21
§ 7.2 Voedertoerental wijkt af	21
§ 7.3 Maalfijnheidmeting.....	21
§ 7.3.1 De Rosin, Rammeler en Bennet grafiek.....	22
§ 7.3.2 Overige gegevens uit monsternameapparaat.....	22
§ 7.4 Onverbrand	23
§ 7.5 De clean airline.....	23
§ 7.5.1 Wat zegt de clean airline	23
§ 7.5.2 Hoe neem de clean airline meting.....	23
§ 7.6 Primaire lucht variatie proef	24
§ 7.7 Bunkerproef.....	24
8. Fase I - Fysieke verschillen tussen de kolenmolens	25
§ 8.1 Slijtage stadium van de molens	25
§ 8.2 Stand van de zeefkleppen	25
§ 8.3 Inblaasrichting troathring.....	26
§ 8.4 Overige fysieke verschillen	26
9. Fase II – Huidige prestaties in kaart brengen	27
§ 9.1 Maalfijnheid	27
§ 9.2 Resultaat per poederkoolleiding.....	27
§ 9.3 Verdeling van de primaire lucht.....	27
§ 9.4 Verdeling van de kolen	28
§ 9.4.1 Verdeling kolen over de afgaande poederkoolleidingen	28
§ 9.4.2 Verdeling kolen over de zes kolenmolens	28
§ 9.5 Clean airline meting.....	28
§ 9.6 Deelconclusies na de metingen in fase II	28



10. Fase III – Evaluatie van de prestaties van de molens	29
§ 10.1 Maalfijnheid	29
§ 10.2 Resultaat per poederkoolleiding.....	29
§ 10.3 Verdeling van de primaire lucht.....	29
§ 10.4 Verdeling van de kolen.....	29
§ 10.4.1 Verdeling kolen over de afgaande poederkoolleidingen	29
§ 10.5 Clean airline meting.....	31
11. Fase IV – Onderzoek naar mogelijke verbeteringen.....	32
§ 11.1 De classifier	32
§ 11.1.1 Huidige classifier	32
§ 11.1.2 Classifier met nieuwe conus	33
§ 11.1.3 Nieuwe hoog prestatie classifiers (Southwestern Corporation)	34
§ 11.2 Bedrijfsvoering aanpassen	36
12. Conclusie en aanbevelingen	37
§ 12.1 De monstername.....	37
§ 12.1.1 Monsternamepunten verplaatsen.....	37
§ 12.1.2 Dataverzameling Pi verbeteren	37
§ 12.1.3 Het uitzeven van de monsters.....	38
§ 12.2 Aanbevelingen betreft de classifier	38
§ 12.3 Aanbevelingen bij voortgang huidige classifier	39
§ 12.3.1 Conus molen 20 & 30	39
§ 12.3.2 Ring uit molen 10 halen.....	39
§ 12.3.3 Zeefkleppen stand	39
§ 12.3.4 Troathring inblaasrichting	39
Bronvermelding	40
BIJLAGE 1 - Planning afstuderen	42
BIJLAGE 2 - Weekoverzicht.....	44
BIJLAGE 3 - Overzicht PI.....	46
BIJLAGE 4 - Uitwerkingen metingen.....	48
BIJLAGE 5 - Referentie Southwestern	50
BIJLAGE 6 - Clean airline meting	52
BIJLAGE 7 - Klepstand & troathring verstoppingen.....	54
BIJLAGE 8 - Beoordeling afstudeeropdracht door het bedrijf.....	56



Voorwoord

Deze scriptie is tot stand gekomen naar aanleiding van mijn afstudeeropdracht die ik bij Electrabel N.V. te Nijmegen (Ook wel CG of CG13 genoemd) heb uitgevoerd. Het was in eerste instantie de bedoeling deze opdracht met een medestudent uit te voeren, maar dat kon helaas op het laatste moment door persoonlijke omstandigheden geen doorgang vinden. De opdracht was echter toen al reeds geformuleerd. Al heel vlot bleek dat de opdracht te omvangrijk was voor één persoon en heb ik dus niet de gehele opdracht uit kunnen voeren.

Deze opdracht heb ik mede te danken aan de behulpzaamheid van Dhr. H. de Groot die ik benaderd heb voor een afstudeerplaats. Dhr. H de Groot heeft behoorlijk wat tijd en energie in deze opdracht gestoken, waarvoor mijn dank. Verder dien ik nog de volgende mensen te bedanken die mij hebben bijgestaan tijdens mijn studie:

- Dhr. J. Verhagen (afstudeerbegeleider school),
- Dhr J. Willems & B. Sinderdinck (bedrijfsbegeleiders E&M),
- Dhr J. Haanstra (personeelschef E&M),
- Dhr. M.Sinnige (voor diverse hulp tijdens mijn afstudeerperiode),
- Dhr. W. v.d. Heuvel (voor het meehelpen met de monstername).

Naast de bovengenoemde personen werd ik ook prima ondersteund door heel het personeel van CG13 en kon ik met mijn vragen overal aankloppen. Daarvoor wil ik ook een ieder die mij geholpen heeft en dus meegeholpen heeft met het tot stand komen van deze scriptie speciaal bedanken!

Voor u ligt het resultaat van een onderzoek naar de optimalisatie van de kolenmolenstraat. Op verzoek van zowel mijn bedrijf- als schoolbegeleider heb ik het verslag zo bondig mogelijk gehouden. Het onderzoek is echter niet helemaal afgerond, daar was simpelweg de tijd te kort voor. Er is echter een begin gemaakt, en ik heb getracht deze scriptie zo te formuleren, dat mijn opdrachtgever de nog lopende zaken van dit project, op basis van deze scriptie kan afronden.

Ruud Sillessen



Samenvatting

Bij CG eenheid 13 (CG13), worden kolen gestookt voor de opwekking van elektriciteit. De kolen moeten vermalen worden alvorens ze verbrandt worden. Daartoe zijn er zes identieke kolenmolenstraten bij CG aanwezig. Deze straten bestaan uit:

- de kolenbunker (de bunkers worden vanuit de haven via transportbanden volgestort met kolen),
- de voeder (zorgt voor een constante aanvoer vanuit de bunkers naar de molens),
- de ventilator (de ventilator zorgt voor transportlucht die nodig is om de gemalen poederkool vanuit de molens naar de branders te transporteren),
- de molens (te vergelijken met groot axiaallager. De kogels van het lager malen de kool tot heel fijn poeder).

Het is voor CG zeer interessant om het percentage onverbrand van de kolen in de vliegase omlaag te brengen. Onderzoek hierna is vooral zeer rendabel omdat bij verlaging van het onverbrand de kwaliteit van de vliegase omhoog gaat. Dit levert een flinke besparing op bij de afvoer van de vliegase. Het onverbrand in de vliegase heeft meerdere oorzaken, dit onderzoek is echter beperkt tot het verbeteren van de maalfijnheid van de kolenmolens. Ook zijn er behoorlijke verschillen in de performance's van de molens onderling, terwijl de molens in principe identiek zijn.

Daarom is er begonnen met in fase I, de fysieke verschillen tussen de molens onderling in kaart te brengen. Hierin is uitgezocht in welk slijtage stadium van de levensduur de molens zich bevinden. Dit was van respectievelijk laatst gereviseerd naar het oudste binnenwerk, molen 30-20-60-40-50-10. Ook is van een deel van de molens de stand van de zeefkleppen gemeten en vergeleken. Hieruit bleek dat bij molen 10 behoorlijke slijtage aan de zeefkleppen aanwezig was. Ook zijn de kleppen van de molens 10, 20 en 30 niet nauwkeurig afgesteld. Deze verschillen, onderling in tegenstelling tot molen 60, behoorlijk van stand. Gaandeweg mijn onderzoek kwam ik erachter dat er twee verschillende soorten troathringen in omloop waren, namelijk met de inblaas clockwise en anti clockwise. De richting zou net zoals de stand van de zeefkleppen clockwise moeten zijn, bij CG zijn echter alle troathringen anti clockwise. Verder zijn er nog enkele andere fysieke verschillen, zoals de classiering in molen 10, nieuw model conus op molen 20 en 30, de inlaatrichting van de primaire lucht en tot slot de afstand van het leidingwerk tot de branders.

In fase II hebben we getracht de huidige prestaties van de molens in kaart te brengen. Dit is gedaan met de maalfijnheidsmeting en de clean air line meting. Met de maalfijnheidsmeting die uitgevoerd wordt met het SMG monsternamemeterapparaat. De SMG meet (naast de monsternamemeter) per monsternamemeterpunt het poederkooldebiet, luchtsnelheid, concentratie, snelheid, en de druk.

Het monster dat de SMG per poederkoolleiding neemt, wordt door het laboratorium gezeefd. De maalfijnheid is voor een groot deel terug te herleiden op het slijtage stadium waarin de molens zich bevinden. Alleen molens 20 & 30 wijken hiervan af. Bij de primaire luchtverdeling onder beide afgaande poederkoolleidingen viel op, dat het meeste debiet door de leiding gaat, die zich aan de overzijde van de primaire lucht inlaat bevindt. Het poederkooldebiet wordt erg scheef verdeeld over zowel de molens als de afgaande poederkoolleidingen. Bij de afgaande poederkoolleidingen is het willekeurig welke poederkoolleiding het hoogste kolendebiet heeft. De onderlinge verschillen lijken echter aan de achterzijde van de ketel (langere leidingen, en ander monsternamemeterpunt) kleiner dan aan de voorzijde.

Bij alle molens is in deze fase de clean airline gemeten. De clean airline ligt bij drie van de zes molens te laag.

Uit fase II kwamen enkele onduidelijkheden voort. Deze onduidelijkheden zijn in de fase III "evaluatie van de prestaties van de molens" getracht weg te nemen. Voornamelijk de verdeling van de kolen over de poederkoolleidingen, en de verdeling van de kolen over de molens zijn hier onderzocht. Het afwijkende gemeten kolendebiet is waarschijnlijk te wijten aan een verkeerd monsternamemeterpunt bij de molens 10, 20 & 30. Bij deze molens bevinden de monsternamemeterpunten zich direct na een bocht. Na overleg met de wacht bleek molen 10 voor veel doorval te zorgen. Deze molen lag ook te laag met de clean airline meting. Bij deze molen zijn na aanleiding van deze gegevens 10 gaten op de troathring afgeblind. De clean airline is hierna nogmaals opgenomen, molen 10 lag toen bijna gelijk met de normlijn. De hoeveelheid doorval is hierna ook behoorlijk afgenomen.



In fase IV is er "onderzoek naar mogelijke verbeteringen" gedaan. Het onderzoek is vooral gedaan naar een nieuw soort conus, nieuwe high performance classifier (HPC) en de bedrijfsvoering aanpassen. De nieuwe conus is geen verbetering t.o.v. de oude conus. Voornamelijk omdat de conus zeer instabiel reageert op verschillende soorten kool, hierdoor treden er variatie's op in de kolenhoogte van de conus.

De firma Southwestern levert de HPC. De maalfijnheid wordt een stuk fijner met het toepassen van de HPC. Er is in fase IV ook nog gekeken naar het optimaliseren van de huidige bedrijfsvoering. Hierbij is het vooral aan te raden de primaire luchthoeveelheid te verhogen. Hierdoor wordt de maalfijnheid van de molens verhoogd.

Tijdens mijn afstudeerperiode is het mij eigenlijk duidelijk geworden dat het met de apparatuur die nu verkrijgbaar op de markt is, niet mogelijk is absolute maalcijfers te verkrijgen. De maalcijfers dienen meer als een indicatie voor de performance voor de molens.



1. Inleiding

De kolen worden bij CG aangeleverd in stukken variërend in grootte van poeder tot stukken van meer dan 10 centimeter groot. In kwaliteit is de aanvoer zeer divers. De aangevoerde kolen worden vermengd tot een samenstelling die verwerkbaar is en een aanvaardbare kwaliteit heeft. Om te kunnen verbranden moeten de kolen eerst tot poeder vernalen worden. Dat gebeurt in een zestal molens van het type E-10 van Babcock, zogenaamde ballenmolens. Na te zijn vernalen gaat het poeder rechtstreeks naar de branders toe (de molens moeten dus altijd aan de momentane vraag kunnen voldoen). De kolenmolens vormen een kritische schakel in het proces. In de loop der jaren is de verstookte kwaliteit van kolen omlaag gegaan, waardoor een groter aanspraak wordt gedaan op de capaciteit van de molens. Bovendien zijn door noodzakelijke aanpassingen aan de branders de eisen aangaande de maalfijnheid toegenomen. In principe zijn alle molens hetzelfde en zouden alle molens dus ook gelijk moeten presteren. In praktijk zit er veel verschil in de molens onderling. In de molens 20 & 30 zit bij wijze van proef een afwijkende conus. In molen 10 is een aanpassing gedaan aan de classifier. Bovendien bevinden alle molens zich in een ander bepaald slijtage stadium, een maalwerk gaat ongeveer 3 á 4 jaar mee. Een molen moet doen wat hij aangeeft en wat van hem verwacht wordt, anders heeft dat direct gevolgen voor het verbrandingsproces.

Verder is het voor CG zeer rendabel om het percentage onverbrand poederkool in de vliegashouder omlaag te brengen. Onverbrand is het percentage koolstof (dat niet verbrand in de ketel) in de vliegashouder. Dit percentage onverbrand hangt ondermeer af van de maalfijnheid van de kolen. Het onverbrand heeft op meerdere manieren een negatief effect op de productie:

- het is duurder om de vliegashouder af te voeren,
- het percentage onverbrand dient extra aan brandstof toegevoerd te worden,
- capaciteitsverlies,
- hogere CO uitstoot.

De grootste besparing zit in de afvoer van de vliegashouder. Deze wordt in verschillende klasse's ingedeeld, van V1 (goede kwaliteit vliegashouder) tot V3 (slechte kwaliteit vliegashouder). Binnen CG wordt jaarlijks ongeveer 160.000 ton vliegashouder geproduceerd. 33% daarvan is ongeveer V2, de rest is V3. De kosten van de afvoer van respectievelijk V2 en V3 zijn €6,13 en €9,14 per ton. De kwaliteit van de vliegashouder dus met één klasse verhogen, is dit zeer rendabel voor CG.

Het is zeer interessant voor CG om naar manieren te zoeken die de maalfijnheid te verbeteren. Daarom is het van belang dat er eens duidelijk in kaart gebracht wordt wat de fysieke verschillen tussen de molens onderling zijn (fase I) bij CG. De huidige prestatie's dienen in beeld te worden gebracht (fase II), en geëvalueerd (fase III) om uiteindelijk te kunnen oordelen over mogelijke verbetering (fase IV).

Verder heb ik om een compleet beeld van de gehele situatie te krijgen in hoofdstuk 5 uitgezocht hoe CG aan een bepaalde kolensamenstelling komt. Hoofdstuk 6 gaat over het productieproces, eerst in het kort de algemene werking van CG, en dan uitgebreid het productieproces van de kolenmolenstraat.

In hoofdstuk 7 wordt uitgelegd hoe alle metingen werken die gedurende mijn afstudeerperiode zijn verricht. Daarna worden alle fases van het probleem behandeld. Tot slot worden de conclusie en de aanbevelingen voor CG behandeld.



2. Doel van het afstuderen

Met het afstuderen krijgt de student de gelegenheid de eerder opgedane kennis en ervaringen toe te passen in een projectopdracht. Hiermee geeft de student aan dat hij zelfstandig het door de Hogeschool van Utrecht gestelde eindniveau zowel inhoudelijk als procesmatig heeft bereikt.

Het doel van het afstuderen is te komen tot het niveau van technisch ingenieur in de richting van Algemene Operationele Technologie met betrekking tot de volgende punten:

- probleem analyse,
- probleemoplossing.

Algemene beroepscompetenties

De algemene beroepscompetenties waar gedurende de afstudeerperiode (extra) aandacht aan wordt gegeven zijn:

- functioneren in een dynamische en multidisciplinaire omgeving,
- innovatieve ideeën genereren en kan initiatieven nemen,
- kennis en vaardigheden *up to date* houden, uitbreiden en overdragen,
- op effectieve manieren communiceren met verschillende geledingen in verschillende situaties,
- zelfstandig werken in een multidisciplinair team en kan resultaatgericht samenwerken,
- onder tijdsdruk en bij onvoorziene omstandigheden effectief blijven functioneren (afstudeerverslag moet op tijd zijn),
- reflecteren op eigen gedrag om feedback te geven en te ontvangen.

Deze competenties zullen bij de beoordeling van het afstudeerwerk (scriptie en verdediging) vertaald worden naar beoordeelbare punten.

Specifieke beroepscompetenties

De studierichting heeft specifieke beroepscompetenties waaraan tijdens het afstudeerwerk aandacht zal moeten zijn besteed. Voor de Algemene Operationele Technologie geldt dat

Het afstudeerwerk betreft een project m.b.t. fysische processen, waarbij aandacht besteedt moet zijn aan ontwerp, onderhoud, optimalisatie of realisatie. Hierbij dient tevens de gebruiksspecificatie vertaald te worden naar systeemspecificatie.

3. Persoonlijke motivatie

Nadat het theoretische traject op de hogeschool van Utrecht afgerond is, is het nu tijd om de vergaarde kennis in praktijk toe te passen in de vorm van een afstudeeropdracht. Dit wordt door de meeste studenten, en zo ook door mij, gezien als de kroon op de studie. De student wordt vrij gelaten in de keuze van de instelling en opdracht, mits deze aan de voorgeschreven eisen voldoet. Ik heb voor mijn afstudeeropdracht Electrabel CG benaderd. De keuze voor CG was vooral omdat ik hier al ongeveer negen jaar werkzaam ben naast mijn studie. Ook is mijn vader werkzaam bij CG als projectbewerker. Verder vind ik het zeer interessant dat er binnen CG een zeer breed scala aan uiteenlopende technieken te vinden zijn. Eigenlijk zijn bijna alle soorten technieken die tijdens mijn studie behandeld zijn binnen dit bedrijf terug te vinden.



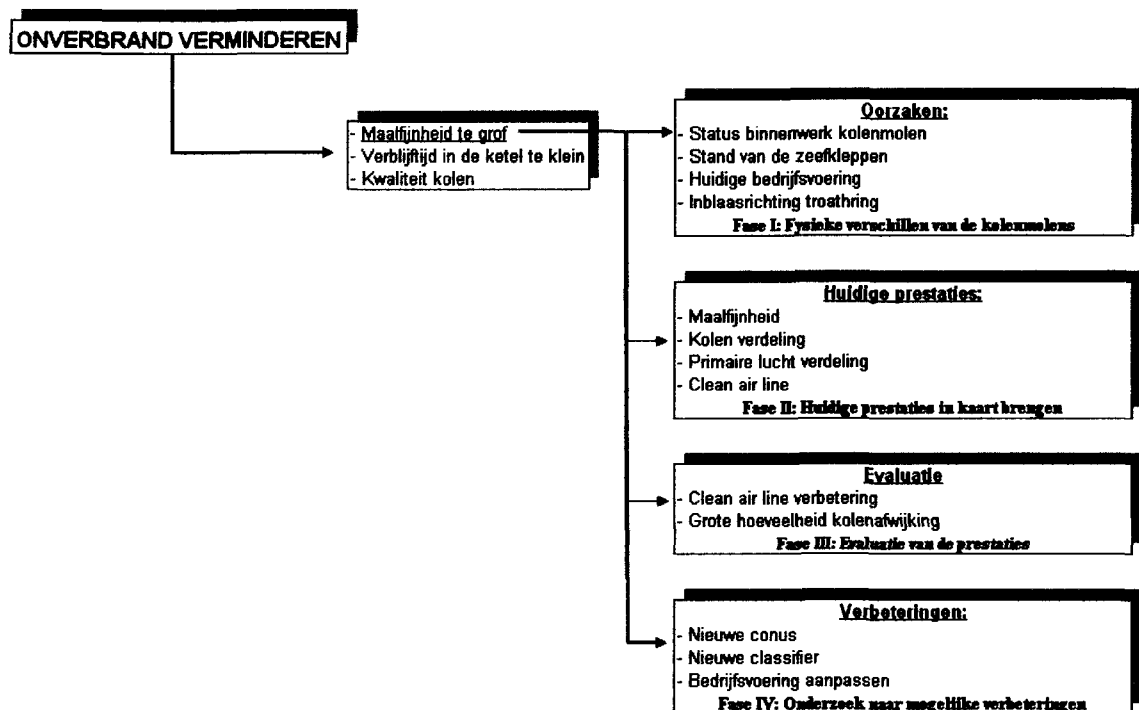
4. Probleemstelling

CG is een conventionele centrale, omdat brandstoffen direct in de stoomketel verstoekt worden. De voornaamste brandstof is steenkool, hetgeen de centrale uniek maakt binnen Electrabel. Steenkool is goedkoper dan gas, waardoor het produceren van elektriciteit goedkoper is. In dat proces vormen de kolenmolens zoals gezegd een kritische schakel.

