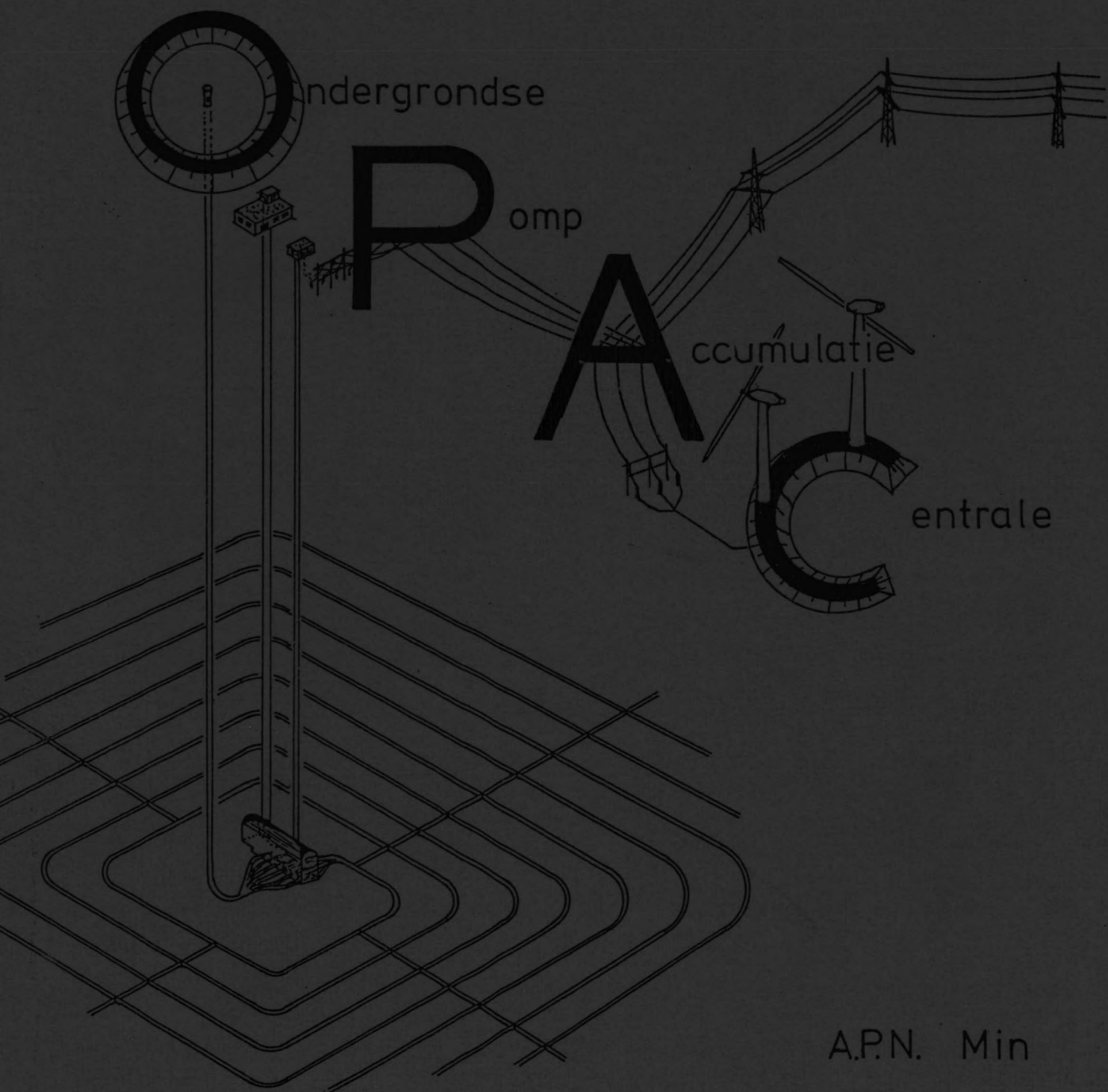




---

EFFECTIVITEITSVERBETERING  
D.M.V. VERSCHILLENDE  
POMPTURBINEVERMOGENS

---



A.P.N. Min

**Effectiviteitsverbetering d.m.v. verschillende  
pomp-turbinevermogens (OPAC).**

**A.P.N. Min**

**Leiden, maart 1984**

## VOORWOORD.

-----

Voor u ligt het rapport waarin een studie is gedaan naar de mogelijkheden van inpassing van een ondergrondse pompaccumulatie centrale (OPAC) in Nederland. Het totale rapport omvat de volgende onderdelen:

- onderzoek naar diverse lokatie mogelijkheden.
- inpassing in huidige electriciteitsproductiepark.
- globaal onderzoek dijkontwerp.

De studie is verricht in het kader van een afstudeerproject, gedaan bij de vakgroep Algemene Civiele Techniek van de Technische Hogeschool in Delft. De afstudeerhoogleraar was prof. ir. H.P.S. van Lohuizen. Hij was het ook die ons opmerkzaam maakte over de mogelijkheden van een OPAC als afstudeerproject. Onze directe begeleider was ir. B. Polen. Wij willen hen graag danken voor de begeleiding en de hulp bij het totstandkomen van dit project.

Een deel van ons onderzoek, met name het ontwikkelen van computerprogramma's ten behoeve van de inpassing van een OPAC in het electriciteitsnet, is verricht met medewerking van ir. J.F. de Haan van het ingenieursbureau Haskoning en ir. N. Halberg van de Samenwerkende Electriciteitsproducenten (SEP). Voor het feit dat zij ons met raad en daad terzijde stonden, en een deel van hun beperkte tijd aan ons beschikbaar stelden, willen wij hen bijzonder danken.

Voorts danken wij ir. J.A.G. Küppers voor zijn begeleiding bij de deelstudies welke bij de vakgroep Waterbouwkunde zijn verricht.

Als laatste gaat onze dank uit naar prof. ir. F. Agema en prof. D.G. Price C.eng. van de T.H. Delft, en ir. A. van der Knijff van Haskoning, die ons op verschillende punten van advies hebben gediend.

W. A. de Haan.  
A. P. N. Min.

## INHOUD

=====

### SAMENVATTING

1. INLEIDING.	1
2. OVERZICHT PROBLEEMSTELLING V/D DEELSTUDIE.	10
3. MOGELIJKE ALTERNATIEVEN.	15
4. UITWERKING VERSCHILLENDE POMPTURBINEVERMOGENS.	21
4.1. Inleiding opzet deelstudie.	21
4.2. Afbakening onderzoeksgebied.	23
4.3. Totaaleffectiviteit d.m.v. optimalisatieprogramma	33
4.3.1. Opbouw programma.	33
4.3.2. Baten van OPAC.	40
4.3.3. Kosten van OPAC.	41
4.3.3.1. Onderbekken.	41
4.3.3.2. Bovenbekken.	41
4.3.3.3. Pompturbines + generator.	42
4.4. Totaaloverzicht (eindprogramma).	45
5. UITGEWERKTE BEREKENING.	49
6. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN.	55
LIJST VAN REFERENTIES.	58
LIJST VAN BIJLAGEN.	60

## BIJLAGEN

=====

BIJLAGE 1: Hulpprogramma t.b.v. grensbepaling eenheden vermogenscombinaties.	61
BIJLAGE 2: Uitvoer hulprogramma t.b.v. grensbepaling.	65
BIJLAGE 3: Uitvoeroverzicht in cijfers.	73
BIJLAGE 4: Uitvoeroverzicht in grafische vorm.	79
BIJLAGE 5: Uitleg programma voor gebruikers.	85
BIJLAGE 6: Uitleg programma voor programmeur.	88
BIJLAGE 7: Structuurdiagrammen.	112
BIJLAGE 8: Programma.	122
BIJLAGE 9: Uitvoer.	133

## SAMENVATTING.

Deze deelstudie is een gedeelte van de totale afstudeeropdracht, die het volgende inhoudt; "het onderzoeken van het OPAC-plan (Ondergrondse Pomp Accumulatie Centrale) met een grootte 1200 MW, welke gebruikt zal worden voor opslag van windenergie alswel voor piek-shaving".

In deze deelstudie wordt een deelonderzoek gedaan naar het (totaal)procesrendement van het OPAC-systeem, dat voor een groot gedeelte de effectiviteit van dit systeem bepaalt. Er wordt aangenomen, dat het OPAC-systeem alle pieken van de vraag- en aanbodcurve zo goed mogelijk moet kunnen volgen een e.a. met een zo hoog mogelijke efficiency (rendement).

D.a.v. verschillende vermogensgrootte van de (Francis) pomp-turbine eenheden zal worden getracht om de efficiency (totaalprocesrendement) van het OPAC-systeem te verhogen t.o.v. de huidige stand van onderzoek. Daarbij wordt in deze deelstudie alleen gekeken naar de normale bedrijfsvoering, die onder optimale omstandigheden gebeurt, en er wordt geen rekening gehouden met bijv. omschakelverliezen en aanloopverliezen. Dit zal in de deelstudie van W.A. de Haan nader bekeken worden.

D.m.v. een computerprogramma zal in deze deelstudie een optimalisatie-onderzoek gedaan worden naar de "beste" combinatie van (Francis) pomp-turbine eenheden, welke de gunstigste effectiviteit (totaalprocesrendement) geeft voor een OPAC-centrale met een grootte van 1200 MW.

Als eindresultaat is gevonden dat het toepassen van verschillende vermogensgrootten een aanzienlijk hoger basisrendement (effectiviteit) geeft (max. 71 %) dan de oplossing van gelijke vermogensgrootten (53 %). Het verschil kan nog groter worden als men een nog diepgaandere studie hiernaar doet, maar het is raadzaam om dan eerst de andere alternatieve oplossingen nader te bekijken. Bijvoorbeeld een Pelton-turbine +meertraps pomp. Dit omdat hiervan verwacht mag worden dat ze in verhouding misschien een beter resultaat kunnen geven.

Het onderzoek naar de efficiency vindt u in de hoofdstukken 1 t/m 6. In de bijlagen is het gehanteerde programma, de daarbij behorende structuurschemas en de uitleg daarvan voor de gebruikers alswel de programmeur weergegeven. Ook zijn de gehanteerde uitvoeren en hun uitwerkingen toegevoegd in de bijlagen.

## 1. INLEIDING.

=====

In ons vooronderzoek (lit. 1) is bekeken waar een eventuele OPAC-centrale gesitueerd kan worden. De uiteindelijke beste locatie kon niet precies bepaald worden, omdat er niet genoeg gegevens beschikbaar zijn van de ondergrond: de ondergrond bepaald n.l. 70 % van de kosten van het OPAC-systeem.

Ook is d.m.v. een globale berekening bepaald hoe groot de OPAC-centrale zou moeten zijn met een windvermogen van 2000 MW. Hieruit kwam een bepaald aspect aan het licht, dat een grote invloed heeft op de uiteindelijke grootte van het OPAC-systeem, bij een gegeven grootte van het vermogen van de centrale en Francis-pompturbines.

Dit aspect is n.l. de effectiviteit van de OPAC-centrale, welke opgebouwd is uit de volgende onderdelen:

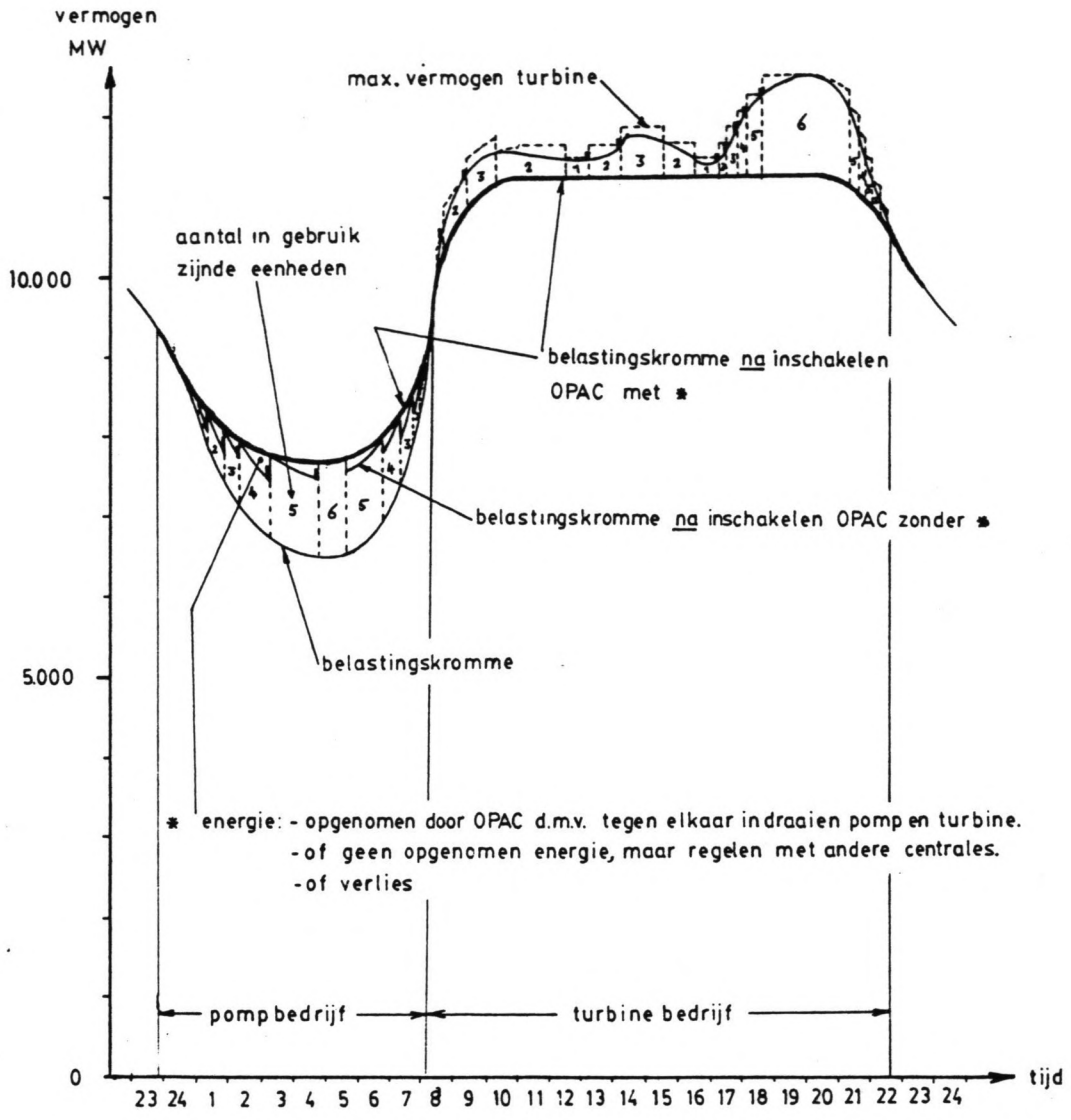
- rendement van de pomp-turbine eenheden zelf.
- het kunnen volgen van de vraag- en aanbodkromme, dus de mogelijkheid om alle gevraagde- of aangeboden energie te kunnen genereren.
- omschakelverliezen bij vermogensverandering.
- rendementsverandering van de bestaande centrales, indien OPAC bij geschakeld wordt.

Elk van de bovenstaande punten, zal in de onderstaande beschouwing, nader worden toegelicht.

De effectiviteit van deze OPAC-centrale is in zijn eenvoudigste vorm uit te drukken in de volgende definitie; "de OPAC-centrale is zo effectief mogelijk, indien het de ideale situatie benadert van een OPAC-systeem, welke zo min mogelijk energieverlies (wind-en/of conventionele energie) geeft en, welke het landelijke energie-aanbod zo regelt, dat de andere centrales geen kleine fluctuaties behoeven op te nemen". Deze defenitie zal ik nu nader toelichten, mede aan de hand van de figuren 1.1 en 1.2.

In figuur 1.1. is een belastingskromme gegeven van de vraag naar elektrische energie in Nederland op een bepaalde fictieve dag.

Indien nu de OPAC zou worden toegevoegd (of ingepland worden), dan kan deze voor een gedeelte gaan fungeren als "piek-shaver" van de dagbelastingkromme en krijgt men daardoor een afgevlakte belastingskromme voor de andere centrales. Deze afgevlakte kromme moet zo egaal mogelijk verlopen, opdat de andere centrales zo optimaal mogelijk kunnen functioneren. Dit omdat anders de andere centrales steeds op- en afgeregeld moeten worden, hetgeen met grote energieverlies gepaard gaat: de "dure" STEG-eenheden

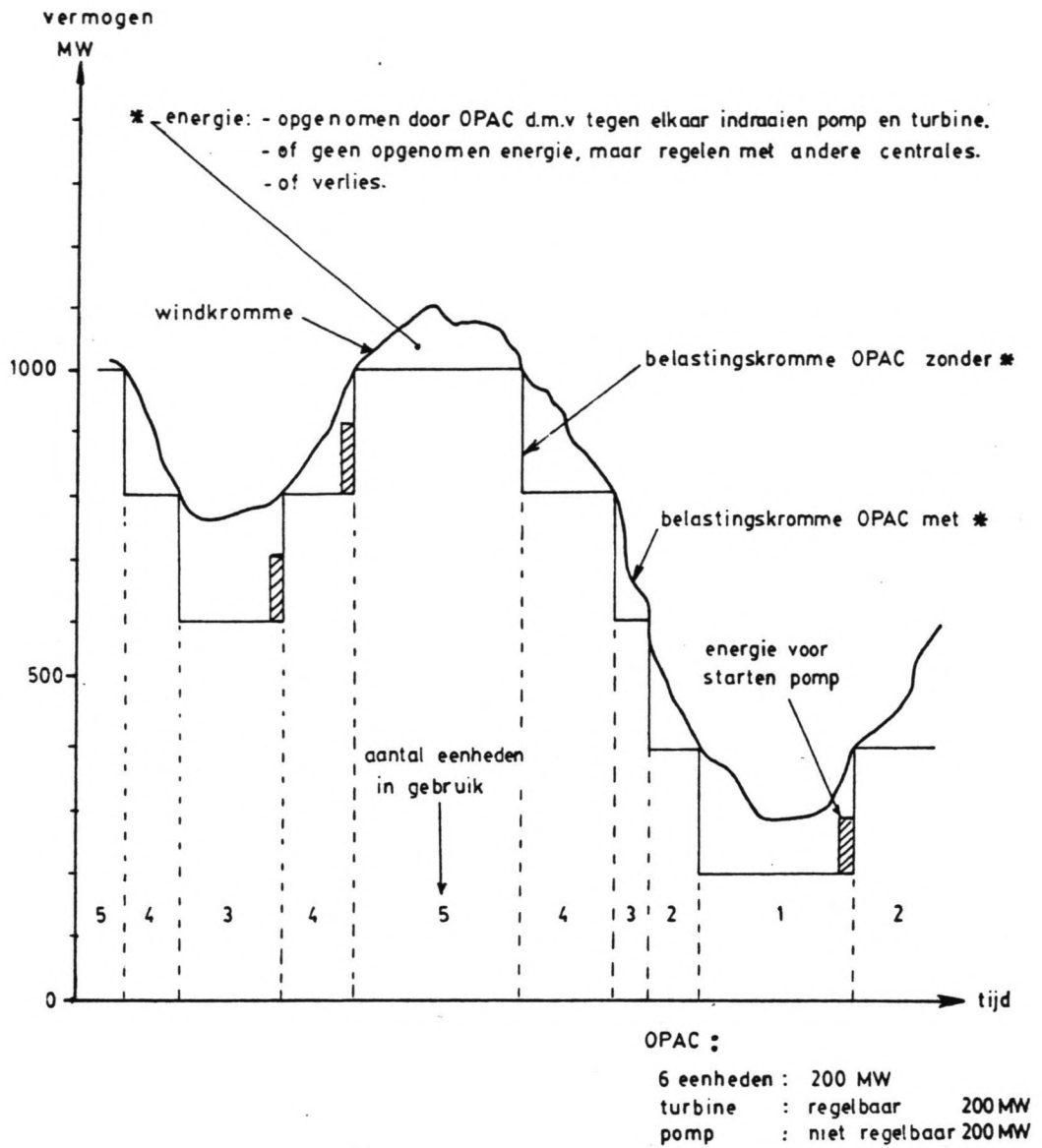


OPAC :

6 eenheden	:	200 MW
turbine	:	regelbaar 200 MW
pomp	:	<u>niet</u> regelbaar 200 MW

Figuur 1.1. Fictieve dagbelastingskromme.





Figuur 1.2. Fictieve windbelastingkromme.

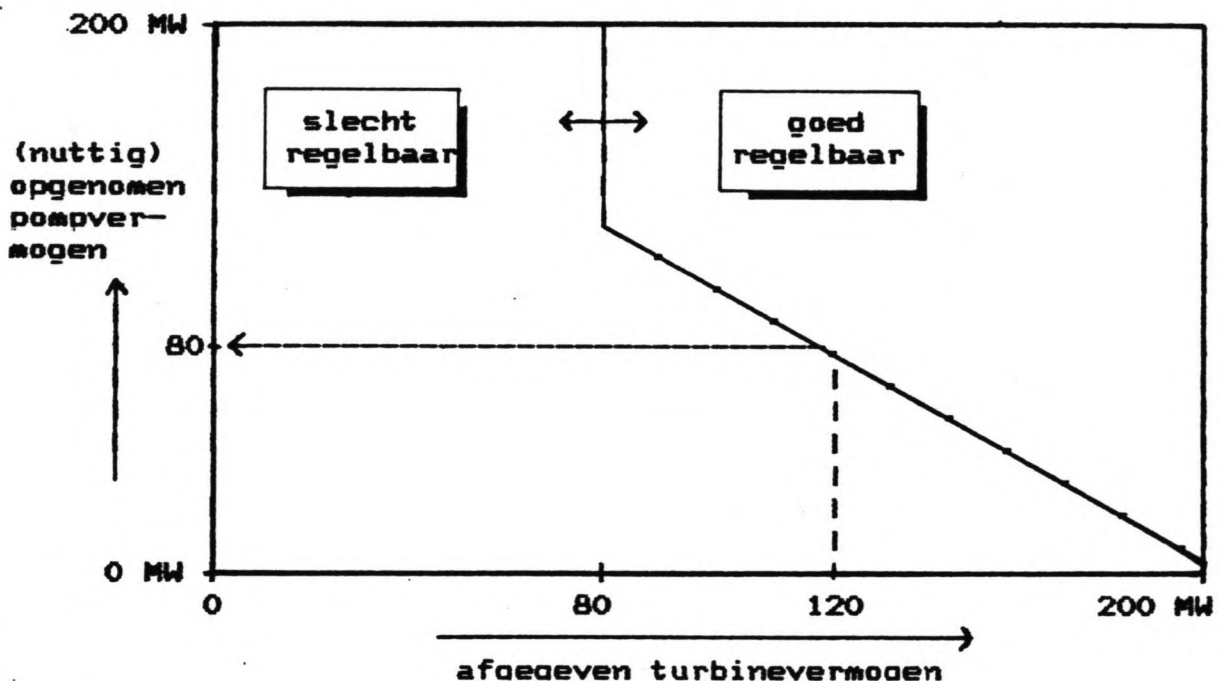
moeten dit opvangen in de huidige situatie.

In figuur 1.1. zijn nu twee belastingskrommen getekend na inschakeling van een OPAC-centrale, met 6 gelijke eenheden van elk 200 MW. Het verschil tussen deze twee krommen is als volgt te verklaren:

- 1.- in pompbedrijf kunnen de ingeschakelde pompen alleen werken op maximaal vermogen (zijn regelbaar tot 90 % van max. vermogen, maar dit geeft grote instabiliteit). Dit heeft tot gevolg, dat de opgenomen energielijn een getrapte vorm heeft; bij elke schakeling neemt het vermogen met 200 MW toe of af.

In de praktijk echter vult men het verschil met de gegeven belastingslijn van de landelijke centrales en de direct opgenomen energielijn op d.m.v. het tegen elkaar indraaien van een overgebleven turbine met de draaiende pompen.

Met de combinatie van een turbine en de pompen, die tegen elkaar indraaien kan nu een breed gebied bestreken worden, waarin men geen last heeft van de instabiliteit van de pomp. Voor de relatie pomp- en turbinevermogen, met elk een vermogen van bijv. 200 MW, zie figuur 1.3.

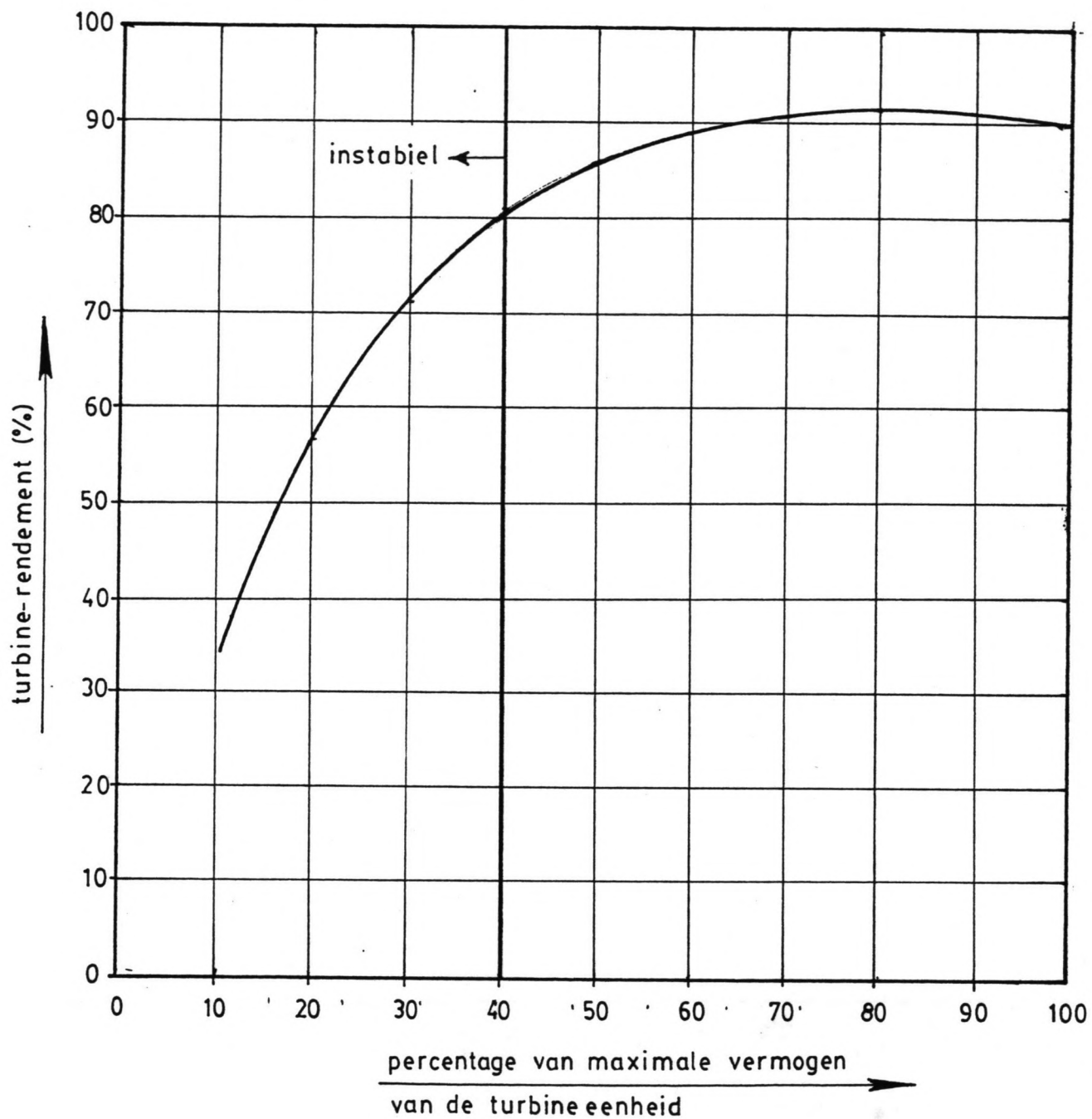


Figuur 1.3. Relatie nuttig pomp-turbinevermogen bij bedrijfsvoering: tegen elkaar indraaien en geen energieverlies.

Niet het gehele gebied van 0 t/m max. vermogen is te bereiken, omdat de turbine zelf instabiel is op een vermogen kleiner dan +40 % van zijn maximale vermogen. Indien er meerdere pompen draaien is dit op te vangen door de andere pompen ook een klein beetje af te regelen.

Uit het bovenstaande volgt dus, dat het verschil tussen de twee belastingskrommen is op te vangen door het tegen elkaar indraaien van een turbine en de pompen, maar dit geeft toch een extra energieverlies:

- lager totaalrendement t.g.v. extra verlies van tegen elkaar indraaien omdat een gedeelte van de energie alleen maar gebruikt wordt voor het heen en weer pompen (geen nuttige opbrengst, maar wel verlies) en de turbine op een lager vermogensniveau werkt, en dus een lager rendement heeft als in het optimale punt (zie fig. 1.4.).
  - ook is het soms niet mogelijk om de energie op te nemen ofwel het wordt gedaan bij een instabiel pompproces.
- 2.- Het verschil tussen de twee belastingskrommen kan ook opgelost worden door de andere centrales, hetgeen dan inhoudt dat er maar één belastingskromme is, die de vorm heeft van de zaagtand.
- Dit betekent dus, dat deze andere centrales veel moeten op- en afregelen, hetgeen wel mogelijk is, alleen geeft dit wel een relatief groter energieverlies i.v.m. de "korte" pieken dan het geval zou zijn met een gelijkmatiger belastingskrommeverloop. Voor deze "korte" pieken moeten "dure" STEG-eenheden gebruikt worden.
- Indien men dus deze oplossing toch zou toepassen, dan maakt men eigenlijk geen optimaal gebruik van de OPAC-centrale, omdat deze wel "snel" kan reageren zonder veel extra energieverlies.
- 3.- Een ander alternatief is, om dit verschil op een een of andere manier ergens op te slaan (bijv. battery, vliegwielen, etc.) of als verloren te beschouwen. Indien deze energie opgeslagen wordt, dan kan deze later eventueel gebruikt worden voor bijv. het opstarten van de turbine- of pompeenheden of om bijvoorbeeld de hele kleine fluctuaties op te vangen.
- 4.- In turbinebedrijf is er geen verschil tussen de twee belastingskrommen na inschakeling van de OPAC. Dit omdat de turbine regelbaar is van 0 tot zijn maximale vermogen, en zich daardoor op elk vermogen kan instellen (alleen instabiliteit bij vermogen (



Figuur 1.4. Rendementsverloop van Francisturbine.

± 40 % van het maximale vermogen). Echter het draaien op een ander niveau dan zijn optimale vermogen, heeft tot gevolg dat de turbine minder efficiënt gaat draaien (kleiner rendement). Een turbine-eenheid draait bij optimaal vermogen met een zo minimaal mogelijk energieverlies en indien er op een lager vermogen gedraaid moet worden, dan geeft dit een relatief groter energieverlies (zie figuur 1.4.).

In figuur 1.2. zijn ook de twee belastingskrommen getekend na inschakeling van OPAC, maar nu alleen t.a.v. een fictieve windkromme. Voor dit figuur gelden dezelfde beperkingen als voor figuur 1.1.

In de figuren zijn schematisch de omschakelverliezen opgenomen, daar ze relatief klein zijn t.o.v. van de totale verliezen, worden ze in deze studie niet meegenomen (voor nadere informatie hierover zie deelstudie van W.A. de Haan).

Een efficiënt mogelijke gebruikmaking van OPAC is nu een OPAC-centrale, waarbij het verschil tussen de twee verschillende belastingskrommen, na inschakeling van OPAC, zo klein mogelijk is en de eenheden zoveel mogelijk draaien op een optimaal vermogen.

Het verschil dat overblijft, tussen de twee belastingskrommen, kan dan door het tegen elkaar indraaien van de turbine en de pompen opgevangen worden. Daar deze oplossing een relatief groot energieverlies geeft en extra slijtage, dan bij een normale bedrijfsvoering van alleen pompen of turbinebedrijf, zal in deze deelstudie gezocht worden naar een andere oplossing voor dit probleem. Ook zal tegelijkertijd bekeken worden of de eenheden in turbinebedrijf op een gemiddeld groter vermogen kunnen draaien, waardoor de OPAC een beter totaalrendement (=efficiency) krijgt.

De achterliggende gedachte van deze deelstudie is n.l. dat d.m.v. verschillende eenhedengrootten, en de daarmee te maken combinaties van vermogens, de belastingskromme beter te volgen zal zijn met een hoger rendement, dan in de situatie van dezelfde eenhedengrootten.

Uit het vooronderzoek van OPAC (lit. 2) kwam ook de effectiviteit en nog een paar andere onderwerpen naar voren, welke een nadere studie vereisten. Een overzicht is hieronder weergegeven van de belangrijkste te onderzoeken onderwerpen:

- Grootte OPAC-centrale: belangrijk voor gehele systeem.

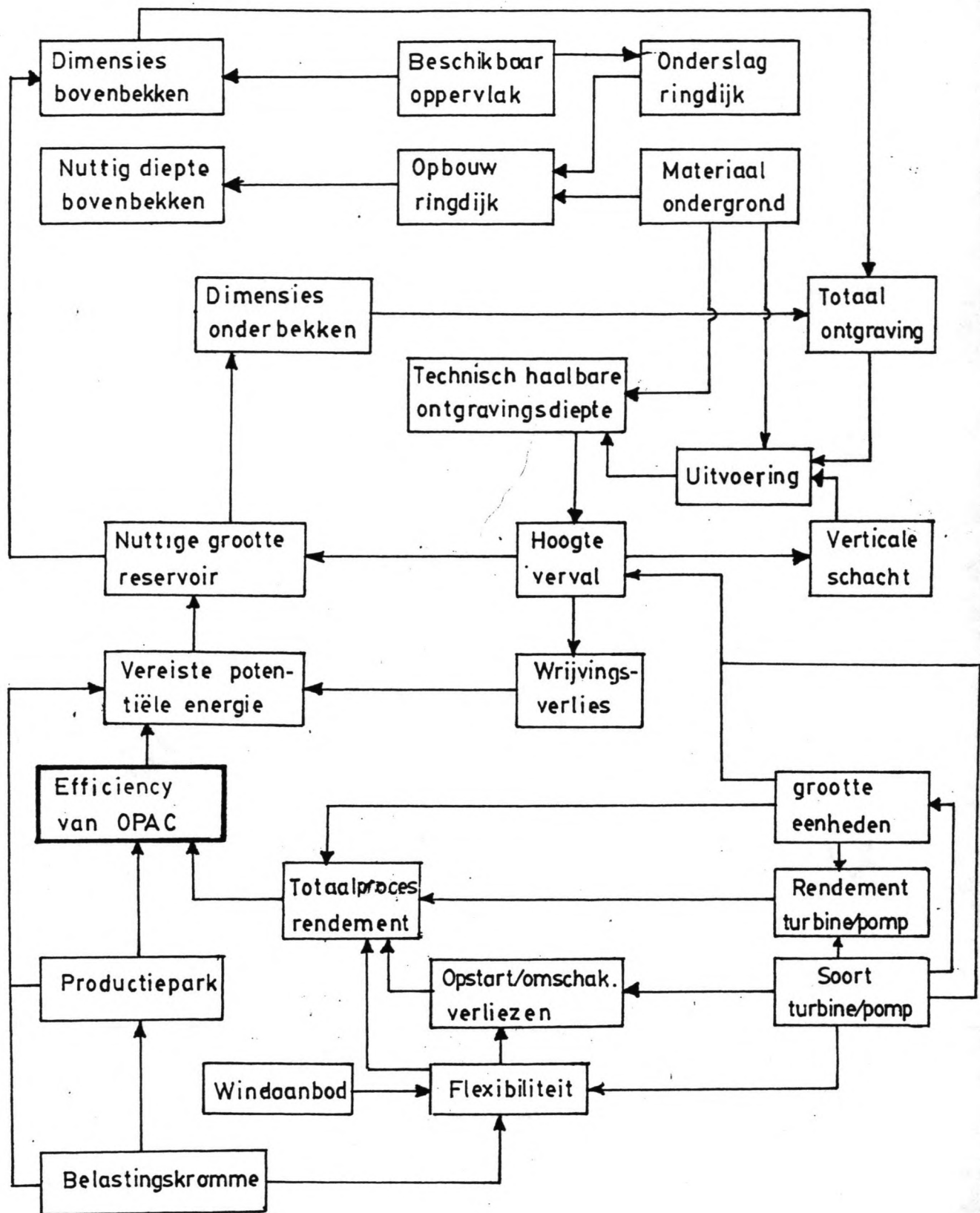
- **Ondergrond:** samenstelling, sterkte, doorlatendheid, etc. van het rotsgesteente.
- **Efficiency:** beter volgen van de belastingskromme met een minder energieverlies.
- **Totaalprocesrendement (effectiviteit):** dit rendement bepaald voor een groot gedeelte het vermogen en capaciteit van het OPAC-systeem (volume) en de nuttige gebruik van de opbrengst van de windenergie en/of opbrengst van de energieopwekking in de nacht (piek-shaving).
- **Omschakelverliezen:** deze worden groter indien er veel kleine eenheden zijn en een de "belastingscurve" direct wil volgen.
- **Flexibiliteit:** mogelijkheid om de "belastingskromme" snel te volgen (bijv. max. pompvermogen - turbinebedrijf).
- **Bovenbekken:** indeling, opbouw, veiligheid, etc.
- **Onderbekken:** vorm, constructie, afsluitbaarheid i.v.m. onderhoud, etc. en is belangrijk voor bepalen van de bouwtijd, energieverliezen.