Voor een verbetering van het resultaat van deze kolenmolens zijn de afdelingen onderhoud (Engineering & Maintenance ofwel E&M genoemd) en procesbeheer een driejarig onderhoudscontract met elkaar aangegaan. Dit contract loopt nu twee jaar, en tijdens deze periode zijn beide partijen tegen wat problemen aangelopen. Aanvankelijk zou ik de opdracht met een mede student uitvoeren en was de opdracht tweedelig met verschillende hoofddoelen:

1. Evaluatie van het prestatiecontract,
2. Het in beeld brengen en optimaliseren van de molens, en onderzoek naar nieuwe mogelijkheden.

Maar doordat mijn medestudent op het laatste moment verviel en al snel bleek dat de opdracht voor één persoon te omvangrijk was is er besloten om mij te richten tot het tweede deel van de opdracht. Het uiteindelijke doel van het optimaliseren van de molens is de hoeveelheid onverbrand van de kolen in de vliegkas kunnen reduceren. Onverbrand in de vliegkas kan meerdere oorzaken hebben, ik heb mij echter beperkt tot de maalfijnheid verbetering. In het onderstaande figuur ziet u de onderverdeling van dit verslag terug.



Figuur 4.1 structuur van opdracht

Ik heb dus tijdens mijn onderzoek in de bovenstaande vier fase's onderverdeelt. Dit heb ik vooral gedaan om dit verslag gestructureerd te laten verlopen.



5. Steenkool

Steenkool is een fossiele brandstof met een heterogeen karakter. Het is opgebouwd uit organisch, anorganisch materiaal en vocht. Het organische materiaal bestaat voornamelijk uit koolstof en waterstof en in geringe mate uit zuurstof, zwavel en stikstof. Het anorganische materiaal in steenkool is afkomstig van minerale bestanddelen uit het oorspronkelijke plantaardige materiaal en sedimenten die in de loop van het inkolingsproces opgenomen zijn in de kool. Hierin vindt men voornamelijk de elementen silicium, aluminium, ijzer, alkali- en aardalkalimetalen, maar daarnaast kan men in principe het gehele periodieke systeem der elementen terugvinden. Het vocht in kool wordt onderscheiden in gebonden vocht en aanhangend vocht.

§ 5.1 Hardgrove Grindability Index

De ruwe kolen worden in de kolencentrale vermalen tot poederkool, die vervolgens met lucht naar de branders wordt getransporteerd. De maalbaarheid van een kolensoort wordt opgegeven door de Hardgrove Grindability Index (HGI). In deze test wordt 50 gram kolen en wel de fractie van 0,6 – 1,18 mm gedurende een vaste tijd gemalen in een kogelmolen. Het gewicht van de fractie kleiner dan 75µm dat na deze test wordt gevonden is de maat voor de HGI. Dit betekent dat een hoge HGI een makkelijk maalbare kool, en een lage HGI een moeilijk maalbare kool aangeeft. In de range van 40-65 is de HGI meestal een redelijke indicator voor de maalbaarheid.

De HGI geeft slechts een indicatie van de maalbaarheid. De molencapaciteit is niet recht evenredig met de waarde van de HGI. Dit is onder andere het gevolg van het feit dat in de kolenmolen de fijne deeltjes uit de molen worden afgevoerd, terwijl de grote deeltjes door middel van de werking van de classifier worden teruggebracht in het maalproces. In de laboratoriumtest voor het bepalen van de HGI worden de kolen batchgewijs gemalen en worden er geen deeltjes afgevoerd. Bovendien wordt in de laboratoriumtest een bepaalde fractie van de ruwkool onderzocht. De fijne fractie wordt niet meegenomen, is deze in grote mate aanwezig dan kan het maalgedrag in de praktijk sterk afwijken van het voor de gevonden HGI gebruikelijke maalgedrag.

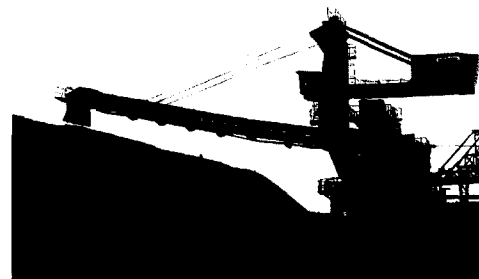
Benadrukt moet worden dat de HGI niet moet worden verward met de hardheid van een kool. Zo hebben bijvoorbeeld antraciet en bruinkool een vergelijkbare HGI, terwijl antraciet een harde kool is en bruinkool een zachte kool. Verder heeft het vochtgehalte van de kool een belangrijke invloed op de HGI en de maalbaarheid.

§ 5.2 Kolen handling CG

De belading van de kolen die bij CG gestookt worden vindt plaats in Antwerpen, Rotterdam of Amsterdam. De kolen kunnen hier direct vanuit een Zeeschip in een binnenvaartschip beladen worden of de kolen kunnen eerst opgeslagen worden op de wal alvorens de binnenvaartschepen beladen worden. Het spreekt voor zich dat het directe beladen de voorkeur verdient aangezien een aantal stappen worden overgeslagen en dit kostenbesparend werkt.

Het plannen van de aanvoer van nieuwe kolen gebeurt in overleg tussen de EBL Brussel en een medewerker van planning & control van CG. Samen zorgen zij ervoor dat er een kolenblend samengesteld wordt welke geschikt is voor verbranding bij CG.

Het lossen van de schepen bij CG gebeurt met twee kolen losbruggen deze losbruggen hebben een gezamenlijke loscapaciteit van 8000/10000 ton per dag. De kolen worden vanuit de kranen in een losbunker gestort waarin zich een platenband bevindt, vanaf deze platenband gaan de geloste kolen via transportbanden naar de opwerper. De opwerpinstallatie is een overstort welke de kolen in het midden van het veld werpt. In verband met verstuiwing is het van belang dat de afwerphoogte zo klein mogelijk is, vandaar dat de hoogte van de afwerper met de hoogte van het veld meeloopt (naar beneden gericht bij een "leeg" veld en omhoog gericht bij een "vol" veld). De installatie rijdt automatisch met de lengte van het veld mee. De afwerper is zwenkbaar zodat er met één opwerper beide velden aangelegd kunnen worden.



Figuur 5.1 De opwerper



Het kolenpark van CG heeft drie velden voor het opslaan van de kolen, welke te verdelen zijn in twee velden met elk een opslag capaciteit van 50.000 ton en een noodveld welke gebruikt kan worden als er een probleem is met de aanvoer van de kolen van de andere twee velden. Zoals reeds eerder vermeld werd, hebben de twee velden die normaal gesproken gebruikt kunnen worden een opslag capaciteit van elk 50.000 ton, maar om de vervuiling van de rails van de afgraafinstallatie die langs het veld lopen tegen te gaan wordt er normaal gesproken gelost tot er circa 40.000 ton kolen op het veld liggen.

Als een opslagveld vol is, kan hij gebruikt worden voor het bunkeren van kolen naar de eenheid. Het bunkeren van de kolen gebeurt met behulp van een afgraafinstallatie welke op beide velden aanwezig is. Deze afgravers bestaan uit een balk met daar omheen een graafwiel met tien emmers en een hark. Het afgraafwiel beweegt heen en weer over de balk en stort de afgegraven kolen op een transportband boven de balk. Vanaf deze band gaan de kolen via diverse andere transportbanden uiteindelijk naar de bunkers. Als de bunkers vol zitten, bevatten ze een voorraad kolen die genoeg is om 8 uur te stoken zonder aanvoer van kolen vanaf één van de velden.



Figuur 5.2 De afgraver



Figuur 5.3 Het kolenpark



6. Het Productieproces van CG

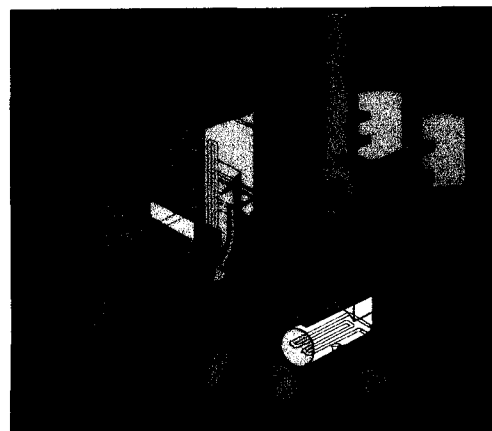
§ 6.1 Waar zit de kolenmolenstraat in het gehele proces

Voordat we uitgebreid ingaan op het proces van de kolenmolenstraat is het voor het overzicht handig om beknopt de werking van de gehele installatie te kennen. In figuur 6.1 ziet u de schematische weergave van CG13. De steenkool komt via de transportbanden in een van de zes kolenbunkers. De kolen uit de kolenbunkers vallen geleidelijk (via de voeders) de kolenmolens in, alwaar ze vermalen worden tot stof, als de deeltjes klein genoeg zijn worden ze door de primaire lucht getransporteerd naar de poederkoolbranders. Bij de poederkoolbranders wordt ook de secundaire (verbrandingslucht) en tertiaire (deze houdt het vuur van de branderkop van de brander weg) lucht toegevoegd. Er zijn aan beide zijde's van de ketel drie branderlagen met ieder zes branders. Ook bestaat er de mogelijkheid op olie te stoken, dit gebeurt vooral met het opstarten van de installatie.

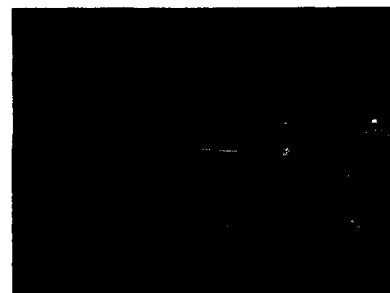
Bij CG staat een Benson doorpompe ketel die gebouwd is door Stork in 1979. De maximale stoomproductie is 515 kg/s bij een druk van 185 bar en 540 °C. In de ketel heerst een temperatuur van maximaal 1600 °C.

De gevormde oververhitte stoom gaat vervolgens naar de hogedruk gedeelte van de stoomturbine, waar de stoom met grote kracht tegen de schoepen op de turbine-as aanblaast. De stoom verlaat de turbine via terugslagkleppen en wordt weer naar de ketel geleid om te worden herverhit tot de gewenste temperatuur en naar de middendruk turbine gevoerd. Na de middendruk wordt de stoom rechtstreeks naar de (twee) lage druk turbines geleid. Hierna is de stoomdruk en temperatuur tot 0,04 Bar en 30 °C. De turbine-as is gekoppeld met de generator. Deze bestaat uit een bewegend (de rotor) en een stilstaand (de stator) deel (zie figuur 6.2). Met een snelheid van 3000 toeren per minuut (50 Hz) draait de rotor in de stator rond. Het draaiende magneetveld dat hierdoor ontstaat, wekt een spanning op van 20.000 Volt die in een transformator wordt omgezet tot 150.000 Volt. Deze stoom gaat vervolgens het hoogspanningsnet in, op weg naar de gebruiker.

Om de stoom weer te kunnen gebruiken moet deze condenseren zodat er weer water ontstaat. Dit gebeurt in de condensor. De condensor is niet meer dan een warmtewisselaar met koelwater uit de Waal. Het condensaatwater gaat naar een voedingswatertank en wordt daarna weer in de ketel tot stoom verhit.



Figuur 6.1 Schematische weergave centrale Gelderland



Figuur 6.2 Rotor wordt tijdens revisie uit stator getrokken



Figuur 6.3 Turbine tijdens revisie



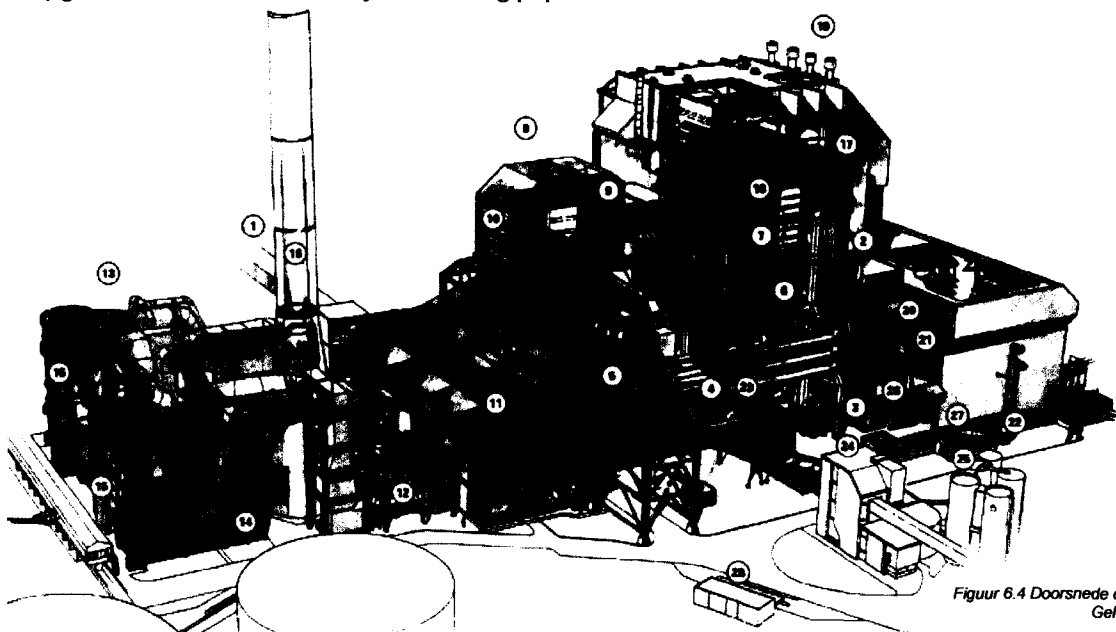
Milieu

Anders dan bij een gas gestookte centrale levert het stoken van kolen onherroepelijke reststoffen op. Vroeger was dit altijd erg schadelijk voor het milieu. Tegenwoordig wordt er erg veel gedaan om het milieu zo veel mogelijk te sparen.

Op het moment dat er kolen gestookt worden, houdt je zonder meer as over. Deze as is onder te verdelen in twee soorten, namelijk bodem-as, ofwel slak, en vlieg-as. Slak is ongeveer 10% van de totale asproductie. Slak is de zware versie van de as. Als de steenkool verbrand is, valt de as onderin de ketel. Deze wordt door middel van de transportband onder de ketel, afgevoerd. Vroeger werd deze gewoon gedumpt in de Waal, maar tegenwoordig wordt het opgehaald en verwerkt in asfalt of er worden betonblokken van gemaakt.

Vlieg-as is de lichte vorm van as. Het zijn hele kleine en lichte deeltjes as, die worden meegevoerd met de rookgassen. Deze zijn dus niet zo maar op te vangen. Daarom is er in het rookgaskanaal een elektrostatische filter geplaatst, die 99,9% van alle vlieg-asdeeltjes opvangen, voordat ze de schoorsteen uitgaan. Tegenwoordig wordt een groot deel van de vlieg-as verwerkt tot kunstgrind. Deze kunstgrindkorrels vervangen het echte grind in onder ander beton en cement.

Wat er verder nog over blijft bij het verbranden van kolen, zijn schadelijke rookgassen. In rookgassen zitten namelijk vooral veel zwaveldioxiden, en stikstofoxiden. Speciaal hiervoor is er een Rookgasontzwavelingsinstallatie, kortweg ROI, geplaatst. Deze zorgt ervoor dat ongeveer 90% van alle zwaveldioxiden uit de rookgassen gefilterd worden. Dit gebeurt doordat de rookgassen door een wasvat heen geleid worden. Bovenin het wasvat zitten sproeiers die een suspensie van water en kalksteen tegen de rookgasrichting in spuiten. Het kalksteen reageert met de zwaveldioxiden in de rookgassen en zo ontstaat er gips. De gedroogde gips wordt opgeslagen in een silo. Dit wordt later weer opgehaald en verwerkt tot bijvoorbeeld gipsplaten voor de bouw.



Figuur 6.4 Doorsnede centrale
Gelderland

- | | | |
|-------------------------------|--|---------------------------|
| 1 Kolentoevoer | 11 Elektrostatische vlieg-asfilter | 21 Condensor |
| 2 Kolenbunkergebouw | 12 Rookgasventilator | 22 Voorwarmspuivat |
| 3 Kolenmolen | 13 Rookgasontzwavelingsinstallatie (ROI) | 23 Slakafvoer |
| 4 Verbrandingsluchtventilator | 14 Opjaagventilator ROI | 24 As- en slakgebouw |
| 5 Luchtvoorwarmers | 15 Rookgaswasvat ROI | 25 Opslag vlieg-as |
| 6 Branders | 16 Schoorsteen | 26 Centrale bediening |
| 7 Ketelinstallatie | 17 Voorraadtank voedingwater | 27 Werkplaats |
| 8 DeNOx | 18 Stoomoververhitters | 28 Losinstallatie ammonia |
| 9 Ammonia insluiting | 19 Geluiddempers ketelveiligheid | |
| 10 Katalysator inspuiting | 20 Stoomturbine | |

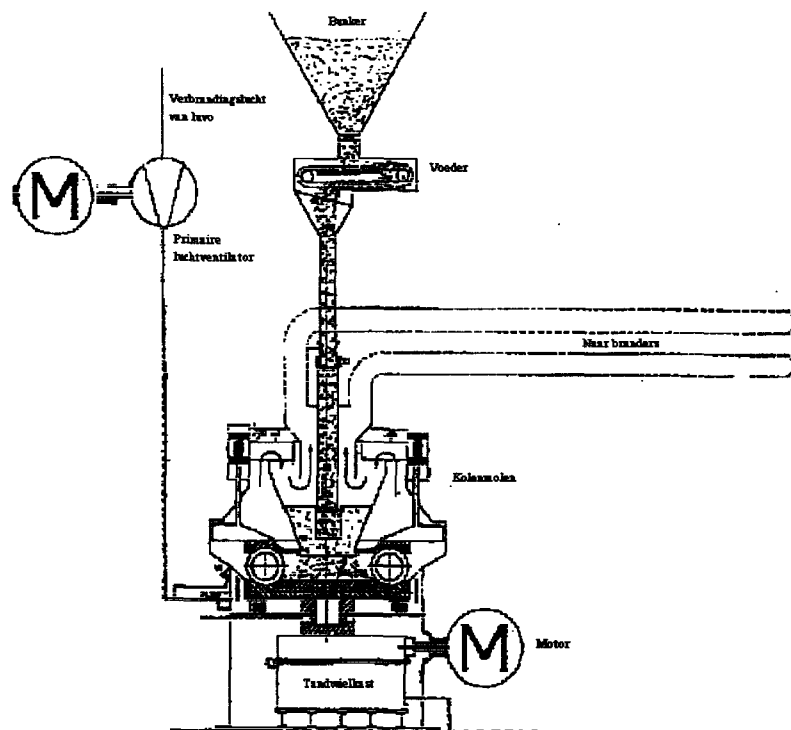
§ 6.2 De kolenmolenstraat

Het malen van de aangeleverde kolen tot poeder, gebeurt bij CG 13 in de kolenmolenstraat. Die kolenmolenstraat bestaat uit drie belangrijke werktuigen:

- de voeder,
- de ventilator,
- de kolenmolen.

In figuur 6.5 staat de gehele kolenmolenstraat schematisch weergegeven. Buitenlucht wordt aangezogen op drie verschillende plaatsen en wordt via twee grote ventilatoren door de stoomluvo en door de rookgasluvo getransporteerd. De stoomluvo wordt gebruikt bij het opstarten of bij een lage belasting. Dit om te voorkomen dat het vocht in de rookgassen onder het dauwpunt komt en gaat condenseren in de rookgasluvo.

Na de rookgasluvo wordt de lucht gesplitst in primaire en secundaire verbrandingslucht.



Figuur 6.5 schematische weergave kolenmolenstraat

In de volgende paragrafen worden de componenten en de regeling van de kolenmolenstraat besproken.



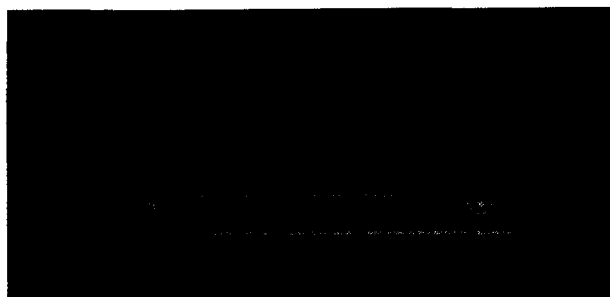
§ 6.2.1 De voeder

De sleepkettingvoeder bestaat uit twee sleepkettingen met er tussenin schraapstaven van 1 meter breed.