Bovenstaande te onderzoeken onderwerpen zijn o.i. in opvolgende belangrijkheid neergezet. Het belangrijkste is de grootte bepaling van de OPAC-centrale. Dit is met de huidige stand van zaken moeilijk te onderzoeken, evenals bijv. het eerder genoemde onderwerp "rendementsverandering huidige centrales in samenhang met OPAC" omdat deze onderwerpen in de context van het gehele productiepark van Nederland moet worden bekeken, hetgeen mogelijk is door achteraf te kijken hoe het gaat, of d.m.v. een simulatieprogramma van de SEP. Daar dit voor ons een te omvangrijke studie is, zijn deze onderwerpen door ons als constante aangehouden.

Het volgende belangrijke onderwerp is het ondergrondonderzoek. Dit nu kan alleen maar bestudeerd worden d.m.v. grondboringen en aangezien dit een te kostbare onderzoek is laten wij dit onderwerp ook liggen.

Wel zijn door ons de verdere onderwerpen onderzocht, en wordt in deze deelstudie de efficiency en het (totaal)-procesrendement nader onderzocht.

Voor een overzicht in welke context deze deelstudie staat, in het grote geheel van onderzoek van het OPAC-systeem, zie figuur 1.5.



Figuur 1.5. Schema OPAC-systeem.

## 2. OVERZICHT PROBLEEMSTELLING V/D DEELSTUDIE.

---

In deze deelstudie zal bekeken worden welke combinatie van (Francis)pomp-turbine eenheden de beste effectiviteit geeft. Voor de beste effectiviteit wordt in deze studie gelezen; de hoogste totaalproces-efficiency(rendement). Dit is als volgt te verklaren.

Indien het totaalturbine-efficiency zo hoog mogelijk is, dan draaien de eenheden zo dicht mogelijk bij het optimale vermogen, met het hoogste rendement.

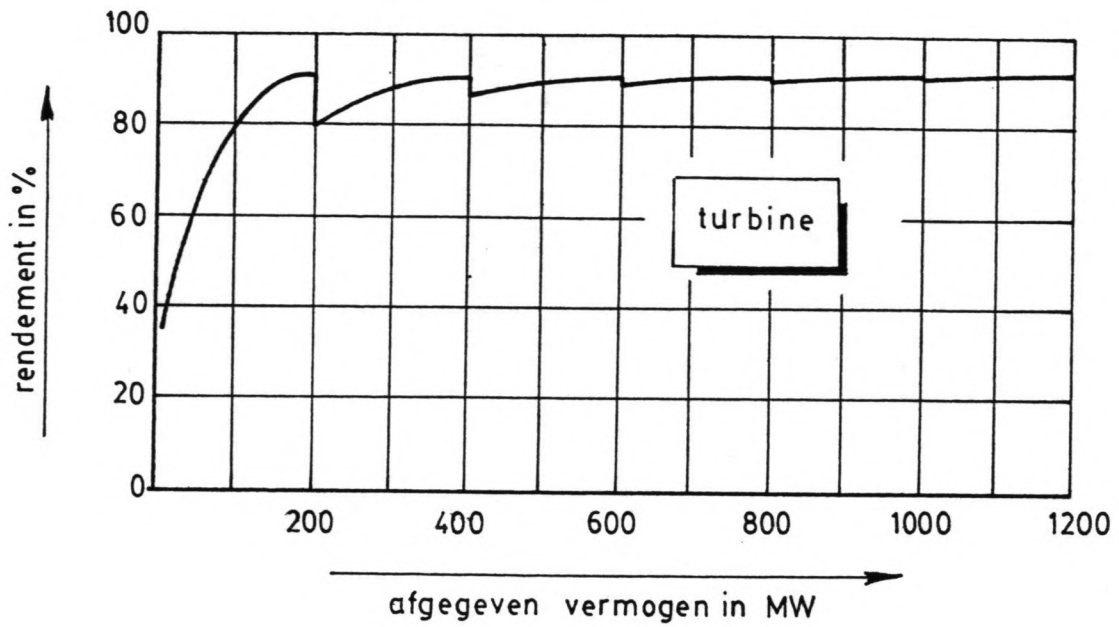
In figuur 2.1A is een fictieve totaalturbine-rendementskromme weergegeven van 6 Francis-turbineeenheden van elk 200 MW. De totaalturbine-rendementskromme is opgebouwd uit de individuele Francisturbine-rendementskromme van de eenheden zelf (zie figuur 1.4.). Het oppervlak onder de totaalrendementskromme is het totaalturbine-rendement. Indien dus het totaalturbine-rendement (lees: opp. rendementskromme) zo groot mogelijk is, dan is het energieverlies zo klein mogelijk en dus de efficiency voor wat betreft de turbine van het OPAC-systeem zo optimaal mogelijk.

In figuur 2.1B is een fictieve totaalpomprendementskromme weergegeven van de 6 Francis-pompturbine-eenheden van elk 200 MW. Deze kromme wordt gevormd door het feit dat, indien een eenheid draait op een optimaal vermogen, het pomprendement dan maximaal is. Indien er nu een vermogen aangeboden wordt van bijv. 1,5x de grootte van een eenheid, in dit geval gelijke eenheden, dan kan er nog steeds maar een eenheid draaien, omdat ze niet regelbaar zijn en alleen op vol vermogen kunnen draaien (zie inleiding). Dus het relatieve pomprendement (=efficiency pomp) wordt in dit geval:  $\text{max. rendement} \times (\text{draaiend vermogen}) / (\text{aangeboden vermogen})$ . Men ziet dus, in het geval van gelijke eenheden, dat net voor het bij kunnen schakelen van een tweede eenheid, het relatieve pomprendement gedaalt is tot de helft van de optimale, omdat de volgende eenheid nog net niet kan draaien. Anders zouden beide pompen moeten draaien op een lager vermogen dan het optimale pompvermogen, hetgeen niet mogelijk danwel alleen binnen een beperkt gebied.

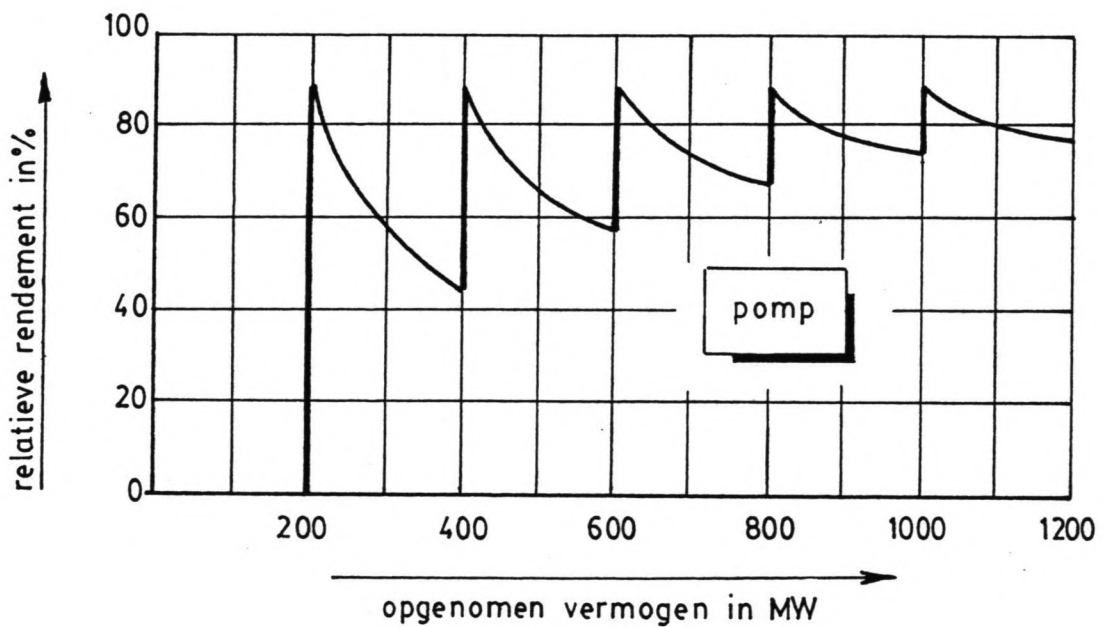
De efficiency van de pompopstelling wordt dus bepaald door het totaalpompefficiency(rendement), welke bepaald is door de oppervlakte onder de fictieve pomprendementskromme. Het gedeelte boven deze lijn wordt bepaald door de effectiviteit van de opstelling; aantal, grootte van de eenheden, en de effectiviteit van de pomp zelf(type pomp-turbine).

Indien dus het totaalpompefficiency groter wordt (lees: opp. onder pomprendementslijn), dan neemt de





Figuur 2.1 A. Totaalrendementskromme OPAC: 6 turbines (200 MW)



Figuur 2.1B. Totaalrendementskromme OPAC: 6 pompen (200 MW)

effectiviteit van het OPAC-systeem toe.

Samenvattend kan men dus stellen, dat de effectiviteit van het OPAC-systeem beter wordt, indien het turbine- en pomptotaalrendement groter wordt, dus het totaalprocesrendement (= pomp- x turbinetotaalrendement) het grootste is. De effectiviteit wordt dus voor het grootste gedeelte bepaald door de pomp-effectiviteit: kleinste oppervlak onder de totaalrendementskromme (zie fig. 2.1.).

Hierbij moet wel worden opgemerkt, dat er van uitgegaan is dat de kans van optreden van een bepaald gevraagd- of te leveren vermogen, gelijk verdeeld (uniform) is over het traject van 0 t/m 1200 MW.

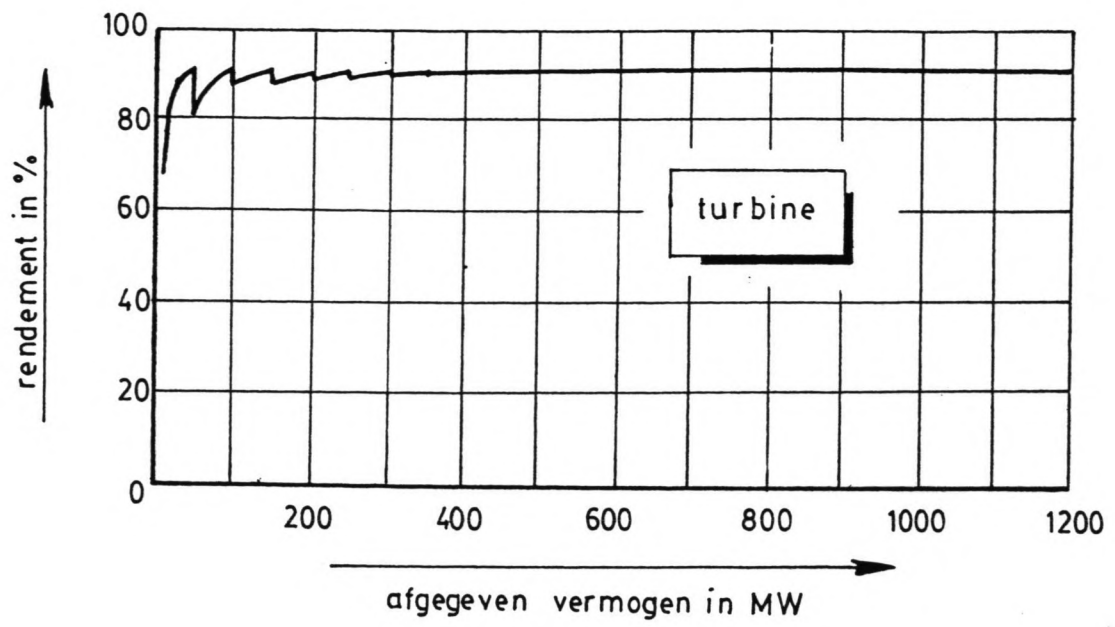
De "grootste" te behalen effectiviteit (=totaalprocesrendement) is mede belangrijk omdat het OPAC-plan, wil het een goede alternatief zijn van het plan Lievense (PAC), een hoger (totaal)procesrendement moet krijgen als is bepaald in de voorstudie OPAC (=77 % bij vollast: lit 2.) en in de studie PAC (=63,5 % totaalrendement (gemiddeld): lit. 5).

Voor het plan Lievense(PAC) geldt een (totaal)procesrendement (effectiviteit) van gemiddeld 77,5 %, hetgeen dus een stuk hoger ligt dan het huidige OPAC-plan.

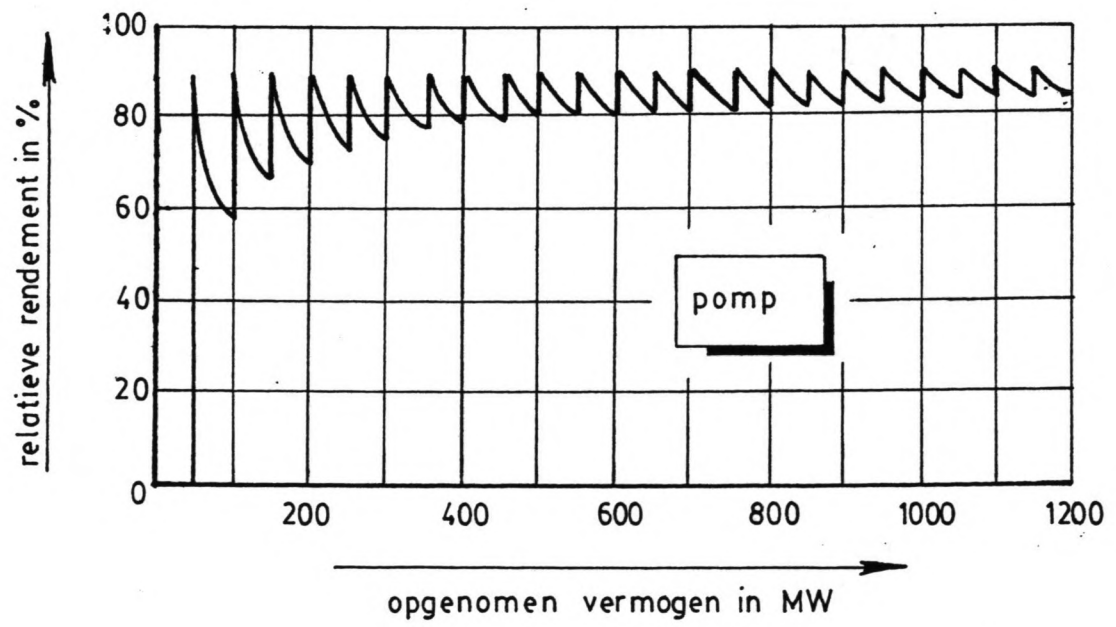
Hierbij moet wel de opmerking gemaakt worden dat in de voorstudie OPAC (lit. 2.) er van uit is gegaan dat deze centrale alleen gebruikt zal worden voor piek-shaving en niet, zoals in het plan Lievense, een combinatie is van opslag windenergie en piek-shaving. Dit houdt dus in dat de aangenomen OPAC-opstelling zoals is weergegeven in het rapport "Vooronderzoek OPAC" een ander uitgangspunt heeft gehad als die van het plan Lievense.

Dit blijkt ook al uit de verschillen in flexibiliteit van het OPAC-plan (lit. 2) en het plan Lievense (lit 5.). Het plan Lievense (PAC) heeft namelijk geen problemen met de aanpassing aan de belastingskromme, omdat de eenheden van het PAC relatief klein zijn ( 50 MW) en daardoor in kleine stapjes over kan schakelen op een ander vermogen (zie fig. 2.2A en B). Voor het OPAC-plan geldt dit niet, omdat de gecombineerde eenheden ( 200 MW) relatief groot zijn en daardoor niet de kleine stapjes kunnen maken (belangrijk in pompbedrijf). Maar dit laatste telt voor de eigenlijke doelstelling van het OPAC-plan (piek-shaving) niet zo zwaar, daar de huidige centrales dit op kunnen vangen (extra verliezen) en er ook gebruik kan worden gemaakt van de mogelijkheid van het tegen elkaar in draaien van de pomp- en turbine eenheden.

Indien het OPAC-plan wel gebruikt zal worden voor opslag van windenergie, zoals in deze studie is aangenomen, dan zal men toch moeten gaan denken aan bijv.



Figuur 2.2 A Totaalrendementskromme PAC : 24 turbines (50MW)



Figuur 2.2 B Totaalrendementskromme PAC: 24 pompen (50 MW)

een andere opstelling en/of grootte van de eenheden, omdat dan het OPAC-systeem zoveel mogelijk de fluctuaties van het windaanbod zal kunnen opvangen.

Uit voorberekeningen van de OPAC-opstelling, volgens onze voorstudie, is gebleken dat het (totaal)procesrendement lager uitvalt dan is aangenomen in de studie van plan-Lievensse. Dit komt doordat in deze berekening geen rekening gehouden is met het feit dat in bepaalde gevallen de pompen en turbines tegelijkertijd in werking zijn om zodoende alle mogelijke grootte van vermogen te kunnen creëren (met extra verlies !). Deze bedrijfsvoering is o.i. niet de ideale en daarom zal er in deze deelstudie gezocht worden naar een andere opstelling, welke een hogere (totaal)procesrendement geeft, zonder deze bedrijfsvorm. Dus een hoger basis (totaal)procesrendement geeft dan volgens de opstelling van de "Voorstudie OPAC 1980". Dit ook omdat de bedrijfsvoering, van het tegen elkaar indraaien van de pomp en turbine, een groter energieverlies geeft (2x voor terug gevoerde energie), dan bij normale bedrijfsvoering (alleen pompen of turbinebedrijf).

Samenvattend kan dus gesteld worden dat volgens het huidige basismodel, de effectiviteit van het OPAC-systeem te laag is, mede als gevolg van andere uitgangspunten (piek-shaving). Het is raadzaam om de effectiviteit omhoog te halen om zodoende een concurrerend alternatief te blijven van het plan Lievensse (PAC) en mede daardoor te kunnen beseffen op de fossiele en/of alternatieve energie.

De effectiviteit is dus belangrijk voor de uiteindelijke grootte van het OPAC-systeem, omdat bij meer energieverlies de dimensies van de OPAC-centrale groter worden. Ook omdat bij eenzelfde nuttig geleverd of gevraagd vermogen, meer proceswater benodigd is dan bij een opstelling met een groter effectiviteit (totaalprocesrendement).

### 3. MOGELIJKE ALTERNATIEVEN.

=====

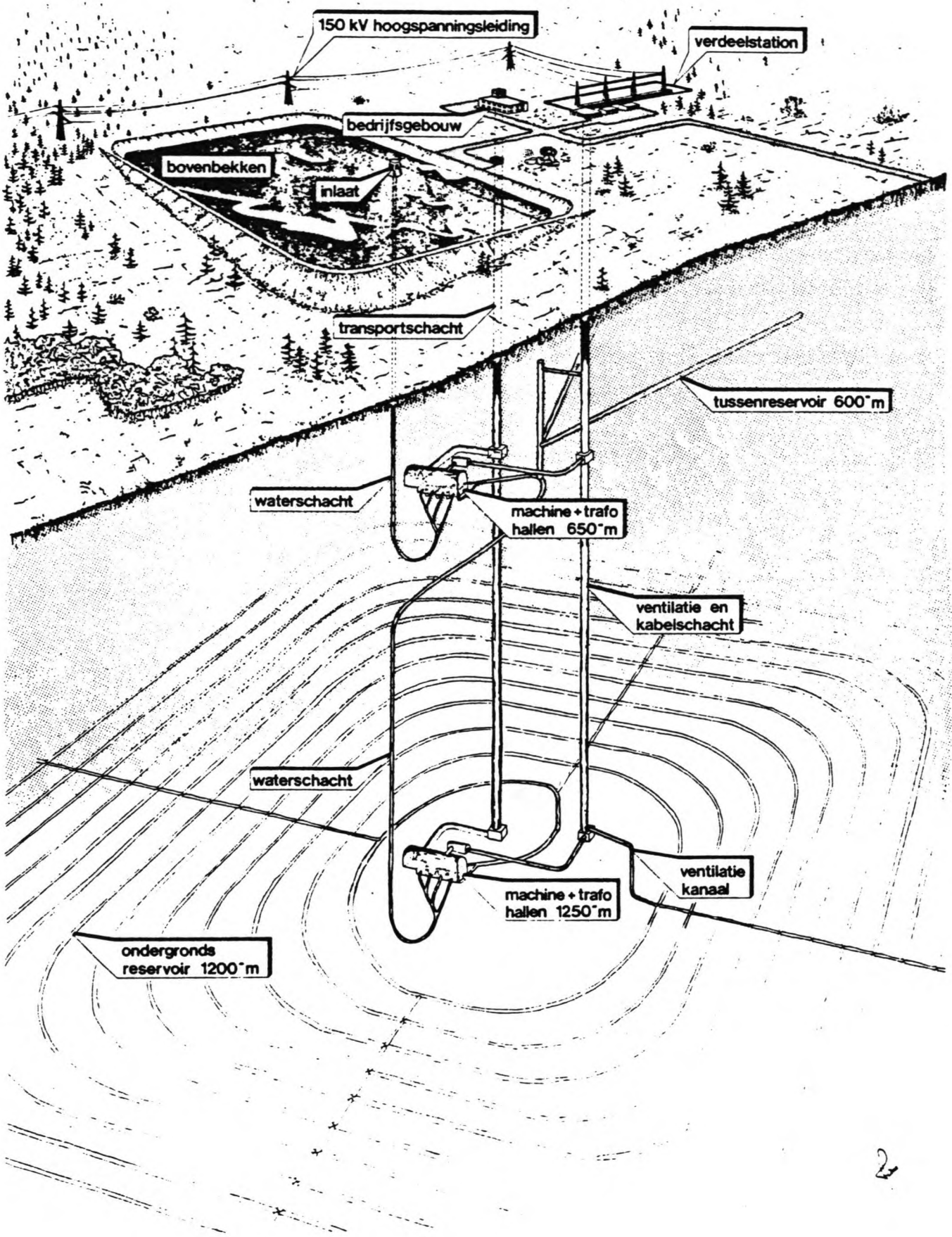
In deze deelstudie is uitgegaan van het concept van het OPAC-plan volgens het rapport "Vooronderzoek OPAC" (lit. 2). Dus een OPAC die is opgebouwd d.m.v. twee etages en is uitgerust met Francis-pompturbines, alleen is het vermogen evengroot gekozen als die van het PAC-plan (1200 MW: zie ook figuur 3.1).

Dit uitgangspunt is eigenlijk niet de juiste benadering omdat in deze voorstudie uitgegaan is van andere randvoorwaarden (alleen piek-shaving). Toch is dit gedaan om de volgende reden. Er waren in het beginstadium nog geen gegevens beschikbaar en de globale opbouw van het OPAC-systeem blijft waarschijnlijk toch hetzelfde, en men kan het systeem relatief makkelijk aanpassen aan de nieuwe eisen.

Om het (totaal)procesefficiency zo groot mogelijk te maken, onder de omstandigheden van een fluctuerende windaanbod, zouden de volgende alternatieven onderzocht moeten worden;

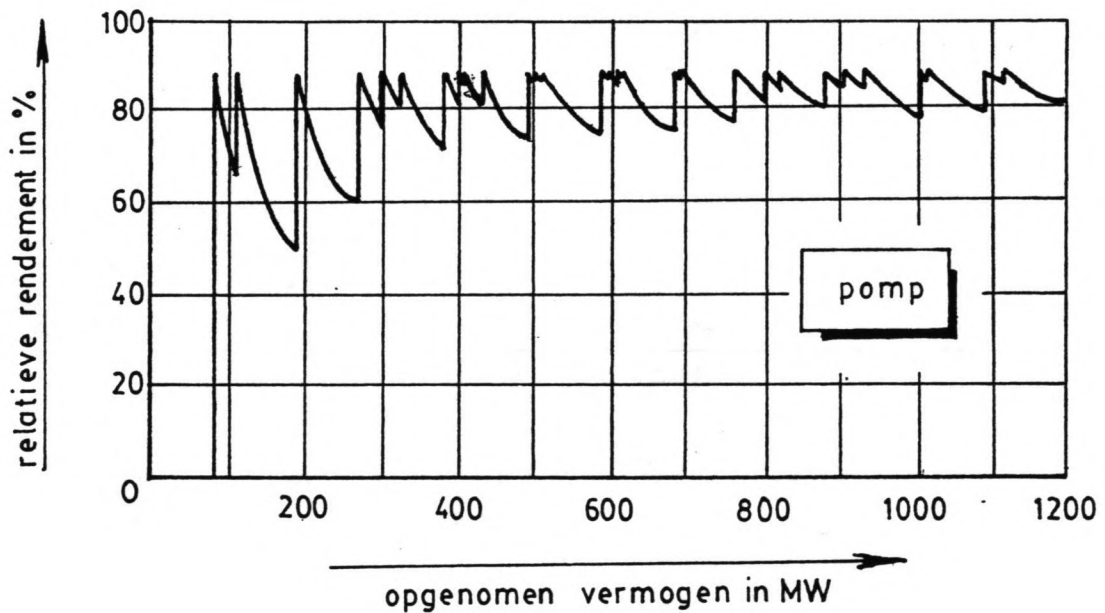
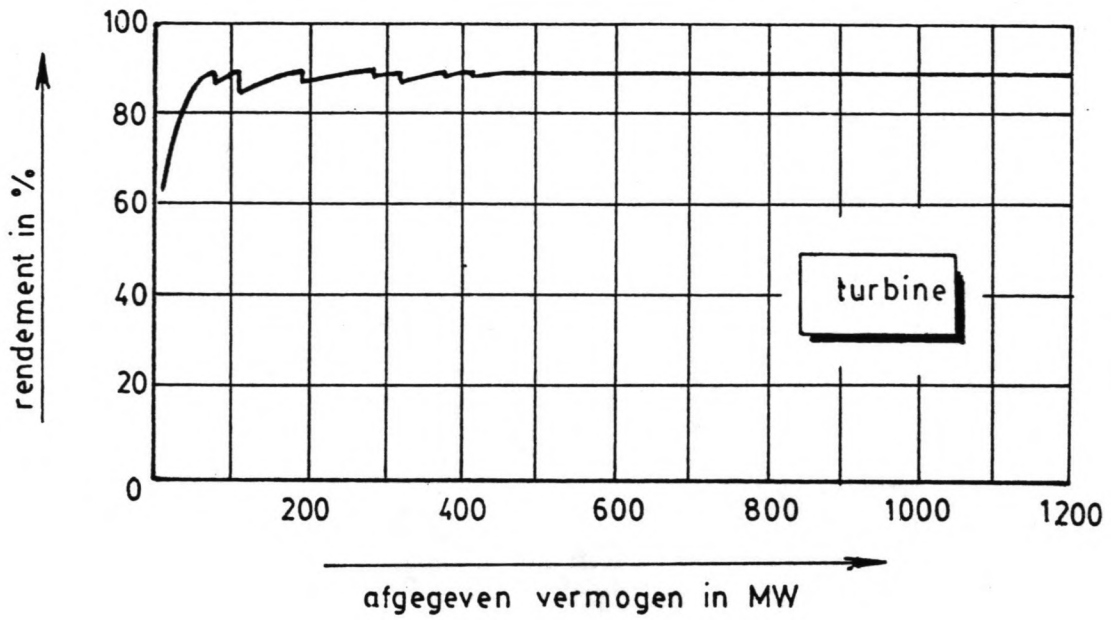
1. verschillende soorten pomp-turbinesystemen:
  - niet regelbare meertrapspomp/turbine
  - tweetraps regelbare pomp/turbine
  - meertrapspomp + peltonturbine
  - francisturbine + meertrapspomp
2. eenhedenvermogens van verschillende grootten.
3. groot aantal dezelfde kleine eenheden van bijv. 25 MW.
4. combinatie van een grote OPAC met kleine PAC.
5. groot tussenreservoir op de 1e etage.
6. vermogen regelen met het tegen elkaar indraaien van de pompen + turbine tegelijkertijd.
7. een of twee pompen regelbaar.
8. 1 étage verval voor OPAC-systeem.
9. combinatie van bovenstaande mogelijkheden.

ad 1. Elk van deze pomp/turbinesystemen hebben hun specifieke voor- en nadelen, zoals bijv. max. rendement, rendementverloop turbine, kosten, ruimtebeslag etc. Het maximum pomp/turbinerendement met hun verloop bij een vermogen van nul naar maximum bepalen voor een gedeelte de totaalproces-efficiency.



Figuur 3.1 Overzicht OPAC.

- ad 2. Indien de eenheden elk even groot zijn, dan krijgt men een kleiner basis-totaalprocesefficiency als dat de eenheden van verschillende grootten zijn. Dit omdat met verschillende eenheden meer vermogenspunten mogelijk zijn als met dezelfde eenheden (zie fig. 3.2 ). Ook kan men een of meerdere kleine eenheden toepassen bij gelijke eenheden, wat tot gevolg heeft dat de totaalefficiëncijlijn naar links gaat met als gevolg een groter oppervlak, dus een grotere efficiency.
- ad 3. Een groot aantal kleine eenheden heeft tot gevolg dat er relatief bij elk gevraagd of aangeboden vermogen optimaal geproduceerd kan worden, omdat de eenheden haast niet op deellast hoeven te draaien. Het enige nadeel zijn de hoge aanschafkosten in totaal (veel machines) en het extra onderhoud in het geheel.
- ad 4. Het kleine PAC dient er toe, om de taak over te nemen van het OPAC-systeem, indien deze op een te lage deellast moet draaien met een te laag rendement of met een rendement van 0.
- ad 5. Een groot tussenreservoir op de helft van de totale valhoogte heeft tot gevolg dat de eenheden op elke etage onafhankelijk kunnen draaien, hetgeen dus ook inhoudt dat er 2x zoveel combinaties gemaakt kunnen worden, of de helft van het aantal eenheden benodigd zijn bij eenzelfde effectiviteit. Dus de belastinglijn kan beter gevolgd worden.
- ad 6. De mogelijkheid van pompen en turbinebedrijf tesamen geeft de mogelijkheid om vooral in pompbedrijf een bepaald vermogen te kunnen opnemen, d.m.v. het tegen elkaar indraaien. Dit kan anders niet gedaan worden, omdat de pompen alleen maar op maximale capaciteit kunnen draaien.
- ad 7. Enkele pompen met een variabele opbrengst, kunnen een vloeiende overgang vormen tussen de pompen met een vaste opbrengst. Dit is in de praktijk nog niet mogelijk, maar in de toekomst kan dit d.m.v. misschien deze specifieke eis, onderzocht worden.
- ad 8. Misschien de oplossing voor de gevallen, indien het gecombineerd wordt met pomp-turbine met een grote hoogteverval (+/- 1000 m. ). Anders zal het waarschijnlijk te duur worden, omdat bijv. een verval van 600 m., de reservoirs 2x zo groot worden.



Figuur 3.2. Totaalrendementskrommen van verschillende eenheden.



ad 9. Het aantal mogelijke combinaties is:

$$\sum_{r=1}^{11} \frac{n!}{(n-r)! r!} = 2053 \quad n = \text{aantal onafhankelijk alternatieven}$$

In eerste instantie was door mij gepland, dat ik al deze bovenstaande alternatieven, uitgezonderd 9, zou uitwerken, maar daar de tijd beperkt was en er sommige gevallen ook niet de gegevens beschikbaar waren, heb ik in eerste instantie alleen alternatief 2 onderzocht. En wel alleen voor een 2-etage OPAC (figuur 3.1) met Francis-pompturbines (figuur 3.3). Deze opstelling is hetzelfde als plan-Lievensse gekozen, mede doordat de Francis-pompturbines relatief goedkoop en betrouwbaar zijn (later zal blijken of dit waar is). Voor dit alternatief (verschillende eenhedenvermogens) is gekozen omdat mijn inziens hieruit de meeste winst te behalen is.

Ook zijn er randvoorwaarden vastgesteld een e.a. na een gesprek met de heren de Haan (Haskoning) en Halberg (SEP), om zodoende het een niet te omvangrijke opdacht te laten worden. Er is in dit gesprek besloten om de grootte van OPAC-centrale vast te stellen op 1200 MW (= grootte plan Lievensse).

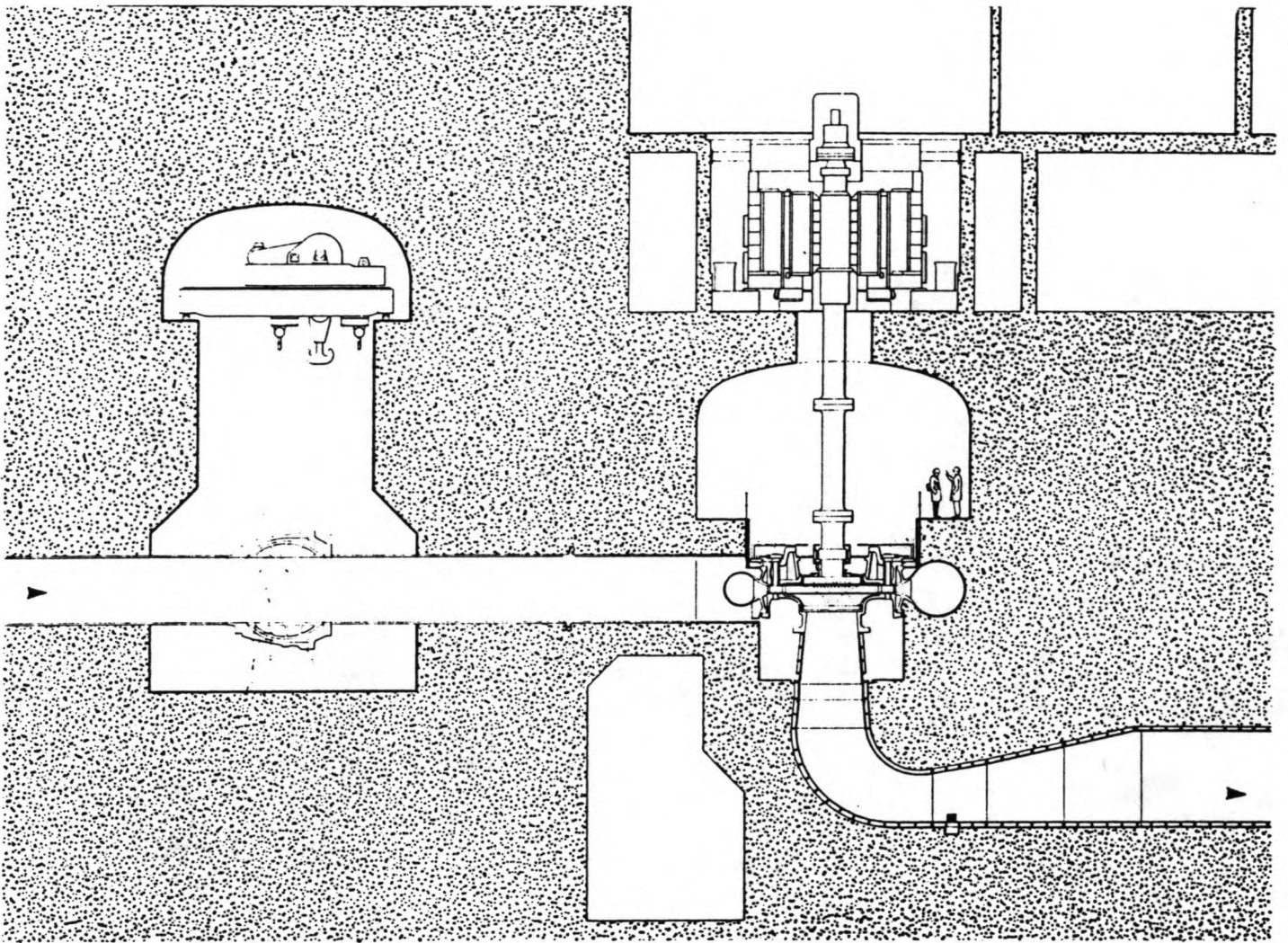
Later is er ook in een gesprek met de heren besloten om de in de praktijk gehanteerde bedrijfsvoering van het tegen elkaar inwerken van pomp en turbine in eerste instantie buiten beschouwing te laten. In een eventueel later stadium kan dan gedacht worden aan een combinatie hiervan met het voorgaande.

Niet meegenomen in deze studie is het alternatief van het opvangen van de kleine fluctuaties d.m.v. het landelijke net, daar de OPAC i.e. instantie de functie heeft om juist deze fluctuaties op te vangen.

In deze studie zal ook aan het einde alternatief 3 (veel kleine eenheden) meegenomen worden i.v.m. de algemene opzet van deze deelstudie.

Bovenstaande beschouwing kan dan, indien er tijd over is, eventueel voortgezet worden met een nadere studie van de andere alternatieven.

Uit deze deelstudie zal dus moeten blijken welke combinatie van verschillende eenhedenvermogens de optimale procesefficiency geeft, ofwel de "beste" effectiviteit van het OPAC-systeem.



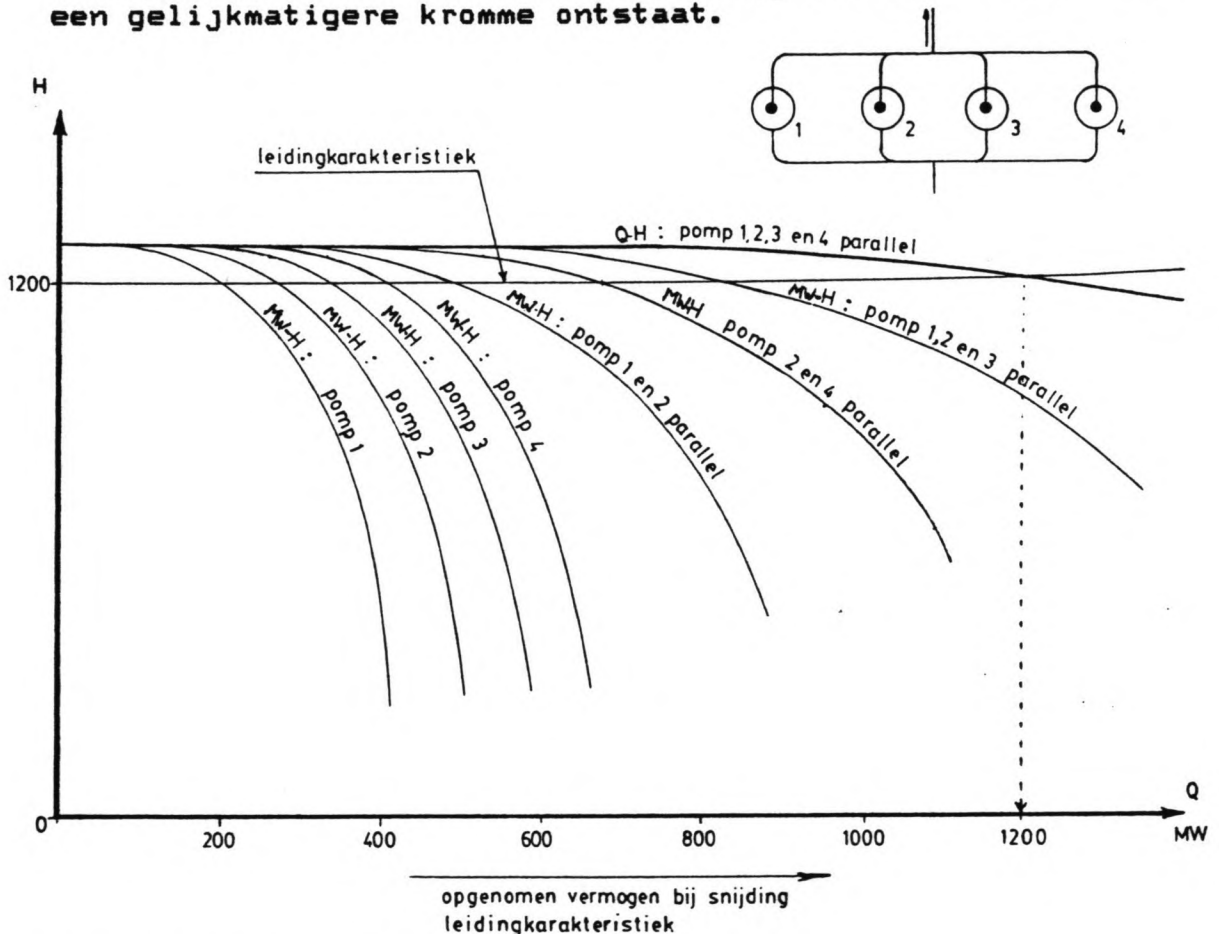
Figuur 3.3 Voorbeeld Francis-pompturbine opstelling.

#### 4. UITWERKING VERSCHILLENDE POMPTURBINEVERMOGENS.

##### 4.1. Inleiding opzet deelstudie.

+++++

Als eerste wordt alternatief 2 (verschillende eenheidsgrrootte) nader bekeken. Dit omdat hiermede een aardige "winst" te behalen valt. De gedachte bestaat hieruit: het totaalprocesrendement(=efficiency) voor turbine- maar speciaal voor pompbedrijf, is zo maximaal mogelijk te maken, door de buitenste kromme van het procesrendement (zie fig. 3.1) zo dicht mogelijk bij de 0 te laten beginnen en de dalen op te vullen met de combinaties van de verschillende eenheidsgrrootten, zodat er een gelijkmatigere kromme ontstaat.



Figuur 4J. Fictieve pompkarakteristiek.

Dit is op de volgende verschillende manieren te bereiken;

- A. - kleine eenheden kiezen (bijv. fig. 2.2).
- B. - eenheden van verschillende grootte nemen (fig. 3.2).
- C. - combinatie van bovenstaande.

De eerste manier is dus, volgens alternatief 3 (veel

kleine eenheden), en lijkt in eerste instantie niet zo goed i.v.m. de kosten en dimensies in het totaal (grote machinehal). Wel staat er tegenover dat de machines onderling uitwisselbaar zijn en dat ze in serie gebouwd kunnen worden. In een later stadium zal dit worden gecontroleerd.

De tweede manier alleen is niet voldoende, daar het ook belangrijk is dat er een paar kleine eenheden zijn, dus zal de derde oplossing nader bekeken worden.

Omdat deze studie algemeen opgezet wordt, is het mogelijk om de andere oplossingen later ook te bekijken.

Als eerste zal nu globaal bekeken moeten worden of er ook met verschillende eenhedengrootten naast elkaar, met dezelfde "pen-stock" (verticale schacht) gedraaid kan worden.

Dit is volgens verschillende fabrikanten (lit. 6.) geen probleem. Dit mede omdat de pompen een relatief hoge opvoerhoogte hebben en het energieverlies t.g.v. de schacht en toevoerleidingen, klein zijn (ongeveer 10 m.:lit 2.) t.o.v. het hoogteverschil (1200 m.).

Het gevolg is dat de leidingkarakteristiek erg vlak loopt (zie figuur 4.1.) en er geen grote problemen te verwachten zijn (lit 7.). Alleen zullen de pompen wel ongeveer dezelfde soort pompkarakteristiek moeten hebben, omdat de grootte de kleine pompen anders kunnen wegdrücken en/of anders niet op hun optimale vermogen kunnen draaien bij maximale belasting.

Er wordt in deze studie van uit gegaan dat de vraag- en aanbodkromme redelijk bekend zijn (of te voorspellen) om zodoende niet te veel te hoeven overschakelen en zo toch de meest ideale combinatie te kunnen gebruiken.

De vraagkromme van de landelijke vraag naar electriciteits energie is goed te voorspellen m.b.v. de huidige computervoorspellingsmethode. De aanbodkromme van de windenergie is alleen niet bekend. Om dit te weten te kunnen komen, zal er een proefonderzoek gedaan moeten worden d.m.v. een windmolenpark. Hiertoe heeft men eind 1983 een aanzet gegeven (Sexbiersum), maar of hiermee betrouwbare gegevens gevonden worden voor een park van 2000 MW valt te betwijfelen.

In deze studie is toch aangenomen, dat het aanbod van windenergie redelijk te voorspellen is, hetgeen in de toekomst waarschijnlijk d.m.v. een echt windpark ook wel te verwezenlijken valt. Eventueel is een voorspellingsmethode te maken in samenhang met de benodigde en te bouwen windmolenpark. Bijvoorbeeld het windmolenpark van 1000 MW, dat direct windenergie aan het Nederlandse net gaat leveren, en als voorfase van een OPAC of PAC gepland is een e.a. volgens het PAC-rapport (lit. 5).

Ook wordt nog eens vermeld, dat de kans dat een bepaald vermogen gevraagd of geleverd moet worden, uniform verdeeld is aangenomen voor het gebied 0-1200 MW.

#### 4.2 Afbakening onderzoeksgebied.

+++++

Om de combinatie van de francispomp-turbine met een valhoogte van 1200 m. diepte met verschillende eenhedengrootten te kunnen bekijken, is het verstandig om een algemeen computerprogramma te maken, waarmee men dan een optimale combinatie kan bepalen. Dit met als doelstelling om een zo hoog mogelijk totaalroces-efficiency te verkrijgen met een zo gunstige mogelijke kostprijs. Er is ook voor het programma maken gekozen, omdat bij gedane handberekening snel bleek dat het veel sneller zou gaan met een standaardprogramma, omdat er vele mogelijkheden zijn als gevolg van de volgende variabelen;

- aantal eenheden.
- verhouding grootste-kleinste eenheidvermogens.
- de verhouding van de eenheden onderling.

In het programma kan men verschillende combinaties van eenhedenvermogens genereren. Men doet dit als volgt;

1. Invoeren van het aantal toe te passen eenheden.
2. Invoeren verhouding grootste-kleinste eenheid.
3. Invoeren van een fictieve krommeverloop van de onderlinge verhoudingen van de eenhedenvermogens, die in opeenvolgende grootte gerangschikt zijn (fig. 4.2).

ad 1. In het programma is een limiet gesteld aan het aantal verschillende eenheden.

ad 2. De verhouding kan, zoals later zal blijken, niet meer bedragen dan 13.

ad 3. In het programma kan het verloop van de onderlinge verhoudingen van de eenhedenvermogensgevarieerd worden volgens een bepaalde formule.

In het programma is een limiet gesteld aan het aantal eenheden. Dit als gevolg van de sterke stijging van het aantal combinaties volgens de volgende formule:

$$\text{aantal combinaties} = 0,5 \sum_{t=1}^n (2) \quad n = \text{aantal eenheden}$$

In tabel 4.1. zijn een aantal voorbeelden uitgewerkt.

Tabel 4.1. Aantal combinaties.

aantal eenheden	maximum aantal combinaties
n= 4	15
n= 6	63
n= 8	225
n= 10	1023
n= 12	4095
n= 14	16383

Uit deze tabel kan men al de conclusie trekken, dat het nut, van het aantal eenheden, niet veel meer toeneemt boven de 10 eenheden, omdat 1023 combinaties al een gemiddelde stapgrootte van de getrapte totaalrendementkromme geeft van  $1200/1023 = 1,2$  MW, hetgeen erg klein is.

Men ziet dus, dat bij een groter aantal eenheden de "winst" relatief klein is, en daar de rekentijd van de computer ook toeneemt met het aantal combinaties, is de limiet gesteld op 12 eenheden.

In het programma kan het verloop van de onderlinge verhoudingen van de eenhedenvermogens gevarieerd worden volgens de volgende formule:

$$V_i = 1 + X_i \times \frac{B}{A}$$

$V_i$  = verhoudingsgetal van eenheid i.

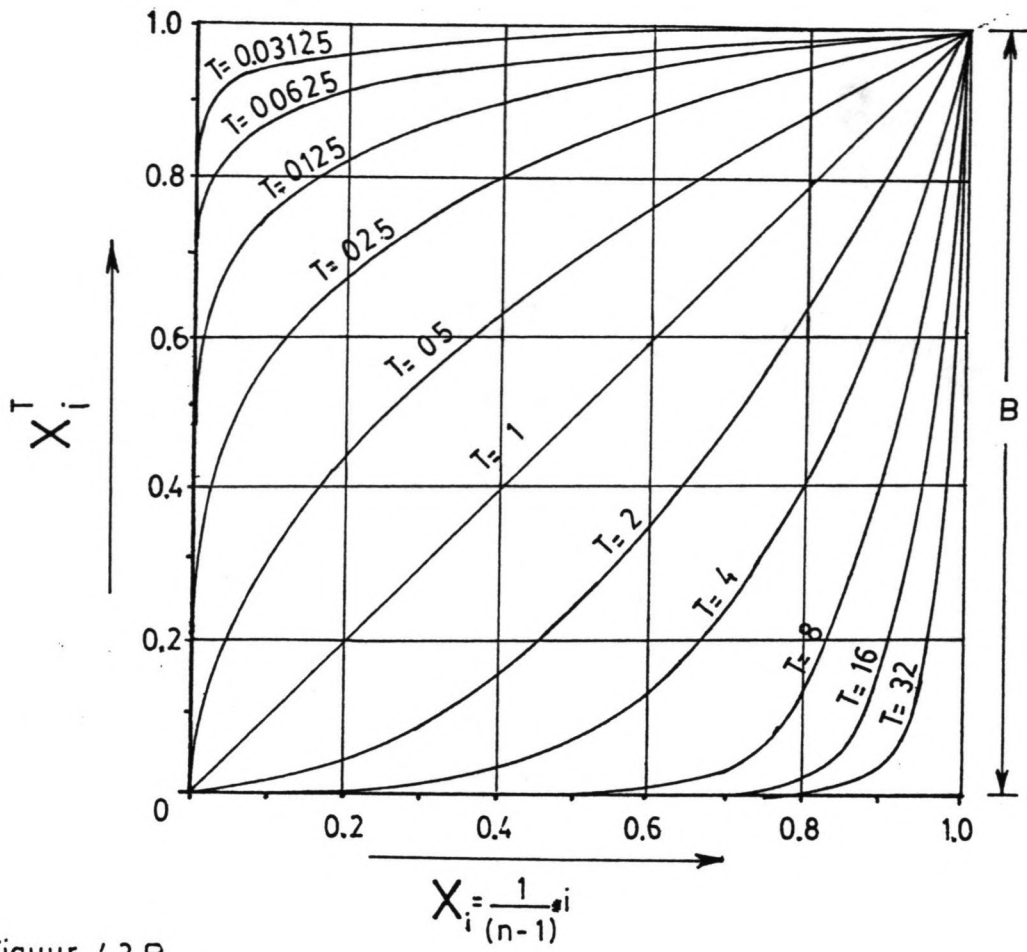
$$X_i = \frac{1}{(n-1)} \times i$$

T = machtsverheffingsgetal waarmee men een krommeverloop bepaald:  $0 < T < \infty$

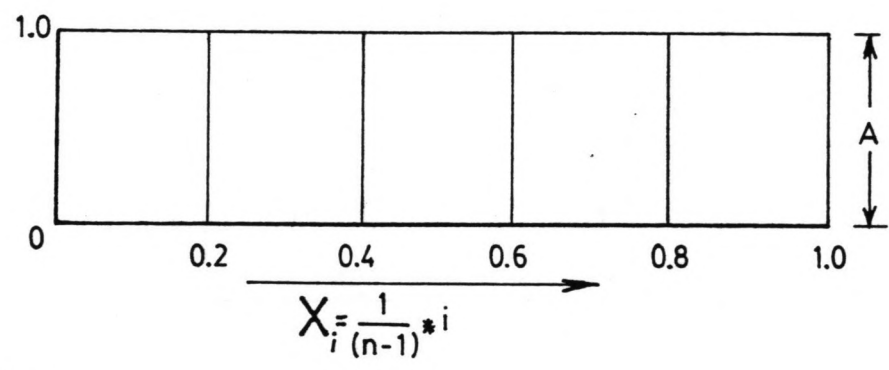
$$\frac{B}{A} = \frac{\text{(grootte max. - grootte min.) eenheidvermogen}}{\text{grootte kleinste eenheidvermogen}}$$

Een en ander is grafisch weergegeven in figuur 4.3.

De formule is uit twee delen opgebouwd. Ten eerste een constante 1, welke inhoudt dat de eerste eenheid (kleinste) een basisverhoudingsgetal heeft van 1 (zie figuur 4.2A). Het tweede gedeelte van de formule bepaald voor de overige eenhedenvermogens hun verschil in verhouding t.o.v. de eerste basiseenheid (zie figuur

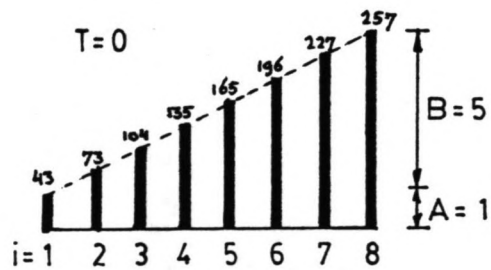
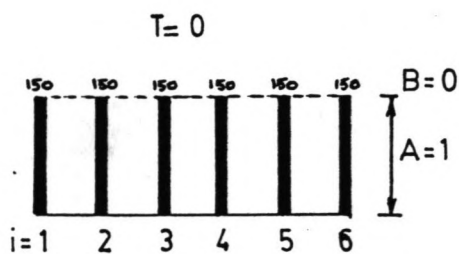
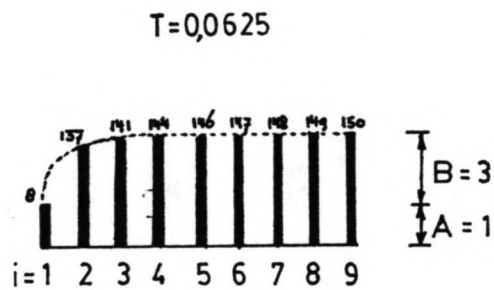
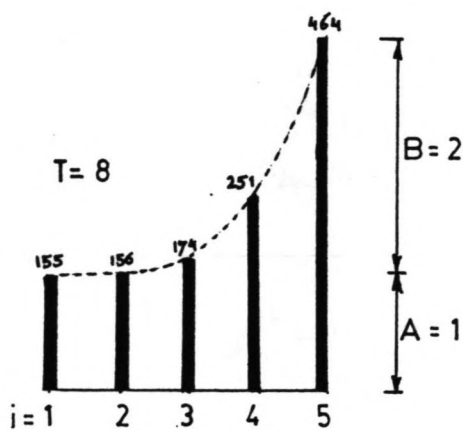
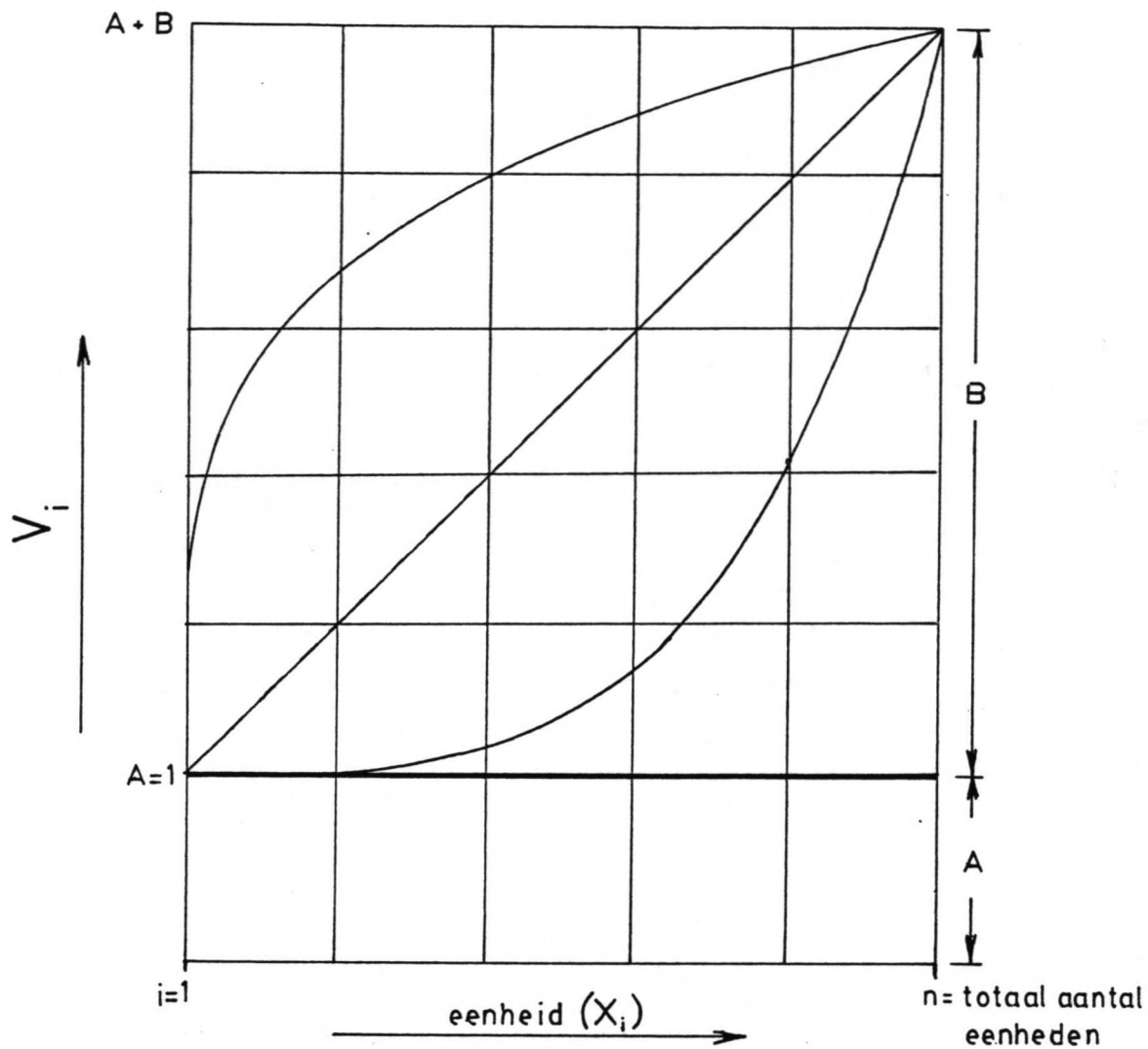


Figuur 4.2 B



Figuur 4.2A

$$V_i = 1 + X_i^T \cdot \frac{B}{A}$$



Figuur 4.3.

$$(1 + X_i \frac{B}{A}) \times 1200 \text{ MW}$$



4.2B). Dit verschil wordt bepaald door de functie  $X$  en de verhouding  $B/A$ .

Er is voor deze functie gekozen om de volgende redenen:

- de kromme kan het verloop van de verhoudingen zo maken, dat er een of twee eenheden klein worden t.o.v. de overige eenheden. Dit kan het totaalrendement verhogen, doordat de kromme naar links verschuift (zie fig. 2.1).
- de kromme kan het verloop van de verhoudingen zo maken, dat er veel kleine eenheden zijn met enkele grootten. De kromme verschuift daardoor weer naar links en er kunnen tegelijkertijd betere gespreidere combinaties gemaakt worden.
- Doordat  $T$  variabel is, kan men een groot gebied aftasten van de mogelijke combinaties van (verschillende) eenhedenverhoudingen (zie fig. 4.2.B)

De verhouding  $B$  (zie fig. 4.2.B) met  $A$  (zie fig. 4.2.A) bepaald dus de verhouding van het verschil tussen de grootste en kleinste eenheid ( $B$ ) t.o.v. de kleinste eenheid ( $A$ ), en de onderlinge relatie is weergegeven in figuur 4.3.

Deze verhouding is zo opgesteld i.v.m.  $X$ ; deze heeft n.l. voor de waarde van  $X=0$  een grootte van  $0$ , hetgeen zou inhouden dat de kleinste eenheid een grootte zou krijgen van ook  $0$ . Dit kan niet en is opgelost d.m.v. een basisverhoudingsgetal van de eerste (kleinste) eenheid van een grootte  $1 (=A)$ .

Het had ook opgelost kunnen worden door  $X$  te stellen op bijv.  $0.2$ , maar dan wordt de overzichtelijkheid van het functieverloop niet bevorderd, omdat dan de basisverhouding steeds anders wordt. In tabel 4.2. is een voorbeeld van de berekening weergegeven en een aantal andere uitgewerkte voorbeelden zijn weergegeven in onder in figuur 4.3 voor een 1200 MW OPAC

De bovenstaande 3 punten gecombineerd geven de mogelijkheid om de "beste" combinatie van verschillende eenheden te kunnen bepalen. De bedoeling van dit programma is n.l. om eerst een globale schatting te maken van welke combinaties in aanmerking komen voor het OPAC-plan. Met behulp van deze combinaties, welke dicht bij de "beste" liggen, kunnen nu gedetailleerdere berekeningen gemaakt worden door het programma te combineren met het programma van W.A. de Haan (welke de overschakelmogelijkheden bekijkt van deze combinaties; of de combinaties van eenheden de vraag en aanbodkromme bij kunnen houden of niet).

Uit het bovenstaande mag niet geconcludeerd worden dat

alle mogelijke combinaties van verschillende eenheden, die gegenereerd kunnen worden, ook wel zinvol zijn om de volgende twee redenen;

Ten eerste: mogelijke combinaties zijn bijv. weergegeven in figuur 4.4. Op de horizontale as is weergegeven, volgens welk functieverloop de eenheden-grootten zich onderling verhouden, en op de verticale-as is weergegeven de verhouding van het verschil grootste-kleinste eenheid t.o.v. de kleinste eenheidvermogen.

Ook is in het figuur het gebied aangegeven, waarbinnen men moet blijven voor verschillend aantal eenheden. Dit gebied voldoet aan de volgende eis:

- in de praktijk komt men geen Francis-pomp-turbine-eenheden tegen, met een verval van 600 m, welke kleiner zijn dan 25 MW en groter dan 350 MW. Dit volgens de voorhanden zijnde literatuur en lit. 6.

De grootte van de eenheden zijn n.l. afhankelijk van de volgende punten:

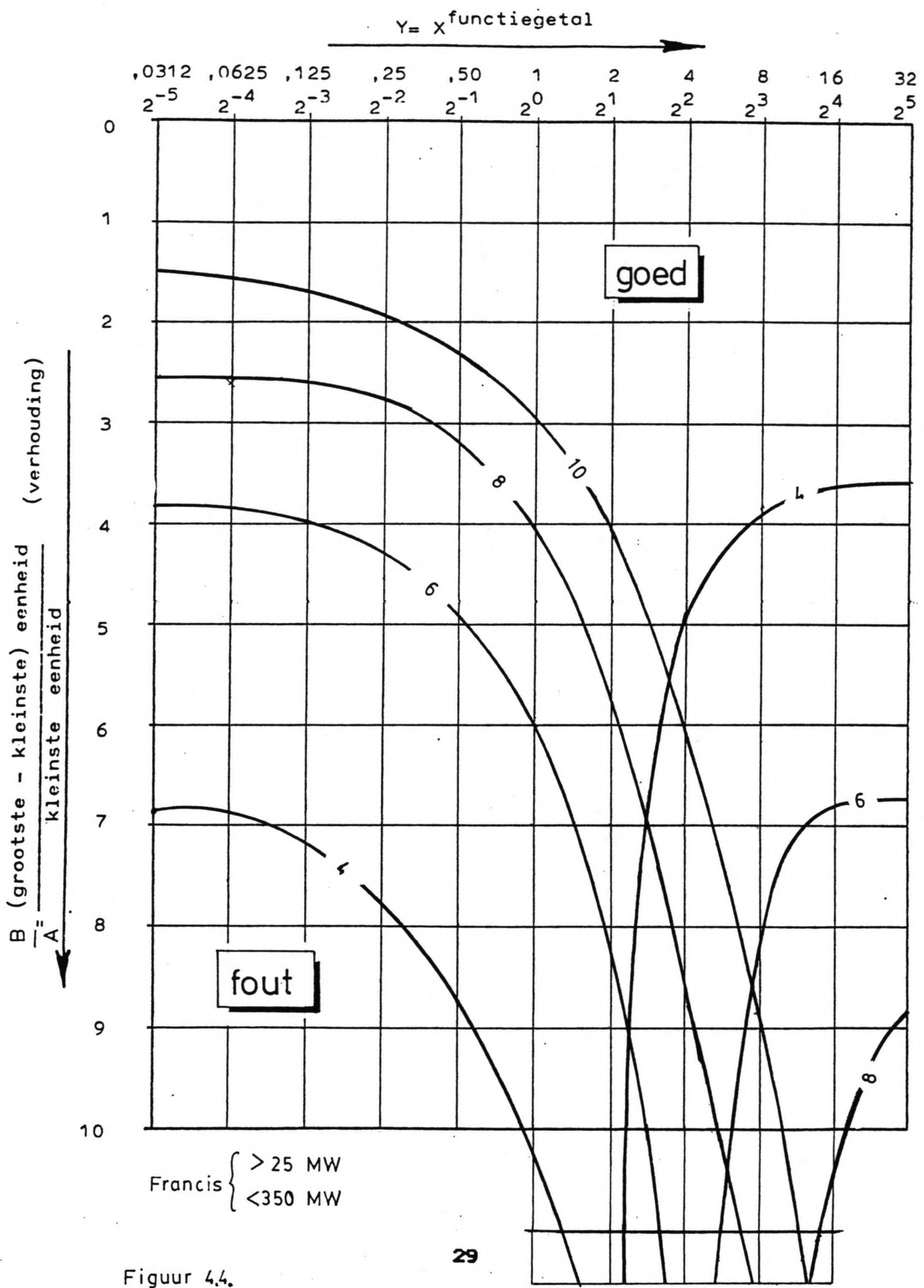
- kosten per KW vermogen anders te hoog.
- technische problemen zoals bijvoorbeeld;
  - klein vermogen met: grote opvoerhoogte geeft hoge draaisnelheden met als gevolg smeer- en afdichtingsproblemen.
  - groot vermogen met grote opvoerhoogte geeft een grote dimensie van de eenheden en een moeilijk transport.

Mede om bovenstaande redenen is aangehouden, dat alleen die combinaties van eenhedengrootten bekeken worden, waarvan de pompturbines de grootte hebben liggend tussen de 25 MW en 350 MW. In bijlage 1 is het gebied bepaald, welke aan de bovenstaande eisen voldoet. Een grafische overzicht is weergegeven in figuur 4.4.

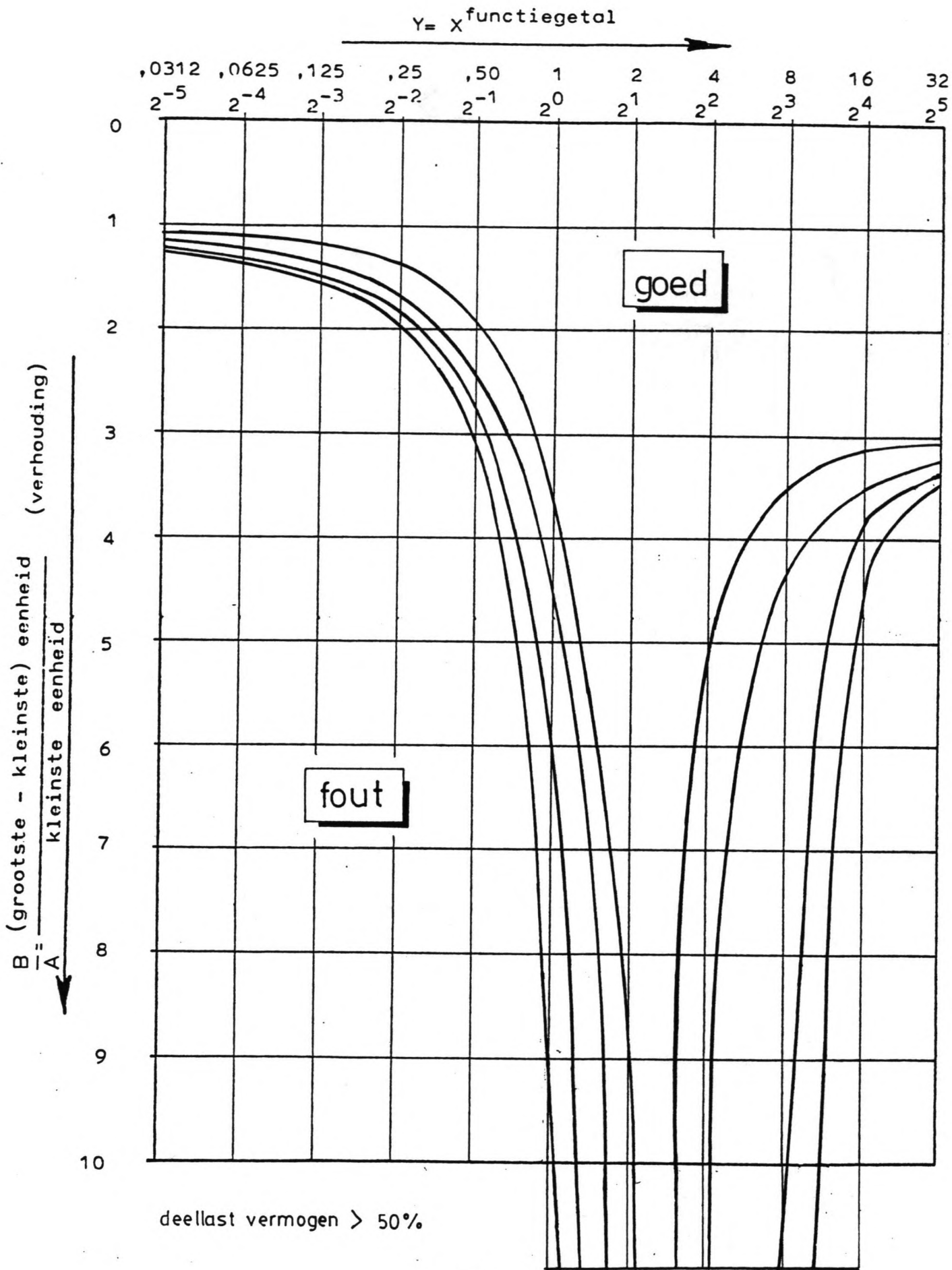
Ten tweede: in figuur 4.5. is het gebied aangegeven, waarbinnen men ook moet blijven voor de verschillend aantal eenheden. Dit gebied voldoet aan de volgende eis;

- De Francisturbine-eenheden draaien in de normale bedrijfsvoering, op een groter vermogen dan 50 % van hun optimale vermogen.

Uit de literatuur en lit. 6 is n.l. gebleken, dat de turbine-eenheden zich onstabiel gedragen, indien ze op minder dan 50 % van hun optimale vermogen draaien (verschilt per soort turbine/fabrikant). In het programma wordt daarom aangenomen dat in zo'n geval de turbine-eenheid een rendement heeft van 0 en stilstaat, dus valt buiten het gebied. Dit geldt alleen voor de gemiddelde bedrijfsvoering en niet voor het speciale geval dat er



Figuur 4.4.



Figuur 4.5.

voor het eerst opgestart moet worden van de eerste eenheid en dan dit onstabiele gebied moet doorlopen. De uiteindelijke afweging is n.l. dat een combinatie van eenhedenvermogens beter is, indien bij meerdere eenheden in gebruik, er geen turbines draaien op een vermogen ( 50% van hun optimale vermogen.

De grenzen zijn bepaald in bijlage 2. Een overzicht van deze uitwerking is nu weergegeven in figuur 4.5. Een voorbeeld van buiten het gebied vallen, zie tabel 4.2.

Tabel 4.2. Voorbeeld.

- eenheden	: 4					
- verhouding:	5 (B/A)					
- functie	: .25 (T)					

$$V = 1 + X \cdot \frac{T}{i} \cdot (B/A)$$
  

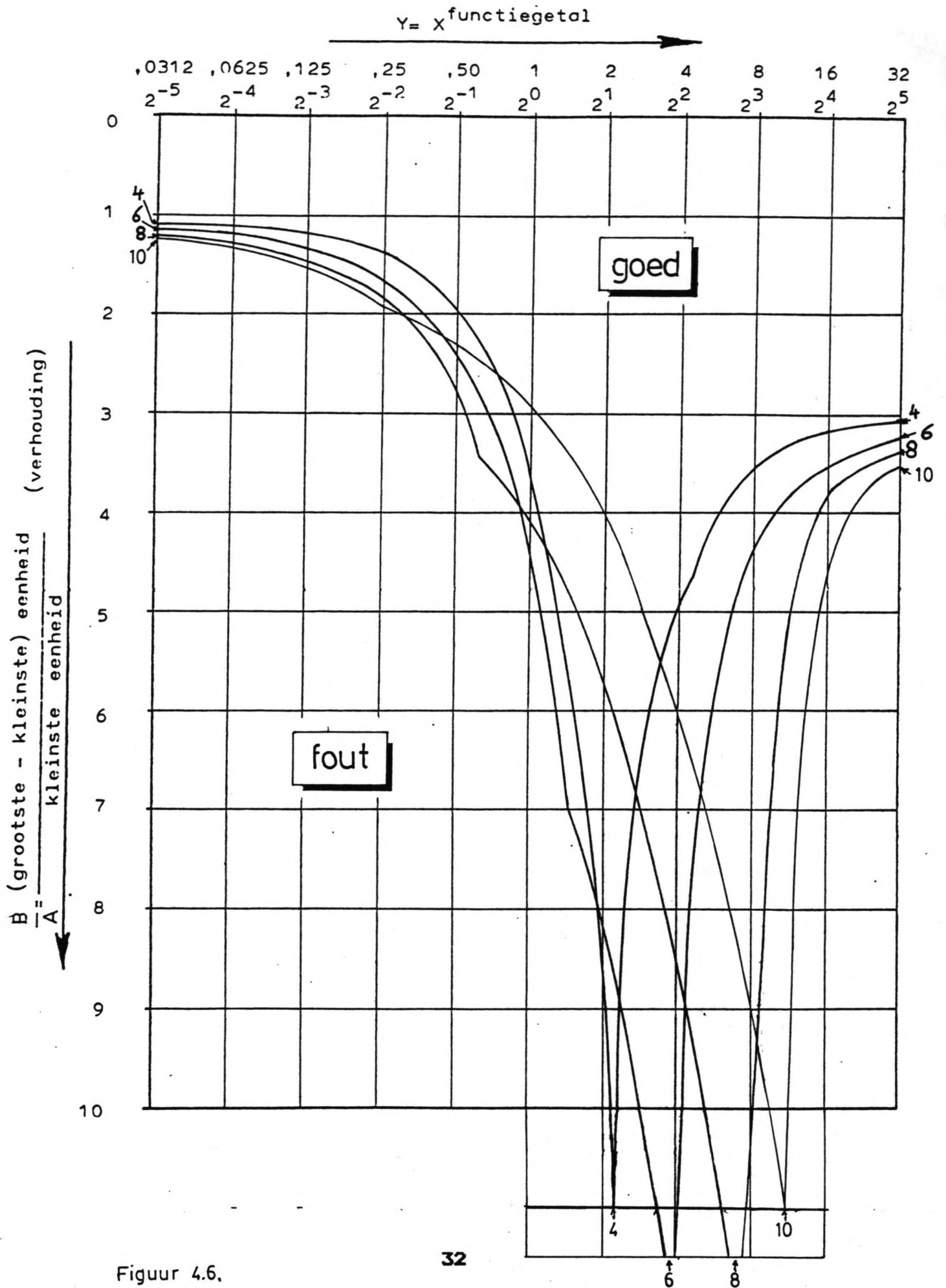
eenheid(i)	X	Y=X	x5(=B/A)	+1	x 69,77 MW
1	0	0	0	1	69,77 MW
2	0,33	0,75	3,79	4,79	334,88 MW
3	0,60	0,88	4,40	5,40	376,74 MW
4	1	1	5	6	418,60 MW
				17,2	1200 MW

$\frac{1200}{17,2}$	= 69,77 MW	334,88	> 2 X 69,77 MW
			dus instabiliteit

De twee figuren 4.4. en 4.5. kunnen nu samengevoegd worden tot een gecombineerde figuur 4.6., welke het gebied weergeeft waarin de combinaties van eenhedengrootten mogelijk zijn voor verschillend aantal eenheden.