Deze schraapstaven worden over een vast boven- en onderbed getrokken. De sleepkettingen lopen aan de voor- en achterzijde over kettingwielen. Aan de voorzijde bevindt zich de aandrijf kettingas, terwijl aan de achterzijde de achteras gespannen kan worden met een spaninrichting. Door het spannen van de veren wordt de rek van de ketting door slijtage opgevangen. De ketting draait in een totaal gesloten gasdichte omkasting (omdat er in de molen een overdruk heerst) en wordt aangedreven door een

asynchrone draaistroommotor met toerental van ongeveer van 1450 omw/min. Door middel van een PIV kast wordt de snelheid van de voeder geregeld, hierdoor is de snelheid van de voeder traploos te regelen. Tussen de PIV kast en de voeder bevinden zich een veiligheidskoppel, tandwielkast en de kettingoverbrenging naar de aandrijf van de voeder. Een microswitch op de veiligheidskoppeling schakelt de motor af bij te zware belasting. De kolen worden door de schraapstaven meegenomen over het vaste bovenbed tot zij de dikteschuif bereiken. De schuif was instelbaar (i.v.m. veel problemen is die vastgelast). Door een bepaalde snelheid in combinatie met de instelling van de dikteschuif is de hoeveelheid steenkool die naar de molen wordt getransporteerd meetbaar. Aan het einde van het bovenbed vallen de kolen tussen de schrapers door naar het onderbed. Door de schraapstaven worden de kolen over het onderbed meegetrokken naar de valpijp.

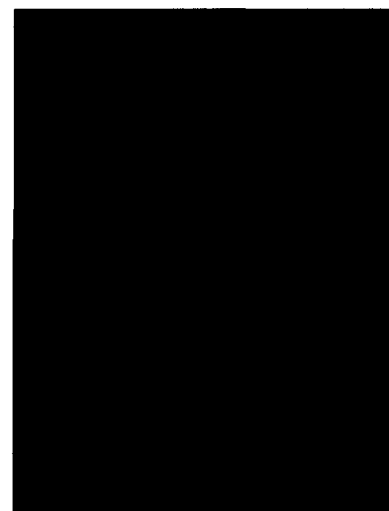
Verder zit er nog een noodafvoer op de voeder om de bunker en/of de voeder leeg te kunnen draaien bij eventuele storingen. Dit gebeurt door een deel van het onderbed te verwijderen, tussen het gedeelte waar de kolen van het boven naar het onderbed vallen, en de valpijp in. Hierbij valt het in een noodafvoerpijp die opgevangen wordt door containers of door een vrachtauto. Omdat de molen onder een overdruk werkt mag de bunker nooit helemaal leeggetrokken worden en dient er minimaal 1,5 meter kolen in de bunker te blijven staan als slot. De hoeveelheid kolen is regelbaar tussen de 13.25 en 53 ton per uur door middel van de PIV kast (de molen kan echter maar maximaal 42 ton per uur aan).



Figuur 6.6 Doorsnede voeder

§ 6.2.2 De ventilator

Om de kolen(stof) te transporteren en ze op te warmen is transportlucht nodig. Dit gebeurt door de primaire luchtventilators. Elke kolenmolen heeft een eigen ventilator. De lucht wordt onttrokken aan het verbrandingsluchtsysteem. De aangevoerde lucht met een temperatuur van ongeveer 300 °C wordt voor de ventilator en molen gemengd met buitenlucht om de juiste temperatuur te krijgen. In de aanzuig van de ventilator zitten kleppen die als een diafragma werken om de toevoer te regelen. Als de voeder minder kolen gaat toevoeren in de molen kan de luchthoeveelheid ook omlaag.



Figuur 6.7 Primaire luchtventilator



§ 6.2.3 De molen

Er zijn zes molens, type Babcock-Wilcox E10, elke molen weegt 103 ton en staat met een betonnen fundatieblok met veren en hydraulische dempers op de keldervloer. De molen had volgens de leverancier ten tijde van de aanschaf de volgende voor- en nadelen:

Voordelen	Nadelen
Laag krachtverbruik	Niet geschikt voor kolen met grote slijtage eigenschappen
Kolenvochtpercentage tot 25% is aanvaardbaar	Relatief hoog krachtverbruik van de primaire luchtventilator
Werking met overdruk, dus geen koude lucht lekage	Veel demontagewerk als maaldelen vervangen moeten worden
Binnen geen onderdelen die gesmeerd moeten worden	Dichtingsluchtventilator nodig
Stukken ijzer tot 25 kg zijn niet schadelijk en worden afgescheiden	
Laag lawaaniveau	
Lage onderhoudskosten	

De Werking:

(De letters in de tekst corresponderen met figuur 6.9)

De molen wordt via een tandwielkast (E) door een elektromotor aangedreven. De tandwielkast zet het ingaande toerental van de elektromotor van 970 omw/min. om naar 34 omw/min. De tandwielkast heeft een eigen smeeroliesysteem bestaande uit pomp, filter en koeler. De koeler is opgenomen in het hulpkoelwatersysteem. De tandwielkast drijft via een verticale as de maaltafel (M) aan. De asdoorvoering in het molenhuis is uitgevoerd met labyrinten (H), waaraan dichtingslucht (K) wordt toegevoerd.

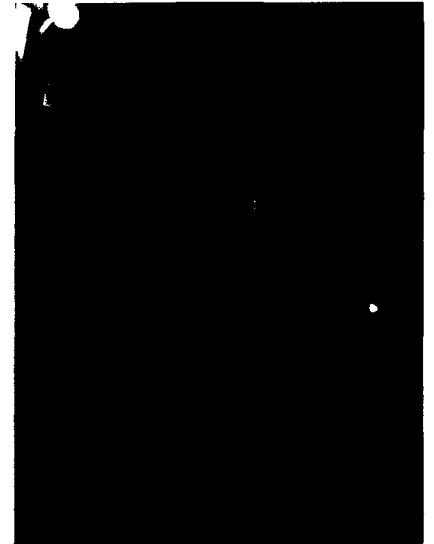
Op de maaltafel (M) ligt de onderste maalring (O), in de maalbaan van deze ring liggen 10 maalballen (AG). De maalballen worden opgesloten door de bovenste maalring (P). Deze maalring staat stil en wordt op zijn plaats gehouden door de zogenoemde spinnekopring of spakenkruisen (Q). De spakenkruisen zijn via de slijtplaten (T) bevestigd aan het molenhuis (R). De spinnekopring wordt aangedrukt door vier maal twee kruislings gemonteerde aandrukcilinders. De druk op dit systeem wordt geleverd door een stikstofcircuit met olieafdichting. De aandrukkracht is bepalend voor de vorm van uitmaling en voor het slijtagebeeld van de maaldelen. De aandrukkracht wordt nu constant op 60 ton gehouden.

Boven de maalringen bevindt zich de classifier (AA) met instelbare zeefkleppen (AB), in het midden van de classifier loopt de valpijp welke kolen van de voeder naar de maaltafel aanvoert. Bij sterk afwijkende kolen kan men de zeefkleppen met de hand verstellen. De stand van de zeefkleppen bepaalt de terugval van de stofkooldelen.

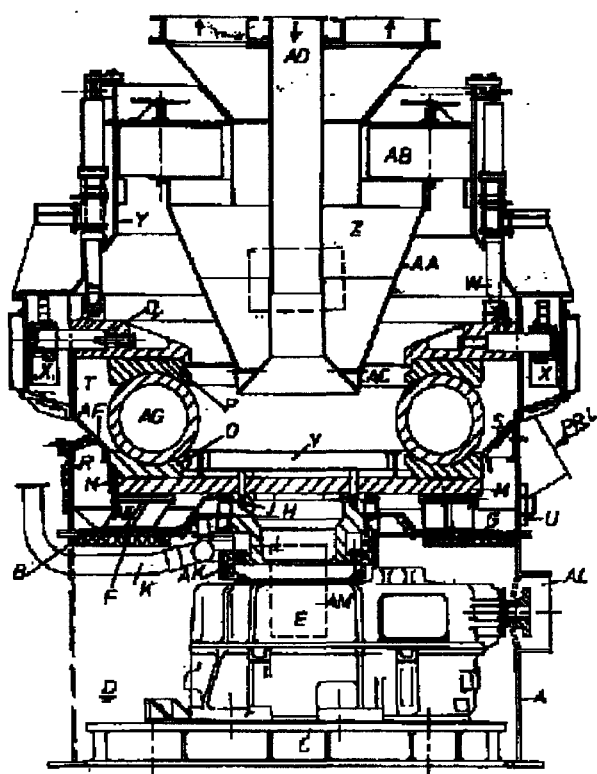
Voor het transport van de poederkool zorgt de primaire lucht. De lucht wordt geleverd door de primaire luchtventilator.

De lucht wordt onder de maaltafel ingevoerd en wordt rondom de maaltafel verdeeld door een vast gemonteerd, geperforeerd ringkanaal ook wel troathring (S) genoemd. In de troathring zitten een aantal sleuven die bepalend zijn voor de snelheidsvermeerdering van de lucht die nodig is voor het transport van de poederkool.

De zwaardere deeltjes vallen boven de maaltafel terug en worden opnieuw vormalen. De lichte deeltjes (kolenstof) worden omhoog geblazen en komen via de zeefkleppen (AB) in de classifier. De stand van de zeefklep is een maat voor de maalfijnheid. In de classifier vindt een tweede afscheiding plaats. De zwaardere delen vallen nu via de terugslagkleppen of rok (AC) onder op de maaltafel terug. Deze rok moet goed afsluiten om te voorkomen dat er kortsluiting in de luchtstroom tussen het maalgedeelte en classifier ontstaat. De troathring voorkomt dat er stofkool onder de maaltafel terecht komt. Stukken die niet te malen zijn vallen via de doorvalklep (AF) onder de maaltafel, hier zijn twee borstels bevestigd, een rechte en een schuine. Deze borstels voeren de ongewenste delen mee naar de pyrietbox. De eventueel toch meegekomen kool zal door het op de box aangebracht reject systeem teruggeblazen worden in het maalgedeelte van de molen.



Figuur 6.8 de kolenmolen



Figuur 6.9 doorsnede kolenmolen

A	molenhuis ondersteuning
B	molenhuis bodemplaat
C	fundatie
D	tandwielkast trolley
E	tandwielkast
F	schermplaten
G	labyrint behuizing
H	labyrinting onder
J	labyrinting boven
K	dichtingslucht leiding
L	koppeling tandwielkast
M	maaltafel
N	nok
O	maalring onder
P	maalring boven
Q	spinnepkop ring
R	molenhuis
S	troathring
T	wand slijtplaten
U	inspectieluik
V	maaltafel afdekplaat
W	aandrukciinder
X	slijtplaten
Y	zeefhuis
Z	toegangsdeur
AA	zeef op cyclonen
AB	zeefklep
AC	rok (terugslag kleppen)
AD	kolen toevoerpijp
AE	borstelploeg
AF	doorvalklep
AG	maalkogel
AH	uitlaatrechter
AJ	bordes
AK	beschermkap koppeling
AL	beschermkap koppeling
AM	doorvalgoot

§ 6.2.3.1 De fill-in bal

Normaal liggen er 10 maalkogels tussen de bovenring en onderring. De maalkogels hebben als ze nieuw zijn een gewicht van 1250 kg en een diameter van 773 mm. Na verloop van tijd zijn de kogels zover afgesleten dat ze een diameter van 702 mm bereikt hebben.

Een verschil van $773 \text{ mm} - 702 \text{ mm} = 71 \text{ mm} \times 10 \text{ maalballen} = 710 \text{ mm}$. Op dat moment kan er een zogenaamde fill-in bal worden toegevoegd in de molen.

Door het toepassen van een extra bal neemt de capaciteit van de molen weer toe. De maalcapaciteit is dus afhankelijk van het aantal ballen en de diameter ervan:

$$\text{Capaciteit molen} = \text{Aantal ballen} \times d_{\text{bal}}^2$$

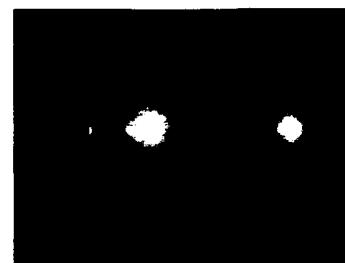
Hieruit volgt dus de volgende tabel voor de verschillende statussen van de molen:

Status molen	Aantal ballen	d_{bal} [m]	Capaciteit
Nieuw	10	0,78	6,08
Net voor fill-in bal	10	0,70	4,90
Begin fill-in bal	11	0,70	5,39
Minimale diameter	11	0,63	4,37

Tabel 6.1 Maalcapaciteit index

De berekende capaciteit is een indexgetal, wat goed ter vergelijking gebruikt kan worden.

Als de maalballen uiteindelijk 630 mm worden ze vervangen. Ook blijkt uit deze tabel dat de capaciteit erg kan variëren tijdens de levensduur van het maalwerk.



Figuur 6.10 Het maalwerk



§ 6.3 Meetfactoren

Wat wordt er allemaal gemeten bij de kolenmolenstraat:

Naam:	In:	Betekenis:
Δp over molen	mbar	Drukverschil over de molen ($p_{\text{prim. Lucht}} - p_{\text{na de molen}}$)
T_{molen}	°C	De temperatuur van de kolenmolen
$T_{\text{prim. Lucht}}$	°C	Temperatuur primaire lucht
Q_v prim. Lucht	m ³ /s	Primaire luchthoeveelheid door de molen
n_{voeder}	% van maximum	Voedertoerental
I_{molen}	A	Stroomsterkte van de moter van de molen
I_{voeder}	A	Stroomsterkte van de moter van de voeder
$I_{\text{ventilator}}$	A	Stroomsterkte van de moter van de ventilator
Aandeelinstelling	%	Hoeveel % van de brandstofvraag moet de molen leveren
Brandstofverhouding	%	De verhouding tussen brandstof en primaire lucht

Tabel 6.2 Meetfactoren

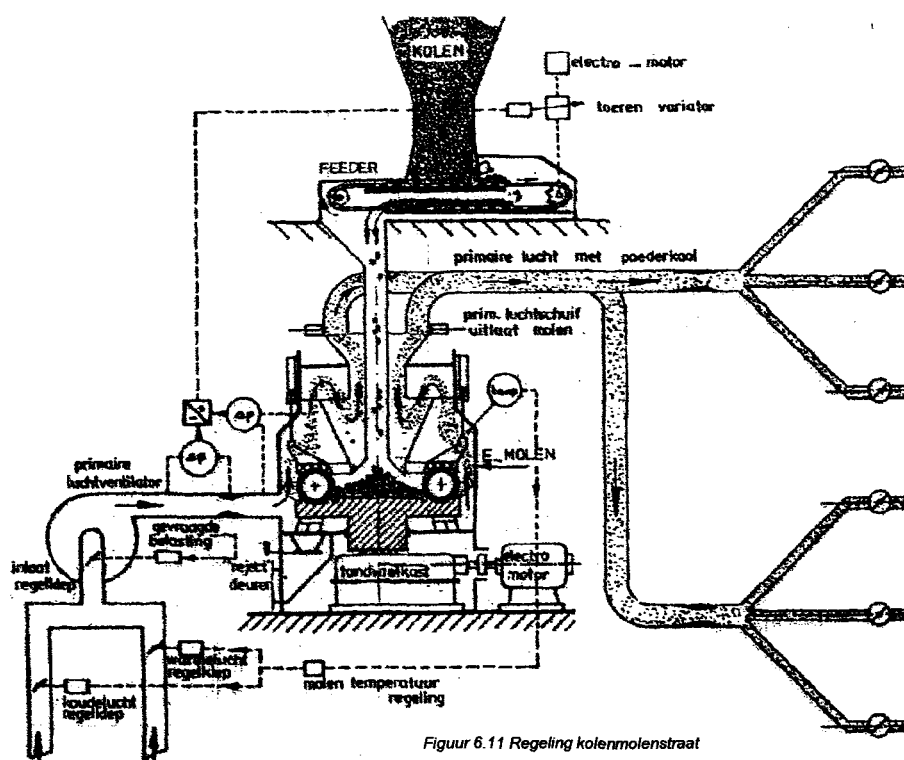
- Δp over molen, dit is samen met de T_{molen} een indicator hoe vol de molen met kolen zit, hoe meer kolen in de molen, hoe hoger de luchtweerstand door de molen heen,
- T_{molen} dit is samen met de Δp over molen een indicator hoe vol de molen met kolen zit. De primaire lucht is rond de 300 °C en warmt de molen dus behoorlijk op als er geen koude kolen door de molen gaan,
- $T_{\text{prim. Lucht}}$, dit om de temperatuur te kunnen monitoren en regelen. Deze temperatuur zal voor de molen rond de 300 °C liggen. De temperatuur wordt geregeld op de uitlaattemperatuur. Het verschil in de luchttemperatuur voor en na de molen, is tevens ook een indicator hoe vol de molen staat,
- Q_v prim. Lucht, de primaire lucht wordt gecontroleerd, als deze niet in orde is werkt de molen niet meer. Ook kan deze variëren afhankelijk van de last van de molen,
- n_{voeder} , Het voedertoerental kan variëren, deze bepaalt de hoeveelheid kolen die de molen ingaat,
- $I_{\text{molen, voeder, ventilator}}$, de stroomsterkte wordt eigenlijk bij alle werktuigkundige apparaten gemeten. Dit gebeurt omdat als deze sterk zou oplopen, zou dit een storing kunnen betekenen
- Aandeelinstelling, hiermee kan de relatieve belasting van de molens t.o.v. elkaar ingesteld worden,
- Brandstofverhouding, hiermee wordt de verhouding primaire lucht en voedertoerental geregeld. Als er dus een armer mengsel gewenst is wordt deze instelling veranderd.



§ 6.4 De regeling

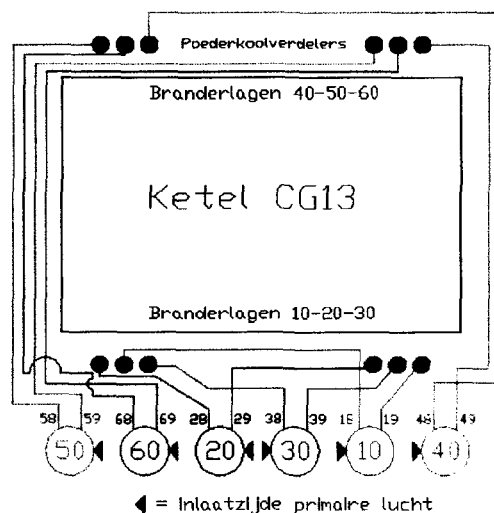
De gehele voederstraat wordt geregeld op het aantal gevraagde MW. Het aantal MW correspondeert met de keteldruk die nodig is om de arbeid te leveren in de generator. Dit levert een signaal "gewenste brandstof" op. Het signaal regelt in eerste instantie de primaire luchthoeveelheid. Door de buffer poederkool in de molen zal er bij een opregelactie direct een grotere hoeveelheid brandstof naar de ketel worden getransporteerd. In tweede instantie wordt het voedertoerental geregeld, het voedertoerental wordt geregeld door de primaire lucht aan de inlaat van de molen. Het voedertoerental wordt dus niet direct gewijzigd door het brandstofs signaal. De Δp over de molen wordt alleen gebruikt om de molen te begrenzen. Als de Δp over de molen te hoog wordt (indicatie dat de molen vol loopt), dan gaat het voedertoerental omlaag. Als dit niet zou gebeuren zou de molen vol lopen.

De temperatuur in de molen wordt geregeld door koude en warme luchtklep voor de aanzuigleiding van de primaire luchtventilator. Zo wordt dus de temperatuur van de lucht afgestemd op de vochtigheid van de kolen. Een hoger vochtgehalte in de steenkool betekent een hoger energieverbruik en een lagere capaciteit van de molen. Dit komt omdat het nog niet verdampte vocht de kooldeeltjes bind en zwaarder maakt. Hierdoor treedt er een hogere circulatie in de poederkoolmolen op wat leidt tot een lagere capaciteit.



Figuur 6.11 Regeling kolenmolenstraat

Op de molen bevinden zich twee afvoerpijpen, deze pijpen splitsen zich weer (in de poederkoolverdelers) in drie aftakkingen naar de branders. Per molen worden dus zes branders gevoed op één branderlaag. Bij CG zijn aan beide kanten van de ketel drie branderlagen. Per molen wordt dus 1 branderlaag van poederkool voorzien. In het figuur hiernaast is goed te zien dat de langste leidingen, aan de inlaatzijde van de primaire lucht zitten. Verder zitten er nog trimkleppen in elke toevoerleiding, de functie hiervan is bij elke brander de gewenste brandstoftoevoer te verkrijgen.



◀ = Inlaatzijde primaire lucht

Figuur 6.12 Overzicht poederkoolleidingen

7. De gebruikte metingen

In dit hoofdstuk is de uitleg over de werking van alle metingen terug te vinden. Tijdens mijn afstudeerperiode bij CG zijn er veel metingen uitgevoerd, deze zijn gebundeld in dit hoofdstuk omdat ze anders door de gehele scriptie verspreid staan. Sommige metingen werden al uitgevoerd binnen CG, andere zijn weer bedacht in samenwerking met mijn opdrachtgever.

§ 7.1 Afstrijder van de voeder controleren

De afstrijers van de voeders zijn in combinatie met het voedertoerental, de bepalende factor voor de hoeveelheid poederkool die de molens ingaan. Deze dienen bij elke molen op gelijke hoogte te staan, als één afwijkt zal de molen niet de juiste hoeveelheid poederkool toevoeren. In het verleden is het regelmatig voorgekomen dat deze verschoven. Dit kan doordat er b.v. stenen meekomen en als deze dan onder de schraper komen, bestaat de kans dat hij verschuift.