Bij de verdere berekeningen is er van dit laatste figuur uitgegaan.



Figuur 4.6.

#### 4.3. Totaal-effectiviteit d.m.v. optimalisatieprogramma. +++++

##### 4.3.1. Opbouw programma.

Als eerste is een programma gemaakt, welke de mogelijke combinaties van de verschillende eenheden uitrekent. Dit programma is getest en maakt voor elke willekeurig aantal eenheden (gelijk of verschillend), alle mogelijke combinaties (zie ook bijlage 6). Hierbij is aangenomen dat het nuttige vermogen van de pomp even groot is als die van de turbine bij optimale (af/opgenomen) vermogen.

Dit programma is daarna uitgebreid met een sorteerprogramma, welke de totaalvermogen van de draaiende eenheden op volgorde zet. In tabel 4.2. is een voorbeeld van een uitdraai gegeven van de eenhedencombinatie 200 MW, 250 MW, 300 MW en 450 MW. Dit is zo uitgebreid gedaan, om zo later dit programma te kunnen combineren met het programma van W.A. de Haan.

Het programma is verder uitgebreid met deelprogramma's, welke de bovenstaande gevonden lijst comprimeert tot 3 verschillende rijen en wel de volgende;

- 1e - De basis-rij (tabel 4.2.) wordt zodanig omgewerkt ('procedure' ZW1), totdat er in de rij geen dubbele totaal-vermogens aanwezig zijn, dit om latere dubbeltelling te voorkomen (zie tabel 4.3). M.b.v. deze rij kan nu het basis(totaal)proces-effectiviteit bepaald worden, welke maximaal te behalen valt met deze combinaties van eenheden, dus indien er geen problemen ontstaan bij overschakelen.
- 2e. - De bovenstaande rij (tabel 4.3.) wordt verder omgewerkt ('procedure' ZW2) tot een rij welke voldoet aan de volgende eisen;
  - indien de volgende combinatie van draaiende totaalvermogen ( vorige combinatie + 100 MW dan moet deze ook ) 120 % van het vorige totaal.

Dit is gedaan om zo een meer reëelere benadering van bedrijfsvoering in de praktijk te kunnen benaderen.

Het zal namelijk in de praktijk niet zo zijn, dat elke combinatie van vermogen doorlopen gaat worden, omdat dit bepaald wordt door de gevraagde- of aangeboden vermogensverandering. Dus de helling van de belastings- of windkromme. De ondergrens van door bovenstaande eis, wordt gesteld op 20% verschil met de voorgaande vermogen. De bovengrens op 100 MW verschil. Dit zal de werkelijke bedrijfsvoering beter benaderen en kan later eventueel gecontroleerd kunnen worden met het programma van W.A. de Haan.

Tabel 4.2.

VERMOGEN	INGESCHAKELDE VERMOGENS			
200.0	200.0	.0	.0	.0
250.0	250.0	.0	.0	.0
300.0	300.0	.0	.0	.0
450.0	450.0	.0	.0	.0
450.0	200.0	250.0	.0	.0
500.0	200.0	300.0	.0	.0
550.0	250.0	300.0	.0	.0
650.0	200.0	450.0	.0	.0
700.0	250.0	450.0	.0	.0
750.0	300.0	450.0	.0	.0
750.0	200.0	250.0	300.0	.0
900.0	200.0	250.0	450.0	.0
950.0	200.0	300.0	450.0	.0
1000.0	250.0	300.0	450.0	.0
1200.0	200.0	250.0	300.0	450.0

Tabel 4.3.

VERMOGEN
200.0
250.0
300.0
450.0
500.0
550.0
650.0
700.0
750.0
900.0
950.0
1000.0
1200.0

Tabel 4.4.

VERMOGEN
200.0
250.0
300.0
450.0
550.0
700.0
900.0
1200.0

Tabel 4.5.

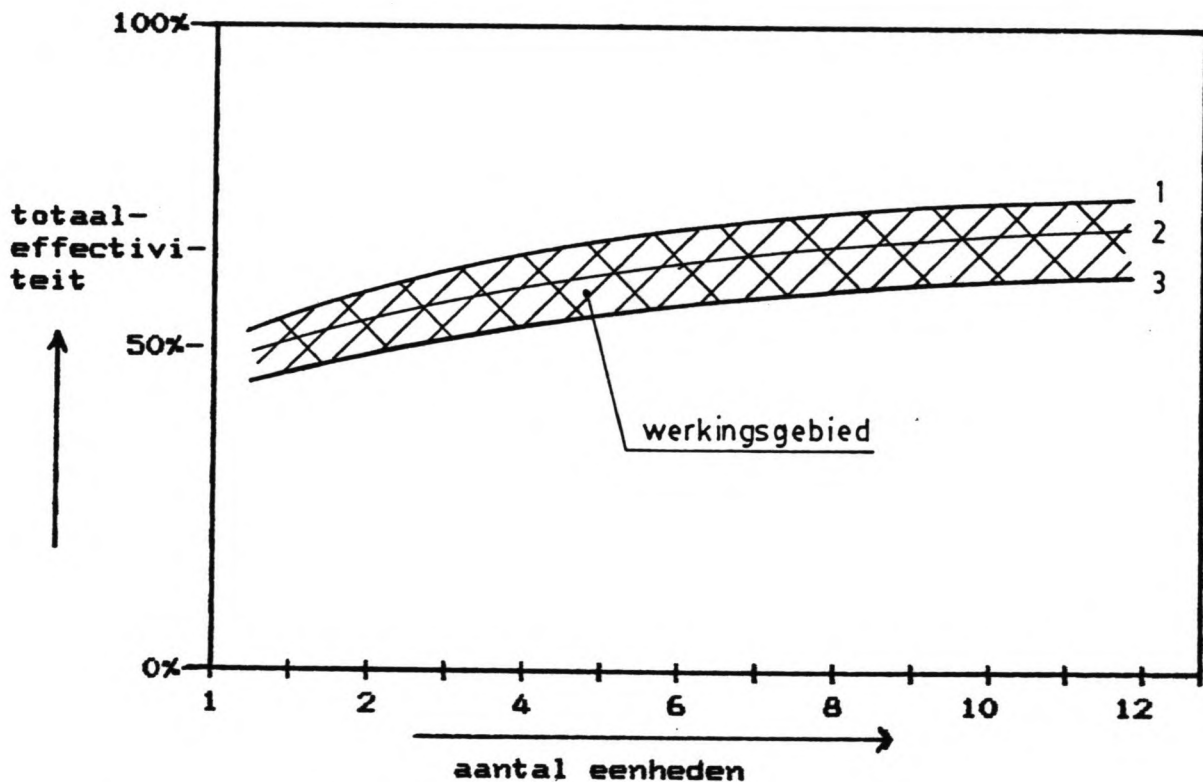
VERMOGEN
200.0
300.0
450.0
700.0
1200.0



- 3e. - De bovenstaande rij (tabel 4.4) wordt nu weer verder omgewerkt ('procedure' ZW3) tot een rij welke voldoet aan de volgende eisen;
- indien de volgende combinatie van draaiend totaalvermogen ( vorige combinatie + 200 MW dan moet deze ook ) 150 % van het vorige totaal.

Dit is gedaan om zo een soort minimum (totaal)proces-effectiviteit te kunnen bepalen van deze combinaties van verschillende eenhedenvermogens. Grotere verschillen in draaiende (totaal) vermogens dan 200 MW is niet zo reëel.

De 3 bovenstaande rijen geven dus verschillende basis(totaal)-effectiviteiten, waarmee men dan globaal kan aftasten hoe groot het "echte" totaalrendement (=effectiviteit) van een bepaalde combinatie van eenhedengrootten kan worden. Maximaal dus volgens de 1e rij en minimaal volgens de 3e rij, zie figuur 4.7.



Figuur 4.7. Relatie totaalrendement- aantal eenheden.

De in de praktijk haalbare basis(totaal)effectiviteitskromme ligt dus waarschijnlijk tussen de 1e en de 3e lijn in, en als indicatie kan voor de werkelijke waarden kan dus de 2e-lijn gehanteerd worden. Dit kan later misschien getest worden in het programma van W.A. de Haan.

Met de bovengenoemde rijen van de combinatietotalen van de verschillende eenhedenvermogens kan nu een (totaal) procesefficiency berekend worden voor zowel turbine- alswel pompbedrijf;

- Totaalefficiency turbinebedrijf:

Dit wordt berekend volgens de integraalkromme van de totaalefficiëncykromme welke is opgebouwd a.d.h. van de rendementskromme van de Francis-pompturbine (zie fig. 4.8.).

De aangenomen rendementskromme van de Francisturbine is bepaald a.d.h. van de schaarse, in de literatuur (zie fig. 4.7) staande rendementskromme. Er is een "gemidelde" kromme geconstrueerd, welke geldt voor een vermogen  $> 50\%$  van het optimale vermogen, en heeft de volgende vorm:  $Y = 0.51 + 0.826 x - 0.405 x X x X$ . De buitenste lijn is aangehouden i.v.m. de te verwachten rendementsverbetering in deze tijd. De kromme uit de literatuur hebben betrekking op pompturbines van 20 jaar geleden.

In de berekening is gesteld dat de turbine geen opbrengst geeft indien het gevraagde vermogen  $< 50\%$  is van zijn vermogen met het hoogste rendement: er wordt dan een foutmelding gegeven (totaal rendement = 0).

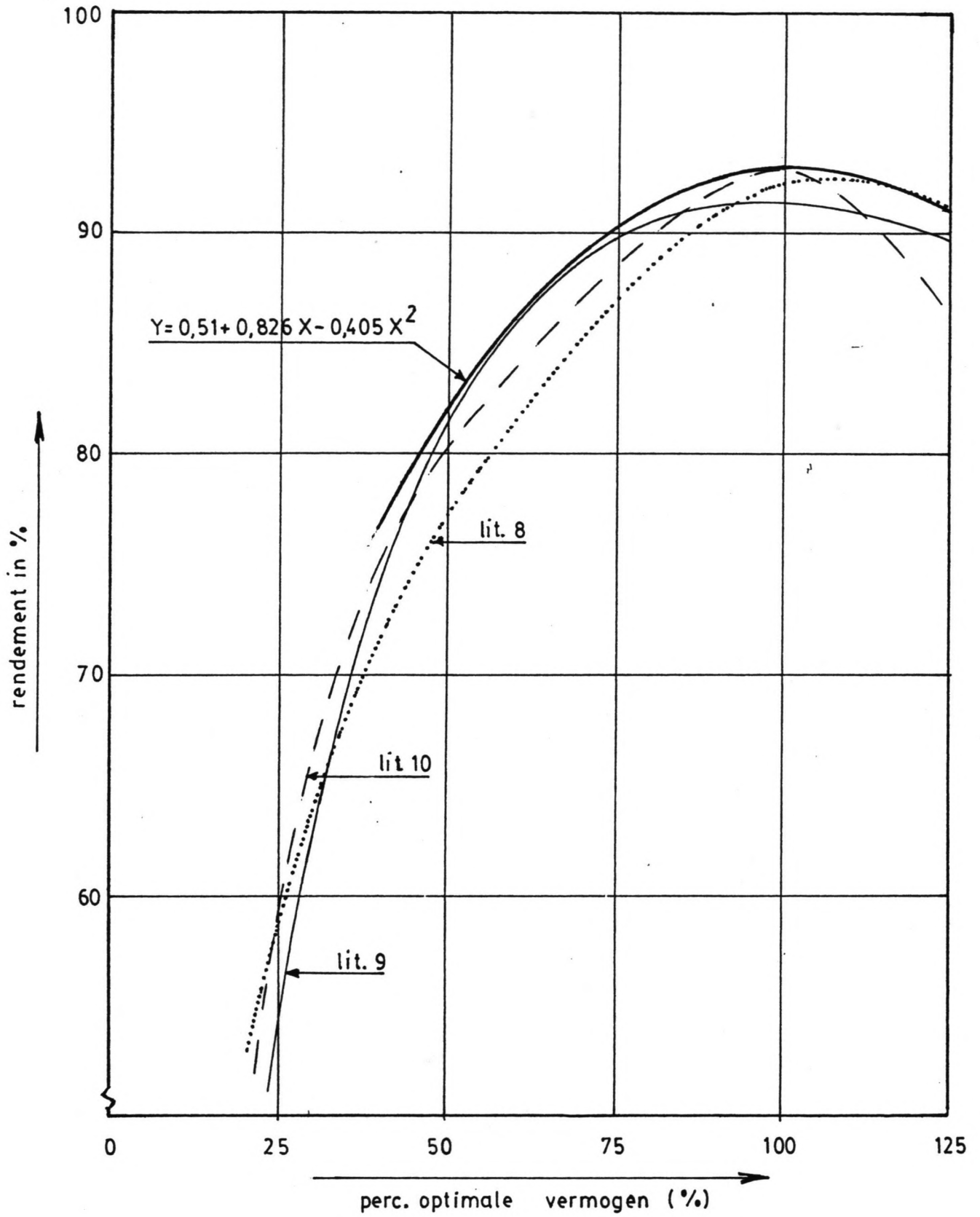
- Totaalefficiency pompbedrijf:

Dit wordt berekend volgens de integraalkromme van de fictieve totaalefficiëncykromme van de pompen. De pomp is niet of nauwelijks regelbaar, daarom kan de pomp alleen op maximum capaciteit draaien of anders niet! (zie fig. 2.1B). Het maximum pomprendement is door ons op  $85\%$  gesteld, e.a. na raadpleging van de literatuur.

Het programma combineert deze twee totaalefficiëncies van turbine- en pompbedrijf tot het (totaal)proces-effectiviteit van het OPAC-systeem (met een aangenomen factor van 0.98 voor trafo- en kabelverliezen), ofwel één cyclusgang van het proceswater.

Men kan nu de verschillende combinaties van eenheden onderling alleen d.m.v. het (totaal)proces-effectiviteit vergelijken, maar dat lijkt mij niet de juiste manier hoewel het (totaal)procesrendement (=effectiviteit) toch het grootste gedeelte van de investeringskosten van het OPAC-plan bepaald. De kosten van OPAC worden voor  $\pm 70\%$  bepaald door de ondergrondse werken, welke weer afhankelijk zijn van de grootte van het systeem (=totaalproces-effectiviteit), en de baten van het OPAC-systeem over zijn levensduur zijn ook weer hiervan afhankelijk.

Een meer voor de hand liggende en reëelere manier van



Figuur 4.8. Rendementskromme Francisturbine.

vergelijken is, om de investeringskosten er ook bij te betrekken en de opbrengst (baten) in netto contante waarden uit te drukken.

Men krijgt dan een berekeningsverloop zoals dat schematisch is weergegeven in figuur 4.9.

Er wordt in het programma niet uitgegaan van de totale kosten en opbrengsten, omdat deze niet precies bekend zijn en de "opbrengstengegevens" alleen beschikbaar zijn van het PAC-rapport (lit. 3 t/m 5). Ook is deze berekening gekozen omdat er anders een post inzit met een constante prijs (bijv. gebouwen, kabels, schacht, trafo's, regelapparatuur, etc.) en daardoor een vertekend beeld gegeven zou worden van de directe onderlinge relatie van de (totaal)proces-effectiviteit met zijn directe kosten.

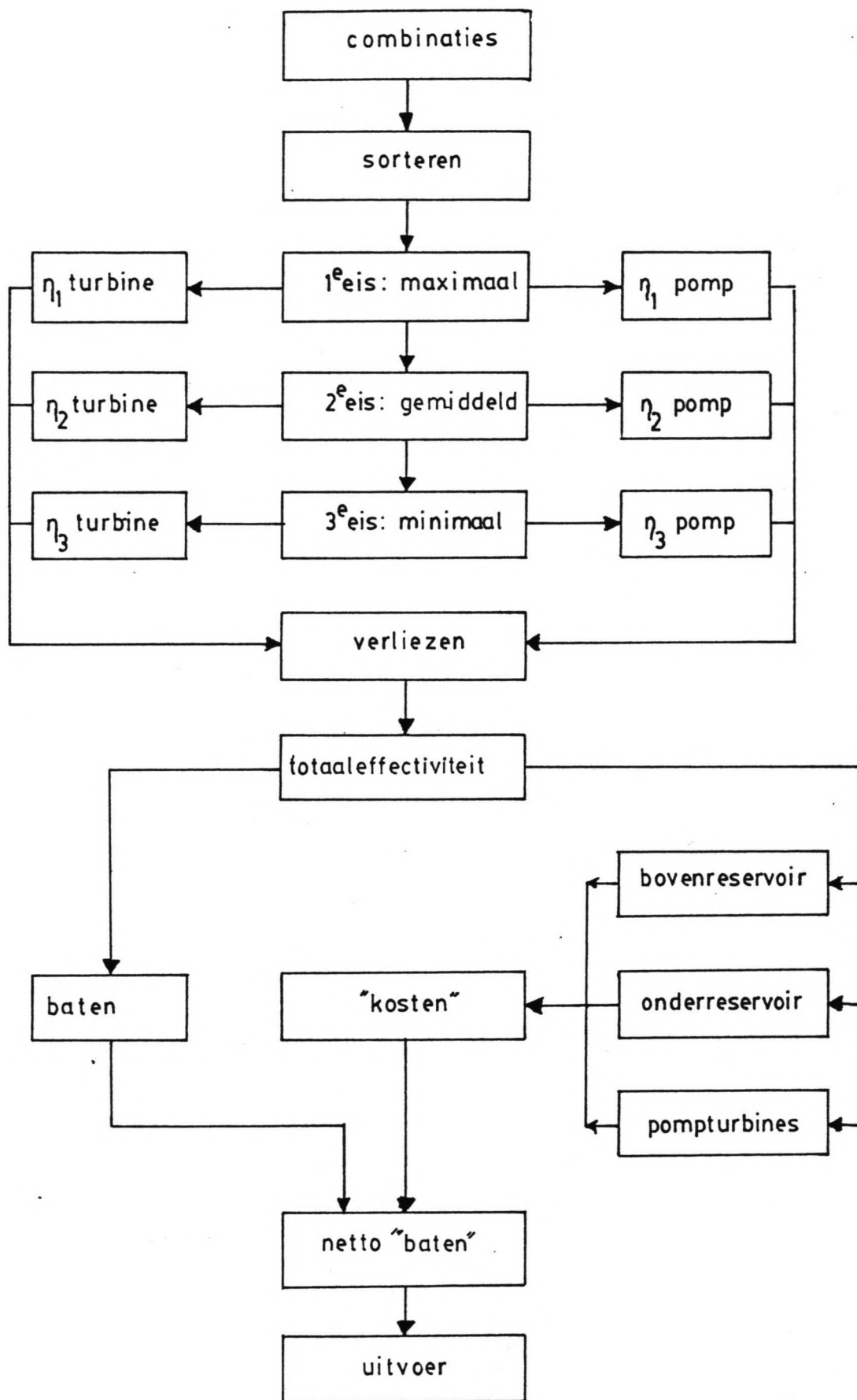
Daarom is er een andere benaderingswijze gekozen; het OPAC-plan, volgens het rapport "Vooronderzoek OPAC" is omgerekend naar een standaard "ideale" OPAC-centrale met de volgende kenmerken:

- Totaal proces-effectiviteit van 100 %.
- Totaalvermogen van 1200 MW.
- Totale val/opvoerhoogte van 1200 m. (twee etages).
- Francispomp-turbine: 12 x 100 MW.

Zodoende kunnen nu de verschillende combinaties van de vermogensseenheden onderling vergeleken worden. Door vanuit de bovenstaande "ideale" OPAC de extra kosten en opbrengsten uit te rekenen, die veroorzaakt worden door het kleinere (totaal)proces-effectiviteit. Deze opzet voorziet dus daarin, dat zo alleen de variabele kosten, die direct beïnvloed wordt door proces-effectiviteit, onderling vergeleken kunnen worden. Later kan eventueel de situatie bekeken worden van bijv. een extra opvoerhoogte met de daaraan verbonden extra kosten. Het programma is ook in een later stadium makkelijk uit te breiden naar de echte totale kosten.

Indien de totaal-effectiviteit slechter wordt, dan neemt de benodigde hoeveelheid proceswater (lees grootte OPAC) toe, dus extra kosten nemen toe en de baten (lees besparing energie) nemen af, dus nemen de extra kosten t.o.v. de "ideale" OPAC toe.

Er kan dus meteen onderling vergeleken worden welke combinatie van de eenheden de "ideale" OPAC het meest benadert, voor wat betreft de kosten. De extra kosten worden in de volgende hoofdstukken uitgesplitst en nader bepaald.



Figuur 4.9. Overzicht berekening.

#### 4.3.2. Baten van de OPAC.

Indien het (totaal)procesrendement (lees: effectiviteit) 100 % is, dan is alle opgenomen energie= afgegeven energie. Van de baten (opbrengst) zijn alleen de globale gegevens van het PAC-rapport beschikbaar. Nauwkeurigere gegevens zijn niet aanwezig of men moet het gehele OPAC- of PAC-systeem doorrekenen in in samenhang met het Nederlandse centrale-systeem. En dit gaat nog niet, omdat er nog te weinig gegevens beschikbaar zijn van het OPAC-plan.

Het PAC-rapport geeft een relatieve batenopbrengst (besparing) aan fossiele brandstof van ± f 616 milj. per jaar (prijsspeil 1980). Dit geldt voor een PAC van 1200 MW en met een (totaal)proces-effectiviteit van 77,5 %.

Aangenomen is dat de opbrengst recht-evenredig is met het (totaal)procesrendement (niet geheel juist !), dus wordt dit bij een OPAC van 100 % effectiviteit:

$$(1/0,775) \times 616 = f 795 \text{ mln/jaar}$$

Dus het verschil met en 100 % OPAC (batenverlies) is:

$$(1 - \eta_t) \times 795 \text{ mln/jaar} \quad (\eta_t = \text{proceseffectiviteit})$$

Deze baten moeten nog contant gemaakt worden voor de gehele levensduur van OPAC, tegen een prijspeil van 1980 (berekenningsjaar PAC en OPAC). Voor de totale levensduur van het OPAC-systeem wordt in de praktijk 50 jaar aangehouden en het wordt ongeveer in het 9e jaar in gebruik genomen. Wel zullen er tussendoor bepaalde onderdelen van de machines vervangen moeten worden. Er is voor het contant maken gerekend met een disconteringsvoet van 5 % (zelfde als in rapport "Plan Lievense") en dit geeft een vermenigvuldigingsfactor van:

$$\sum_{i=8}^{50} 1 / (1+r)^i = 11,793 \quad r = \text{discontovoet}$$

Dus de (totale) mindere baten t.o.v. een OPAC (100 %) wordt dus:

$$11,793 \times (1 - \eta_t) \times 795 \text{ mln.}$$

#### 4.3.3 Kosten van OPAC.

##### 4.3.3.1. Kosten van het onderbekken.

Het PAC-rapport geeft een benodigd opslagvermogen van 11,75 GWH (zie ook ons voorverslagberekening), welke hoort bij een (totaal)proces-effectiviteit van 77,5 %. Dit opslagvermogen kan nu weer omgerekend worden naar een OPAC-100%:

$$E = 11,75 \times 0,775 = 9,10625 \text{ GWH} \quad (100\% \text{--OPAC} = 100\% \text{--PAC})$$

Het vrije hoogteverval van de 2-etage OPAC-systeem bedraagt:  $2 \times 600 = 1200 \text{ m}$ . De aangenomen tunneldoorsnede van het leidingennet van het onderbekken bedraagt:  $d = 6,5 \text{ m}$ . (lit. 2). Dit geeft een dwarsoppervlak van  $33 \text{ m}^2$ .

De prijs van  $\text{m}^3$  tunnel bedraagt in e.i. (geschat volgens lit. 2 en 5) f 22.000,-/ $\text{m}^3$ , dus de kosten van een extra tunnelgedeelte van het onderbekken bedraagt dus:

kosten = extra lengte  $\times$  kosten per  $\text{m}^3$

$$= \left( \frac{1 - \eta_t}{\eta_t} \right) \times \frac{E \times 3600}{p \times g \times H \times A} \times \text{prijs}/\text{m}^3 \times \text{ann.} \quad (5 \text{ jr.})$$

$$= \left( \frac{9,1 \cdot 10^9}{\eta_t} - 9,1 \cdot 10^9 \right) \times \frac{3600 \times f22.000,- \times 0,7835}{1000 \times 9,81 \times H \times A} =$$

$$= (1 - \eta_t) / \eta_t \times 3339,45 \cdot 10^6 \times f22.000,- \times 0,7835 / (H \times A)$$

##### 4.3.3.2. Kosten bovenbekken OPAC.

Het nuttige bekkeninhoud bij een OPAC-100% is:

$$= (\text{vermogen}) / p \times g \times H =$$

$$\frac{9,1 \cdot 10^9 \times 3600}{1000 \times 9,81 \times \text{valhoogte}} = 2,783 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Bij een aangenomen werkzame diepte van het bovenbekken (zie ook lit. 2) van 15 m. wordt de benodigde oppervlakte van het bekken:

$$\text{opp.} = 2,783.10^6 / 15 = 1,85525.10^5 \text{ m}^2.$$

Er is voor de vorm van het bovenbekken aangenomen een cirkelvorm, hetgeen een omtrek geeft van de dijken:

$$\text{omtrek} = 2\pi R = 2 \times 3,14 \times \sqrt{185525 / 3,14} = 1527 \text{ m'}$$

Dus de extra benodigde lengte van de bekkendijk indien proceseffectiviteit lager is dan 100 % wordt nu:

$$2 \times \pi \times \sqrt{\frac{(3339,5.10^6 / TT)}{\pi \times 15 \times H}} - 1527 \text{ m' x ann. (5 jr.)}$$

(TT= totaalefficiency)

Aangenomen prijs van m' bovenbekkendijk (zie lit. 2 en 5) bedraagt f 22.000,-/m'. Dit geeft een extra kosten van het bovenbekken:

$$((2\pi \times \sqrt{\frac{(3339500000 / TT)}{\pi \times 15 \times H}} - 1527) \times f 22.000,- \times 0,7835$$

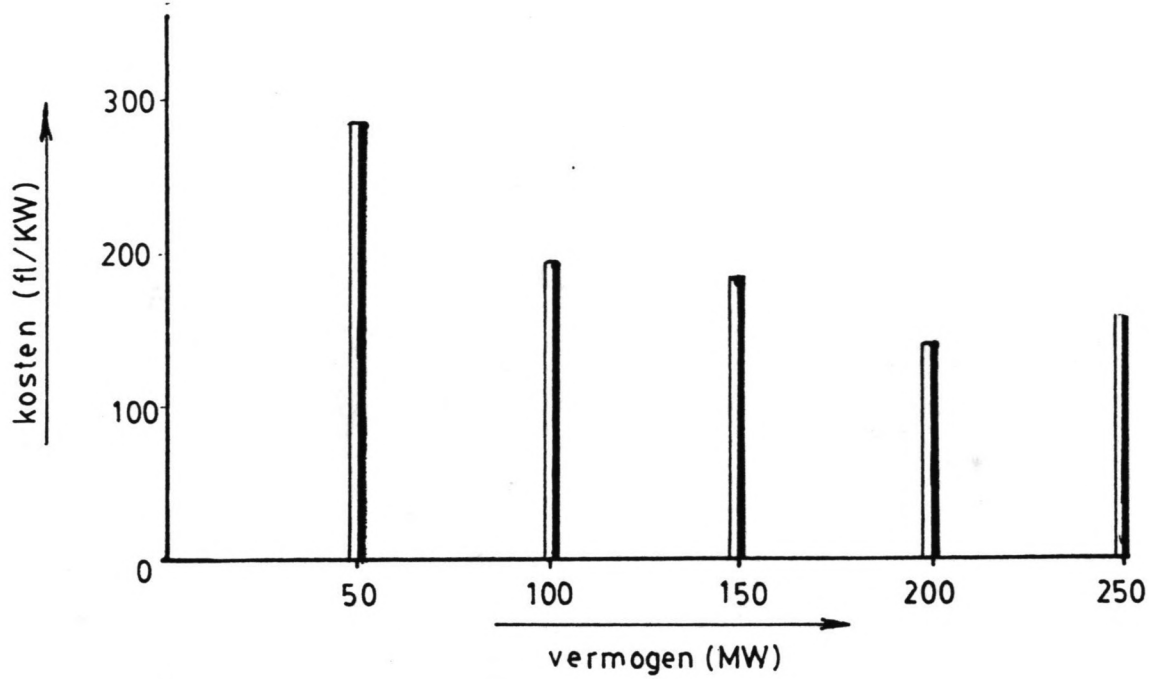
In de formule is een annuïteit van 5 jaar aangehouden voor het gemiddelde investeringstijdstip van de dijk.

#### 4.3.3.3. Kosten pompturbines + generator.

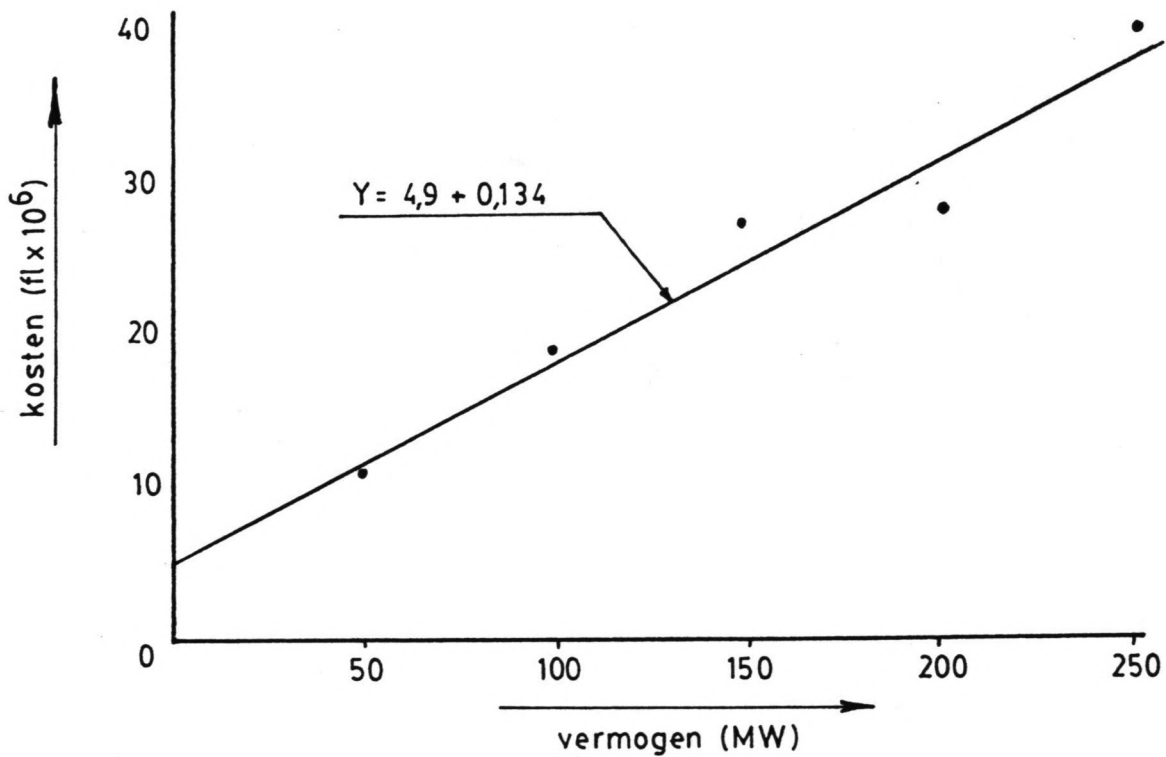
In de figuren 4.10 en 4.11. is een overzicht gegeven van de relatie grootte pompturbine - kosten die gelden voor het optimale op/afgenomen vermogen. Deze grafieken zijn bepaald aan de hand van de (voorlopige) informatie, welke ons verstrekt is door Haskoning (ir. v/d Knijff). Deze informatie hield in, de kosten van de pompturbines (incl. de kleppen) in f/Kw, (zie fig. 4.10).

Deze punten zijn omgerekend naar de totaalprijs (globale) per eenheidsvermogen (zie fig. 4.11). Deze gevonden punten liggen relatief gezien op een rechte lijn, met uitzondering van de 200 MW. Dit laatste verschil is tot nog toe niet te achterhalen geweest. De enige verklaring zou kunnen zijn dat deze grootte de meest gangbare is in de huidige waterkrachtcentrales.





Figuur 4.10 Kosten Francispompturbine.



Figuur 4.11 Relatie grootte-kosten Francispompturbine.

Voor de berekening is uitgegaan van een rechtlijnig verloop, benadert d.m.v. kleinste kwadraat, met een gedaante van:

$$Y = 4,9 + 0,134 \times (\text{vermogen in MW}) \text{ (zie fig. 3.3.)}$$

In deze lijn zijn dus de kosten van de pompturbines en hun benodigde kleppen verwerkt. Hierin is dus geen rekening gehouden met de kosten van de generatoren.

Om nu de totale kostenlijn te bepalen is gebruik gemaakt van de tabel 10.2 van "rapport Plan-Lievensse" (lit. 5), waarin de uitgesplitste kostenonderdelen vermeld staan. De hieruit gevonden kosten verhouding generator-pompturbine(+kleppen) bedraagt ongeveer 60 %. Bij een aangehouden procentgewijze verhouding voor alle pompturbine eenheden van 60%, wordt de relatielijn van grootte eenheid-kosten:

$$Y = 7,84 + 0,2144 \times (\text{vermogen in MW}) \quad [\text{mnl.}]$$

Omdat in het programma wordt uitgegaan van het aantal eenheden op een etage moet bovenstaande formule omgewerkt worden tot de volgende formule (dubbel aantal eenheden);

$$Y = 7,84 + 0,2144 \times 0,5 \times (\text{vermogen in MW}) \quad [\text{mnl.}]$$

Bovenstaande formule zal nu gebruikt worden in het programma, om de relatie weer te kunnen geven van de vermogensgrootten van een eenheid en hun kosten. De uiteindelijke gebruikte formule wordt nu:

$$Y = (\text{kosten pompturbines} - 12 \times \text{kosten Francis}(100 \text{ MW}) \times \text{ann.}$$

$$Y = \sum_{n=1}^{n=\text{aantal}} (7,84 + 0,2144 \times 0,5 \times (\text{aantal MW})) - 12 \times 29,28) \times 0,7852$$

In deze formule zijn 12 x de kosten van de "standaard" francispompturbine afgetrokken, om zodoende het verschil te kunnen bepalen t.o.v. de standaard 100%-OPAC. Ook is er een vermenigvuldigingsfactor 0,7852 aangehouden t.a.v. de annuïteit van 5 jaar (gemiddelde installatiejaar).