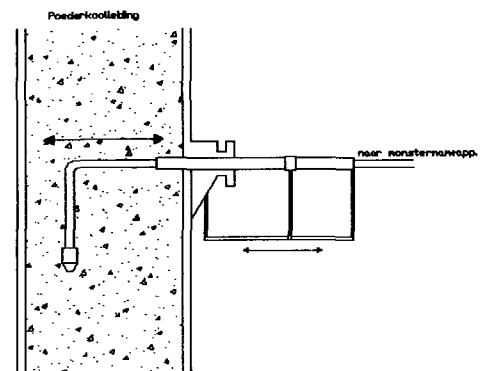
Het controleren van de hoogte van de afstrijder (die op 200 mm zou moeten staan) kan alleen als de voeder uit bedrijf is.

§ 7.2 Voedertoerental wijkt af

Het kan zijn dat de PIV kast niet meer naar behoren werkt. In dat geval zou het werkelijke toerental afwijken met het toerental dat op de wacht weergegeven wordt. Daarom dient het werkelijke toerental vergeleken te worden met het toerental op de wacht.

§ 7.3 Maalfijnheidmeting

De maalfijnheid van de molens wordt gemeten met een monstername apparaat, de SMG11. Door middel van een sonde wordt een representatief monster genomen op de kolenleidingen tussen de molens en de branders. De sonde wordt in de leiding gebracht, en zuigt daar isokinetisch een monster af. Het voordeel van de manier waarop de SMG11 monsters neemt is dat die in tegenstelling tot diverse andere monsternameapparaten zowel in rechthoekige als ronde leidingen monsters kan nemen. Door de sonde in en uit de buis te schuiven en ook nog te draaien, kan hij op elke plaats in de leiding een monster nemen. Het in en uitschuiven en het draaien gebeurt door een computergestuurde stappenmotor.



Figuur 7.1 Weergave monstername

Bij elke molen zijn twee pijpen die naar de branders gaan, bij elke pijp wordt een monster genomen. Er moeten dus twaalf metingen gedaan worden. Voor al deze metingen dient men een gehele dag uit te trekken. Om een representatief monster te krijgen moet er de gehele dag op dezelfde kolenblend gedraaid worden. Dit dient men dus voordat er met de metingen begonnen wordt, af te stemmen met de kolenplanning binnen CG. Ook dienen de instellingen van de molens gelijk te blijven.

Als alle monsters genomen zijn worden de monsters bij het laboratorium aanwezig op CG afgegeven. Daar wordt 50 gram per monster afgewogen op een bak. Deze hoeveelheid wordt op een zeefstoren gelegd en met een deksel afgesloten. De zeefstoren wordt op een schudmachine gezet en gedurende 20 minuten gezeefd. De amplitude wordt ingesteld tussen de 50 en 60. De zeefstoren bestaat uit de volgende zeven.

- 300 μ m,
- 150 μ m,
- 75 μ m,
- bodem.

Vervolgens wordt de poederkool per zeef teruggewogen op de volgende manier:

- eerst weegt men alle poederkool >300 μ m terug (alles wat op de 300 μ m zeef achterblijft),
- dan alle poederkool >300 μ m + >150 μ m terug,
- vervolgens alle poederkool >300 μ m + >150 μ m + >75 μ m,
- en tot slot de bodem.



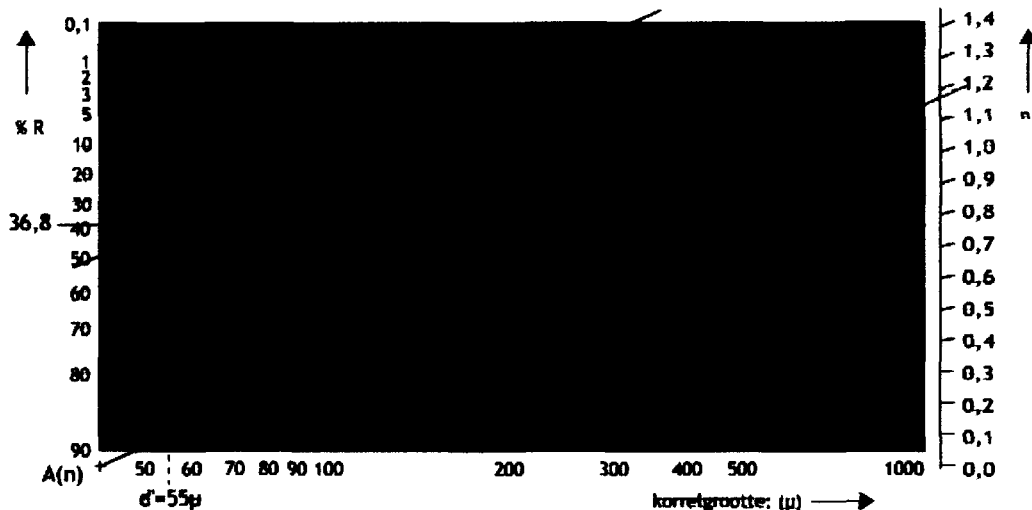
§ 7.3.1 De Rosin, Rammner en Bennet grafiek

De in de zeefanalyse verkregen waarden worden uitgezet in "De Rosin, Rammner en Bennet grafiek". Dit is een logaritmisches opgebouwde grafiek, met op de x-as de korrelgrootte in μm , en op de y-as het percentage poederkool dat met zeven, op de desbetreffende zeef blijft liggen in %.

In de grafiek dienen de waarden $>300 \mu\text{m}$, $>150 \mu\text{m}$ en $>75 \mu\text{m}$ worden uitgezet. Als deze punten verbonden worden dient er een rechte lijn te ontstaan, dan is er sprake van een gelijkmatige opbouw van de deeltjesgrootte van de poederkool.

Ook kunnen we met behulp van de grafiek de gestandaardiseerde maat voor de maalfijnheid aflezen. Dit wordt gedaan door het snijpunt van de lijn met 36,8 % af te lezen. De hierbij corresponderende korrelgrootte (ook d' genoemd) is de gestandaardiseerde maat voor de maalfijnheid. Als d' groter wordt, houdt dit in dat er grover gemalen wordt.

De tangenswaarde (dit is een maat voor de korrelgrootte verdeling) kan afgelezen worden door een lijn evenwijdig door punt A(n) onder de grafiek te trekken. Als deze doorgetrokken wordt naar de schaalverdeling N, rechts van de grafiek, kan de tangenswaarde afgelezen worden.



Figuur 7.2 Rosin, Rammner en Bennet grafiek

Wat vertelt de lijn ons verder:

- de hoogte (plaats van de lijn in het diagram) informeert ons over de toestand van het maalwerk,
- de hoek van de lijn (N) informeert ons over de werking van de zeef.

Voor de maalcijfers in het bovenstaande diagram uit te zetten, heb ik onderzoek gedaan naar diverse programma's die op de markt te verkrijgen zijn. De twee die mij het beste lijken zijn te krijgen via:

- <http://www.sagmilling.com/tools/>
- <http://ptctech.tripod.com/>

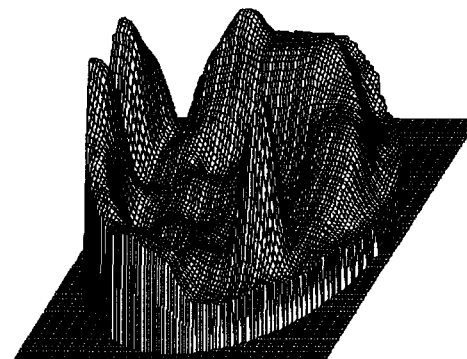
Maar beide sluiten niet helemaal aan op de toepassing binnen CG. Daarom heb ik ook nog zelf een spreadsheet ontwikkeld in Microsoft Excel. Deze zijn terug te vinden in de bijlage.

§ 7.3.2 Overige gegevens uit monsternameapparaat

In de poederkoolleiding komen zogenoemde strangen voor. Dat zijn plaatsten in de pijp waar een hoge concentratie poederkool voorkomt. Deze strangen bevatten ook meer grote deeltjes. De strangenverdeling in de poederkoolleiding worden ook gemeten met de SMG 10.

Verder registreert de meting:

- de primaire luchthoeveelheid per poederkoolleiding,
- de hoeveelheid kolen per poederkoolleiding,
- de concentratie kolen in de draaglucht per poederkoolleiding.



Figuur 7.3 Doorsnede met 3D grafiek poederkoolhoeveelheid



§ 7.4 Onverbrand

Het onverbrand wordt gemeten in het laboratorium. Er wordt een monster genomen van de vliegass en dit wordt gewogen. Daarna wordt het in een schaal afgebakken op 740°C . Het percentage onverbrand zal dan alsnog verbranden. Hierna wordt er nogmaals gewogen, het procentuele verschil tussen het gewicht voor en na de proef is het onverbrand.

§ 7.5 De clean airline

De clean airline geeft het verband weer tussen de drukval over de venturi in de primaire luchtleiding en de drukval over een leeggedraaide kolenmolen. De drukval over de venturi is een waarde om de hoeveelheid primaire lucht vast te stellen. Deze venturi zit in de leiding die loopt van de primaire luchtventilator naar de kolenmolen en heeft een aansluiting voor de meting voor de vernauwing, en op de vernauwing. De drukval over de molen wordt voornamelijk veroorzaakt door de troathring in de molen. Hiermee staat dus ook in verband dat de verstopping van de sleuven in de troathring van invloed zijn op de drukval over de molen.

§ 7.5.1 Wat zegt de clean airline

Door de sleuven in de troathring vindt er een snelheidsverhoging plaats van de toegevoerde lucht. Door de hoge snelheid van de lucht worden de kolen die het maalgedeelte van de molen gepasseerd zijn meegenomen naar de classifier. Indien de ΔP over de molen laag is (clean airline ligt laag), is ook de snelheidstoename van de lucht laag, dit houdt in dat de kans bestaat dat de stukken kool niet door de lucht worden meegenomen, maar door de troathring doorvalt (doorval genoemd). Indien de ΔP over de molen hoog ligt (clean airline ligt hoog), zal ook de snelheidstoename van de lucht hoog zijn, voor de doorval is dit gunstig, maar de primaire lucht ventilator zal een groter vermogen leveren. Verder is de kolenmolen begrensd op een ΔP van 67 mbar, bij deze waarde wordt het voedertoerental teruggenomen. Een hooggelegen clean airline houdt ook in dat de waarde van 67 mbar eerder bereikt wordt en de molen dus ook eerder begrensd zal worden.

§ 7.5.2 Hoe neem de clean airline meting

De volgende stappen dienen uitgevoerd te worden voor een clean airline meting:

- 1 de voeder uit bedrijf nemen,
- 2 de molen leeg draaien,
- 3 primaire lucht instellen op een waarde van circa 12kg/s,
- 4 bij het bereiken van de luchthoeveelheid dit doorgeven,
- 5 ter plaatse, de mm waterkolom van de u-buizen noteren,
- 6 centrale bediening, gewenste parameters noteren,
- 7 vervolgens worden stappen 4 t/m 6 herhaald voor een primaire luchthoeveelheid van 15, 18 en 21 kg/s.



§ 7.6 Primaire lucht variatie proef

Om te onderzoeken wat de invloed van de draaglucht op de molens is, zijn er verschillende keren proeven uitgevoerd met afwijkende primaire luchthoeveelheid. De primaire luchthoeveelheid bedraagt nu rond de 16,5 kg/s. Dit is waarschijnlijk de ontwerpwaarde door Babcock opgegeven. De maximum waarde hangt af van de capaciteit van de primaire luchtventilator. Het minimum ligt rond de 14,2 kg/s, als de waarde hier onder komt, bestaat de kans dat de poederkool in de leidingen uit gaat zakken.

Bij de primaire lucht variatieproef is het dus de bedoeling om te kijken of de huidige primaire luchtinstelling optimaal is. Hiervoor dient de brandstofverhouding te variëren. Echter met de variatie van de brandstofverhouding wordt alleen het voedertoerental op of af geregeld. Regel de brandstofverhouding (normaal 50%) dus op, dan zal het voedertoerental oplopen. Hierdoor verhoogt het kolendebiet, bij een gelijkblijvend luchtdebiet. Als nu het voedertoerental van de automatische bediening overschakelt naar handbediening, en deze terugregelt naar de waarde voordat de brandstofverhouding opregelt wordt (rond de 70%), zal het luchtdebiet toenemen.

Het is de bedoeling dat deze meting met drie waarden genomen wordt:

- laag luchtdebiet,
- normaal luchtdebiet (ter referentie om betrouwbaarheid van meting te controleren),
- hoog luchtdebiet.

§ 7.7 Bunkerproef

Het kolenvverbruik van de molens wijkt behoorlijk af van het warmtevraagprogramma. Ook zit er veel verschil in de onderlinge resultaten. Daarom is het zinvol om te meten hoeveel de molens nu werkelijk verbruiken.

In de twee aanvoerbanden naar de bunkers zit een weger. Als 's morgens de bunker vol gedraaid wordt en de tijd dat de bunker vol is wordt genoteerd. De bunker dient de gehele dag niet meer bijgebunkerd te worden. Als de bunker het laag alarm geeft, wordt er weer gevuld.

De bunker wordt weer net zo vol gemaakt als hij die ochtend is weggezet. De tijd dat hij vol is wordt weer genoteerd. Het verbruik in de tussenperiode is nu bekend. Het voedertoerental dient de gehele dag op de hand te staan en dan rond de 72 %.

In de tijd dat de bunkerproef loopt, dient de betreffende molen ook met de SMG gemeten te worden, dit ter vergelijking van de resultaten. De resultaten van de SMG worden vergeleken met de resultaten van de SMG en met de WVG waarde (warmtevraag programma, hierbij wordt het kolenvverbruik per molen berekend na aanleiding van de benodigde warmtevraag die nodig is voor het leveren van de gevraagde MW aan het net).

De proef is uitgevoerd op molen 20 en 30, omdat molen 20 erg weinig kolen verbruik registreert, en molen 30 vanwege de slechte maalcijfers.



8. Fase I - Fysieke verschillen tussen de kolenmolens

Als men molens met elkaar vergelijkt moet men er wel zeker van zijn, dat de molens ook hetzelfde zijn. Dit is echter bij CG niet het geval. Er zitten behoorlijk wat fysieke verschillen in de molens.

§ 8.1 Slijtage stadium van de molens

Wat natuurlijk heel veel onderscheid maakt tussen de performance van de molens is de status van het binnenwerk van de molen. Dit zijn vooral het maalwerk, de afscheider en de zeefkleppen van de molen. Deze worden altijd alle drie tegelijk vervangen. Als het maalwerk dus slechter wordt zorgt dit voor een kleinere capaciteit van de molen. De zeefkleppen en de afscheider zorgen voor de afscheiding en dus voor de maalfijnheid.

Hieronder staat een overzicht van de laatste bekende status van de maalwerken van de molens (achter de namen staat tussen haakjes de nieuwmaat en de capaciteit is een indexgetal).

Molen:	omschrijving	datum	bovenring [152]	onderring[130]	ballen[773]	draaiuren	Fill in bal	Capaciteit
10	gemeten maat	25-01-2004	116	105	703	121101	Ja	54,36
20	gemeten maat	15-08-2003	138	122	752	114078	Nee	56,55
30	gemeten maat	08-07-2003	152	130	773	102476	Nee	59,75
40	gemeten maat	19-08-2003	131	112	736	116974	Nee	54,17
50	gemeten maat	25-01-2004	115	103	709	117278	Nee	50,27
60	gemeten maat	25-01-2004	138	117	743	105334	Nee	55,20

Tabel 8.1 Slijtagetabel

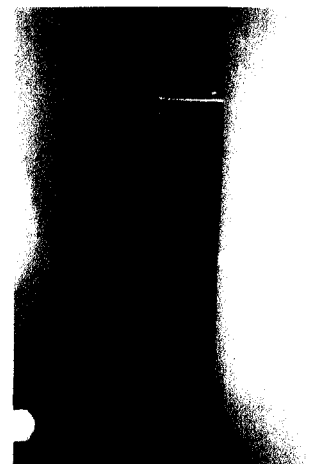
Hieruit blijkt dus na aanleiding van de capaciteit en de status van de slijtdelen:

- het binnenwerk van molen 30 is vrij nieuw,
- de status van molens 10 en 50 zijn het slechts, hierbij is 50 bijna toe aan een fill in bal,
- de status van molens 20, 40 en 60 zijn nog redelijk.

§ 8.2 Stand van de zeefkleppen

Gaandeweg het onderzoek is besloten de stand van alle zeefkleppen in beeld te brengen (zie bijlage 8 klepstand & status troathring). Hiervoor moet de molen uit bedrijf, en dit kan dus alleen 's nachts of in het weekend. Er is begonnen bij molen 10, omdat deze slechte maalcijfers heeft, en deze kleppen kunnen door een modificatie (als enige van de zes molens) los verstellen. Bij inspectie bleek klep 4 en 5 behoorlijk af te wijken, deze zijn dan ook versteld. Uit verdere inspectie bleek dat de kleppen behoorlijk versleten waren. Van sommige kleppen was bijna de helft weggesleten. Dit is ook de oorzaak dat molen 10 zo slecht presteert. Na het verstellen van de kleppen werd de maalfijnheid wel iets beter, echter maar minimaal.

Bij de andere gemeten molens valt op dat er bij molen 20 en 30 verschil zit in de standen onderling. Bij molen 60 is er veel minder onderscheidt in de standen van de zeefkleppen, die zijn dus veel beter afgesteld. Molen 40 en 50 dienen nog gemeten te worden.



Figuur 8.1 Slijtage aan zeefdep



§ 8.3 Inblaasrichting troathring

Rond 1993 is de troathring gewijzigd. Voor die tijd had de troathring sleuven die de primaire lucht recht omhoog inblaast. Rond 1993 kwam een firma uit Denemarken met de zogenaamde Turboring. Deze blaast de lucht schuin in en geeft de lucht al een draaiende beweging voordat het de zeefkleppen binnenkomt. Er zijn rond 1993 hiermee diverse proeven gedaan. Er is toen geëxperimenteerd met 2 verschillende ringen: (draairichting van de molen is anti clockwise)

1. turboring clockwise, dan is de draaiende beweging hetzelfde als de richting van de zeefkleppen,
2. turboring anti clockwise, dan is de draaiende beweging tegen de richting van de zeefkleppen in.

Er is toen getest op maalfijnheid (maar die was niet betrouwbaar door defect aan apparatuur) opgenomen vermogen, en op de Δp over de molen. Uit de testresultaten van toen bleek dat het tweede type het laagste opgenomen vermogen en Δp over de molen hadden. Dit staat ook gelijk voor een slechter afscheiding. Als de molen minder grove deeltjes scheidt van de fijne, gaan er meer grove delen mee naar de branders i.p.v. retour naar de maaltafel. Hierdoor wordt de maalvoud kleiner en neemt dus ook het opgenomen vermogen en de Δp over de molen af. Na visuele inspectie bleek dat in alle molens dat type ring hebben zitten. In het verleden heeft wel het eerste type erin gezeten.

Verder heb ik nog met de firma M&W uit Denemarken contact gehad. Deze waren na overleg met de firma Babcock ook van mening dat de ringen bij CG de verkeerde richting inblazen.



Figuur 8.2 Delen van troathring

§ 8.4 Overige fysieke verschillen

Naast alle bovenstaande zijn er ook nog enkele andere fysieke verschillen bij de molens:

- in molen 10 is in het verleden op de classifier een ring gemonteerd. Men verwachtte dat het hierdoor zou verbeteren. Dit bleek echter uit maalfijnheidsmonsters niet het geval te zijn, en de maalcijfers werden zelfs slechter,
- bij molen 20 en 30 zit er een andere uitstroomconus aan de classifier (hierover is meer te lezen in §11.1.2),
- de primaire lucht wordt bij molens 20,50 & 60 aan de andere zijde ingeblazen dan bij de molens 10,30 & 40,
- molen 10,20 & 30 voeden de branderlagen aan de voorzijde van de ketel, 40,50,60 aan de achterzijde. Hierdoor zijn de poederkoolleidingen (en dus de af te leggen weg) voor molens die de branders aan de achterzijde van de ketel van poederkool voorzien, veel langer dan die aan de voorzijde.

Er zijn behoorlijk wat fysieke verschillen in de molens onderling. Deze zijn in onderstaande tabel samengevat.

Molen:	10	20	30	40	50	60
Classifierring						
		Conus	Conus			
Leidinglengte	Kort	Kort	Kort	Lang	Lang	Lang
Inblaaszijde	Links	Rechts	Links	Links	Rechts	Rechts

Tabel 8.2 Onderlinge verschillen van de molens



9. Fase II – Huidige prestaties in kaart brengen

In de periode van 01-02-2004 t/m 29-03-2004 zijn op alle molens minimaal drie en maximaal vijf metingen uitgevoerd met de SMG 11 (zie §7.3). Deze metingen waren bedoeld om een goed beeld te krijgen van de huidige prestatie's van de molens.

§ 9.1 Maalfijnheid

Nadat er op elke molen minimaal drie metingen verricht zijn, kunnen we stellen dat het beeld van de meting in grote lijnen uniform is, van goede naar slechte maalfijnheid:

Molen 20-60-40-50-30-10.

De gemiddelde maalcijfers van de eerste metingen zijn terug te vinden onder bijlage 4, uitwerkingen metingen – Rosin & Rammmler grafiek.

§ 9.2 Resultaat per poederkoolleiding

De resultaten van de maalfijnheid $> 300 \mu\text{m}$ & $> 150 \mu\text{m}$ zijn op een paar uitzonderingen na gelijk aan elkaar. Hierbij zijn de poederkool leidingen van:

- molen 10 afwisselend presteren,
- molen 20 leiding 28 beter presteert dan 29 (1 maal niet),
- molen 30 leiding 38 beter presteert dan 39 (1 maal niet),
- molen 40 gelijk presteren,
- molen 50 leiding 58 beter presteert dan 59,
- molen 60 leiding 69 beter presteert dan 68.

Uit de metingen blijkt dat de prestatie's terug te herleiden zijn op de kolenconcentratie, hoe hoger de concentratie poederkool in de leidingen, hoe slechter de maalcijfers zijn (er zijn wel enkel uitzonderingen hierop). De resultaten zijn terug te vinden onder bijlage 4, uitwerkingen metingen – grafieken - $> 300 \mu\text{m}$ & $> 150 \mu\text{m}$.

§ 9.3 Verdeling van de primaire lucht

In de verdeling van de primaire lucht ontstaat een redelijk uniform beeld; de meeste lucht verlaat de poederkoolleiding aan de overzijde van de primaire lucht inlaat van de molen.

- molen 10 = 5 keer van de 5 metingen = 100 %,
- molen 20 = 4 keer van de 5 metingen = 80 % (afwijkende meting is onbetrouwbaar),
- molen 30 = 4 keer van de 5 metingen = 80 %,
- molen 40 = 2 keer van de 3 metingen = 66 %,
- molen 50 = 2 keer van de 3 metingen = 66 %,
- molen 60 = 3 keer van de 3 metingen = 100 %.

Het lijkt er dus op dat de weerstand in de poederkoolleiding aan de overzijde van de inlaat primaire lucht het laagst is, en hierdoor een voorkeur heeft. Bij de afdeling onderhoud bleek ook vaak uit inspecties dat de grootste slijtage aan de overzijde van de inlaat primaire lucht terug te vinden was. De resultaten zijn terug te vinden onder bijlage 4, uitwerkingen metingen – grafieken – draaglucht.



§ 9.4 Verdeling van de kolen

Uit de metingen blijkt dat zowel de verdeling over de twee afgaande poederkoolleidingen, als de verdeling over de molens onderling erg scheef ligt.

§ 9.4.1 Verdeling kolen over de afgaande poederkoolleidingen

De poederkoolverdeling over de poederkoolleidingen, ligt volgens de metingen erg scheef. De hoeveelheid wordt niet gelijkmatig verdeelt over beide poederkoolleidingen. Welke poederkoolleiding het hoogste poederkooldebiet heeft, is ook bij alle molens steeds wisselend.

Uit de metingen blijkt dat de verdeling aan de achterzijde van de ketel (branderlaag 40,50,60), een gelijkmatigere verdeling over de beide poederkoolleidingen heeft dan aan de voorzijde (branderlaag 10,20,30). Aan de voorzijde is het molen 30 die de grootste afwijking heeft en aan de achterzijde is het molen 40.

§ 9.4.2 Verdeling kolen over de zes kolenmolens

Uit de meetresultaten blijkt dat de zes molens een verschillend kolendebiet krijgen. Ook wijkt de hoeveelheid poederkool die per molen met het monsternameapparaat gemeten wordt, behoorlijk af van de poederkoolhoeveelheid die berekend wordt met:

- de voederfactor, dat is de hoeveelheid bepaald met het voedertoerental, afstrikerhoogte, en de opgegeven omrekenfactor van de voeder,
- het warmtevraagprogramma, deze berekent de hoeveelheid verbruikte kolen na aanleiding van de hoeveelheid afgeleverde MW.

§ 9.5 Clean airline meting

Tussen 10-03-2004 t/m 18-03-2004 is er op alle molens de clean airline meting uitgevoerd (zie 7.5). Dit is gedaan omdat er uit de kolenmolen vergaderingen (vergadering die één maal per maand wordt gehouden, hierbij is iemand van onderhoud, productie, EMRA en de wacht aanwezig) blijkt dat er erg veel doorval bij sommige molens is. Daaruit volgend hebben we besloten op alle molens de clean airline te nemen, en deze te vergelijken met de norm. Uit de clean airline meting bleek dat vooral molen 10, 40 en 50 te laag te liggen.

§ 9.6 Deelconclusies na de metingen in fase II

De maalfijnheid van de molens zijn na drie tot vijf metingen behoorlijk uniform. De maalcijfers van molen 20 en 30 zijn echter twijfelachtig. Molen 10 presteert slecht door de classfier-ring en door de slijtage aan de zeefkleppen. Het is echter waarschijnlijk ook nog mogelijk bij de andere molens de maalfijnheid te verbeteren. Daarom is besloten na afronding van deze fase de stand van alle zeefkleppen in beeld te brengen (deze zijn beschreven in 8.2 omdat dit fysieke verschillen zijn).

Van de primaire lucht kan met redelijke zekerheid gesteld worden dat deze bijna altijd een voorkeur heeft voor de poederkoolleiding aan de overzijde van de inlaat primaire lucht.

De verdeling van de kolen per poederkoolleiding lijkt volkomen willekeurig. Wel zullen we in de volgende fase kijken of dit terug te herleiden is op de verstoppingen in de troathring. Aan de achterzijde van de ketel (langste afgelegde weg per poederkoolleiding) lijkt het beeld wel stabiel dan aan de voorzijde (kortere poederkoolleidingen).

Ook de gemeten hoeveelheid kolen per molen met de SMG 11 wijkt behoorlijk af van de werkelijke waarde. Dit probleem dient ook in een volgende fase geëvalueerd te worden.

Bij de clean airline metingen liggen drie van de zes molens behoorlijk onder de norm. Met de wacht is toen overlegd bij welke molen zij ook veel doorval ondervonden. Dit bleek molen 10 te zijn. Bij molen 60 ondervond de wacht ook veel doorval, maar dit bleek echter een andere oorzaak te hebben (defecte doorvalklep).



10. Fase III – Evaluatie van de prestaties van de molens

Omdat er uit vorige fase diverse onderwerpen onduidelijk zijn, is er besloten de prestaties nader te evalueren. Met name het gemeten kolendebiet zullen we nader onderzoeken tijdens deze fase.

§ 10.1 Maalfijnheid

De maalfijnheid is van fijn naar grof per molen: 20-60-40-50-30-10.

Als dit vergelekt wordt met het slijtage stadium waarin de molens zich bevinden (van nieuw, dus als laatste gereviseerd naar oud): molen 30-20-60-40-50-10.

Dan valt op:

- de zeer goede maalcijfers van molen 20,
- de slechte maalcijfers van molen 30,
- zeer slechte maalcijfers van molen 10.

De verklaring voor de maalcijfers:

- verkeert geïnstalleerde monsternamepunten bij molens 10, 20 en 30,
- bij molen 30 dienen de zeefkleppen iets verder gesloten te worden,
- de slechte maalcijfers bij molen 10 zal voor een deel te wijten zijn aan de classifieer-ring. Er zijn ook enkele zeefkleppen niet correct afgesteld. Ook is er een behoorlijke slijtage aan enkele zeefkleppen. De zeefkleppen die niet goed stonden zijn versteld, er was echter maar een minimale verbetering in de maalfijnheid waar te nemen.

De andere molens presteren naar verwachting, als je de maalcijfers vergelijkt met het slijtage stadium.

§ 10.2 Resultaat per poederkoolleiding

Uit de metingen blijkt dat de prestatie's terug te herleiden zijn op de kolenconcentratie, hoe hoger de concentratie poederkool in de leidingen, hoe slechter de maalcijfers zijn (er zijn wel enkele uitzonderingen). De resultaten zijn dus terug te herleiden op de slechte verdeling van de kolen per poederkoolleiding, en op de slechte verdeling van de primaire lucht onder de twee afgaande poederkoolleidingen.

§ 10.3 Verdeling van de primaire lucht

Bij bijna alle metingen verlaat de meeste primaire lucht de molen, door de poederkoolleiding die zich tegenover de inlaatzijde van de primaire luchtinlaat bevindt. Naar correspondentie met enkele leveranciers lijkt het dat dit probleem opgelost kan worden met een roterende troathring (meer info hierover in §11.1.3)

§ 10.4 Verdeling van de kolen

§ 10.4.1 Verdeling kolen over de afgaande poederkoolleidingen

De verdeling van de kolen over de poederkoolleiding blijkt uit de meetresultaten erg scheef te liggen. Het is per meting wisselend welke poederkoolleiding het grootste debiet heeft. Om te onderzoeken of deze verdeling enigszins terug te herleiden is op de verstoppingen die er in de troathring aanwezig waren, zijn er tegelijk met het opnemen van de standen van de zeefklep de verstoppingen per segment opgenomen. Er bleek tussen die twee echter geen relatie te zitten.

Het was wel opvallend dat de verschillen aan de achterzijde van de ketel (molen 40,50,60) kleiner zijn dan aan de voorzijde. Aan de voorzijde van de ketel (molen 10,20,30) zitten de meetpunten direct achter een bocht. Aan de achterzijde zitten de meetpunten een stuk hoger. Dit is waarschijnlijk de reden van de grootte verschillen in kolendebiet. Er zijn nu dan ook nieuwe sluisen (luchtsluisen t.b.v. de meetpunten) besteld. De norm van 10 maal de leidingdiameter achter een appendage meten, is echter niet haalbaar.



§ 10.4.2 Verdeling kolen over de zes kolenmolens

De gemeten hoeveelheid poederkool per molen ligt bij de metingen steeds rond de 30 ton per uur, dit zou echter rond de 40 ton per uur moeten liggen blijkt uit het warmtevraagprogramma. Daarom zijn enkele eventuele oorzaken, die dit verschil kunnen veroorzaken onderzocht:

- de afstrijkerhoogte,
- het voedertoerental,
- de meetresultaten van de SMG 11 zijn incorrect (dit hebben we getracht te achterhalen met de bunkerproef).

§ 10.4.2.1 Afstrijker van de voeder staat niet goed

Het is mogelijk dat de afstrijkers van de voeder verschoven zijn. Als deze gezakt zijn dan doen de molens minder dan wat er verwacht wordt.

Het controleren van alle afstrijkers is afgelopen periode gebeurd. Alle afstrijkers staan nu dus vast op 200 mm. Het is aan te raden om de instelbare afstrijkers tijdens de eerstvolgende revisie's te vervangen door vaste afstrijkers. Het instellen van de afstrijkers is niet nodig omdat 200 mm de enige juiste afstelling is, dit omdat de hoogte van de afstrijker niet in de regeling wordt meegenomen. Dit heeft als gevolg, als de afstrijkerhoogte gewijzigd wordt de verhouding primaire lucht: kolenhoeveelheid is verstoord. De branders krijgen meer poederkool, wat tot hoger onverbrand leidt.

§ 10.4.2.2 Voedertoerental wijkt af

Als het werkelijke voedertoerental niet gelijk is met het voedertoerental dat wordt aangegeven op de wacht wijkt het kolendebiet ook af.

Uit onderstaande controle bleek dat er wel enige afwijking aanwezig is, echter maar minimaal.

Molen	Werkelijk (gemeten te plaatse)			Aangegeven op wacht			
	Tijd per omw.	N	Bel.perc.	Bel.perc.	N	Afwijking	Afwijking
	S	Omw/Min	%	%	Omw/Min	Omw/min	%
10	18	3,33	79,37	73,20	3,07	0,26	6,16
20	19	3,16	75,19	69,10	2,90	0,26	6,09
30	20	3,00	71,43	66,50	2,79	0,21	4,93
40	20	3,00	71,43	67,80	2,85	0,15	3,63
50	19	3,16	75,19	66,70	2,80	0,36	8,49
60	20	3,00	71,43	69,20	2,91	0,09	2,23

Tabel 10.1 Voedertoerental vergelijking

Relatie tussen belastingpercentage en N.

Op de wacht wordt het voedertoerental in % aangegeven. Dat wil zeggen het percentage van de maximale belasting van de voeder. Bij volle belasting draait de voeder 4,2 omw/min. Dan is dus de relatie tussen het belastingpercentage en N:

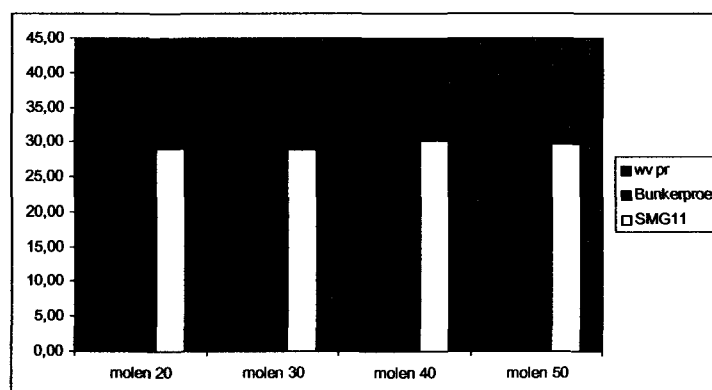
$$100\% / 4.2 \text{ omw/min} = 23,8095$$

§ 10.4.2.3 Bunkerproef

Het kolendebiet is per molen terug te herleiden met het warmtevraagprogramma en te meten met de SMG 11. Om een extra meting te krijgen is de bunkerproef bij molen 20 t/m 40 uitgevoerd.

Bij beide metingen is het resultaat gelijk, en dat is dat de SMG waarde bij elke meting aan de lage kant is.

Aan de hand van de resultaten van deze proef hebben we de leverancier aangeschreven om hem om een reactie te vragen. Na overleg wijdt hij dit verschil ook aan de meetplaats waarop de monster genomen wordt.



Grafiek 10.1 Verschil in kolendebiet



§ 10.5 Clean airline meting

Uit de clean airline meting bleek dat vooral molen 10, 40 en 50 te laag liggen. Hierop hebben we besloten 10 gaten van de troathring af te blinden bij molen 10, dit om te kijken of de clean airline dan beter bij de norm komt te liggen. Er is hierbij voor molen 10 gekozen omdat deze van de drie molens de meeste doorval had. Na dit uitgevoerd te hebben is de clean airline nogmaals opgenomen, en hierbij lag de clean airline bij de norm.

11. Fase IV – Onderzoek naar mogelijke verbeteringen

§ 11.1 De classifier

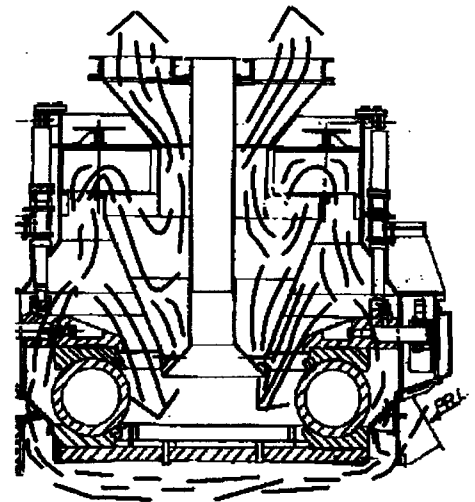
De classifier is (zoals te lezen is in hoofdstuk §6.2.3) een afscheider. Deze bepaalt de maalfijnheid van de poederkool naar de branders. De grootte hiervan is mede bepalend voor het onverbrand in de vlieggas. Er is hierbij contact gelegd met de firma Southwestern Corporation uit Engeland. Deze bieden High Performance Classifier (HPC) aan. Ik heb onderzocht of de High Performance Classifier een verbetering opleveren ten aanzien van de huidige classifier.

§ 11.1.1 Huidige classifier

De classifier dient als tweede afscheiding van de grove met de fijne deeltjes. De primaire lucht wordt onder de maaltafel verdeeld over de troathring. Daar wordt de poederkool met de lucht mee omhoog getransporteerd, en vind de eerste afscheiding plaats. De grove deeltjes vallen terug op de maaltafel en de rest gaat met de primaire lucht mee naar de zeefkleppen de classifier in. Hier vind de tweede afscheiding plaats. De grove deeltjes komen tegen het schuine gedeelte aan, en vallen via de rok weer terug op de maaltafel. De fijne deeltjes gaan met de primaire lucht mee omhoog naar de poederkoolleidingen.

De huidige classifier zijn volgens Southwestern ontworpen op:

- $< 75 \mu\text{m} = 60 \%$,
- $> 75 \mu\text{m} = 40 \%$,
- $> 150 \mu\text{m} = 15 \%$,
- $> 300 \mu\text{m} = 2 \%$.



Figuur 11.1 Luchtstroom classifier

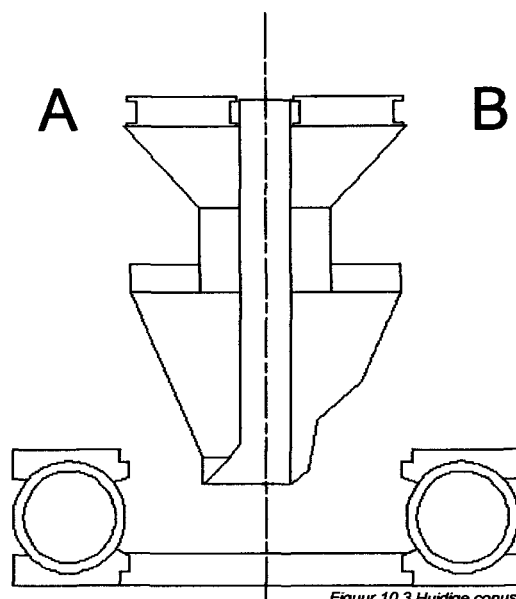
De huidige maalfijnheid van de molens zijn in kaart gebracht in fase II. Toen zijn alle molens minstens drie maal gemeten. Hierbij viel op dat de molens van CG13 een stuk beter presteren dan de referentie die Southwestern opgeeft van de standaard E-10 molens (zie bijlage 4).

§ 11.1.2 Classifieer met nieuwe conus

De molens 20 & 30 hebben beiden onderaan de classifieer een nieuwe conus. Dit is een nieuw ontwerp van Babcock. In het bestaande ontwerp (A) met de lamellen op de uitstroomopening staat altijd een laag kolen onderin de classifieer. Bij het nieuwe ontwerp (B) zorgt slechts juist voldoende grove poederkool om de kortsluitstroom te voorkomen. Hierdoor wordt de cycloonwerking van de conus over de maximale lengte benut.



Figuur 10.2 Huidige conus



Figuur 10.3 Huidige conus(A) en aangepaste conus (B)

Van het vernieuwde conus ontwerp van Babcock wordt verwacht de maalfijnheid te verbeteren naar:

- $< 75 \mu\text{m} = 74,0 \%$,
- $> 75 \mu\text{m} = 26,0 \%$,
- $> 150 \mu\text{m} = 5,3 \%$,
- $> 300 \mu\text{m} = 0,45 \%$.

(Bij molencapaciteit van 33 t/h en een HGI van 62)

Deze verwachting wordt door een onafhankelijk rapport van Kema niet geheel ondersteund, zij verwachten wel een verbetering van de maalfijnheid te krijgen, maar echter minder dan de opgegeven cijfers van Babcock.

Er zijn bij wijze van proef in molen 20 en in molen 30 deze nieuwe modellen conussen geplaatst om te kijken of dit een goed resultaat geeft.

§ 11.1.2.1 Resultaten nieuwe conus

Uit de metingen die verricht zijn op molen 20 & 30, komt geen eenduidig resultaat. Molen 20 heeft namelijk een zeer goede maalfijnheid terwijl molen 30 (die het nieuwste binnenwerk heeft) slechte maalcijfers heeft. Het blijft echter de vraag hoe betrouwbaar de maalcijfers zijn, omdat de monsternamapunten direct achter een bocht zitten.

Het blijkt wel dat de nieuwe conus zeer instabiel is m.b.t. kolenhoogte in de conus (deze dient kortsluitstroom voorkomen). Uit metingen in het verleden blijkt dat bij verschillende kolenblends, de kolenhoogte in de conus varieert. De Δp over de molen bevestigt dit. Dat houdt in dat de conus soms vol staat met kolen, dit zorgt voor een slechte afscheiding, omdat het afscheidingstraject kleiner wordt. Met een andere kolenblend kan hij ook weer leeg staan, dit zorgt dan weer voor een kortsluitstroom, ook dit zorgt voor een slechte afscheiding.