De bovenstaande benadering is niet geheel juist om de volgende redenen;

- grove benadering.
- de hal kosten wordt ook beïnvloed door de grootte en soort van de eenheden. Maar omdat er geen goede gegevens beschikbaar zijn, is dit aspect niet meegenomen in het programma.
- kosten hulpvoorzieningen afh. van grootte eenheid.
- onderhoudskosten.
- etc.

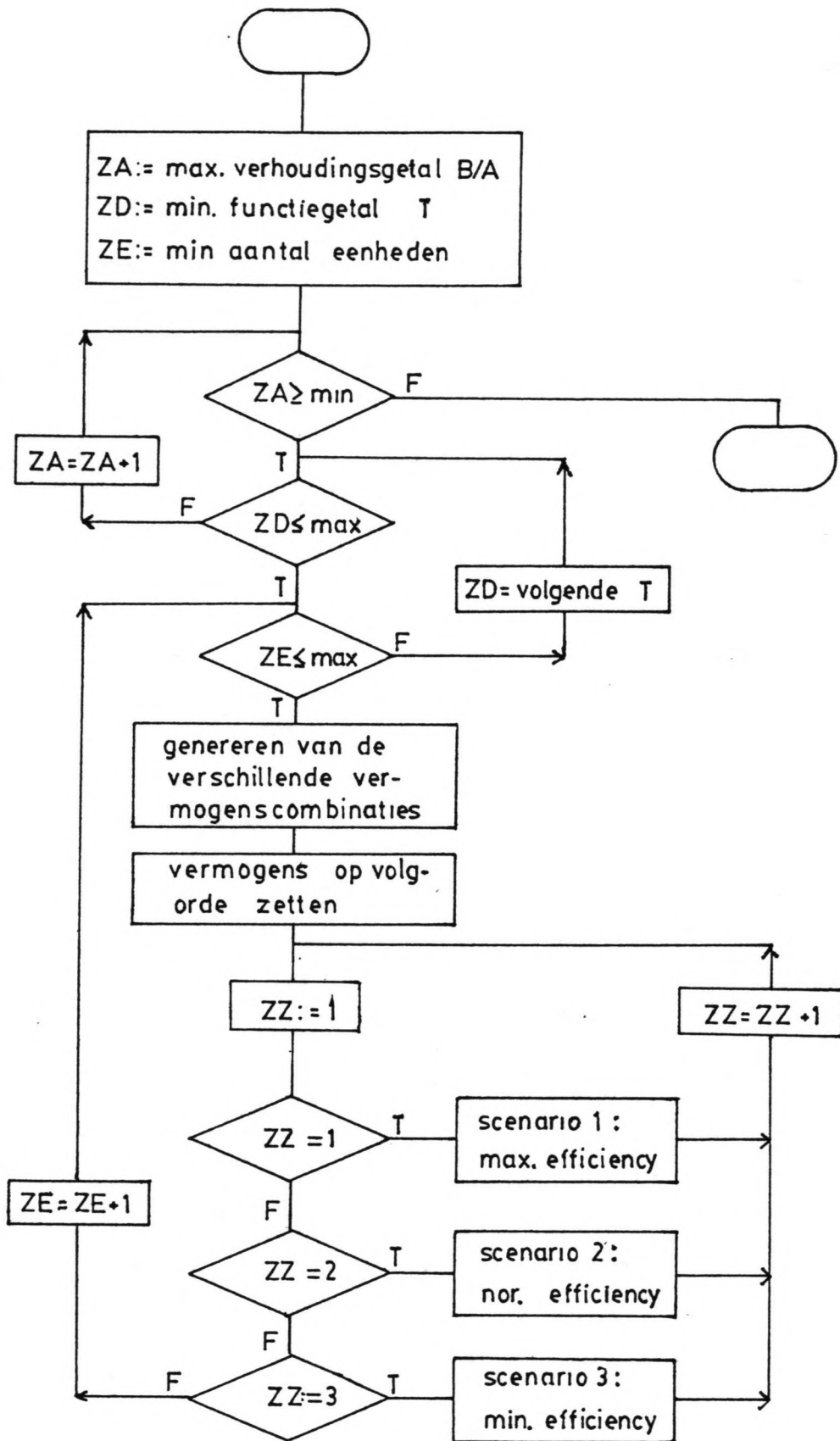
Deze bovenstaande punten kunnen in dit stadium van onderzoek niet meegenomen worden, omdat de gegevens te summier zijn. In een later stadium van onderzoek kan men gemakkelijk deze aspecten in het programma inbouwen.

#### 4.4. Totaaloverzicht (Eindprogramma).

+++++

De bovenstaande berekening van de onderdelen voor het programma, zijn samengevoegd in het eindprogramma. Voor het globale totaaloverzicht (stroomschema) zie fig. 4.12. en voor een gedetailleerde beschouwing op gebruikersniveau, zie bijlage 5.

Voor het programmeursniveau zie bijlage 6,7 en 8. En voor het gehele programma zie bijlage 8.



Figuur 4.12 Stroomschema.

## 5. UITGEWERKTE BEREKENINGEN.

=====

D.m.v. het gemaakte programma (zie bijlagen 5 e.v.) kunnen nu berekeningen uitgevoerd worden, met bepaalde combinaties van de eenhedengrootten.

Het is niet zinvol om alle mogelijke combinaties te bekijken, omdat dit er in principe oneindig aantal zijn. Daarom zijn eerst de grenzen bepaald, waarbinnen het gebied ligt van de meest zinvolle en mogelijke in aanmerking komende combinaties van eenhedengrootten, i.v.m. de totaalproces-effectiviteiten (zie par. 4.2).

In het hoofdprogramma kan men combinaties van pompturbine vermogens aanroepen, die gegenereert worden d.m.v. van een opgegeven functieverloop van de eenhedengrootten. (zie par. 4.2).

Voor de bepaling van de "beste" totaaleffectiviteit, zijn er een aantal combinaties van eenhedengrootten doorgerekend m.b.v. het programma.

Dit is gedaan voor 3 verschillende aantal eenheden per étage (4,6 en 8 eenheden). Het programma rekende voor elk van deze aantal eenheden de effectiviteiten en extra kosten uit voor 3 scenarios. Deze scenarios zijn als volgt opgebouwd (zie par 4.3.);

- scenario 1: maximale effectiviteit.
- scenario 2: normale effectiviteit.
- scenario 3: minimale effectiviteit.

De uitvoer bestaat dus uit een maximaal, een normaal en een minimaal te behalen totaaleffectiviteit met de daaraan verbonden extra kosten, per aantal eenheden.

Een overzicht van de uitvoeren van de combinaties is weergegeven in bijlage 9.

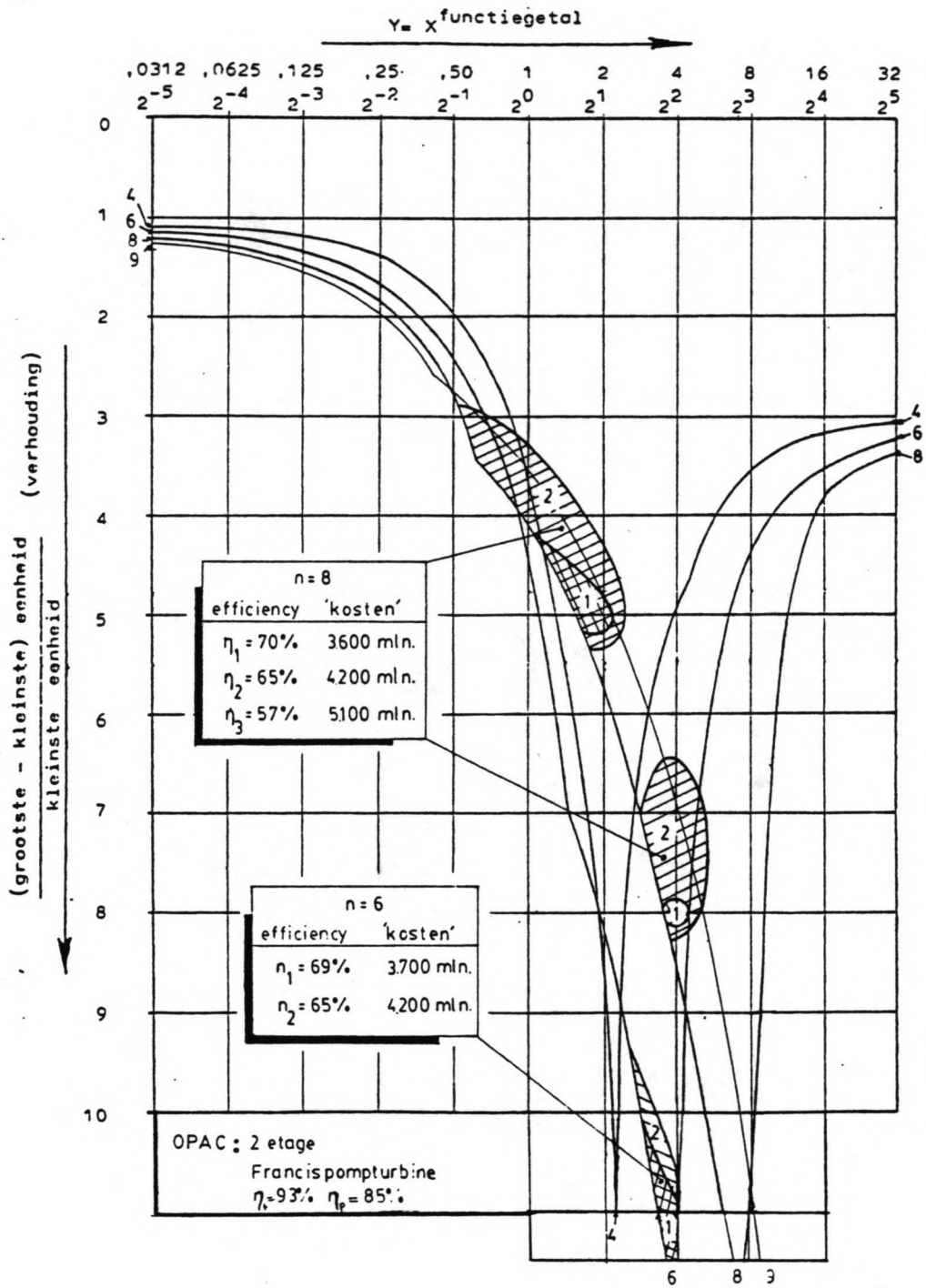
Deze uitvoeren zijn voor de overzichtelijkheid nog eens anders weergegeven in bijlage 3.

Deze zijn nu weer "vertaald" in hoogtelijnen en weergegeven in bijlage 4.

Indien men alle overzichtsfiguren van hetzelfde aantal eenheden (bijlage 4) bekijkt, dan kan men een overeenkomst zien tussen de verschillende scenarios van deze eenheden.

De "beste" totaalrendementen (effectiviteit) en kosten per eenhedenaantal liggen allemaal in hetzelfde gebied. Dit is nog eens overzichtelijker weergegeven in figuur 5.1.

Uit deze figuur kan men opmaken, dat bij een steeds groter wordend aantal eenheden, de "beste" combinatie steeds meer tendeert naar een kleinere verhouding. Dit kan verklaard worden uit het feit dat bij veel eenheden



Figuur 5.1

een beperking gesteld wordt aan de grootste verhouding i.v.m. de grenseisen (zie par. 4.2).

Dit komt ook tot uitdrukking in figuur 5.1, daar de "beste" combinatie tegen de grenzen aanliggen.

Een overzicht is weergegeven in tabel 5.1.

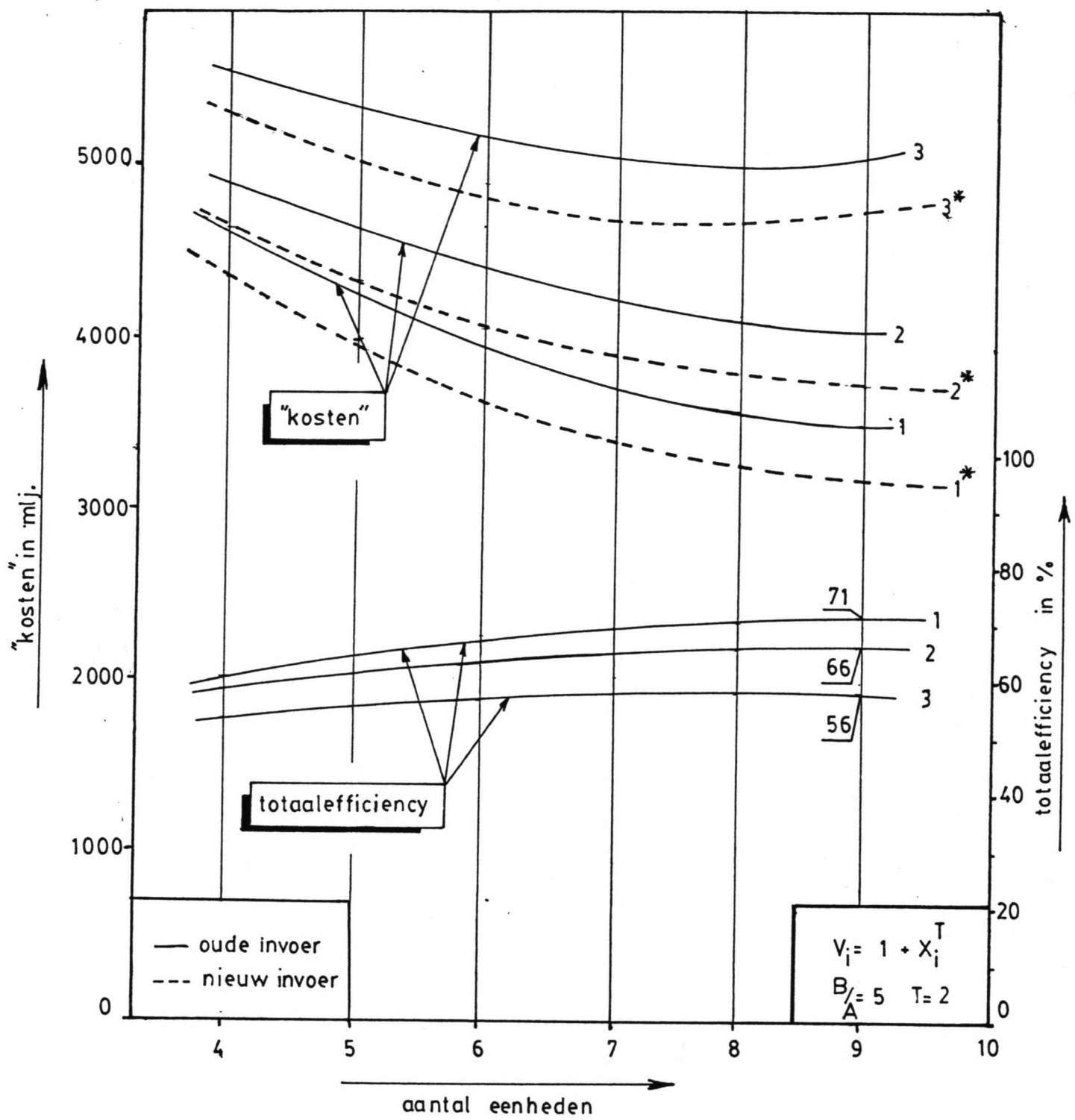
Tabel 5.1. Overzicht.

scenario aantal	totaaleffectiviteit			"kosten" (mln.)		
	1 (max.)	2 (norm.)	3 (min.)	1 (max.)	2 (norm.)	3 (min.)
8	.70	.65	.58	3600	4200	5100
6	.69	.65	-	3700	4200	-

\* "kosten" zijn t.o.v. OPAC met een effectiviteit van 100%.

Uit tabel 5.1. volgt dat het verschil tussen de vermogenscombinaties bestaande uit 6 en 8 eenheden, betreffende de totaaleffectiviteit en "kosten", niet veel verschillen. Men zou de conclusie kunnen trekken dat 6 eenheden beter is, maar dit is niet juist en wel om de volgende redenen;

- 6 eenheden is niet goedkoper: in de "kosten" zijn de kosten van de pompturbines al meegenomen.
- de "ideale" combinatie bestaande uit 6 eenheden bevindt zich in het gebied met een verhoudingsgetal van 11. Men krijgt dan bijvoorbeeld de volgende combinatie: 52, 53, 66, 125, 284 en 620 MW.  
Deze combinatie heeft als nadeel dat bij een eventuele storing van het grootste vermogen, het vermogen van OPAC terug valt tot minder dan de helft. Dit is niet acceptabel en men zou dat eventueel op kunnen lossen door het grootste vermogen te splitsen in tweeën (dus dan 7 eenheden).  
De "ideale" combinatie van 8 eenheden bestaat bijv. uit de volgende vermogens; 54, 59, 76, 103, 142, 191, 252, en 323 MW. De maximale uitval bedraagt dus hier 323 MW, hetgeen een kwart van het totale vermogen van OPAC is.



Figuur 52.



Dit is relatief nog veel, maar er kan aangenomen worden dat er van de grootste eenheid in verhouding minder gebruik van wordt gemaakt, daar de kleinere eenheden meer gebruikt worden voor het opvullen van de kleine stapgrootte in vermogen. Ook door die opvulling d.m.v. kleine eenheden wordt er bereikt dat de grootste eenheid een gelijkmatiger bedrijfsgebruik heeft dan de kleinere. Dus in verhouding een betere bedrijfsvoering met minder slijtage en kans op uitval.

Uit het bovenstaande volgt nog niet dat 8 eenheden de "beste" combinatie is. Het zou n.l. ook kunnen dat een combinatie van 9 of 10 eenheden een nog beter resultaat geeft. In figuur 5.2. is het verloop getekend van de totaaleffectiviteiten en kosten t.o.v. het aantal eenheden voor het verhoudinggetal 5 en een functiegetal van 2.

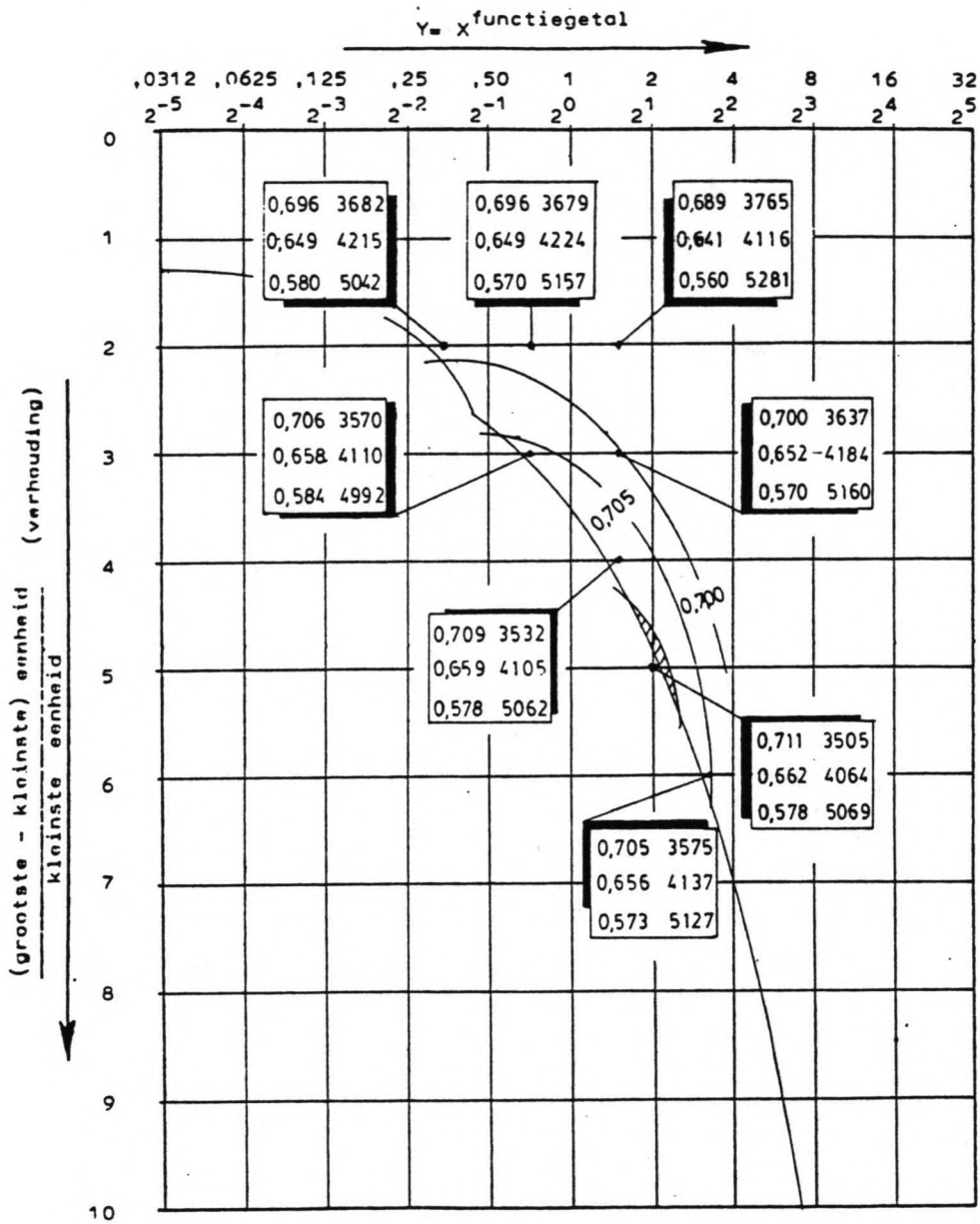
Dit is gedaan voor twee verschillende kosteninvoeren. De doorgetrokken lijn geeft de kostenrelatie weer volgens de door mij geschatte kosten ter grootte van fl 22.000,- per m' dijk of tunnel.

In het eindstadium van deze studie zijn er echter nauwkeurigere gegevens bekend geworden. De benodigde invoerkosten zijn nu geworden; fl 12.000,-/m' dijk en fl 16.000,-/m' tunnel. Met deze waarde en een kleine aanpassing van het programma zijn er ook berekeningen gemaakt. De gevonden waarden (zie bijlage 9) zijn d.m.v. de gestreepte lijn weergegeven.

Uit figuur 5.2 volgt nu dat de "beste" combinatie combinatie ligt tussen de 9 à 10 eenheden. Een nader onderzoek zal echter uit moeten wijzen welke de 'beste' combinatiegrootte is.

Maar eerst is er nog globaal bekeken ofdat met 9 eenheden een nog hogere effectiviteit en lagere "kosten" te bereiken valt, dus met andere eenhedenvermogens (ander punt in figuur 5.1). Uit figuur 5.3. volgt dat de "beste" waarden, voor 9 eenheden, te bereiken zijn in een relatief breed gebied langs de grenslijn van  $n=9$  variërend in de verhoudingswaarden van 3 t/m 6. Van dit gebied komt toch hetzelfde punt als van  $n=8$  er uit als "beste" alternatief voor  $n=9$ . Wel is het beeld een klein beetje vertekend t.g.v. het feit dat dit punt het dichtste tegen de grenslijn aanligt.

De vraag die is blijven liggen is het feit of 10 eenheden nog beter is en verder moet worden onderzocht. Dit lijkt mij echter niet raadzaam, daar het dan een "schijnoplossing" wordt. Voor deze berekening zijn n.l. grove aannamen gemaakt, hetgeen dus inhoudt dat men nooit het ideale punt kan bepalen, maar alleen een gebied waarin het zich kan bevinden.



Figuur 5.3 Overzicht uitvoer n=9 eenheden.

Voorbeelden van die grove benadering zijn:

- aanname rendementskromme.
- niet gerekend met opstart- en op/afregelverliezen.
- benaderingsfuncties kostenverloop.
- kosteninvoer.

Van de laatste twee punten zijn de onderlinge relaties bijvoorbeeld weergegeven in tabel 5.2.

Tabel 5.2. Voorbeeld kostenspecificatie.

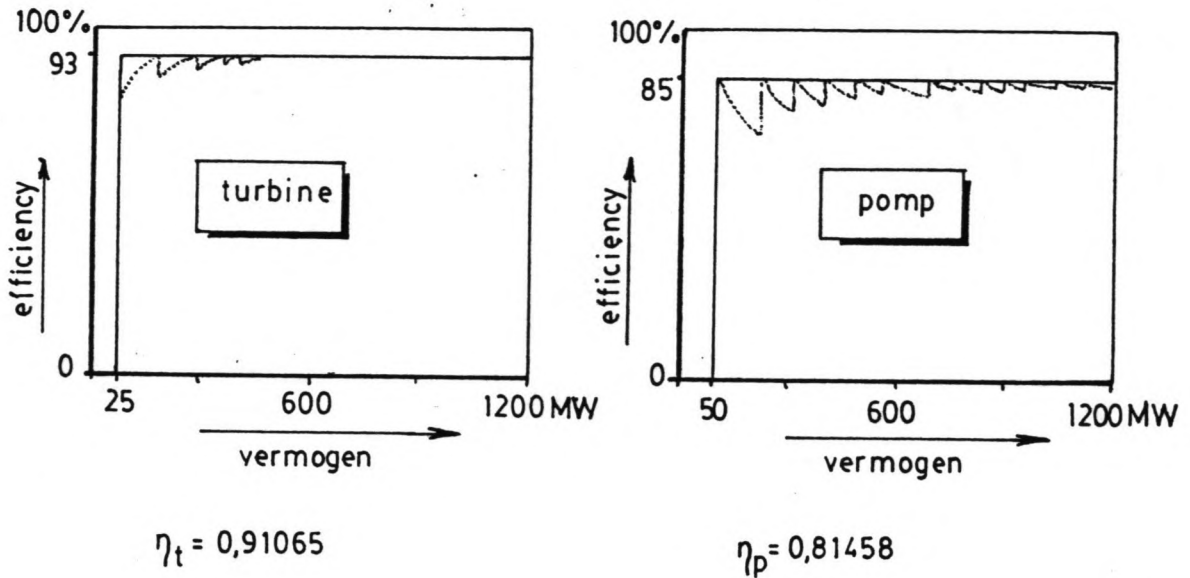
SCENARIO 1		FRANCIS 2-ETAGE	
Totaal-efficiency turbinebedrijf	:		.900
totaal-efficiency pompbedrijf	:		.807
totaal-efficiency OPAC	:		.711
kosten dijk bovenreservoir per m	: fl	12000	
kosten tunnel onderreservoir per m	: fl	16000	
kosten schacht per m'	: fl	200000	
totale kosten pomp/turbines	: fl	399400000	
extra "kosten" bovenreservoir	: fl	2663015	
extra "kosten" onderreservoir	: fl	428752627	
extra "kosten" schacht	: fl	0	
extra "kosten" pompturbines	: fl	+36855840	
extra "kosten" tussenreservoir	: fl	+0	
extra "verlies" baten	: fl	2705243462	
-----+			
totaal "kosten"	: fl	3173514944	

\*"kosten" t.o.v. OPAC met 100% effectiviteit.

In deze tabel ziet men de kostenopbouw weergegeven. Uit deze kostenopbouw volgt dat het grootste gedeelte van de totale "kosten" (+ 80%) bepaald wordt door de "verliezen" van baten (rendementsverliezen) en opvolgend de ondergrondse reservoirkosten (+ 17%). Een nadere onderzoek van de opbrengsten (baten) en kosten onderreservoir verdient dus aanbeveling voordat deze studie verder zou worden uitgediept en/of er een afweging gemaakt kan worden d.m.v. de kosten.

Toch kan men uit het bovenstaande wel de conclusie trekken dat de effectiviteit van OPAC een heel belangrijke factor is i.v.m. zijn directe relatie met de kosten en opbrengsten.

Hieruit volgt dus ook dat voor een onderlinge afweging van de alternatieven in deze studie de afweging via de effectiviteitswaarden al een nauwkeurige benadering geeft.



Figuur 5.4 Maximale efficiencies.

Dok kan men ter controle bepalen hoe groot de maximale effectiviteit is bij de in deze studie toegepaste opstelling van twee etages en Francispompturbines (zie figuur 5.4).

M.b.v. de in figuur 5.4 gevonden maximaal haalbare efficiency-waarden voor turbine- als wel pompbedrijf en rekening houdende met trafo-verliezen (2%) wordt de maximaal haalbare effectiviteit;

$$\eta_{\text{totaal}} = 0,9106 \times 0,8146 \times 0,98 = 0,727$$

Hieruit volgt dus dat met 9 eenheden men de maximale effectiviteit heel dicht benaderd heeft (0,711). Dit geeft dus al aan dat verdere aftasting, of andere combinaties, alleen maar in de kleine marges resultaat heeft en door bovenstaande verklaring van de grove benadering, niet relevant is.

## 6. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN.

=====

Uit deze studie volgt dat er een effectiviteit d.m.v. verschillende eenhedenvermogens behaald kan worden ter grootte van maximaal 71% en bij gecompliceerde bedrijfsvoering een verwachte grootte van 66%. Dit geldt dus alleen voor de basis-effectiviteit. Deze effectiviteit kan n.l. vergroot worden indien men gebruik maakt van de mogelijkheid van het tegen elkaar indraaien van een turbine en de pompen. In dit geval interressant voor de eerste 25 MW (halve vermogensgrootte van kleinste eenheid) en indien er snelle fluctuaties verwacht worden.

Ook gelden er beperkingen t.a.v. de nauwkeurigheid van de alternatiefbepaling. De "beste" combinatie van eenhedenvermogens liggen rond het gebied met een verhoudingsgetal 5 en functiegetal 2. De hierbij behorende eenhedenvermogens (per etage) zijn : 42, 52, 63, 82, 108, 142, 184, 232, 289 MW.

Met de bovenstaande reeks kan men een hoge basis-effectiviteit behalen, maar het kan ook zijn dat men dat ook kan bereiken met een andere combinatie. Er is n.l. in deze studie uitgegaan van een bepaald functieverloop, maar het zou kunnen zijn dat met een andere functie een nog beter resultaat behaald kan worden. Echter uit bovenstaande vergelijking van maximale- en behaalde effectiviteit mag men toch wel concluderen dat de gehanteerde functie redelijk goed is.

Maar toch wil ik nog wel opmerken dat bijv. andere combinaties misschien beter voldoen in de praktijk en toch een hoge effectiviteit hebben. Zoals bijvoorbeeld een eenhedencombinatie, die per 2 of 3 dezelfde vermogensgrootte hebben of twee kleine en de rest groot i.v.m. de niet berekende mindere kosten van :

- seriekorting op machines van gelijke grootten.
- onderhoud.
- reserveonderdelen opslag en aanschaf.
- etc.

Wel moet er rekening gehouden worden met het feit dat de bovenstaande uitkomsten gebaseerd zijn op een DPAC-opstelling met 2 étages en met een totale vrije val/opvoerhoogte van 1200 m. en met gebruikmaking van Francis-pompturbines.

Toch mag ik wel stellen dat de oplossing van verschillende eenhedengrootten een relatief goede oplossing is, daar het maximaal te behalen basistotaalrendement (effectiviteit), dus zonder het tegen elkaar indraaien van de pompen en een turbine, 71% (n= 9 eenheden per etage) bedraagt.

Dit is veel hoger dan de oplossing van gelijke

Tabel 6.1.

scenario soort combinatie	effectiviteit		"kosten" (mln.)	
	1 (max.)	2 (norm.)	1 (max.)	2 (norm.)
gelijke	55 %	55 %	5.084	5.084
verschill.	71 %	66 %	3.173	3.744
"winst"	16 %	11 %	1.911	1.340

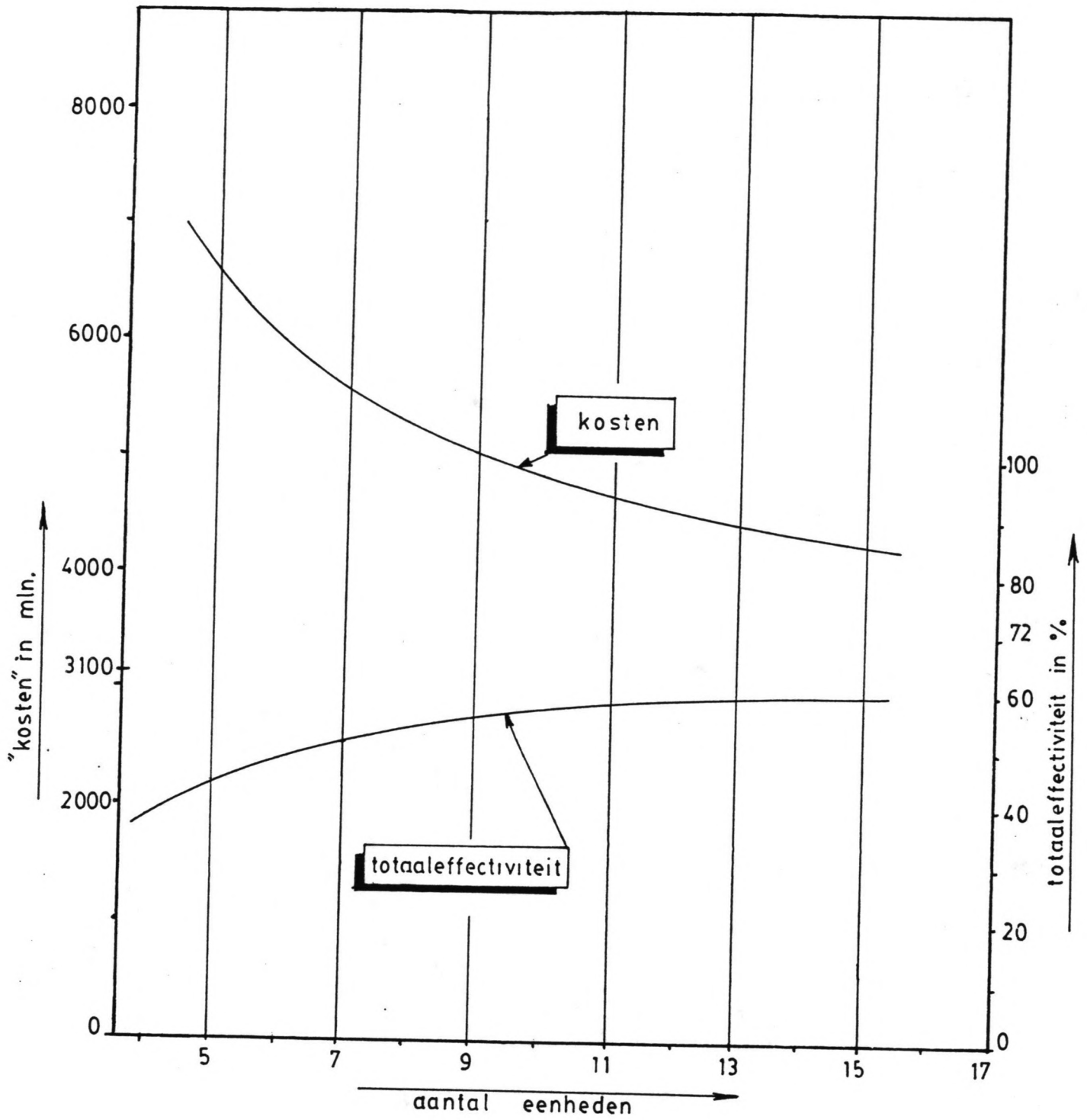
eenheden (met  $n=9$ ), zie tabel 6.1.

De fictieve kosten zijn ook beduidend lager. Wel kan de basis-effectiviteit van het alternatief met gelijke eenhedenvermogens hoger, maar dit kan alleen d.m.v. veel extra eenheden. In figuur 6.1 is die relatie weergegeven voor de effectiviteit behorende bij een bepaald aantal (gelijke) pompturbine-eenheden per etage. Hieruit volgt dat om eenzelfde basis-effectiviteit te verkrijgen als bij verschillende eenhedenvermogens het aantal eenheden minimaal groter moet worden dan  $\pm 17$  en waarschijnlijk groter dan 30 (zie figuur 6.1). Alleen moet men oppassen daar in deze studie niet verwerkt is de benodigde extra ruimte van de machinehal, die bij zulke aantallen eenheden wel gaat meetellen.

Wel behoeft er bij gelijke eenhedengrootten minder overgeschakeld te worden. Bij het alternatief van verschillende eenhedenvermogens kunnen de vermogens alleen maar gegenereerd worden d.m.v. relatief veel overschakelen van het ene vermogen naar de andere, om zo de hoogste efficiency te kunnen bereiken. Hoe vaak dat moet gebeuren hangt af van de vraag- en aanbodkromme van de elektrische energie en kan nader bepaald worden m.b.v. het programma van W.A. de Haan (lit 18).

Het lijkt mij nu raadzaam, indien men deze effectiviteitsstudie wil voortzetten, om eerst de andere alternatieve oplossingen (zie par.3) nader te onderzoeken, eventueel in samenhang met deze oplossing. Men kan dan misschien een nog beter resultaat verkrijgen.

o-o-o-o-o-o-o



Figuur 6.1 Gelijke eenheden vermogens.