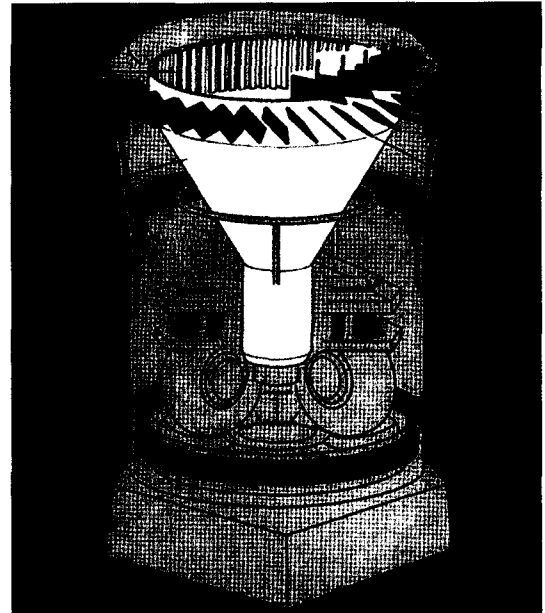


§ 11.1.3 Nieuwe hoog prestatie classifiërs (Southwestern Corporation)

CG heeft contact gelegd met de firma Southwestern corporation te Engeland. Deze firma is leverancier van het type Mk5 classifiër. Voor de aanschaf van de high performance classifiër (ook wel HPC genoemd) is een investering van € 750.000,- nodig.

Het grote verschil zit hem vooral in het verlengde gedeelte (mill top extension):

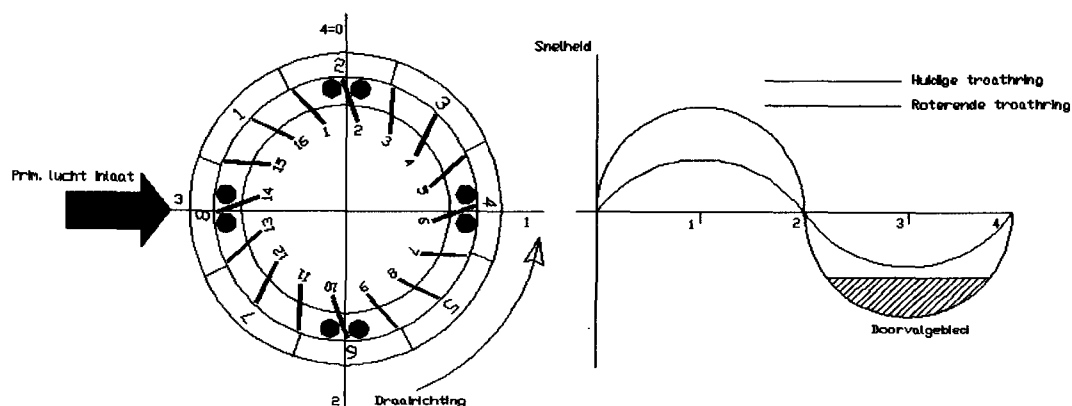
- Vergroot het volume van het huis, hierdoor is het afscheidingseffect van zowel de eerste als de tweede afscheiding groter,
- Hierdoor kan een cycloon afscheider sectie geïnstalleerd worden, hieronder valt:
 - Spin initiator: controleert de lucht stroom in het bovenhuis van de molen, waardoor de efficiëntie van de zeefkleppen vergroot wordt. Door een gelijkmatige intrede van het kolen/lucht mengsel krijgt men een betere afscheiding,
 - Enhanced classifier blades: de zeefkleppen waarvan de vorm van de kleppen beter gevormd zijn. Ook zijn ze groter dan de standaard zeefkleppen, en lopen ze voor een deel de classifiër in. Het aantal zeefkleppen is ook verdubbeld van 16 naar 32. Dit ter verbetering van de kolen/lucht mengsel stroom. Door de vergroting wordt een betere draaikolk in de classifiër verkregen,
 - Verticale afscheider strips: Op het bovenste deel van de afscheider zijn verticaal strips geplaatst, om de snelheid te verlagen, en de grote kooldeeltjes die tegen de zijkant aangeslingerd worden naar onder, terug naar de maaltafel te transporteren.



Figuur 10.4 HPC

Roterende classifiër

Ook wordt er dan een roterende i.p.v. vaste classifiër geïnstalleerd. Een roterende classifiër zorgt ervoor dat de lucht beter verdeeld zal worden over de molen. In figuur 10.5 is met de sinus de snelheidsverhoging in de troathring weergegeven. Op punt 1 (overzijde primaire lucht inlaat) is de snelheid het hoogste, en op punt 3 (inlaat primaire lucht) is de snelheid het laagste. Door de roterende beweging van de ring zal de snelheid beter verdeeld worden. Hierdoor zal de doorval verminderen (zoveel dat het gehele rejectstelsel overbodig wordt). Verder heeft door een lagere voordruk, en dus een lager krachtverbruik, de primaire luchtventilator minder vermogen nodig.



Figuur 10.5 Snelheidsomzetting van roterende classifiër



Overige voordelen HPC:

- geen verdere wijzigingen in installatie nodig.
- betere scheidingskarakteristiek op deeltjesgrootte.
- relatief geringe investering.
- uit te voeren tijdens revisie van een molen (eventueel eerst één molen, waarna effect gemeten kan worden).
- Zeefkleppen tijdens gebruik van buitenaf verstelbaar.
- geen nieuwe primaire lucht & spierlucht ventilator.
- geen toename energieverbruik.

Nadelen:

- door meer terugvoer van oversized zal maalcapaciteit molens mogelijk afnemen.
- bied geen verbetering voor probleempunt van de hoge onderhoudskosten/ lage betrouwbaarheid.

De maalfijnheid

Van de maalfijnheid van de nieuwe classifier heeft Southwestern, de verbetering van een vergelijkbare situatie, in een andere centrale te Didcot Engeland (Powergen) opgegeven. Hier staan 64 Babcock E 10 molens, waarbij alle classifiers zijn omgebouwd met de HPC. De prestatie van de molens waren eerst zoals bij 9.1 is opgegeven. Nadat Southwestern hun high performance classifier had geïnstalleerd op een van de molens werd de maalfijnheid verbeterd tot:

- $< 75 \mu\text{m} = 77 \%$.
- $> 75 \mu\text{m} = 23 \%$.
- $> 150 \mu\text{m} = 5 \%$.
- $> 300 \mu\text{m} = 0.2 \%$.

Uit deze metingen tussen 01-02-2004 t/m 29-03-2004 bleek echter al snel dat de molens die bij CG staan een vele betere maalfijnheid hebben dan de gegeven maalfijnheid die Southwestern van de originele Babcock E10 molens hanteert. Ook bleek dat molen 20 beter presteert dan de lijn die Southwestern als referentie opgeeft voor de high performance classifier. Ook molen 40 en molen 60 liggen bijna gelijk. En dat terwijl de aangegeven referentie van Southwestern waarschijnlijk uitgaat van de meest optimale bedrijfsomstandigheden.

Daarom zijn de prestaties van de molens binnen CG naar Southwestern toegestuurd, deze zijn daar geëvalueerd, en daaruit kwam toen met de referentielijn (zie bijlage 5). De referentielijn garandeert Southwestern te halen als ze bij CG hun High Performance classifier installeren.

Het lijkt een behoorlijke verbetering, maar de lijn die Southwestern opgeeft van CG is een gemiddelde lijn. Hier worden dus ook de molens in meegenomen die nu zeer slecht presteren. En waarschijnlijk wordt bij hun referentielijn uitgegaan van de meest optimale bedrijfsomstandigheden. Hierop zijn de mensen van Southwestern uitgenodigd om deze problemen te bespreken.

In dit gesprek deed Southwestern een aanbod om één molen bij CG bij wijze van proef om te bouwen, om te kijken wat de verbetering werkelijk is.

Het blijft echter zeer moeilijk de verwachte verbetering vast te stellen, omdat ook Southwestern zelf aangeeft dat maalfijnheidmetingen vaak met een grote onnauwkeurigheid kampen.

Ook andere parameters, zoals massaflow kolen en lucht zijn moeilijk eenduidig vast te stellen.

Southwestern zegt tot op heden dit probleem aangepakt te hebben door alle parameters van de molen voor en na de proef vast te stellen, en uit het totaalbeeld de verbetering vast te stellen.

Voorwaarde is dan eigenlijk wel, dat dit op een molen uitgevoerd wordt, welke nu ook goed functioneert, en waaraan alleen de classifier ombouw plaatsvindt, en de rest van de molen gelijk blijft.

Dit omdat dan pas de absolute verbetering vastgesteld kan worden.

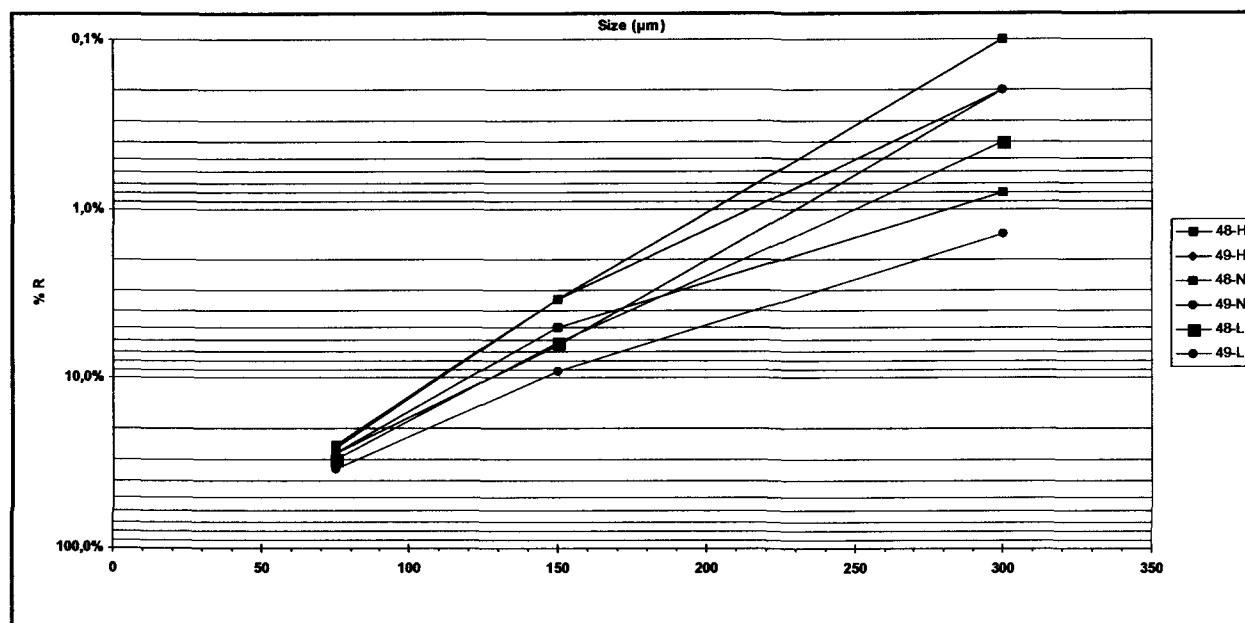
Ook geeft Southwestern aan in dit gesprek, dat de opgegeven referentielijn de minimale gegarandeerde verbetering is. De verbetering valt vaak ook hoger uit dan de referentielijn.



§ 11.2 Bedrijfsvoering aanpassen

Verder is onderzocht of het mogelijk is om door het aanpassen van de huidige bedrijfsvoering de maalfijnheid te verhogen. Dit is gedaan door middel van de primaire lucht hoeveelheid aan te passen (zie §7.6 primaire lucht variatie proef).

De maalfijnheid blijkt bij een hogere instelling van de primaire lucht behoorlijk te verbeteren.



Grafiek 11.1 Verbetering met maalcijfers bij andere aandeelinstelling

Als de instelling van de primaire lucht verhoogd wordt, neemt de maalfijnheid toe. Dit komt omdat de snelheid in de classifier verhoogd wordt. Hierdoor krijg je een verbeterde afscheiding in de classifier. Deze proef is uitgevoerd op molen 30 & 40. Bij beiden leek het beter om het luchtdebiet te verhogen.

12. Conclusie en aanbevelingen

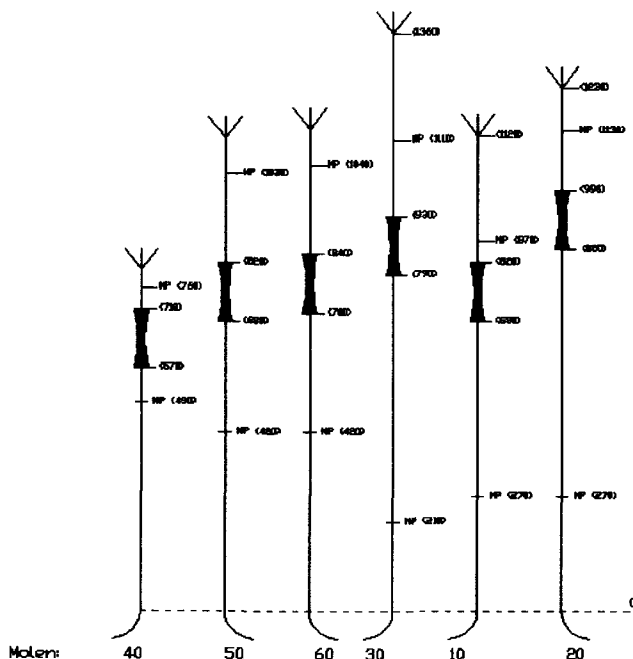
§ 12.1 De monstername

Over de huidige manier van monstername zijn nog wat onduidelijkheden. Aan de kant van branderlagen 10,20 & 30 wordt nu direct na een bocht gemonsterd. De maalcijfers en gemeten kolendebiet zijn bij deze molens ook zeer twijfelachtig. Het kolendebiet dat vooral bij deze molens gemeten wordt wijkt behoorlijk af van het kolendebiet uit het warmtevraagprogramma. Doordat het monsternameapparaat bij deze molens het kolendebiet soms wel 25% afwijking heeft, is het ook zeer de vraag hoe representatief de maalcijfers zijn. Als het kolendebiet te laag is, betekent dat ook dat het monster niet isokinetisch genomen wordt. Hierdoor zuigt de sonde het monster dus niet met dezelfde snelheid af als de werkelijke snelheid in de poederkoolleiding.

Verder blijkt uit gespreken met diverse firma's dat het met de huidige apparatuur niet in staat is betrouwbare maalcijfers te produceren. Er zijn meerdere manieren voor het nemen van de maalfijnheid, waarvan de SMG 11 de nieuwste en meest ontwikkelde is. Maar de maalcijfers zijn meer een indicatie van de performance dan absolute maalcijfers.

§ 12.1.1 Monsternamepunten verplaatsen

Het monsternamepunt bij molen 10,20 en 30 zitten momenteel te dicht op de bocht. Hierdoor worden de resultaten onbetrouwbaar.



Figuur 12.1 Leidingoverzicht

Om de meest betrouwbare resultaten te verkrijgen, dient volgens de ISO tien maal de diameter van de leiding achter een appendage gemeten te worden. Dit is echter niet mogelijk. De meest betrouwbare plaats hier is net voor de venturi (dient om de kolenstroom redelijk gelijk de splitters in te laten gaan). Hier is echter nu nog geen bordes aanwezig. Het lijkt verstandig de monsternamepunten, bij molens 10, 20 en 30 een bordes hoger te plaatsen. Hierdoor komen ze gelijk met 40,50 en 60. Daarna kunnen de resultaten vergeleken worden met de huidige. Mocht dit veel verschil maken, kun er nog altijd bekeken worden of het mogelijk is de meetpunten net onder de venturi te monteren.

§ 12.1.2 Dataverzameling Pi verbeteren

Sinds enige tijd maken ze binnen CG gebruik van een proces informatie systeem (Pi), met dit systeem is het mogelijk om procesgegevens op te vragen. Het is belangrijk dat de maalcijfers op een correcte manier hierin opgenomen worden. In het verleden genomen maalcijfers zijn wel aanwezig, maar deze zijn zonder de bijbehorende procesgegevens onbruikbaar. Het is van belang dat de maalcijfers op de juiste manier door de laboratoriummedewerkers in Pi worden gevoerd. Van belang zijn dat de juiste tijd en datum per molen erbij worden vermeld. Zo kunnen mijn opvolgers de maalcijfers met bijbehorende procesgegevens terughalen.



§ 12.1.3 Het uitzeven van de monsters

Het zeven van de monsters gebeurt met drie zeven:

- 300 µm,
- 150 µm,
- 75 µm.

Aan te raden is, dat aantal te verhogen naar vijf. CG zou dit aantal vergroten naar vijf. Hierdoor haal je onbetrouwbare waarden er sneller uit dan met drie zeven. Verder is het aan te raden de hoeveelheid monster dat uitgezeefd wordt van 50 gr. te vergroten naar 100 gr. Hierdoor neemt de meetfout ook af.

§ 12.2 Aanbevelingen betreft de classifieer

Het onderzoek naar de aanschaf van de nieuwe HPC van de firma Southwestern is nog niet geheel afgerond. Na aanleiding van een bezoek aan meerdere centrales in Engeland waar Southwestern 64 molens heeft omgebouwd, is het wel met zekerheid te zeggen dat de maalfijnheidsverbetering gehaald wordt.

Er is nu een onderzoek door CG in gang gezet om de baten duidelijk te krijgen. Het is raadzaam om met Southwestern een garantie op die vliegverbetering af te spreken i.p.v. maalfijnheidsverbetering. Op het vliegverbetering percentage kan een duidelijke kosten baten analyse gemaakt worden. Door het wegvallen van het rejectstelsel zal de storingsfrequentie aan de molens ook behoorlijk afnemen. Als er meer zekerheid over de baten is, kan daarmee een verantwoorde economische keuze gemaakt worden.

Als er gekozen wordt om door te gaan met de proef is molen 60 de beste keus voor de ombouw. Deze molen presteert nu al naar verwachting, en hier is het mogelijk om alleen de huidige classifieer om te ruilen met de HPC en de verdere molen precies te laten zoals hij is. Om de verbetering door de HPC vast te stellen is het belangrijk dat er ten tijde van de ombouw, geen verdere parameters die van invloed zijn op de maalfijnheid gewijzigd worden. Als er daarna nogmaals de maalfijnheid gemeten wordt kan de absolute verbetering vastgesteld worden.

In de laatste week van mijn afstudeerperiode hebben we nog twee maal maalfijnheidsmonsters genomen. Tegelijk zijn er monsters genomen van de vlieg om de relatie tussen de maalfijnheid en het onverbrand vast te stellen. Dit gebeurt door Laborolec (adviesbureau). Om de absolute maalfijnheidsverbetering voor en na de ombouw vast te stellen is het goed om net voor en na de ombouw een maalfijnheidsproef uit te voeren met één zogenoemde pure kool. Dit is in tegenstelling tot wat meestal bij CG verstoekt wordt, dus geen blend.

Met de HPC wordt ook een roterende troathring geleverd, deze lost waarschijnlijk het probleem van een ongelijke verdeling van de primaire lucht op. Hierdoor zal de doorval zoveel afnemen, dat het rejectstelsel niet langer nodig is.



§ 12.3 Aanbevelingen bij voortgang huidige classifieer

§ 12.3.1 Conus molen 20 & 30

Het is niet raadzaam voorlopig met het nieuwe ontwerp conus dat bij wijze van proef op molen 20 & 30 zit door te gaan. Molen 20 en 30 presteren respectievelijk erg goed en erg slecht met de conus. Er is geen eenduidig beeld. Het is wel interessant om dit nogmaals te bekijken als de meetpunten aan de zijde van molen 10, 20 en 30 hoger zitten.

Tijdens de metingen zijn er geen absolute verbetering vast te stellen. Dit komt doordat de maalcijfers voor de montage van de nieuwe conus niet bekend zijn.

De nieuwe conus is zeer instabiel m.b.t. kolenhoogte in de conus. Tijdens het onderzoek heb ik dus geen redenen gevonden om door te gaan met de conus.

§ 12.3.2 Ring uit molen 10 halen

De ring die boven op de classifieer van molen 10 is geïnstalleerd, heeft nooit de verwachte verbetering kunnen realiseren. De ring heeft zelf een negatieve uitwerking op de prestaties van de molen gehad. Van deze proef kan dus met zekerheid gesteld worden dat die niet tot de verwachte verbetering heeft geleid. Bij een eerstvolgende revisie aan molen 10 is het dan ook zeer raadzaam deze te verwijderen.

§ 12.3.3 Zeefkleppen stand

De zeefkleppen van de opgenomen molens variëren behoorlijk. Ook blijkt bij sommige molens een behoorlijke slijtage aan de zeefkleppen te zijn. Bij elke volgende revisie waarbij de kap van de molens 10, 20 en 30 wordt gedemonteerd dienen de zeefkleppen opnieuw gereviseerd en correct afgesteld te worden. Dit dient met aandacht te gebeuren, omdat één graad verschil al enkele centimeters verschil maakt. Molen 60 lijkt op dit moment de enige molen waar de kleppen redelijk afgesteld zijn.

§ 12.3.4 Troathring inblaasrichting

In alle zes de molens zitten de huidige troathringen verkeerd gemonteerd. Dit blijkt uit de correspondentie met de leverancier uit Denemarken en uit meetresultaten uit het verleden. De inblaasrichting dient gelijk te zijn aan de stand van de zeefkleppen. Hierdoor krijgt de lucht al een draairichting gelijk aan de stand van de zeefkleppen. Hierdoor wordt een betere luchtstroom verkregen.