## LIJST VAN REFERENTIES.

1. Haan, W.A. de en A.P.N. Min; Locatie keuze OPAC. Delft 1984.
2. Haskoning, TH-Delft en KVS; Vooronderzoek OPAC. December 1980.
3. Begeleidingscommissie Voorstudie Plan Lievense; Windenergie en Waterkracht. 's-Gravenhage, mei 1981.
4. Commissie Appendix Plan Lievense; Windenergie en waterkracht (samenvatting). October 1982.
5. Commissie Appendix Plan Lievense; Windenergie en Waterkracht (Appendix). Januari 1983.
6. Verslag van bezoeken aan verschillende fabrikanten.
7. Duin, ir J.F.; Energievoorziening, pompen en motoren. (TH-dictaat n-8). December 1978.
8. Goucharov, A.N.; Hydropower Stations.
9. Dietzel, Fritz; Turbine, pumpen und Verdichter. Wurzburg 1980.
10. Varga, T en H.B. Matthias; Wasserkraftanlagen. Wenen 1981.
11. Waterpower & Dam Construction. Jaargangen 1970-1984.
12. La Houille Blanche. Jaargangen 1975-1983.
13. Raabe, J; Hydraulische Maschinen und Anlagen. Dusseldorf 1970.
14. Imbach, dr. ing. H.E. Imbach; Persoonlijke informatie.
15. Energiewaterbouwkunde (TH-dictaat f20B). April 1983.



VERVOLG

16. E.E.U.A.-handboek; Guide to the selection of totodynamic pumps. London swl.
17. NASA SP-290; Turbine design and application, volume 1 V.S. Washington D.C. 20402.
18. Haan, W.A. de; Onderzoek naar schakelflexibiliteit OPAC. Delft 1984.
19. Noyes, Roberts; Offshore and Underground Power Plants. New Jersey USA., 1977.
20. AIAA; International conference on underground pumped hydro and compressed air energy storage. San Francisco, 1982.
21. SEO; Pumpspeicherwerk Vianden. Luxembourg.
22. GEBB; Dinorwic pumped storage power station. Gloucester UK, 1979.

## LIJST VAN BIJLAGEN

BIJLAGE 1: Hulpprogramma t.b.v. grensbepaling eenheden vermogenscombinaties.	61
BIJLAGE 2: Uitvoer hulpprogramma t.b.v. grensbepaling.	65
BIJLAGE 3: Uitvoeroverzicht in cijfers.	73
BIJLAGE 4: Uitvoeroverzicht in grafische vorm.	79
BIJLAGE 5: Uitleg programma voor gebruikers.	85
BIJLAGE 6: Uitleg programma voor programmeur.	88
BIJLAGE 7: Structuurdiagrammen.	112
BIJLAGE 8: Programma.	122
BIJLAGE 9: Uitvoer.	133

**BIJLAGE 1.**

**Hulpprogramma t.b.v.  
grensbepaling eenheden  
vermoegenscombinaties**

## BIJLAGE 1.

Voor de afbakening van het onderzoeksgebied, is gebruik gemaakt van het programma van deze bijlage. Het is een BASIC-programma en rekent het gebied uit welke voldoet aan de volgende eis:

- 25 MW < eenheidgrootte < 350 MW
- het verschil in de opvolgende draaiende vermogensgrootte < 2x het vorige vermogen (anders instabiel)

```

' *****
' PROGRAMMA TER BEREKENING;GRENZEN VAN DE FUNCTIES. WAARBINNEN
' DE COMBINATIES VAN EENHEDENGROOTTEN MOGELIJK ZIJN
' GESCHREVEN DOOR A.P.N. MIN -
' *****
I=0:TOTVERM=1200:IA=0
DIM EENHEID(485,12)
DIM RC(12)
FOR ZA=0 TO 10
O FOR ZB=-5 TO 5
O ZD=2^(ZB)
O FOR ZE=4 TO 10 STEP 2
O AANTAL= ZE
O MM=0
O FOR ZI=1 TO ZE
O RC(ZI)= 1+ ZA*((ZI-1)/(AANTAL-1))^ZD
O MM=MM + RC(ZI)
O NEXT ZI
O ZM=ZE+1
O FOR K=ZM TO 12
O RC(K)=0
O NEXT K
O STANDAARD= TOTVERM/MM
O I=I+1
O FOR V=1 TO 12
O EENHEID (I,V)=STANDAARD*RC(V)
O PRINT EENHEID (I,V);
O NEXT V
O PRINT:PRINT
O RA= .2*EENHEID(I,1)
O IF EENHEID(I,2) > RA THEN EENHEID(I,11)=0:GOTO 350
O RB= 2*(EENHEID(I,(ZE-1))+EENHEID(I,(ZE-2)))
O IF EENHEID(I,ZE) > RB THEN 340 ELSE 345
O EENHEID(I,11)=0: GOTO 350
O EENHEID (I,11)=1
O IF EENHEID(I,1) < 50 THEN EENHEID(I,12)=0:GOTO 380
O IF EENHEID(I,ZE) > 700 THEN EENHEID(I,12)=0:GOTO 380
O EENHEID(I,12)=1
O NEXT ZE
O NEXT ZB
O NEXT ZA
O IA=0:RS=0
O INPUT"AFDRUKKEM [Y/N]": K$
O IF K$= CHR$(89) THEN 450 ELSE END
O LPRINT TABEL : COMBINATIE VAN EENHEDENVERMOGENS + TOETS MOGELIJKHEID"
O LPRINT
O LPRINT" VERH T N      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10  STAP
ERM.
O LPRINT:LPRINT
O FOR J=0 TO 11
O FOR P=-5 TO 5
O RS=RS+1

```

```

0 FOR R=4 TO 10 STEP 2
5 LPRINT " ":
0 LPRINT J;P;R,
0 IA=IA+1
0 FOR RA=1 TO 10
0 LPRINT USING "###. ";EENHEID (IA, RA):
0 NEXT RA
0 IF EENHEID (IA, 11)=1 THEN LPRINT "goed": ELSE LPRINT "fout":
1 LPRINT " ":
5 IF EENHEID(IA, 12)=1 THEN LPRINT "goed" ELSE LPRINT "fout"
0 NEXT R
0 IF RS >10 THEN RS=0:GOTO 600 ELSE 650
0 LPRINT:LPRINT"* mogelijke eenhedenvermogens (combinaties)"
0 LPRINT" met hun beoordeling of in praktijk mogelijk is"
0 LPRINT CHR$(12)
0 LPRINT" VERH T N      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10 STAP
ERM.
0 LPRINT
0 LPRINT
0 NEXT P
0 NEXT J
0 GOTO 420
0 END

```

**BIJLAGE 2.**

**Uitvoer hulprogrmma  
t.b.v. grensbealing**

## BIJLAGE 2.

In deze uitvoer is de uitvoer gegeven die m.b.v. van het programm van bijlage 1 zijn bepaald en geldt voor OPAC:

- 1200 MW
- 2 etages
- Francispompturbines

Verklaring tabeluitvoer;

1e kolom:  $VERH = \frac{\text{grootte (max. - min. eenheidvermogen)}}{\text{grootte minimale eenheidvermogen}} = \frac{B}{A}$

2e kolom:  $T = \text{teller van de functie } Y = X^{(2)}$

3e kolom:  $N = \text{aantal eenheden.}$

4e t/m 10e kolom: eenhedenvermogens.

11e t/m 12e kolom: beoordeling of voldoet aan grenseisen.



VERH. T N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STAP	VERM.
0-5 4	300.	300.	300.	300.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0-5 6	200.	200.	200.	200.	200.	200.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0-5 8	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	0.	0.	goed	goed
0-5 10	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	goed	goed
0-4 4	300.	300.	300.	300.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0-4 6	200.	200.	200.	200.	200.	200.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0-4 8	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	0.	0.	goed	goed
0-4 10	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	goed	goed
0-3 4	300.	300.	300.	300.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0-3 6	200.	200.	200.	200.	200.	200.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0-3 8	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	0.	0.	goed	goed
0-3 10	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	goed	goed
0-2 4	300.	300.	300.	300.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0-2 6	200.	200.	200.	200.	200.	200.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0-2 8	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	0.	0.	goed	goed
0-2 10	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	goed	goed
0-1 4	300.	300.	300.	300.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0-1 6	200.	200.	200.	200.	200.	200.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0-1 8	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	0.	0.	goed	goed
0-1 10	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	goed	goed
0 0 4	300.	300.	300.	300.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0 0 6	200.	200.	200.	200.	200.	200.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0 0 8	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	0.	0.	goed	goed
0 0 10	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	goed	goed
0 1 4	300.	300.	300.	300.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0 1 6	200.	200.	200.	200.	200.	200.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0 1 8	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	0.	0.	goed	goed
0 1 10	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	goed	goed
0 2 4	300.	300.	300.	300.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0 2 6	200.	200.	200.	200.	200.	200.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0 2 8	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	0.	0.	goed	goed
0 2 10	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	goed	goed
0 3 4	300.	300.	300.	300.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0 3 6	200.	200.	200.	200.	200.	200.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0 3 8	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	0.	0.	goed	goed
0 3 10	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	goed	goed
0 4 4	300.	300.	300.	300.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0 4 6	200.	200.	200.	200.	200.	200.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0 4 8	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	0.	0.	goed	goed
0 4 10	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	goed	goed
0 5 4	300.	300.	300.	300.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0 5 6	200.	200.	200.	200.	200.	200.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
0 5 8	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	150.	0.	0.	goed	goed
0 5 10	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	120.	goed	goed

\* mogelijke eenhedenvermogens (combinaties) met hun beoordeeling of in praktisch mogelijk is

VERH T N		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STAP	VERM.	
2	-5	4	121.	355.	360.	363.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
2	-5	6	76.	220.	224.	225.	227.	228.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
2	-5	8	55.	159.	162.	163.	164.	165.	166.	166.	0.	0.	fout	goed
2	-5	10	44.	125.	127.	128.	128.	129.	129.	130.	130.	131.	fout	fout
2	-4	4	122.	350.	361.	367.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
2	-4	6	77.	216.	222.	226.	229.	231.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
2	-4	8	56.	155.	160.	163.	164.	166.	167.	168.	0.	0.	fout	goed
2	-4	10	44.	121.	125.	127.	128.	129.	130.	131.	132.	133.	fout	fout
2	-3	4	124.	341.	361.	373.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
2	-3	6	79.	208.	219.	226.	232.	236.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
2	-3	8	58.	148.	156.	161.	165.	168.	171.	173.	0.	0.	fout	goed
2	-3	10	45.	115.	121.	125.	128.	130.	132.	134.	135.	136.	fout	fout
2	-2	4	129.	324.	361.	386.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
2	-2	6	82.	192.	213.	227.	238.	247.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
2	-2	8	61.	135.	149.	159.	166.	172.	177.	182.	0.	0.	fout	goed
2	-2	10	48.	103.	114.	121.	126.	131.	135.	138.	141.	144.	fout	fout
2	-1	4	137.	294.	360.	410.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
2	-1	6	89.	168.	201.	227.	248.	267.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
2	-1	8	66.	116.	137.	152.	166.	177.	188.	198.	0.	0.	goed	goed
2	-1	10	52.	87.	102.	113.	122.	131.	138.	145.	151.	157.	goed	goed
2	0	4	150.	250.	350.	450.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
2	0	6	100.	140.	180.	220.	260.	300.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
2	0	8	75.	96.	118.	139.	161.	182.	204.	225.	0.	0.	goed	goed
2	0	10	60.	73.	87.	100.	113.	127.	140.	153.	167.	180.	goed	goed
2	1	4	169.	206.	319.	506.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
2	1	6	115.	125.	152.	198.	263.	346.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
2	1	8	87.	91.	102.	120.	145.	177.	216.	262.	0.	0.	goed	goed
2	1	10	70.	72.	77.	86.	98.	114.	133.	156.	182.	211.	goed	goed
2	2	4	187.	192.	261.	561.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
2	2	6	131.	132.	138.	165.	239.	394.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
2	2	8	101.	101.	102.	108.	122.	153.	210.	303.	0.	0.	goed	goed
2	2	10	82.	82.	82.	84.	88.	97.	114.	142.	184.	245.	goed	goed
2	3	4	197.	197.	213.	592.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
2	3	6	143.	143.	144.	148.	191.	430.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
2	3	8	112.	112.	112.	112.	114.	127.	177.	335.	0.	0.	goed	goed
2	3	10	91.	91.	91.	91.	92.	93.	98.	116.	162.	274.	goed	goed
2	4	4	200.	200.	201.	600.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
2	4	6	149.	149.	149.	157.	447.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
2	4	8	118.	118.	118.	118.	119.	138.	354.	0.	0.	0.	goed	goed
2	4	10	97.	97.	97.	97.	97.	97.	98.	101.	127.	292.	goed	goed
2	5	4	200.	200.	200.	600.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
2	5	6	150.	150.	150.	150.	450.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
2	5	8	120.	120.	120.	120.	120.	120.	122.	359.	0.	0.	goed	goed
2	5	10	100.	100.	100.	100.	100.	100.	100.	100.	104.	299.	goed	goed

\* mogelijke eenhedenvermoegens (combinaties)  
 met hun beoordeeling of in praktijk mogelijk is

\* mogelijke eenhedenvermoegens (combinaties)  
 met hun beoordeeling of in praktijk mogelijk is



VERH T N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STAP	VE
6-5 4	55.	376.	383.	387.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
6-5 6	34.	227.	232.	234.	236.	237.	0.	0.	0.	0.	fout	fout
6-5 8	24.	163.	166.	167.	169.	170.	171.	171.	0.	0.	fout	fout
6-5 10	19.	126.	129.	130.	131.	132.	132.	133.	134.	134.	fout	fout
6-4 4	56.	369.	383.	392.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
6-4 6	34.	221.	230.	235.	238.	241.	0.	0.	0.	0.	fout	fout
6-4 8	25.	157.	163.	167.	169.	171.	173.	174.	0.	0.	fout	fout
6-4 10	20.	122.	126.	129.	131.	132.	134.	135.	136.	137.	fout	fout
6-3 4	57.	357.	384.	401.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
6-3 6	36.	210.	226.	236.	243.	249.	0.	0.	0.	0.	fout	fout
6-3 8	26.	147.	158.	165.	170.	174.	178.	181.	0.	0.	fout	fout
6-3 10	20.	113.	121.	126.	130.	133.	136.	138.	140.	142.	fout	fout
6-2 4	60.	334.	386.	420.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
6-2 6	38.	190.	218.	237.	252.	265.	0.	0.	0.	0.	fout	fout
6-2 8	28.	130.	149.	162.	172.	180.	187.	193.	0.	0.	fout	fout
6-2 10	22.	97.	111.	121.	128.	135.	140.	144.	149.	152.	fout	fout
6-1 4	65.	292.	385.	457.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
6-1 6	42.	155.	202.	238.	268.	295.	0.	0.	0.	0.	fout	fout
6-1 8	31.	102.	131.	153.	172.	189.	204.	218.	0.	0.	fout	fout
6-1 10	25.	74.	95.	110.	123.	135.	146.	155.	164.	173.	fout	fout
6 0 4	75.	225.	375.	525.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
6 0 6	50.	110.	170.	230.	290.	350.	0.	0.	0.	0.	fout	fout
6 0 8	38.	70.	102.	134.	166.	198.	230.	263.	0.	0.	goed	fout
6 0 10	30.	50.	70.	90.	110.	130.	150.	170.	190.	210.	goed	fout
6 1 4	90.	150.	330.	630.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
6 1 6	62.	77.	123.	197.	303.	437.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
6 1 8	48.	54.	71.	100.	141.	194.	258.	334.	0.	0.	goed	fout
6 1 10	39.	41.	50.	64.	84.	110.	141.	179.	221.	270.	goed	fout
6 2 4	107.	114.	233.	746.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
6 2 6	78.	79.	90.	139.	269.	546.	0.	0.	0.	0.	goed	goed
6 2 8	61.	61.	63.	73.	100.	156.	258.	427.	0.	0.	goed	goed
6 2 10	50.	50.	51.	54.	62.	79.	109.	160.	237.	350.	goed	fout
6 3 4	117.	117.	145.	821.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
6 3 6	92.	92.	92.	101.	184.	641.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
6 3 8	74.	74.	74.	74.	79.	104.	203.	518.	0.	0.	goed	goed
6 3 10	62.	62.	62.	62.	62.	65.	76.	111.	206.	432.	goed	goed
6 4 4	120.	120.	121.	839.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
6 4 6	99.	99.	99.	99.	115.	690.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
6 4 8	83.	83.	83.	83.	83.	85.	125.	578.	0.	0.	fout	goed
6 4 10	70.	70.	70.	70.	70.	71.	71.	78.	135.	493.	fout	goed
6 5 4	120.	120.	120.	840.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
6 5 6	100.	100.	100.	100.	100.	700.	0.	0.	0.	0.	fout	goed
6 5 8	85.	85.	85.	85.	85.	85.	89.	598.	0.	0.	fout	goed
6 5 10	74.	74.	74.	74.	74.	74.	74.	74.	85.	520.	fout	goed

\* mogelijke eenhedenvermogens (combinaties) met hun beoordeeling of in praktisch mogelijk is

\* mogelijke eenhedenvermogens (combinaties) met hun beoordeeling of in praktisch mogelijk is

VERH T N		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STAP	VERM.
8-5	4	43.	379.	387.	391.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
8-5	6	27.	229.	233.	236.	237.	239.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
8-5	8	19.	163.	166.	168.	169.	171.	171.	172.	172.	172.	172.	fout
8-5	10	15.	127.	129.	130.	132.	132.	133.	134.	134.	135.	135.	fout
8-4	4	44.	373.	387.	396.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
8-4	6	27.	222.	231.	236.	240.	243.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
8-4	8	19.	158.	164.	167.	170.	172.	174.	175.	175.	176.	176.	fout
8-4	10	15.	122.	126.	129.	131.	133.	134.	135.	136.	137.	137.	fout
8-3	4	45.	360.	388.	406.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
8-3	6	28.	211.	227.	238.	245.	251.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
8-3	8	20.	147.	159.	166.	171.	175.	179.	182.	182.	183.	183.	fout
8-3	10	16.	112.	121.	127.	131.	134.	137.	139.	141.	143.	143.	fout
8-2	4	47.	336.	390.	427.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
8-2	6	30.	189.	219.	239.	255.	268.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
8-2	8	22.	129.	149.	162.	173.	181.	189.	195.	195.	196.	196.	fout
8-2	10	17.	96.	111.	121.	129.	135.	141.	146.	150.	154.	154.	fout
8-1	4	52.	291.	390.	467.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed
8-1	6	33.	153.	202.	240.	272.	300.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
8-1	8	25.	99.	130.	154.	173.	191.	207.	222.	222.	222.	222.	fout
8-1	10	20.	72.	93.	110.	124.	136.	147.	157.	167.	176.	176.	fout
8 0	4	60.	220.	380.	540.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed
8 0	6	40.	104.	168.	232.	296.	360.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
8 0	8	30.	64.	99.	133.	167.	201.	236.	270.	270.	270.	270.	fout
8 0	10	24.	45.	67.	88.	109.	131.	152.	173.	195.	216.	216.	goed
8 1	4	73.	138.	332.	657.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed
8 1	6	51.	67.	116.	197.	311.	458.	0.	0.	0.	0.	0.	goed
8 1	8	39.	45.	64.	96.	140.	198.	267.	350.	350.	350.	350.	goed
8 1	10	31.	35.	44.	59.	81.	109.	143.	184.	230.	283.	283.	goed
8 2	4	88.	96.	226.	790.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
8 2	6	55.	66.	78.	132.	277.	583.	0.	0.	0.	0.	0.	goed
8 2	8	51.	51.	54.	65.	94.	157.	271.	458.	458.	458.	458.	goed
8 2	10	42.	42.	43.	46.	55.	74.	108.	164.	251.	376.	376.	goed
8 3	4	97.	98.	128.	877.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed
8 3	6	78.	78.	78.	88.	182.	698.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
8 3	8	63.	63.	63.	64.	69.	98.	211.	569.	569.	569.	569.	goed
8 3	10	53.	53.	53.	53.	54.	57.	70.	110.	219.	478.	478.	goed
8 4	4	100.	100.	101.	899.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed
8 4	6	84.	84.	84.	85.	103.	759.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
8 4	8	72.	72.	72.	72.	72.	74.	121.	646.	646.	646.	646.	goed
8 4	10	62.	62.	62.	62.	62.	62.	63.	71.	137.	558.	558.	goed
8 5	4	100.	100.	100.	300.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed
8 5	6	86.	86.	86.	86.	86.	771.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
8 5	8	75.	75.	75.	75.	75.	75.	79.	673.	673.	673.	673.	goed
8 5	10	66.	66.	66.	66.	66.	66.	66.	66.	78.	594.	594.	fout

\* mogelijke eenhedenvermoogens (combinaties) met hun beoordeeling of in praktijk mogelijk is

VERH T N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STAP	VERM.
10 - 5	4	36.	382.	389.	394.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
10 - 5	6	22.	229.	234.	237.	238.	240.	0.	0.	0.	0.	fout
10 - 5	8	16.	163.	167.	169.	170.	171.	172.	173.	0.	0.	fout
10 - 5	10	12.	127.	129.	131.	132.	133.	133.	134.	134.	135.	fout
10 - 4	4	36.	375.	390.	399.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
10 - 4	6	22.	223.	232.	237.	241.	244.	0.	0.	0.	0.	fout
10 - 4	8	16.	158.	164.	168.	171.	173.	175.	176.	0.	0.	fout
10 - 4	10	13.	122.	127.	129.	132.	133.	135.	136.	137.	138.	fout
10 - 3	4	37.	362.	391.	410.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
10 - 3	6	23.	211.	228.	239.	247.	253.	0.	0.	0.	0.	fout
10 - 3	8	17.	147.	159.	166.	172.	176.	180.	183.	0.	0.	fout
10 - 3	10	13.	112.	121.	127.	131.	134.	137.	139.	142.	144.	fout
10 - 2	4	39.	337.	393.	431.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
10 - 2	6	25.	189.	220.	241.	257.	270.	0.	0.	0.	0.	fout
10 - 2	8	18.	128.	149.	163.	173.	182.	190.	197.	0.	0.	fout
10 - 2	10	14.	95.	111.	121.	129.	136.	141.	146.	151.	155.	fout
10 - 1	4	43.	291.	394.	472.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	fout
10 - 1	6	28.	151.	202.	241.	274.	304.	0.	0.	0.	0.	fout
10 - 1	8	20.	97.	129.	154.	174.	192.	209.	224.	0.	0.	fout
10 - 1	10	16.	70.	92.	109.	124.	136.	148.	158.	168.	178.	fout
10 0 4	4	50.	217.	383.	550.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed
10 0 6	6	33.	100.	167.	233.	300.	367.	0.	0.	0.	0.	fout
10 0 8	8	25.	61.	96.	132.	168.	204.	239.	275.	0.	0.	fout
10 0 10	10	20.	42.	64.	87.	109.	131.	153.	176.	198.	220.	fout
10 1 4	4	61.	130.	334.	675.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed
10 1 6	6	43.	60.	111.	197.	317.	471.	0.	0.	0.	0.	goed
10 1 8	8	33.	40.	60.	93.	140.	200.	274.	361.	0.	0.	goed
10 1 10	10	27.	30.	40.	56.	79.	109.	145.	187.	236.	292.	goed
10 2 4	4	75.	84.	222.	820.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed
10 2 6	6	55.	56.	70.	127.	282.	609.	0.	0.	0.	0.	goed
10 2 8	8	44.	44.	47.	58.	90.	157.	279.	480.	0.	0.	goed
10 2 10	10	36.	36.	37.	40.	50.	70.	107.	168.	260.	396.	goed
10 3 4	4	83.	84.	116.	917.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed
10 3 6	6	67.	67.	68.	79.	180.	739.	0.	0.	0.	0.	fout
10 3 8	8	55.	55.	55.	56.	62.	93.	216.	608.	0.	0.	goed
10 3 10	10	47.	47.	47.	47.	47.	51.	65.	109.	228.	513.	goed
10 4 4	4	86.	86.	87.	942.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed
10 4 6	6	74.	74.	74.	74.	94.	811.	0.	0.	0.	0.	goed
10 4 8	8	64.	64.	64.	64.	64.	66.	117.	699.	0.	0.	goed
10 4 10	10	55.	55.	55.	55.	55.	55.	56.	65.	139.	608.	goed
10 5 4	4	86.	86.	86.	943.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	goed
10 5 6	6	75.	75.	75.	75.	76.	825.	0.	0.	0.	0.	goed
10 5 8	8	66.	66.	66.	66.	66.	66.	71.	730.	0.	0.	goed
10 5 10	10	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	73.	652.	goed

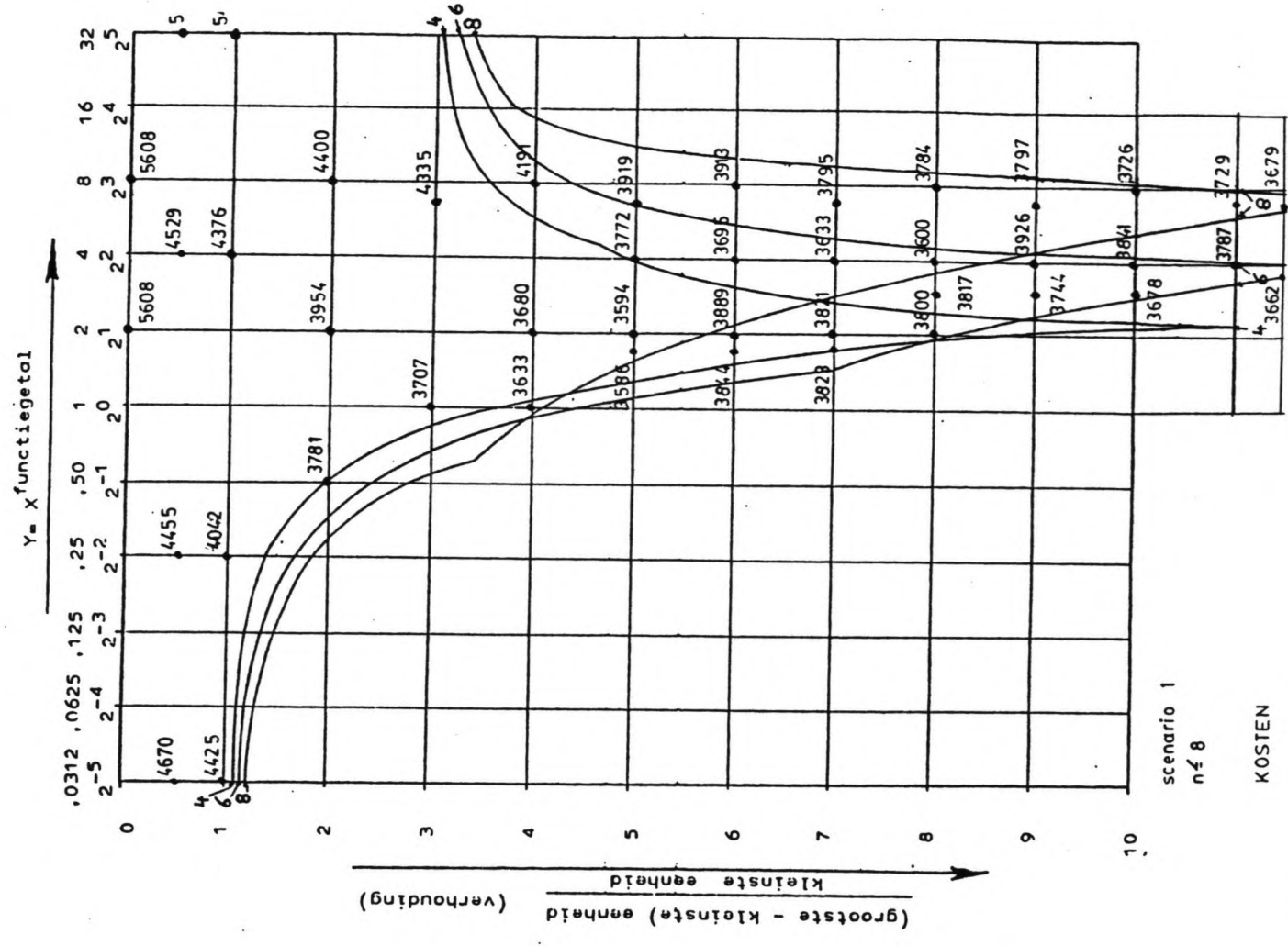
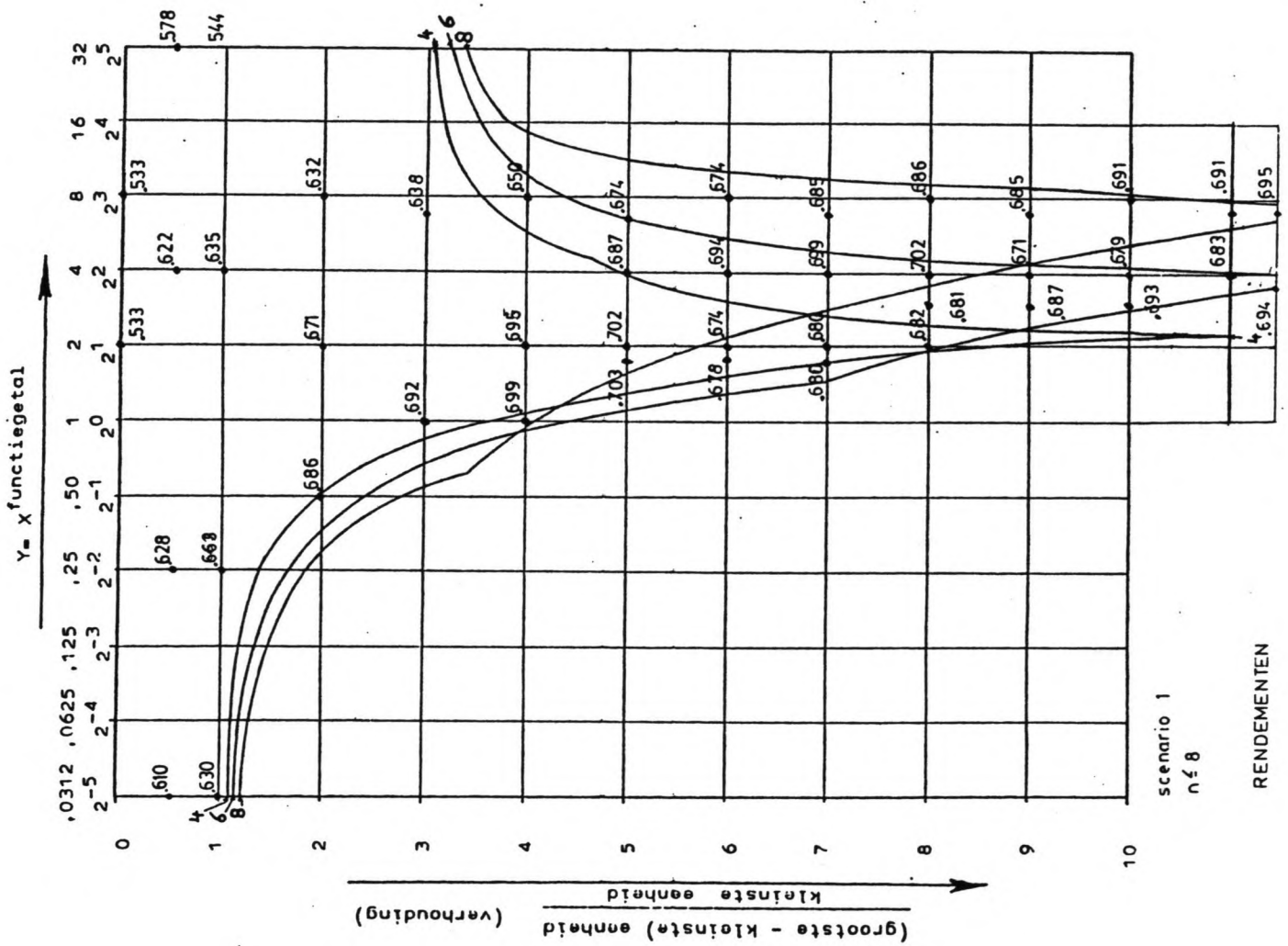
VERH T N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 STAP VERM

\* mogelijke eenhedenvermogens (combinaties)  
met hun beoordeling of in praktijk mogelijk is

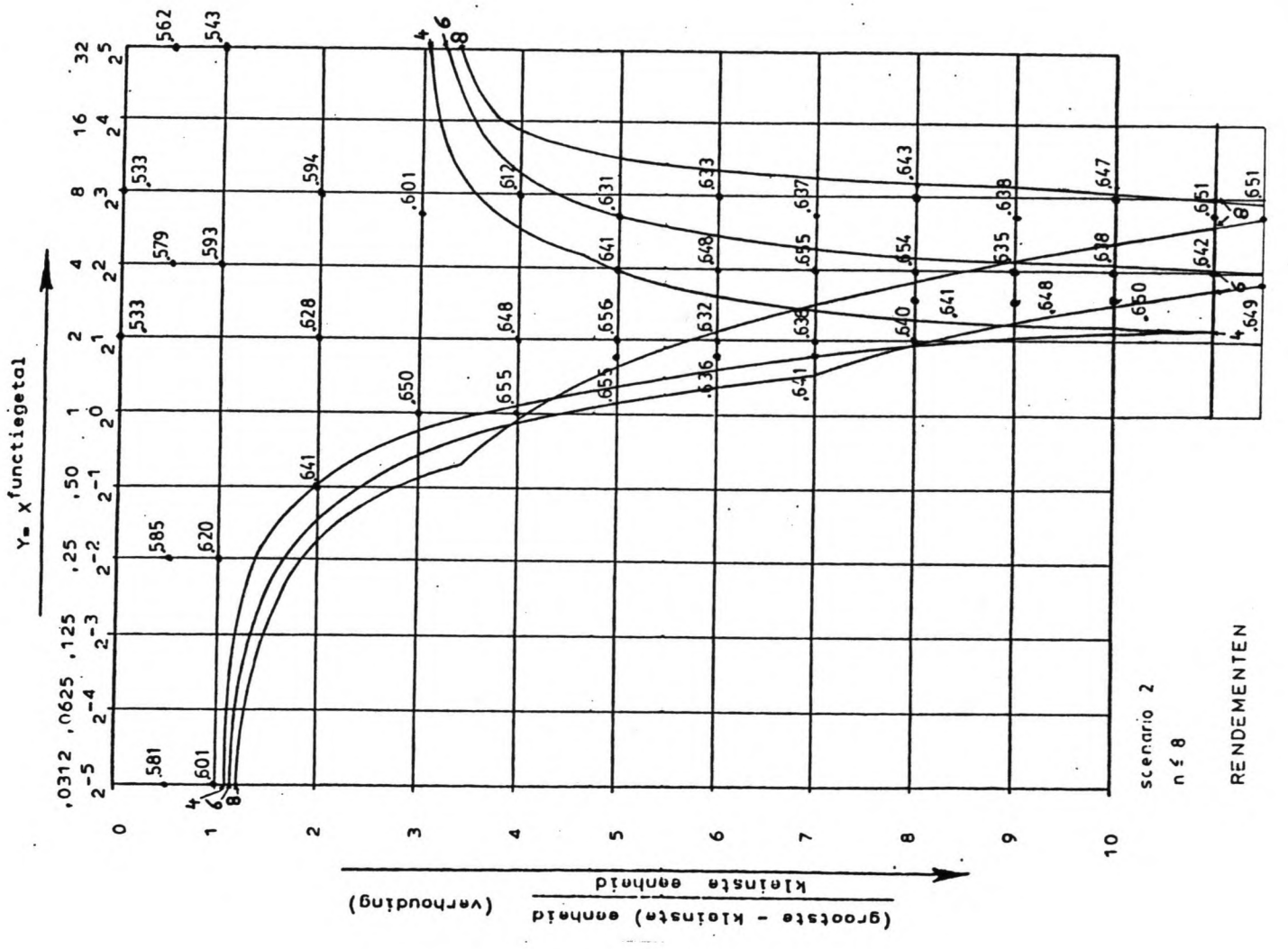
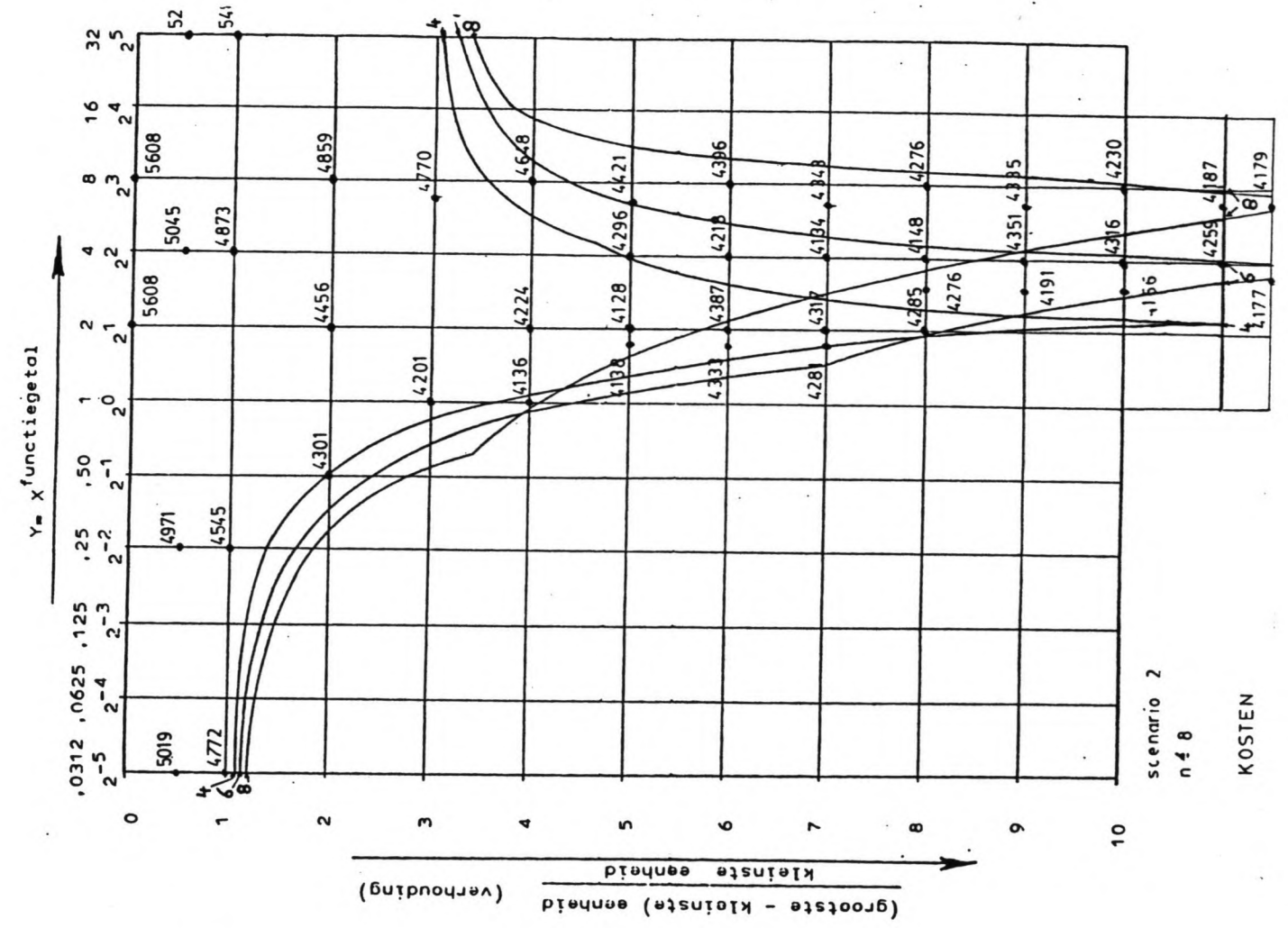
\* mogelijke eenhedenvermogens (combinaties)  
met hun beoordeling of in praktijk mogelijk is

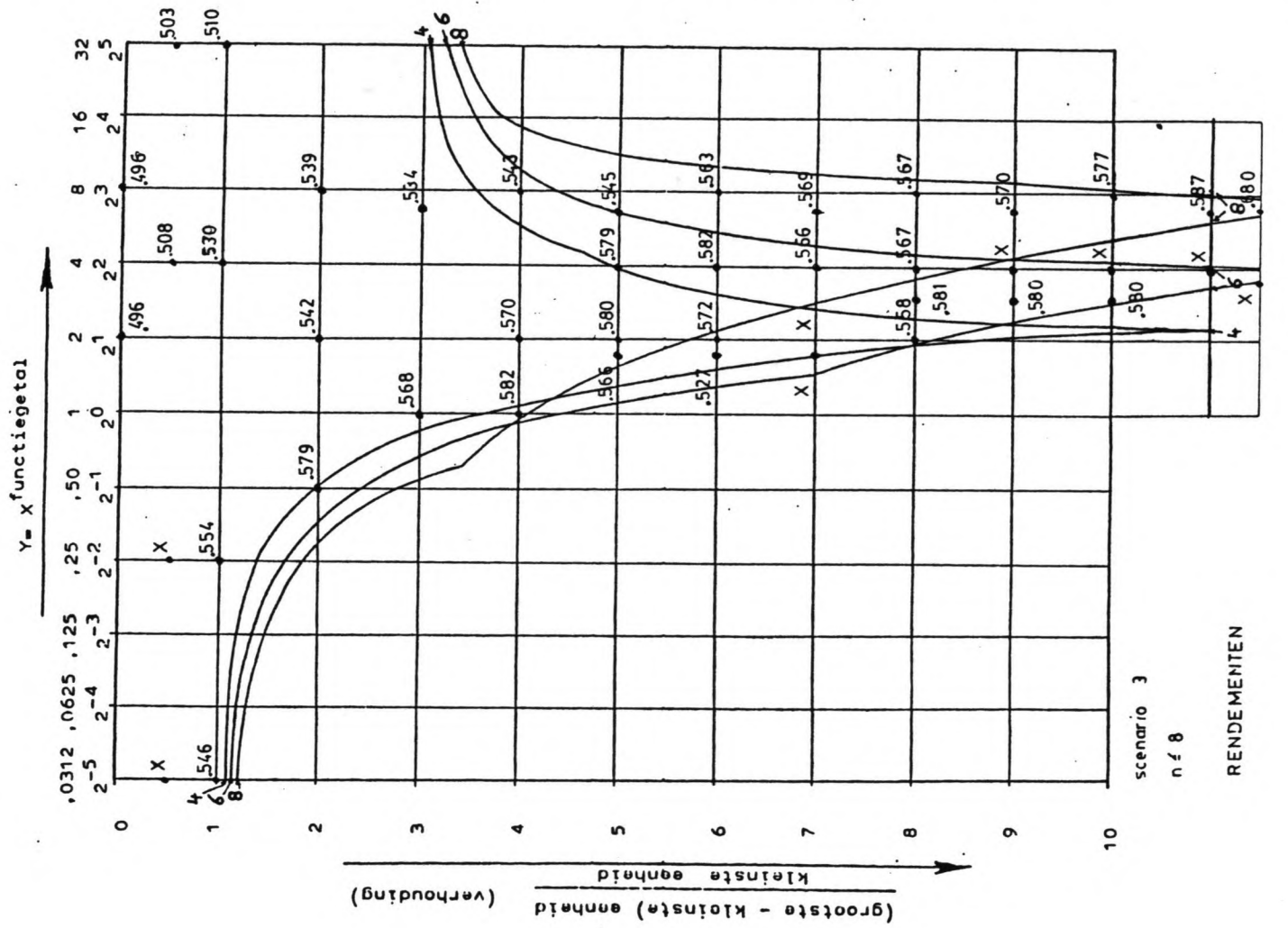
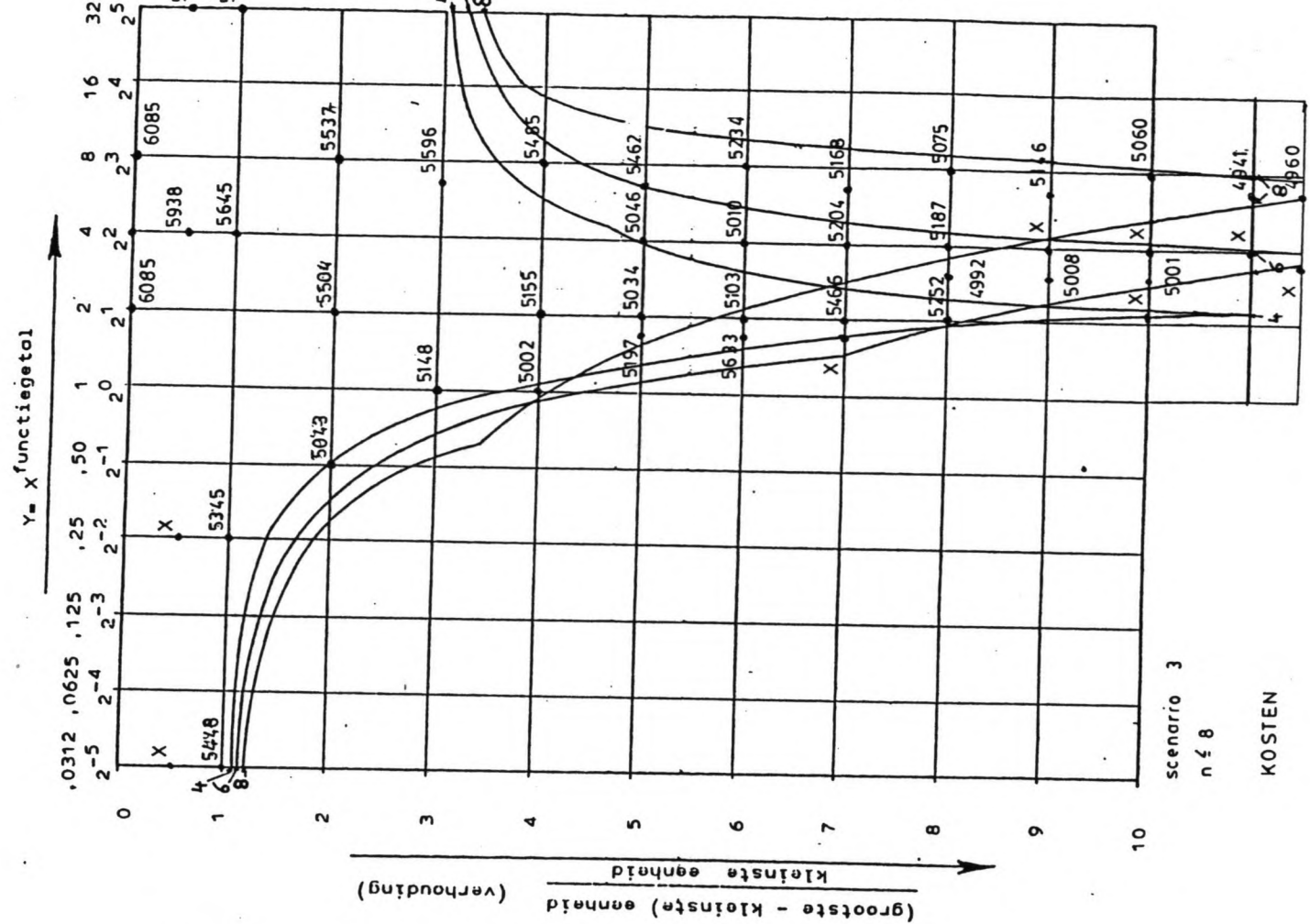
**BIJLAGE 3.**

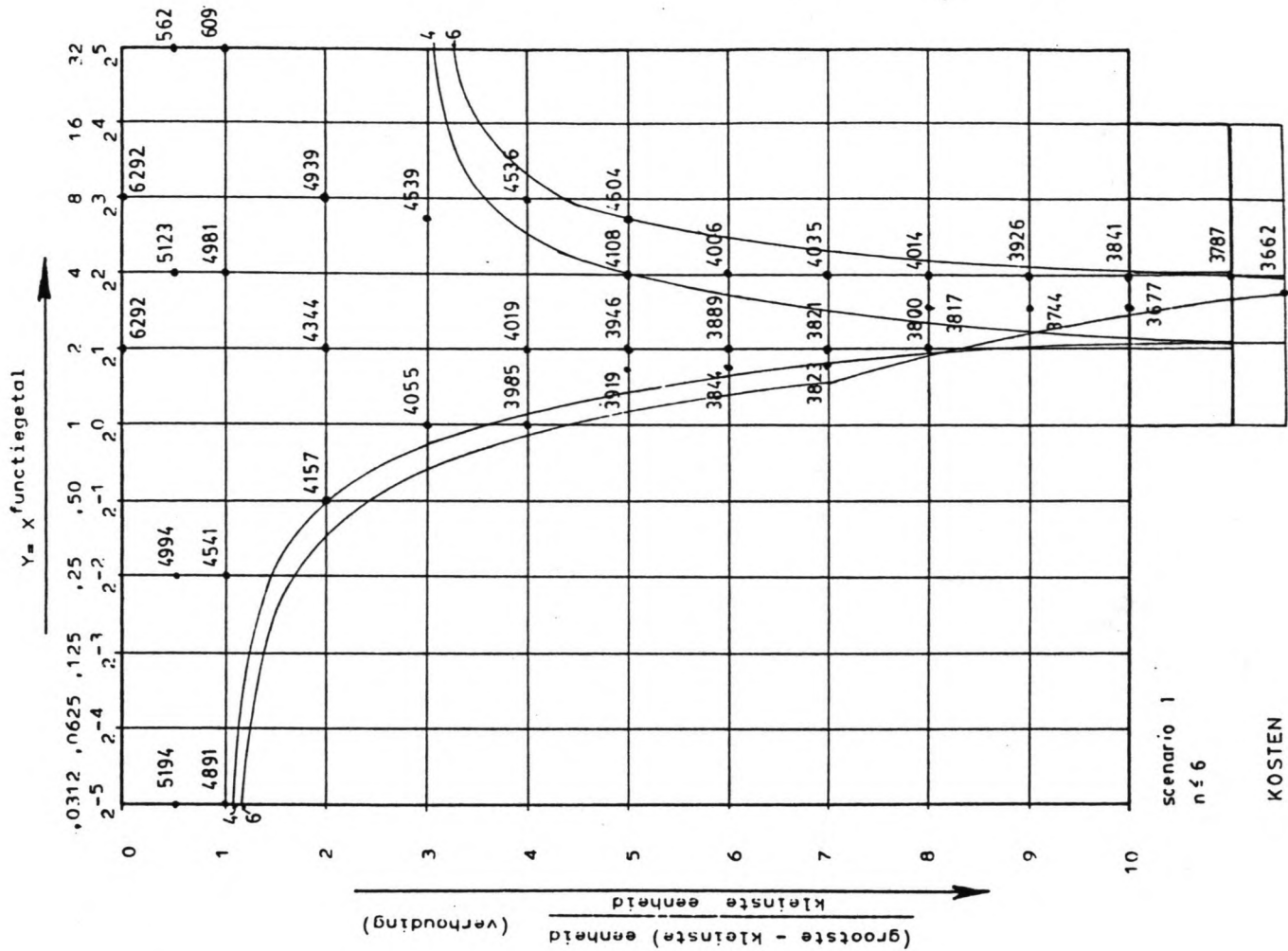
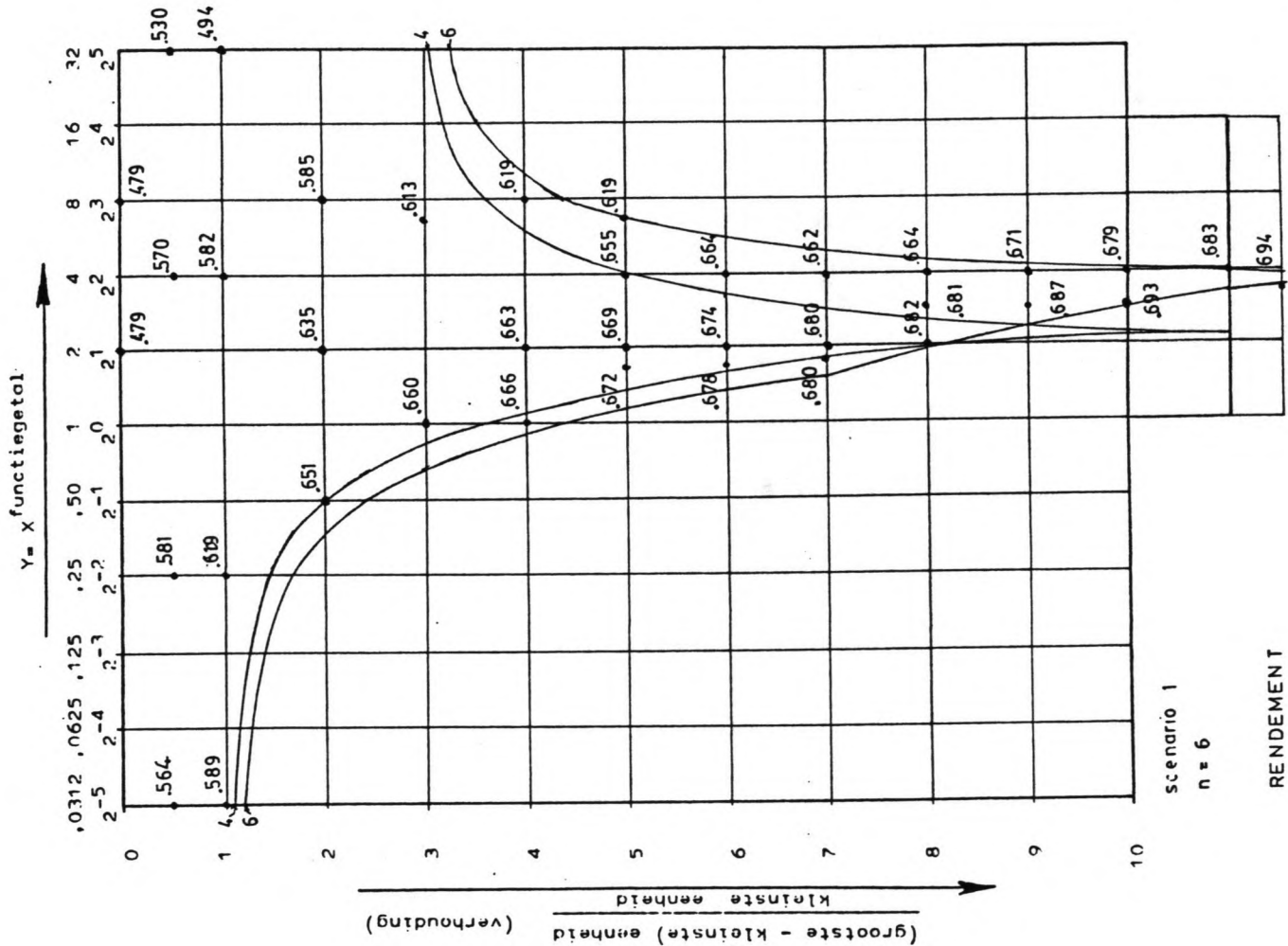
**Uitvoeroverzicht in  
cijfers.**

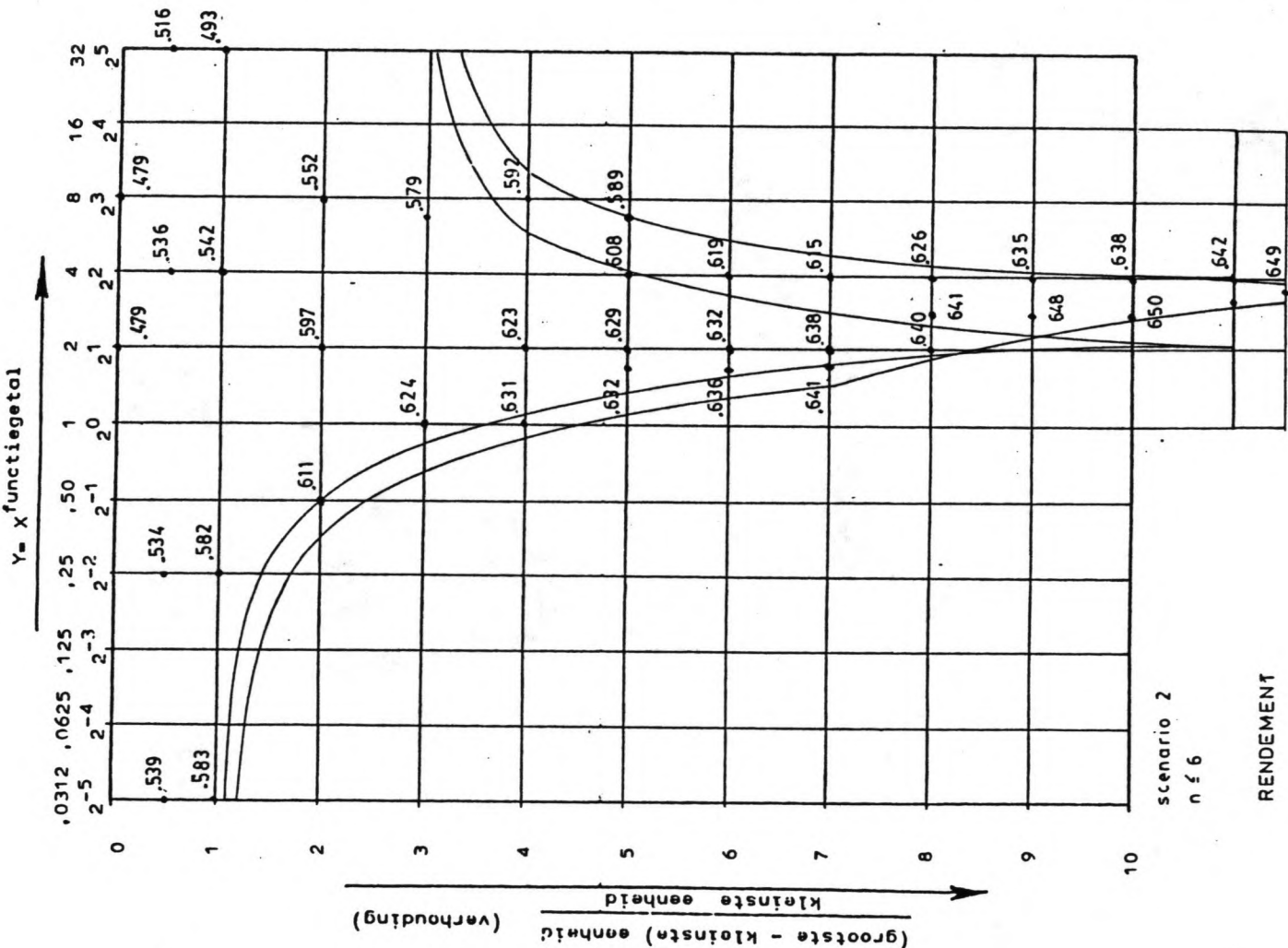
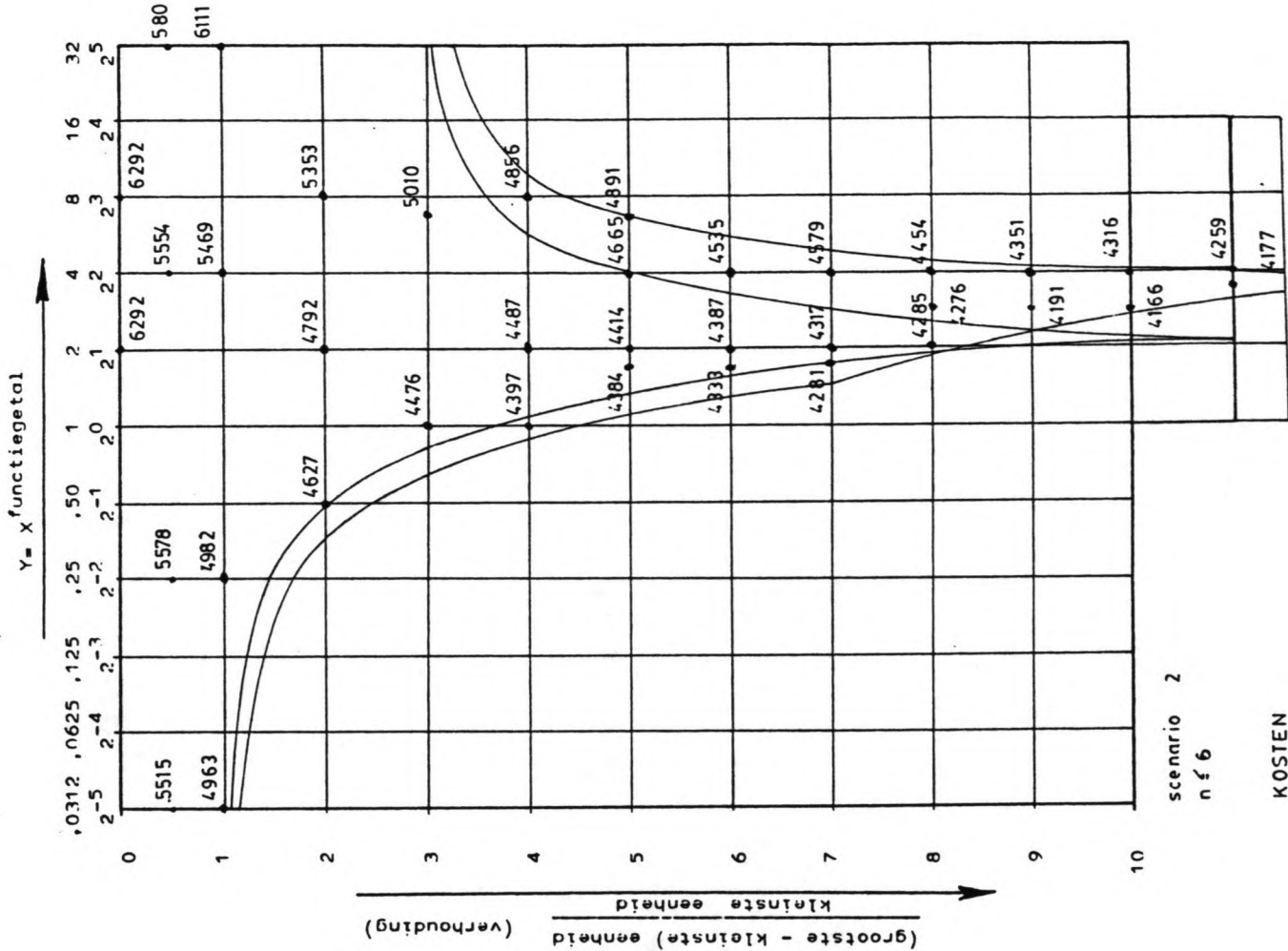






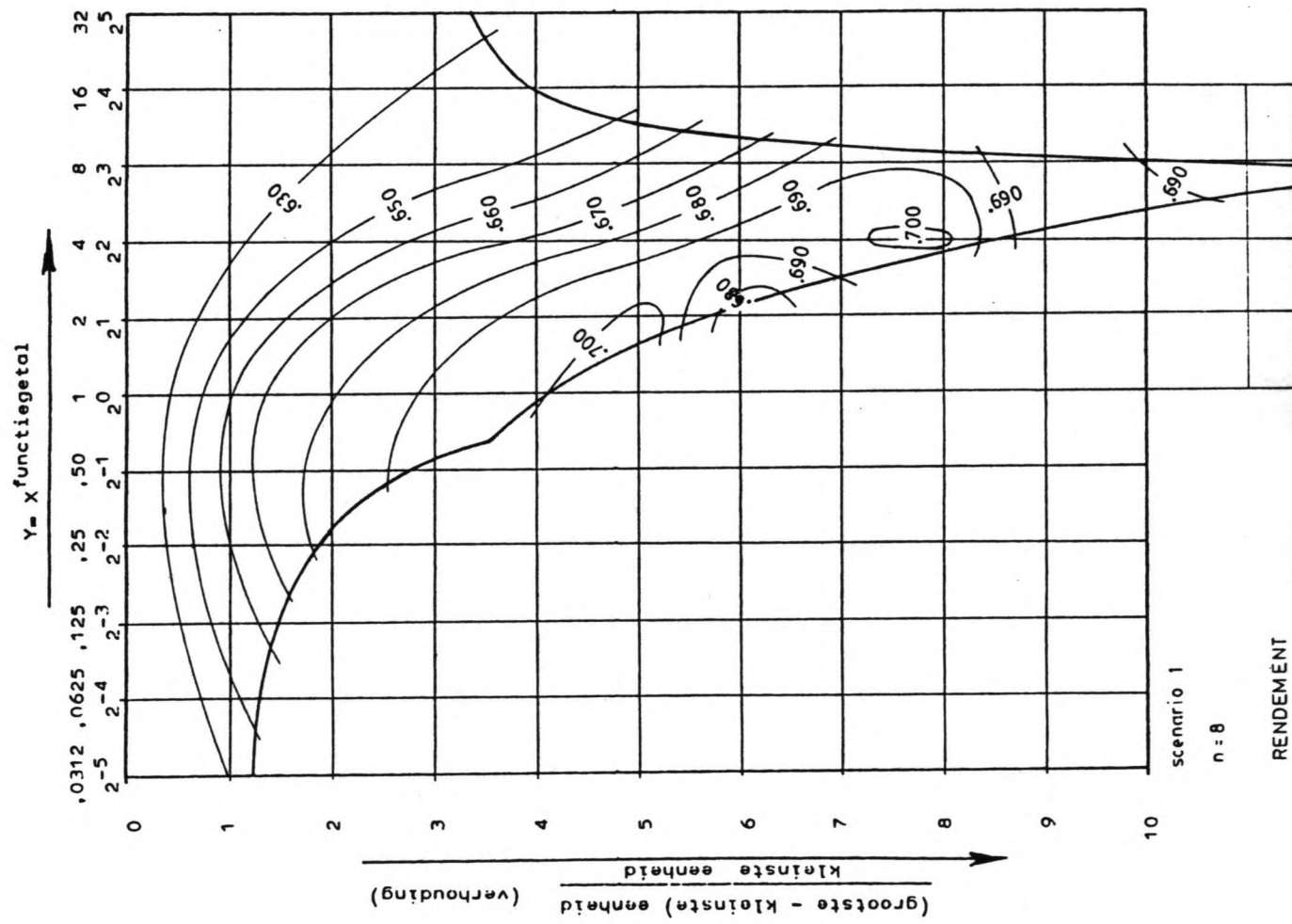
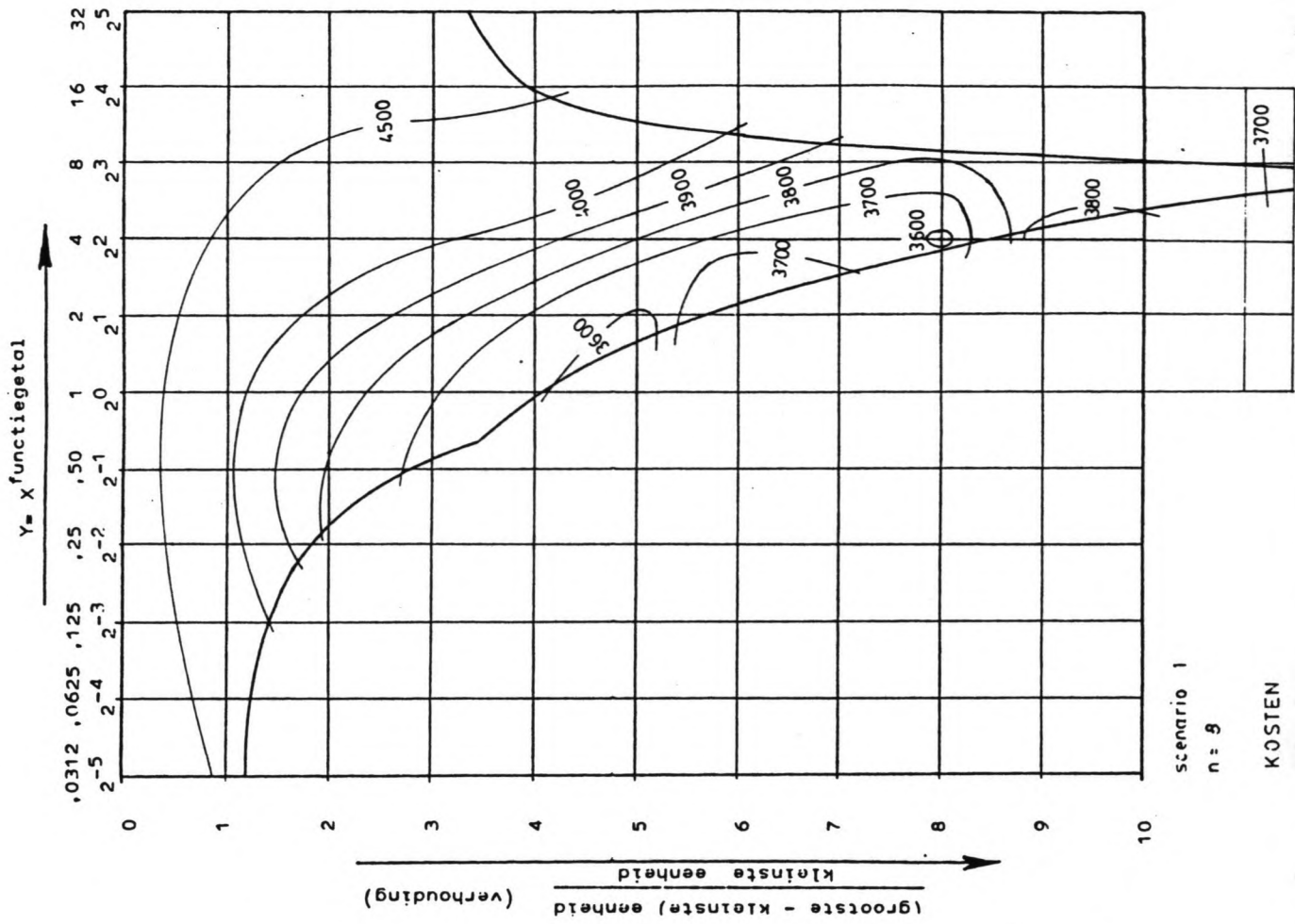


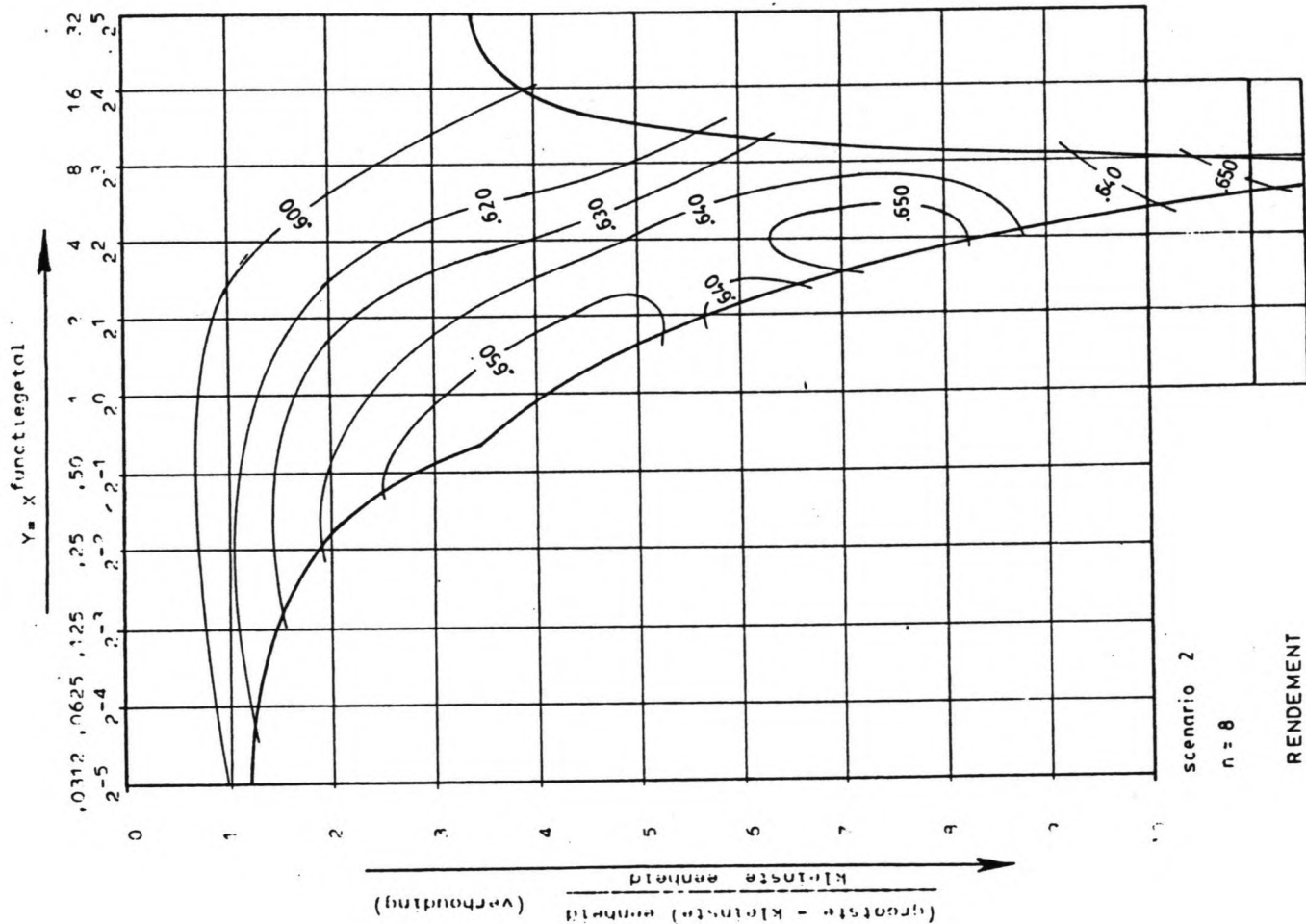
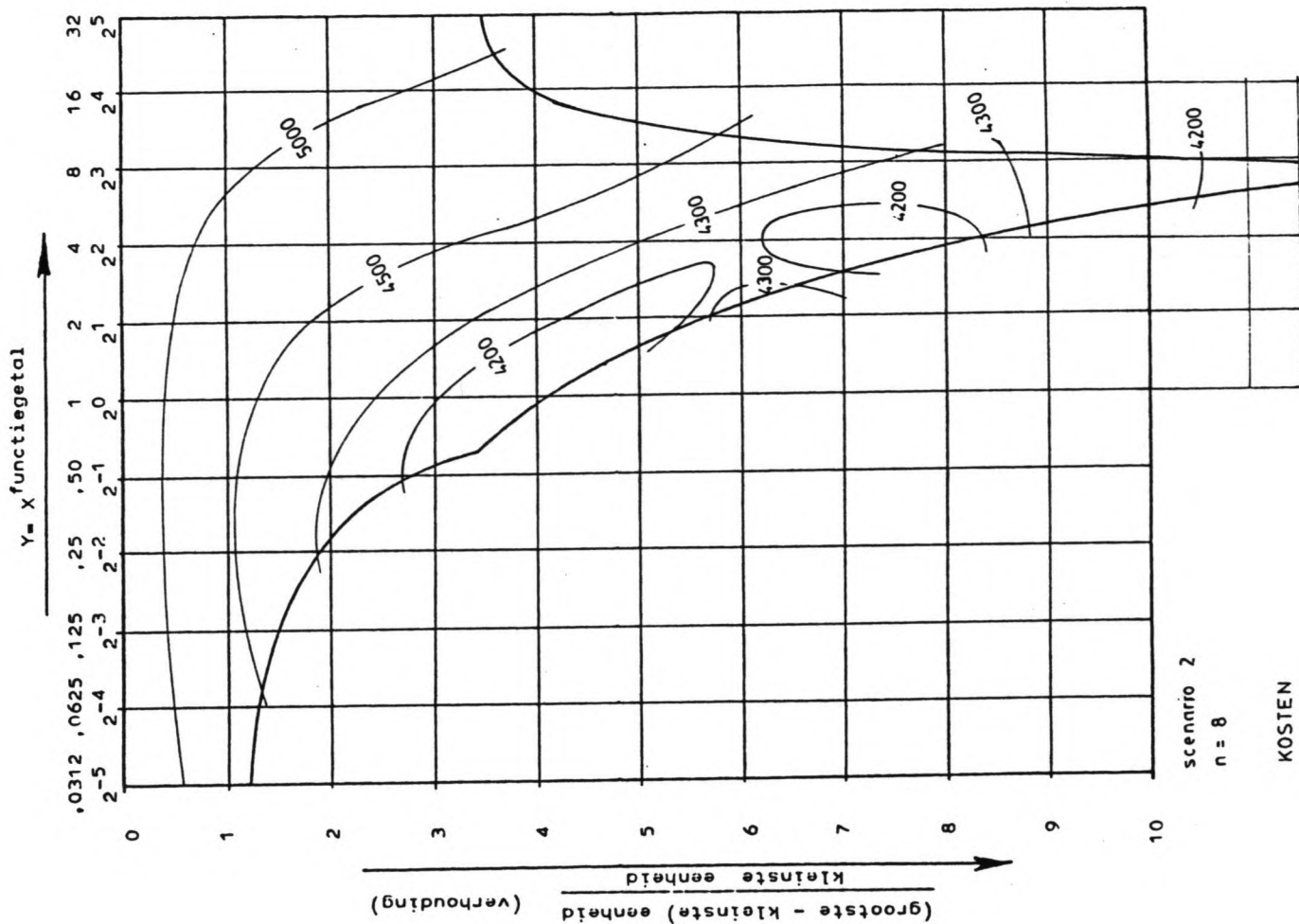