§ 12.3.5 Bedrijfsvoering

Van de huidige bedrijfsvoering kan na aanleiding van de primaire luchtvariatie proeven gesteld worden dat dit niet de optimale is. Een hogere aandeelinstelling is dan ook zeer aan te raden. Hierdoor zal het luchtdebiet en de snelheid in de classifieer zal dan toenemen. Dit komt ten gunste van de afscheiding. Dit zal de maalcijfers behoorlijk doen verbeteren.

§ 12.3.6 Kolendebietcontrole in PI

Het is aan te raden om het werkelijke kolendebiet van de voeders te monitoren in PI. Dit kan gedaan worden door de volgende parameters te registreren:

- tijd bunkerwagen boven bunker 1 t/m 6 in combinatie met de hoeveelheid over de weegband, hierdoor is het aantal ton per bunker bekend,
- voedertoerental met de tijd (voedertoeren-uren).

Als deze beide door elkaar gedeeld worden (de hoeveelheid gedeeld door de tijd) wordt het tonnage per voedertoeren-uur bekend. Deze factor zal rond de 0,14 ton per voedertoeren-uur moeten liggen. Dit kan vervolgens nog vermenigvuldigd worden met het momentane voedertoerental om het huidige kolendebiet te verkrijgen.



Bronvermelding

Gebruikte literatuur

- J.Oudehand e.a., Toegepaste Energietechniek (Academic Service Schoonhoven 1998)
- S.C. Stultz, Steam its generation and use (Babcock & Wilcox 1992)
- J.P.J. Mens, Productieprocessen B, procestechniek in praktijk gebracht (Stichting Bepro 1998)

Naast deze bovenstaande literatuur heb ik veel gebruik gemaakt van diverse rapporten die in het beheer zijn van het archief van CG.

Internet

- <http://www.babcock.com>
- <http://www.southwesterncorp.com>
- <http://www.sagmilling.com>
- <http://ptctech.tripod.com>
- <http://www.m-w.dk>
- <http://www.kema.com/nl>
- <http://www.electrabel.nl>
- <http://www.electrabel.com>
- <http://www.alsthom.com>



Bijlagen

1. Planning afstuderen
2. Weekoverzicht
3. Overzicht PI
4. Rosin & Ramler diagram van gemiddelden maalfijnheid
5. Grafieken
6. Referentielijn Soutwestern
7. Clean air line meting
8. Beoordeling afstudeeropdracht door het bedrijf

BIJLAGE 1 - Planning afstuderen

Hogeschool
van Utrecht[illegible]

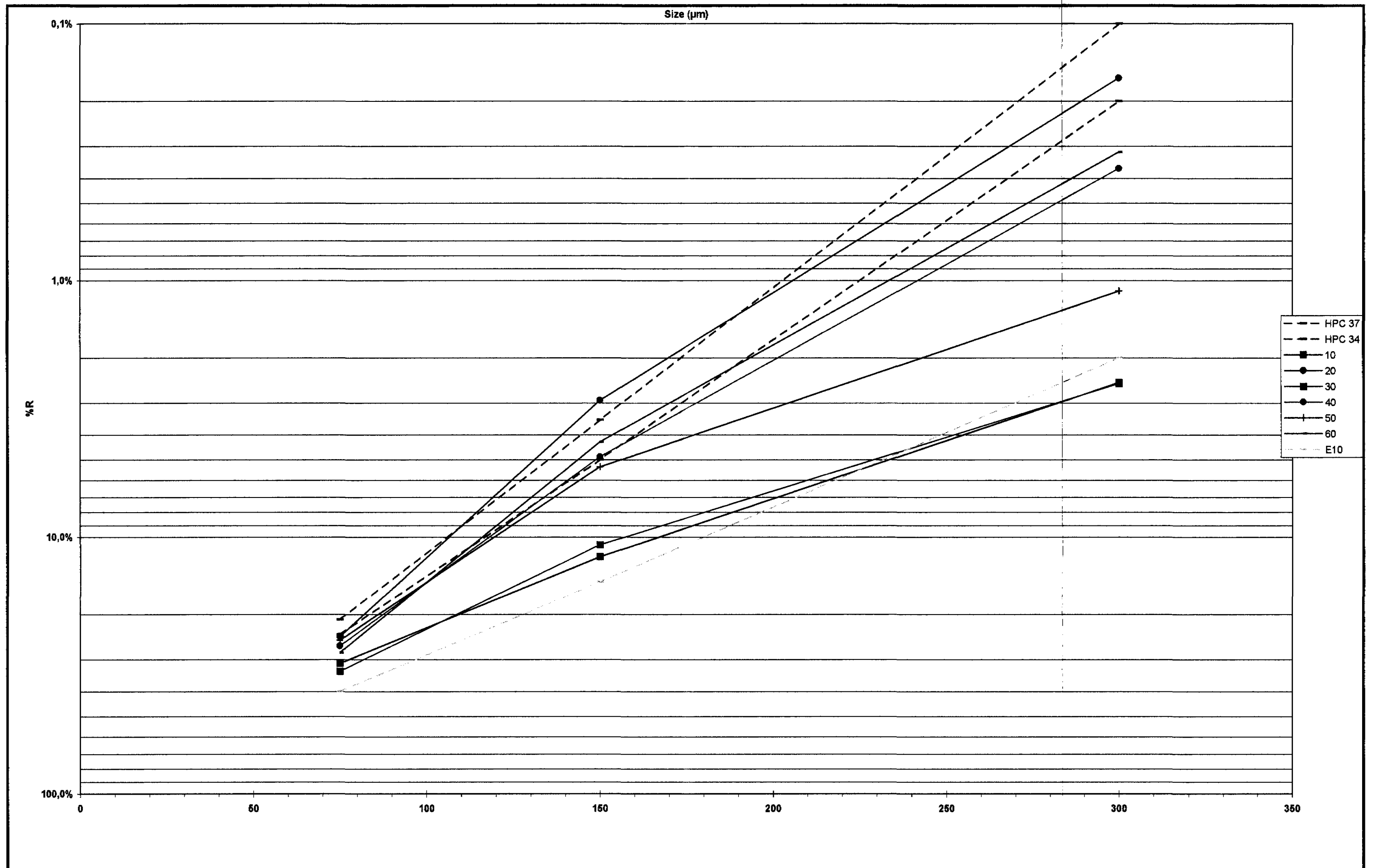


BIJLAGE 2 - Weekoverzicht

	Kalender-week:	Taak:		Kalender-week:	Taak:
Week 1	6	Kennismaken Informatie vergaren Nieuwe opdracht schrijven Plan van aanpak opstellen	Week 9	14	Maalfijnheidmeting molen 10 20 30 Maalfijnheidmeting uitgewerkt Overzichtsprogramma aangepast Overleg leverancier monsternameperaart Overleg over molens met ing.bureau Electrabel Proef primaire luchthoeveelheid - monstername gedaan Correspondentie Southwestern over geringe prestatieverhoging HPC
Week 2	7	Planning maken Probleemomschrijving opstellen Meetfactoren bepalen Kolen	Week 10	15	Proef werkelijke kolentoevoer (bunkerproef) uitgevoerd & uitgewerkt Bepaling afdichtingslucht hoeveelheid De door Southwestern gegarandeerde referentielijn nakijken Verslag aanpassen
Week 3	8	Proces kolenmolensstraat omschrijven Kolen omschreven, ontstaan kolen, kolen handeling CG Problemen productieproces Conus bekeken Classificer bekeken Nacht gewerkt aan molen om in het echt te zien	Week 11	16	Bunkerproef op molen 40 en 50 Interview voor personeelsblad Onderzoek inblaasrichtingen troatring Onderzoek naar verschil tussen paneel & SMG aanwijzing Plucht
Week 4	9	Carnaval	Week 12	17	Stand vertrim kleppen t.o.v. primaire lucht inlaat Uitwerking bunkerproef molen 40 en 50 Logboek SMG maken Primaire luchtvariatie proef molen 40 Branderlagen molen 40 Bespreking Southwestern over prestatiecurve
Week 5	10	Cursus kolengestookte energiecentrales van Vapro gemaakt Afstrijker voeder bekeken Voedertoerental gecontroleerd Metingen bekeken en voorbereid	Week 13	18	Overzicht van doorsnede poederkoolleidingen gemaakt Maalfijnheidsmeting molen 10 t/m 60 Programma SMG-11 aangepast Vergadering kolenmolengroep & dhr. Verhagen Verwerking maalfijnheidmeting Troatring inblaasrichting bestudeert
Week 6	11	Meting verwerkt Rosin & Ramier grafiek maken Dag meegelopen met monstername Diverse relaties bestudeerd	Week 14	19	Molens meten met hoog luchtdebiet Storing aan SMG trachten te verhelpen Verslag afwerken Vergadering over afronding afstudeerperiode
Week 7	12	Uitlezen van monsternameapparaat geleerd Monsternamegegevens 10-03-2004 uitgewerkt & besproken Clean Airline gegevens besproken Programma monsternameapp.. Geïnstalleerd & geleerd Resultaten besproken met opdrachtgever Maalfijnheidmeting Vergadering over status van de molens	Week 15	20	Verslag afwerken Overleg met leverancier Molens met hoog luchtdebiet meten Molens met normaal debiet meten Meetgegevens verwerken
Week 8	13	Maalfijnheidmeting Monsternamegegevens 18-03 & 22-03 uitgewerkt & besproken Nieuwe clean line gegevens bewerkt Kleppen molen 10 bijgesteld	Week 16	21	Verslag afronden Verslag bespreken Verslag uitpinten & inbinden A4 infoblad maken A3 poster maken

BIJLAGE 3 - Overzicht PI

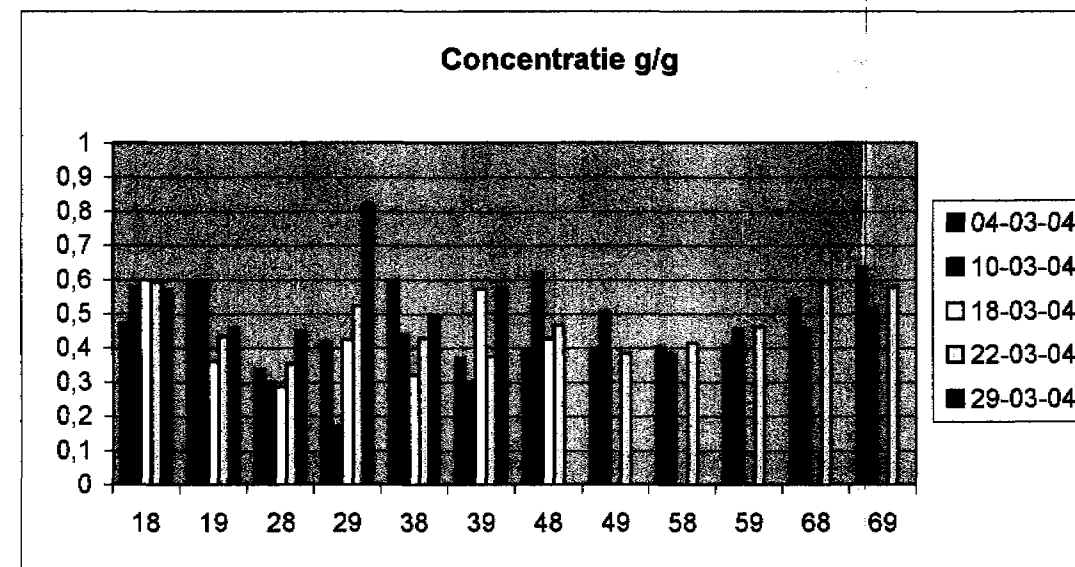
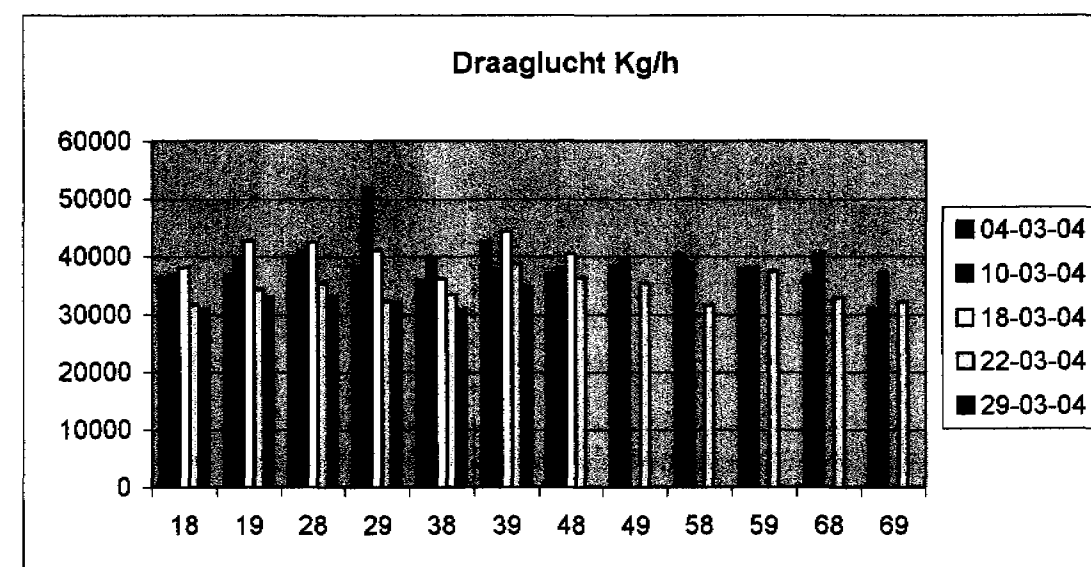
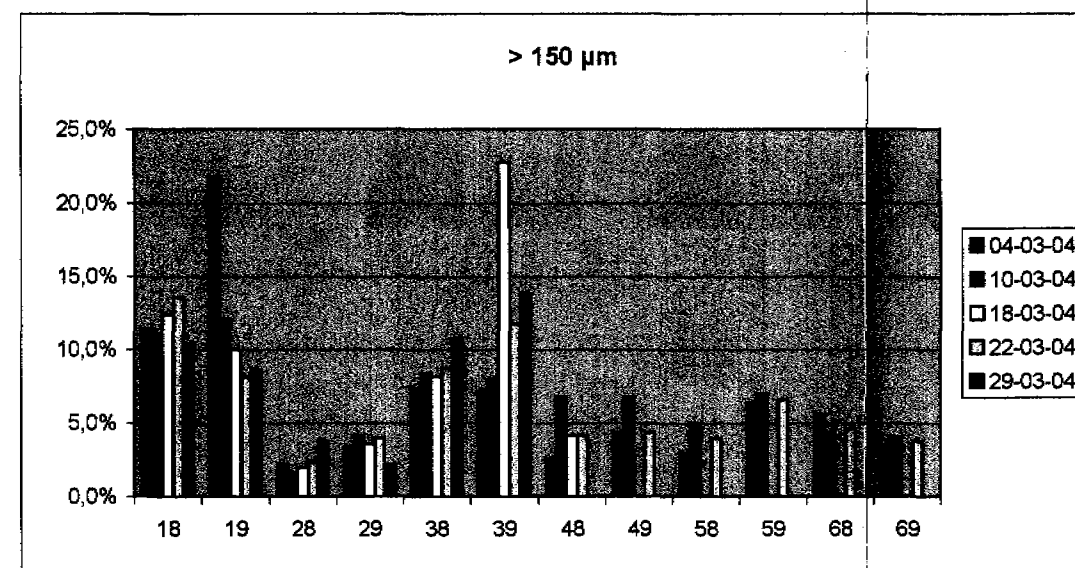
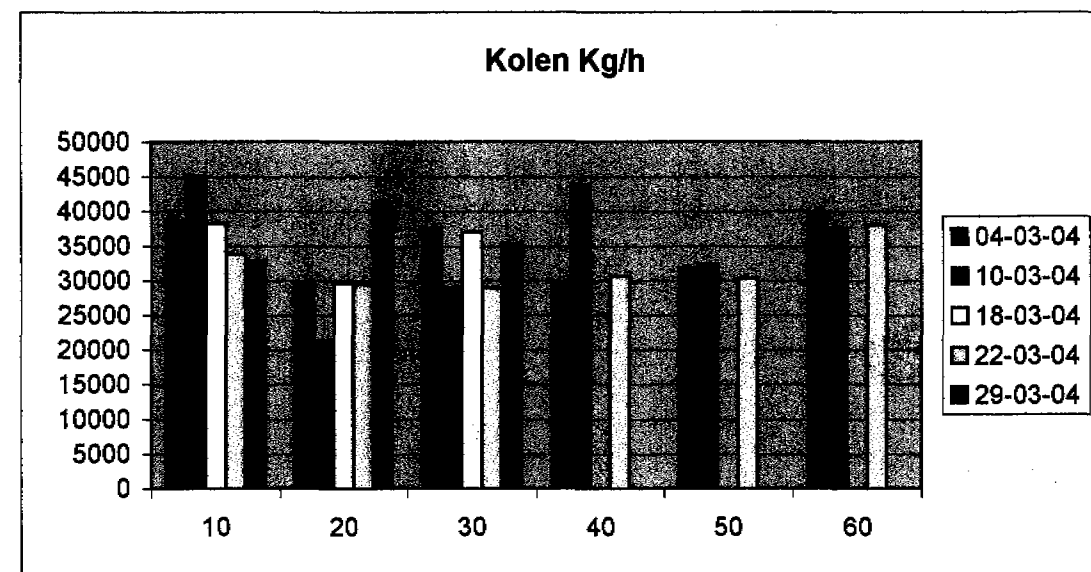
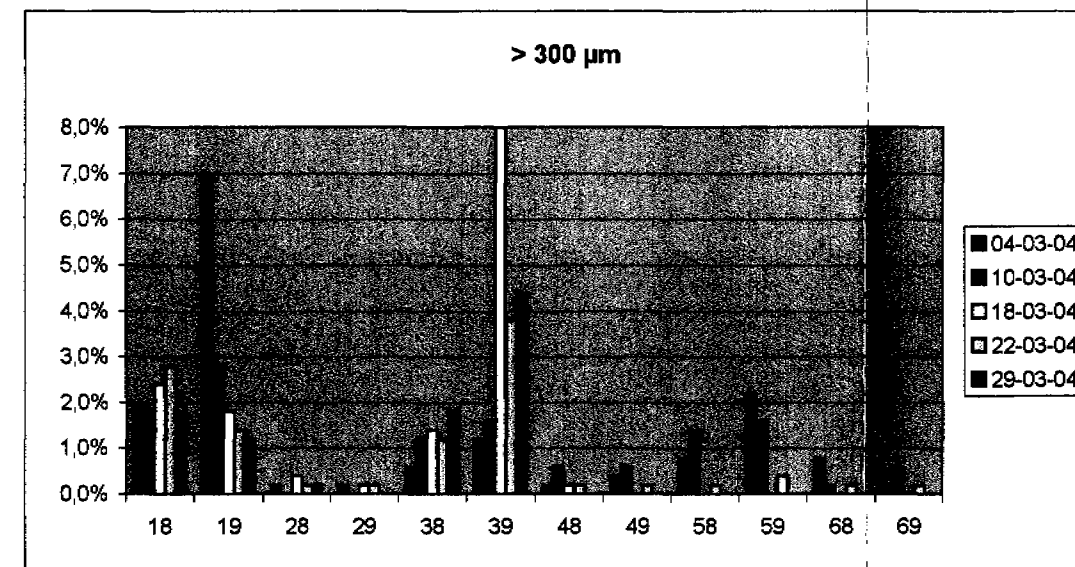
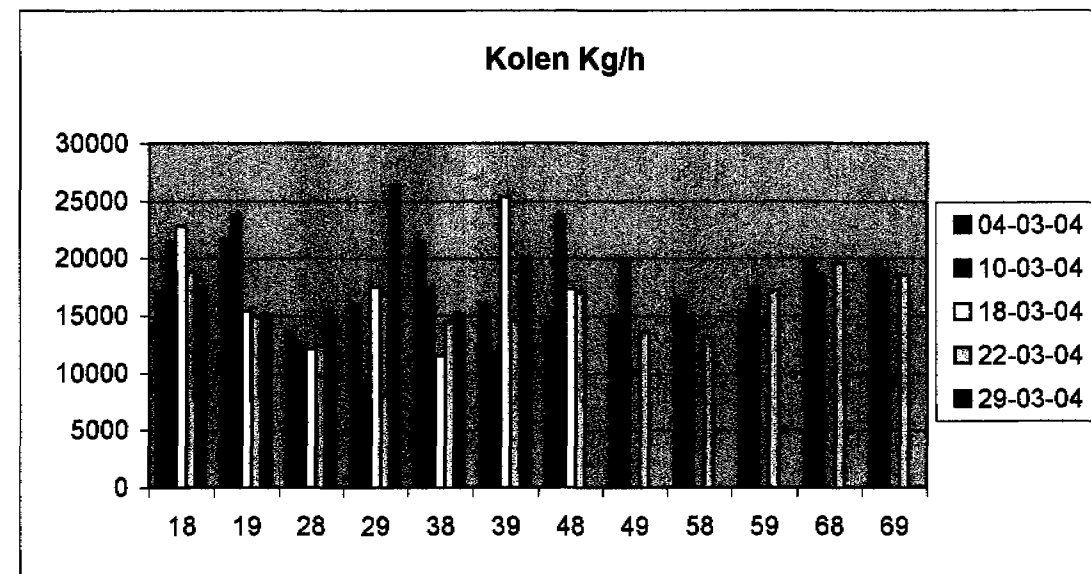
R&R Grafiek Evaluatie Chart 1



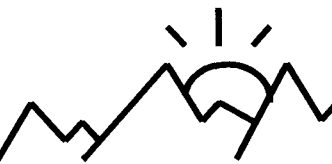


BIJLAGE 4 - Uitwerkingen metingen

- Rosin & Ramler diagram van gemiddelden maalfijnheid.
- Grafieken:
 - Kolenhoeveelheid per pijp
 - Kolenhoeveelheid per molen
 - Draaglucht per pijp
 - Maalfijnheid
 - Concentratie

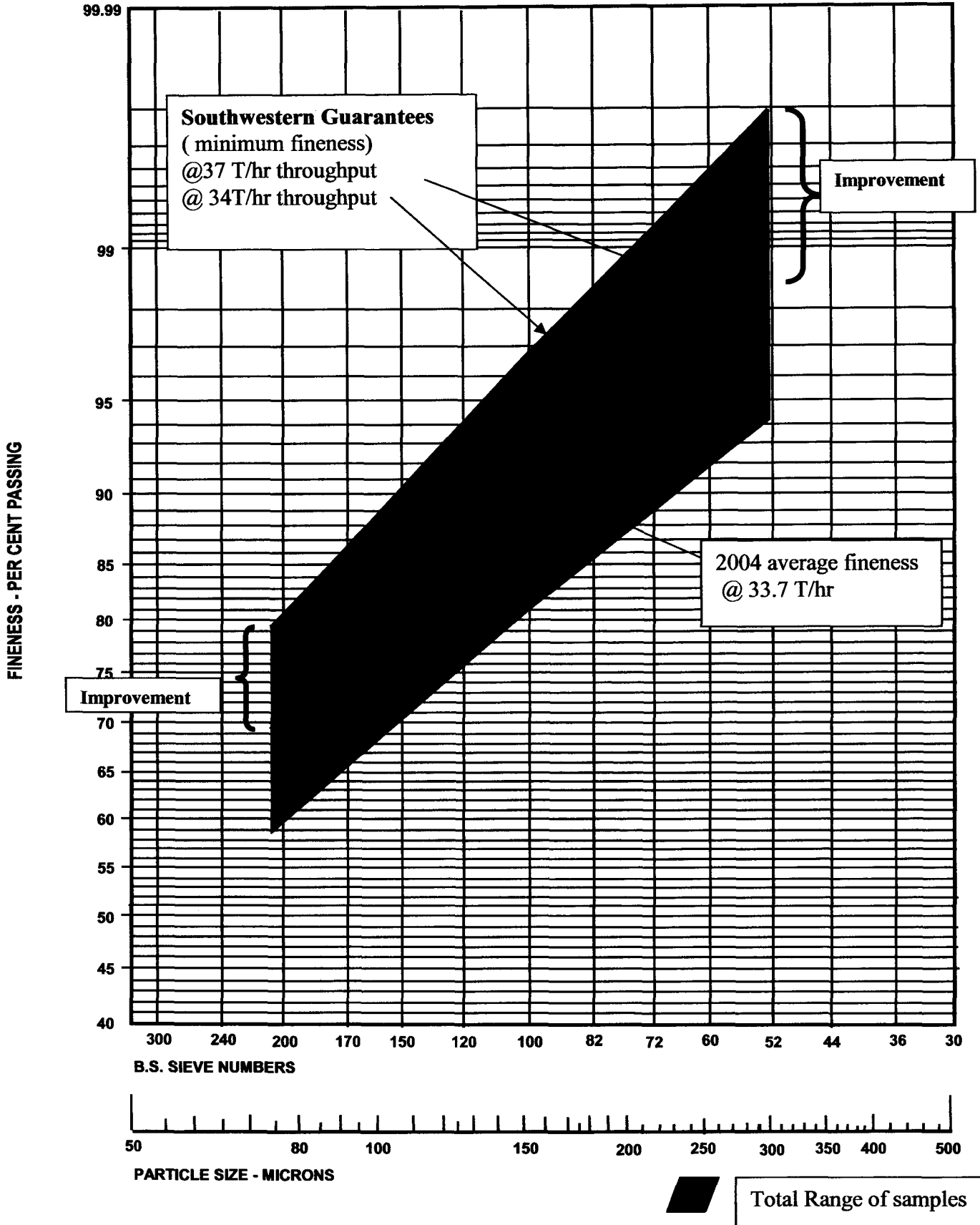


BIJLAGE 5 - Referentie Southwestern



ROSIN & RAMMLER LAW DISTRIBUTION LINE

2004 Nijmegen P.F. Fineness Data & HPC Guarantees



BIJLAGE 6 - Clean air line meting

De clean-air line

MOLEN:		NORM	
Dp molen	Dp priml	Dp molen	Dp priml
mbar	mbar	mbar	mbar
0	0	0	0
15	4	15	4
30	8	30	8

MOLEN:		10		Datum:		13-03-2004		Laagdikte:		200 mm			
Computer					Paneel		Ter plaatse				Afwijking pan/tp		Paneel
Q priml	Dp molen	T prim l. inl	T prim l. uitl	P prim l.v.	Dp priml	Dp molen	Dp priml	Dp molen	Dp priml	Dp molen	Priml	Molen	Dp priml
kg/s	mbar	Cel	Cel	%	%	mbar	mm wk	mm wk	mbar	mbar	%	%	mbar
13,1	11,8	110	98	70	30	12	34	110	3,3	10,8	-1,1	11,2	3,3
15,6	17,8	104	93	76	41	17	38	150	3,7	14,7	21,0	15,5	4,51
18,7	22,4	94	88	86	56	23	64	205	6,3	20,1	-1,9	14,4	6,16
21,6	27,8	88	84	97	72	28	84	255	8,2	25,0	-3,8	11,8	7,82

MOLEN:		20		Datum:		13-03-2004		Laagdikte:		200 mm			
Computer					Paneel		Ter plaatse				Afwijking pan/tp		Paneel
Q priml	Dp molen	T prim l. inl	T prim l. uitl	P prim l.v.	Dp priml	Dp molen	Dp priml	Dp molen	Dp priml	Dp molen	Priml	Molen	Dp priml
kg/s	mbar	Cel	Cel	%	%	mbar	mm wk	mm wk	mbar	mbar	%	%	mbar
13	14,19	95	80	71	28	18	38	148	3,5	14,3	-12,8	11,7	3,08
16,14	21,44	78,8	75,6	78	48	23	50	210	4,9	20,6	7,6	11,6	5,28
19,16	28,94	72,5	73,6	88	55	30	70	300	6,9	28,4	-11,9	1,9	6,05
20,93	34	68,8	70,8	93	64	34	72	340	7,1	33,4	-0,3	1,9	7,04

MOLEN:		30		Datum:		10-03-2004		Laagdikte:		200 mm			
Computer					Paneel		Ter plaatse				Afwijking pan/tp		Paneel
Q priml	Dp molen	T prim l. inl	T prim l. uitl	P prim l.v.	Dp priml	Dp molen	Dp priml	Dp molen	Dp priml	Dp molen	Priml	Molen	Dp priml
kg/s	mbar	Cel	Cel	%	%	mbar	mm wk	mm wk	mbar	mbar	%	%	mbar
11,8	9,8			68	23	10	23	100	2,3	9,8	12,1	1,9	2,53
14,3	13,7			73	31	14	32	142	3,1	13,9	9,8	0,5	3,41
17,5	19,2			81	45	20	47	192	4,6	19,8	7,4	6,2	4,85
20,4	26,4			93	63	27	67	270	6,6	26,5	5,4	1,9	6,93

MOLEN:		40		Datum:		18-03-2004		Laagdikte:		200 mm			
Computer					Paneel		Ter plaatse				Afwijking pan/tp		Paneel
Q priml	Dp molen	T prim l. inl	T prim l. uitl	P prim l.v.	Dp priml	Dp molen	Dp priml	Dp molen	Dp priml	Dp molen	Priml	Molen	Dp priml
kg/s	mbar	Cel	Cel	%	%	mbar	mm wk	mm wk	mbar	mbar	%	%	mbar
12,7	9,84	79,4	81,8	72	25	10	28	98	2,8	9,8	7,8	4,0	2,75
15,9	14,7	77,2	78,4	78	38	16	36	145	3,5	14,2	18,4	12,5	4,19
19	20,2	75,6	77,2	87	55	21	59	203	5,9	19,9	4,5	5,5	6,05
21,7	25,3	72,8	75,2	94	70	27	85	255	8,3	25,0	-7,7	7,9	7,7

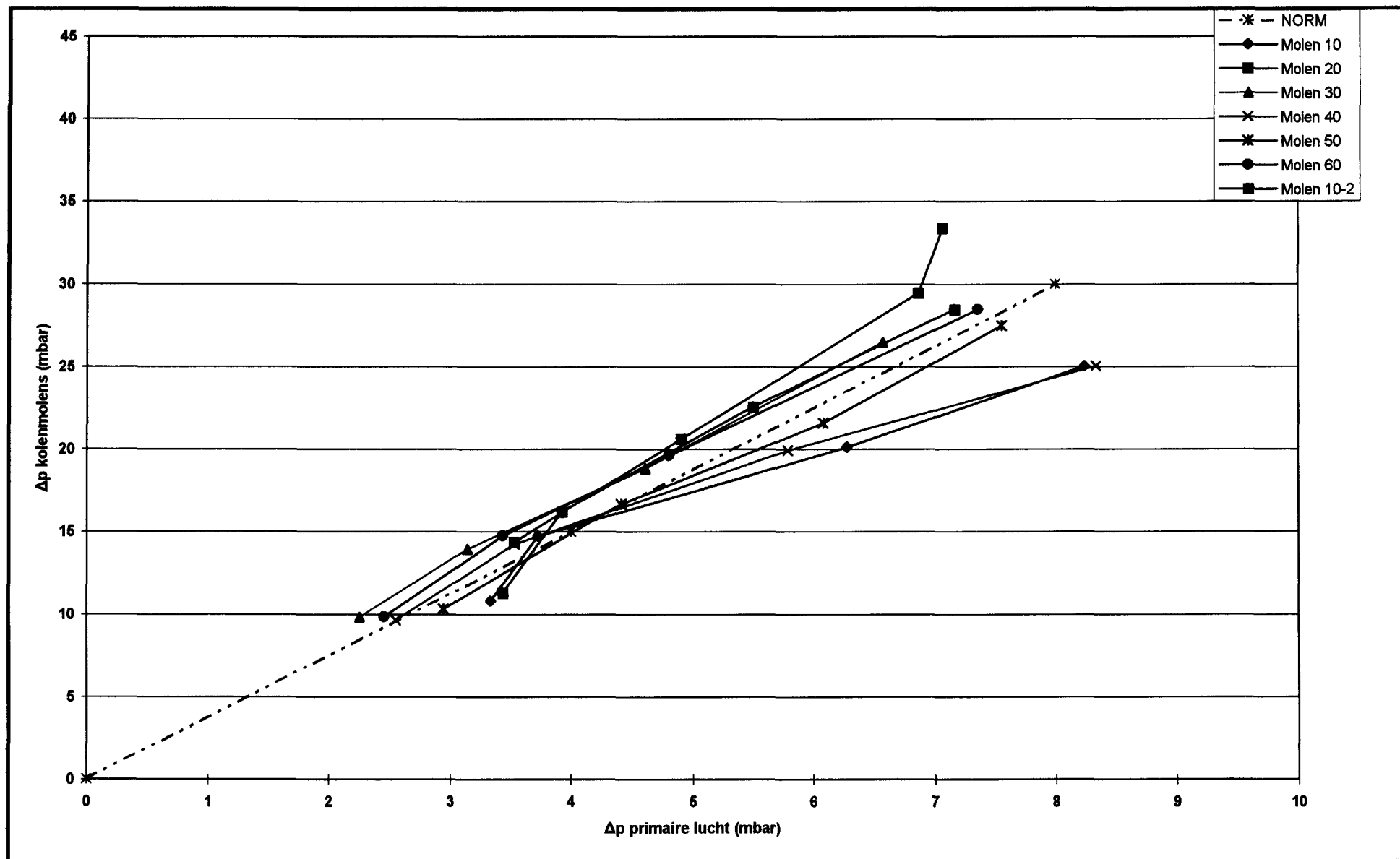
MOLEN:		50		Datum:		12-03-2004		Laagdikte:		200 mm			
Computer					Paneel		Ter plaatse				Afwijking pan/tp		Paneel
Q priml	Dp molen	T prim l. inl	T prim l. uitl	P prim l.v.	Dp priml	Dp molen	Dp priml	Dp molen	Dp priml	Dp molen	Priml	Molen	Dp priml
kg/s	mbar	Cel	Cel	%	%	mbar	mm wk	mm wk	mbar	mbar	%	%	mbar
12,77	11,82	75,9	72	71	28	11	30	105	2,9	10,3	-2,8	6,8	2,68
16,14	17,12	64,7	65,2	79	39	16	45	170	4,4	16,7	-2,8	-4,1	4,28
18,99	22,75	56,4	61,4	86	53	22	62	220	6,1	21,6	-4,1	1,9	5,83
21,81	28,25	57,4	61,4	93	68	27	77	280	7,8	27,5	-1,0	-1,7	7,48

MOLEN:		60		Datum:		11-03-2004		Laagdikte:		200 mm			
Computer					Paneel		Ter plaatse				Afwijking pan/tp		Paneel
Q priml	Dp molen	T prim l. inl	T prim l. uitl	P prim l.v.	Dp priml	Dp molen	Dp priml	Dp molen	Dp priml	Dp molen	Priml	Molen	Dp priml
kg/s	mbar	Cel	Cel	%	%	mbar	mm wk	mm wk	mbar	mbar	%	%	mbar
12,77	10,5	54,1	58,6	71	23	11	25	100	2,5	9,8	3,2	12,1	2,53
15,76	15,31	53,8	58,4	77	35	15	35	150	3,4	14,7	12,1	1,9	3,85
18,73	20,75	52,5	57,2	85	49	21	49	200	4,9	19,6	12,1	7,0	5,38
21,81	30	51,2	56,7	98	72	30	75	280	7,4	28,4	7,6	5,5	7,92

MOLEN:		19 Na afblinden div. gasen				Datum:		22-03-2004		Laagdikte:		200 mm	
Computer					Paneel		Ter plaatse				Afwijking pan/tp		Paneel
Q priml	Dp molen	T prim l. inl	T prim l. uitl	P prim l.v.	Dp priml	Dp molen	Dp priml	Dp molen	Dp priml	Dp molen	Priml	Molen	Dp priml
kg/s	mbar	Cel	Cel	%	%	mbar	mm wk	mm wk	mbar	mbar	%	%	mbar
13,22	11,38	68,2	61,8	72	28	12	35	115	3,4	11,3	-18,7	6,4	2,88
18,29	16,94	64,4	61,1	79	38	18	40	165	3,9	16,2	9,3	11,2	4,28
19,25	24,19	63,8	60,9	89	55	24	56	230	5,5	22,8	10,1	6,4	6,05
21,78	29,69	63,4	60,8	99	71	30	73	280	7,2	28,4	9,1	5,5	7,81

BIJLAGE 7 - Klepstand & troathring verstoppingen

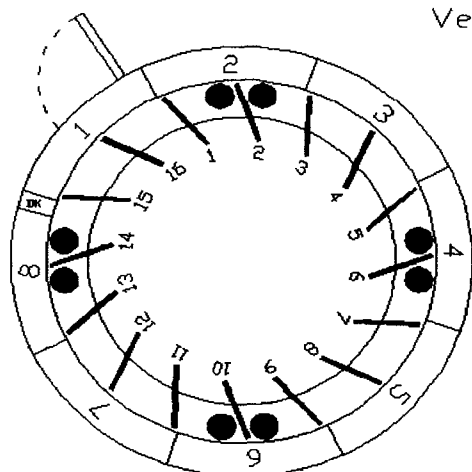
CAL grafiek Chart 1



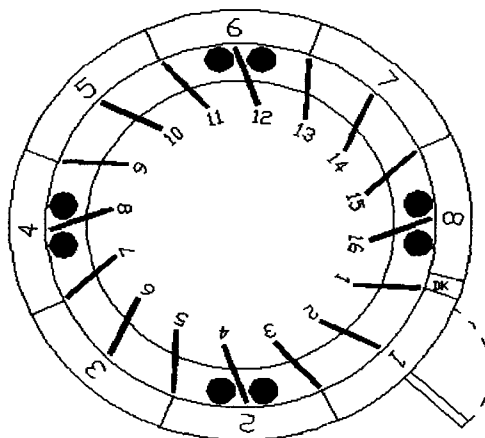


BIJLAGE 8 - Beoordeling afstudeeropdracht door het bedrijf

Ventilatorzijde



Molen 50-60-20



Molen 30-10-40

Molen 50		
Zeeffklep:	Klepstand:	
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
Dichte gaten per segment troatring		
	Dicht	Half Dicht
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Inblaasrichting
Troathring
bij alle molens
Anti clockwise

Draairichting
Clockwise

Molen 30			d.d. 02-04-2003
			Gem = 119,4
Zeeffklep:	Klepstand:		
1			119
2			120
3			122
4			115
5			119
6			115
7			119
8			120
9			118
10			119
11			120
12			120
13			123
14			121
15			122
16			118
Dichte gaten per segment troatring			
	Dicht	Half Dicht	
1	0		
2	0		1
3	3		
4	1		
5	0		
6	1		
7	0		
8	0		

Molen	60	d.d. 30-04-2004
	Gem = 123,7	
Zeeffklep:	Klepstand:	
1	124	
2	122	
3	124	
4	124	
5	124	
6	123	
7	124	
8	125	
9	125	
10	123	
11	124	
12	124	
13	123	
14	122	
15	123	
16	125	
Dichte gaten per segment troating		
	Dicht	Half Dicht
1	4	
2	5	
3	2	
4	2	
5	3	
6	2	
7	7	
8	3	

Molen	10	d.d. 26-03-2004
	Gem = 123,4	
Zeeffklep:	Klepstand:	
1	125	
2	122	
3	124	
4	124	Gemeten met
5	124	Oude meter
6	122	
7	123	
8	127	
9	122	
10	120	
11	120	
12	121	
13	125	
14	126	
15	125	
16	125	
Dichte gaten per segment troating		
	Dicht	Half Dicht
1	1	2
2	2	
3	2	4
4	1	
5	1	
6	2	
7	2	
8	1	

Molen	20	d.d. 10-04-2004
	Gem = 121,5	
Zeeffklep:	Klepstand:	
1	122	
2	116	
3	122 Nieuwe meter	
4	121	
5	122	
6	119	
7	122	
8	123	
9	123	
10	121	
11	122	
12	123	
13	121	
14	123	
15	123	
16	121	
Dichte gaten per segment troating		
	Dicht	Half Dicht
1	1	4
2	1	2
3	1	
4	2	2
5	2	1
6	2	1
7	1	1
8	1	1

Molen	40
Zeeffklep:	Klepstand:
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
Dichte gaten per segment troating	
	Dicht
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	



BEOORDELING AFSTUDEEROPDRACHT DOOR HET BEDRIJF

EINDEXAMEN 2003-2004

Namen examinandi..... *Ruud Sillessen* Student ID *1129643*

..... Student ID

Opdracht uitgevoerd bij..... *Centrale Gebiedsland Electrabel*

Onder leiding van..... *H. de Groot*

Oordeel over :

A. De aanpak van de opdracht:

getuigt de werkwijze van het vereiste probleemoplossend vermogen?

Ja. Ruud heeft van te voren een plan van aanpak gemaakt. Aan de hand van tussen tijds evaluatie is dat plan bijgesteld

B. De uitvoering van de opdracht:

blijkt dat de student inhoudelijk boven de materie staat?

Ja, bij problemen of vraagtekens welke tijdens het project naar boven kwamen, zijn alle mogelijke oplossings-richtingen systematisch bekeken. Ruud heeft daarbij een boven gemiddeld initiatief getoond.

C. Het verslag:

wordt in het verslag een helder en overtuigend beeld gegeven van het onderzoek en de bijdrage van de student?

Ja, ondanks dat er tijdens het project veel onverwachte zaken te voorschijn kwamen, is het goed gelukt het project overzichts- en structuur te houden. Het verslag is compact en "to the point".

Handtekening bedrijfsbegeleider(s) :

..... *[Handtekening]*

"Optimalisatie kolenmolenstraat van CG13"
Ruud Sillessen 2004