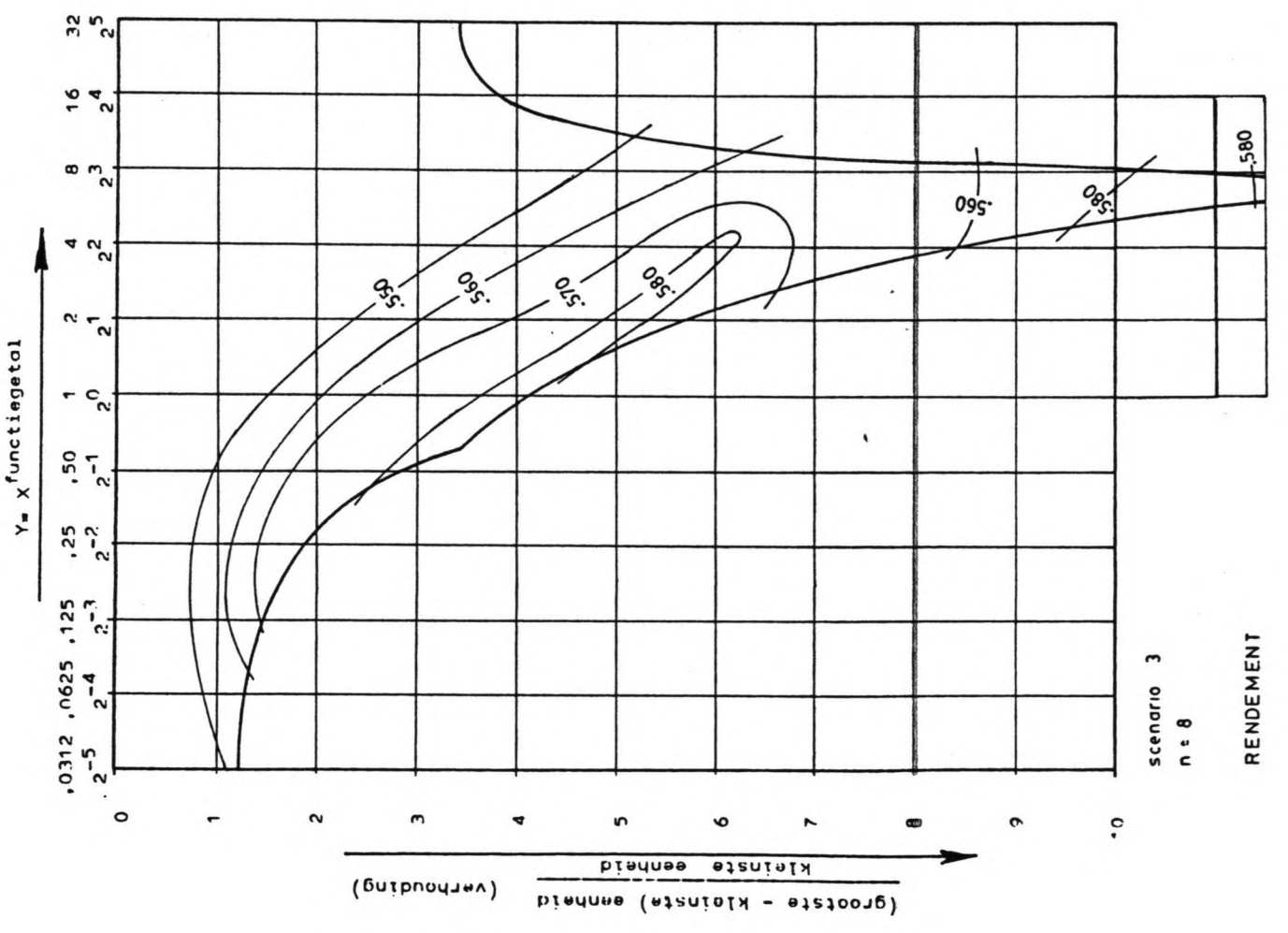
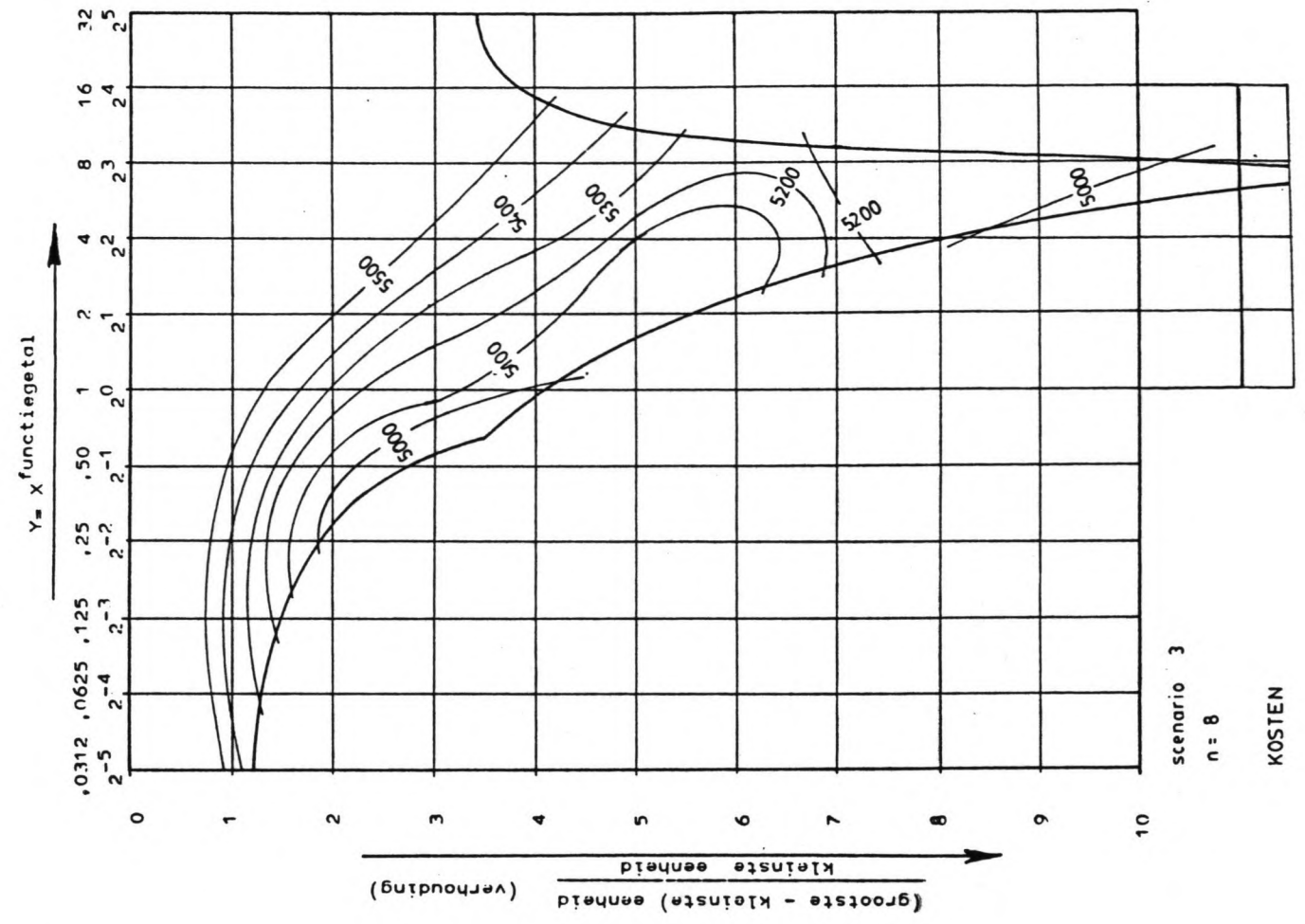


**BIJLAGE 4.**

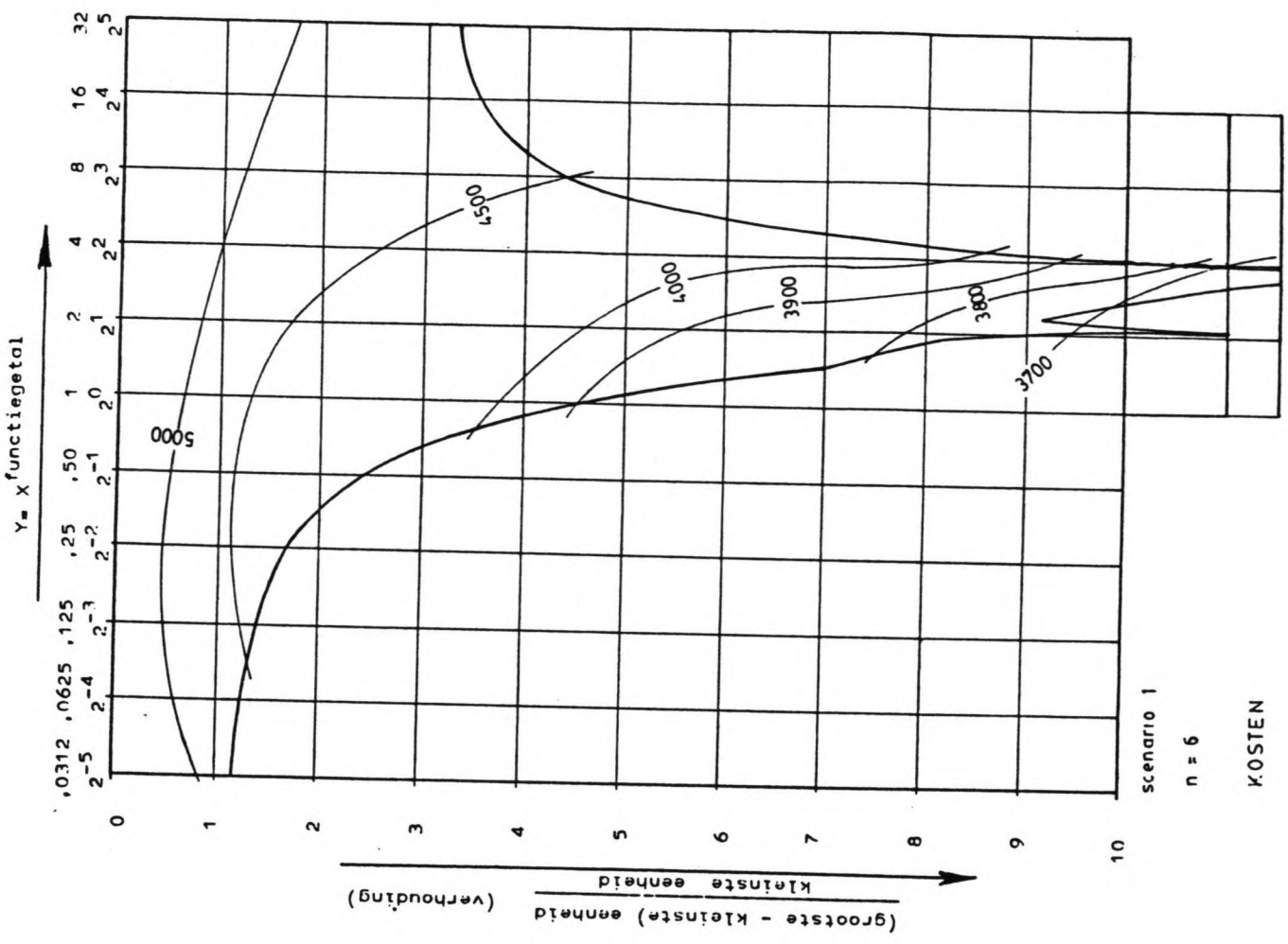
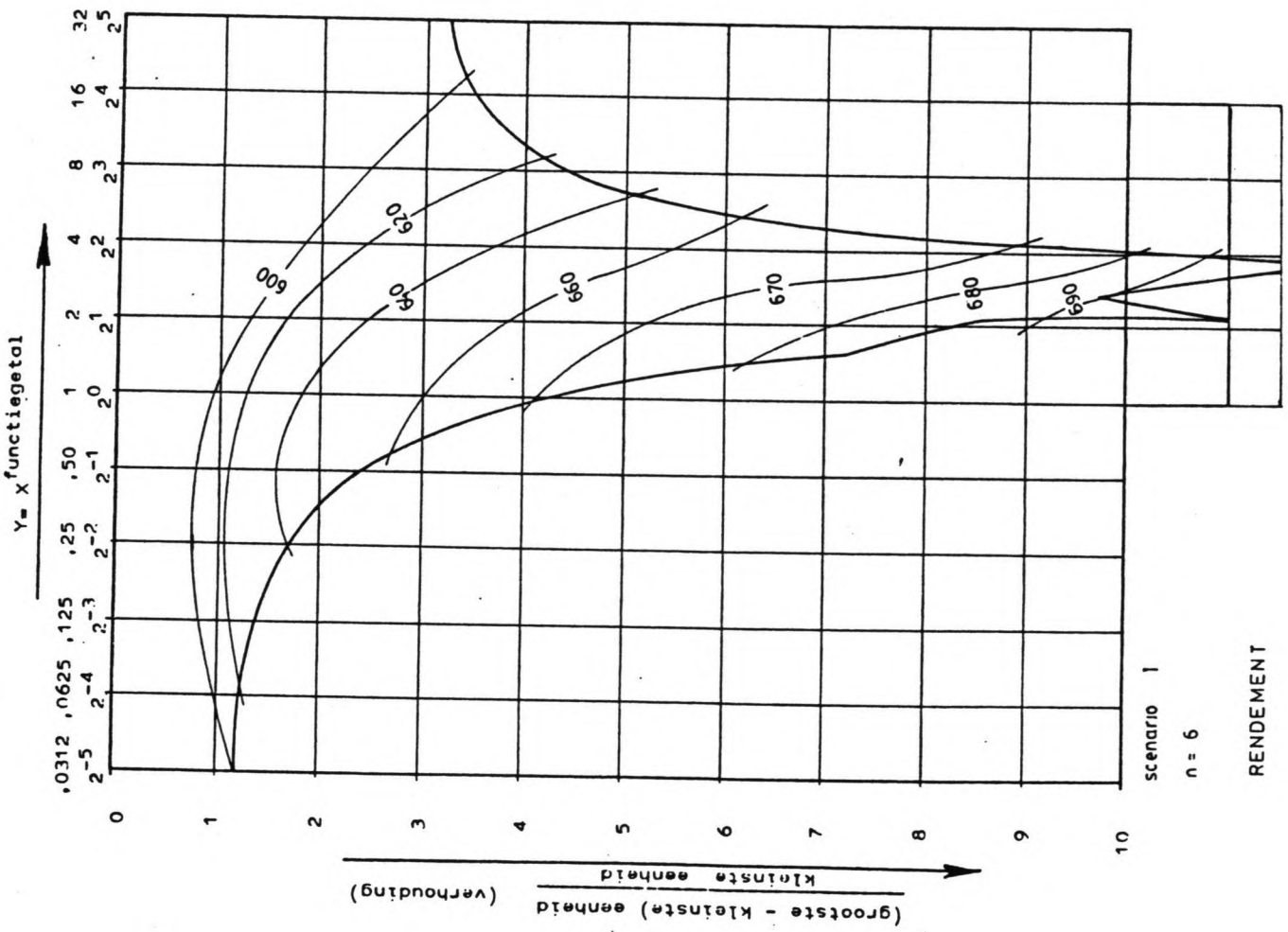
**Uitvoeroverzicht in  
grafische vorm.**

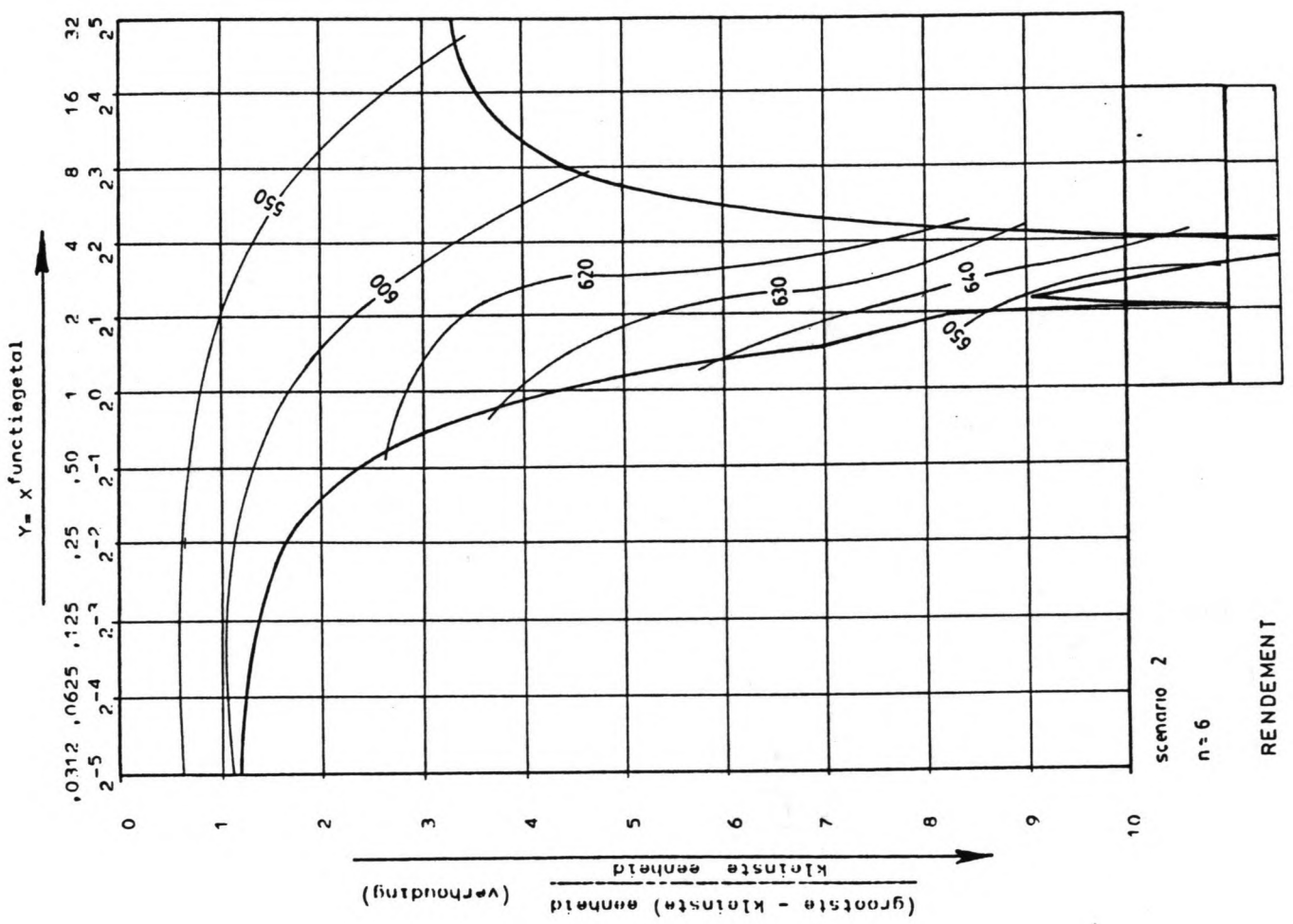
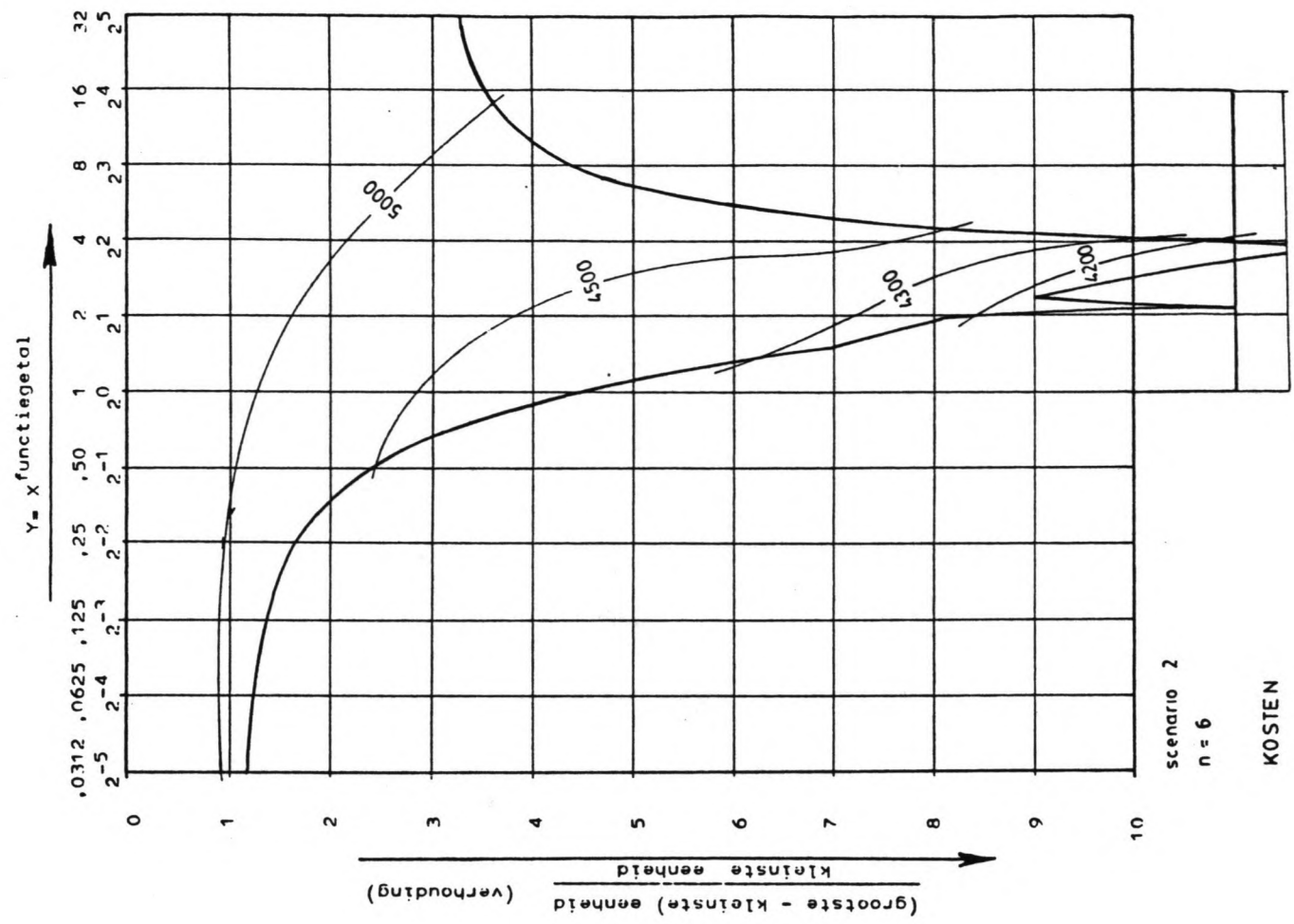












**BIJLAGE 5.**

**Uitleg programma  
voor gebruikers.**

## BIJLAGE 5.

### Gebruikersniveau.

=====

Het in deze studie gehanteerde computerprogramma is geschreven in ALGOL-60 en uitgewerkt op de computer van de TH-Delft.

Het programma is in hoofdlijnen weergegeven in structuurdiagram 1.

In hoofdlijnen wordt in het programma het volgende gedaan. Als eerste moeten de gegevens ingelezen worden. Dit kan men doen door de in te voeren waarden volgens onderstaand overzicht in te voeren.

```
/*  
//GO.SYSIN DD *  
1,1200,1200, 1, 5, 1, 5, 4, 9, 3, 22000, 12000;  
/*  
//
```

De getallen hebben in bovenstaande volgorde de volgende betekenis:

1e getal; soort opstelling die men verkiest nader te bekijken. In het programma zijn een tweetal mogelijkheden ingebouwd.

1= francispompturbine uitgevoerd in OPAC met 2 étages.

2= francispompturbine uitgevoerd in OPAC met 2 étages en een extra groot tussenreservoir, waardoor de pompturbines op elke étage voor een korte tijd ( $\pm$  30 uur) onafhankelijk van elkaar kunnen draaien.

2e getal; de nuttige val/opvoerhoogte van OPAC in m.

3e getal; het nuttige vermogen van de OPAC in MW.

4e getal; grootte van de tussenstap van de te bekijken verhoudingsgetallen

5e getal; maximale verhoudingswaarde(B/A) die bekeken wordt.

6e getal; aantal te bekijken functies, volgens welke de vermogens van de eenheden zich onderling verhouden.

7e getal; kleinst aantal eenheden dat men wil bekijken.

8e getal; grootte van de tussenstap van de te bekijken aantal enheden.

9e getal; grootste aantal eenheden dat men wil bekijken.

10e getal; totaal aantal door te rekenen scenarios;  
 - 1e scenario: maximaal te behalen efficiency.  
 - 2e scenario: normaal te behalen efficiency.  
 - 3e scenario: minimaal te behalen efficiency.

11e getal; kosten dijklichaam bovenreservoir per m<sup>3</sup>.

12e getal; kosten tunnel van onderreservoir per m<sup>3</sup>.  
 (doorsnede tunnel: A= 33 m<sup>2</sup>).

Met de nu ingelezen getallen gaat het programma voor elk van de door de ingevoerde waarden te maken alternatieven een combinatie van eenhedenvermogens genereren. Dit wordt dus bepaald aan de hand van de opgegeven verhouding van de grootste en kleinste eenheidvermogen, functieverloop van de onderlinge verhouding van de eenhedenvermogens en het aantal eenheden.

Met de verschillende eenhedenvermogens worden nu voor elk van de alternatieven alle mogelijke vermogenscombinaties gegenereert. Deze worden daarna gesorteerd in opeenvolgende grootte van de totaalvermogens.

Met behulp van de voorgaande rij worden de verschillende scenarios doorgerekend. Per scenario worden de pomp-, turbine- en totaalefficiency uitgerekend en de daarbij behorende 'kosten'. Deze 'kosten' bestaan alleen maar uit de extra "kosten" t.o.v. een OPAC met een totaalefficiency van 100%. Dit is gedaan om zo een duidelijkere onderlinge vergelijking te kunnen maken van de bekeken alternatieven.

De berekende waarden voor de verschillende alternatieven worden daarna in tabelvorm uitgeprint e.e.a. volgens onderstaande voorbeeld.

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompestelling  
 FRANCIS pomp/turbine - 2 stage

max. (nuttig) vermogen: 1200 MW

VERM (MAX-MIN)	FUNCTIE	AANTAL	PENDEMENTEN									KOSTEN		
			SCENARIO 1			SCENARIO 2			SCENARIO 3			1	2	3
			TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP			
11.00	7.00000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	.00	kan niet	kan niet	kan niet
11.00	7.00000	6	.639	.89	.73	.594	.88	.69	.000	.00	.00	+4298.6	+4828.4	kan niet
11.00	7.00000	8	.691	.90	.79	.651	.89	.74	.587	.88	.68	+3729.7	+4187.8	+4941.9
9.00	7.00000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	.00	kan niet	kan niet	kan niet
9.00	7.00000	6	.647	.89	.74	.619	.88	.71	.550	.87	.64	+4288.8	+4536.7	+5371.6
9.00	7.00000	8	.685	.89	.78	.638	.89	.73	.570	.88	.66	+3797.3	+4335.7	+5146.9
7.00	7.00000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	.00	kan niet	kan niet	kan niet
7.00	7.00000	6	.645	.98	.75	.613	.88	.71	.548	.87	.64	+4225.2	+4605.1	+5398.5
7.00	7.00000	8	.685	.89	.78	.637	.89	.73	.569	.88	.66	+3795.2	+4343.2	+5168.2
5.00	7.00000	4	.538	.85	.64	.524	.85	.63	.502	.85	.60	+5502.1	+5680.5	+5967.1
5.00	7.00000	6	.619	.88	.72	.589	.87	.69	.541	.86	.64	+4539.8	+4891.7	+5487.6
5.00	7.00000	8	.674	.89	.78	.631	.88	.73	.545	.87	.64	+3919.5	+4421.1	+5462.8
3.00	7.00000	4	.534	.94	.64	.510	.84	.62	.471	.83	.58	+5549.7	+5851.5	+6368.4
3.00	7.00000	6	.613	.87	.72	.579	.86	.68	.528	.86	.63	+4684.8	+5010.2	+5656.3
3.00	7.00000	8	.638	.86	.74	.601	.87	.70	.534	.86	.63	+4335.3	+4770.4	+5596.4

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

nr = aantal eenheden op 2e stapel  
 kosten dijk bovenbekken per m<sup>3</sup> : f 22000 ;  
 kosten tunnel onderbekken per m<sup>3</sup> : f 12000 ;

BIJLAGE 6.

Uitleg programma  
voor programmeur.

VV : teller.  
 VW : totaal aantal bekeken aantal eenheden.  
 V1 : teller (totaal aantal mogelijke combinaties)  
 W : teller.  
 Y1 : rendement turbine bij optimaal vermogen.  
 Y2 : rendement turbine bij ingeschakeld vermogen.  
 ZA : maximale verhouding grootste- en kleinste vermogen van de eenheden.  
 ZB : stapgrootte tussen de verschillende ZA.  
 ZC : zelfde als ZA.  
 ZD : functieverloop van de verhoudingen van de eenhedenvermogens.  
 ZE : actuele aantal pompturbine-eenheden.  
 ZF : zelfde als ZE.  
 ZG : stapgrootte tussen de verschillende gebruikte aantal eenheden.  
 ZH : maximaal aantal bekeken eenheden.  
 ZM : totaal aantal bekeken alternatieven.  
 ZN : totaal aantal bekeken scenarios.  
 ZK : totaal aantal bekeken functieverlopen.  
 ZI : teller.  
 ZO : teller.  
 ZP : teller.  
 ZY : teller.  
 ZZ : het in werking zijnde scenario.  
 Z1 : teller.

De volgende array's zijn in het programma gebruikt;

- 'ARRAY' ENDLST : lijst van de uitvoer waardens voor de de tabeluitvoer.
- 'ARRAY' EENHEID : lijst van actuele eenheden.
- 'ARRAY' LIJST : lijst van alle mogelijke combinatie mogelijkheden behorend bij en bepaalde combinatie van eenhedenvermogens.
- 'ARRAY' LM : tijdelijke opslag van actuele combinatie van ARRAY LIJST.
- 'ARRAY' LP : tijdelijk wegschrijven van ARRAY LM.
- 'ARRAY' N : teller voor bepaling van de mogelijke combinaties uitgedrukt in 0 en 1.
- 'ARRAY' RC : opslag van de onderlinge verhoudingsgetallen van de eenheden.
- 'ARRAY' RIJ : lijst van de totalen van de mogelijke combinaties van eenhedenvermogens.
- 'ARRAY' S : ooslag van tijdelijke eenhedenvermogens in opeen volgende grootten.
- 'ARRAY' X : teller zoals ARRAY N.



```

0  'BEGIN'
1  'REAL' TOTVERM,ZB,ZC,ZD,ZA,STANDAARD,ZM,RT,RP,TT,VERLIES,PA,ZO;
2  'REAL' PD,PLUS,TUSSENRES,H;
3  'INTEGER' ZF,ZG,ZH,ZE,I,ZN,ZK,U,VW;
4  I:=0;
5  'BEGIN'
6  ININTEGER(0,U) ;'COMMENT'welke opstelling: 1= francis 2 etage;
7                'COMMENT' 2= francis 2 etage + tussenreservoir;
7  INREAL(0,H) ;'COMMENT'totale vervalhoogte;
8  INREAL(0,TOTVERM);'COMMENT'inlezen totaalvermogen OPAC (nuttige);
9  INREAL(0,ZB) ;'COMMENT'inlezen stap van de verhoudingen (> 0);
10 INREAL(0,ZC) ;'COMMENT'inlezen (MAX.) verhouding B t.o.v. A;
11 ININTEGER(0,ZK) ;'COMMENT'aantal bekeken functies;
12 ININTEGER(0,ZF) ;'COMMENT'start: begin aantal eenheden;
13 ININTEGER(0,ZG) ;'COMMENT'grootte stap aantal eenheden (>0);
14 ININTEGER(0,ZH) ;'COMMENT'stop: einde aantal eenheden;
15 ININTEGER(0,ZN) ;'COMMENT'aantal bekeken scenarios;
16 INREAL(0,PA) ;'COMMENT'kosten dijk bovenbekken per m';
17 INREAL(0,PD) ;'COMMENT'kosten tunnel onderbekken per m';
18 'END';
19 ZM:=(((ZH-ZF)/ZG)+1)*ZK*((ZC/ZB)+1);
20 ZO:=(ZN*4)+3;VW:=((ZH-ZF)/ZG);
22 'BEGIN'
23 'REAL' 'ARRAY' ENDLST(/0:(ZM),0:ZO/);

```

## 6.2 Uitgewerkte hoofdprogramma.

+++++

Bovenstaand overzicht geeft weer de declaraties, het inlezen en grenswaardenbepaling;

1- 4 : declaraties van de variabelen (REAL/INTEGER).

5- 18 : het inlezen van de invoergegevens. De text achter de inleescommando's verklaren de variabelen. In regel 6 kan men kiezen; u=2 is het alternatief van pompturbine-eenheden op 2 étages en met een vergroot tussenreservoir zodat de pompturbines onafhankelijk van elkaar kunnen draaien ( $\pm 30$  min.). De verhouding B t.o.v. A is de verhouding tussen de grootste en de kleinste eenheid. In regel 15 kan men het aantal te bekijken scenarios bepalen. In het programma zijn 3 scenarios ingebouwd;

- 1e. maximaal te behalen efficiency.
- 2e. verwachte normale bedrijfsvoering met bijbehorende totaalefficiency.
- 3e. minimaal te behalen efficiency.

Men is vrij te kiezen hoeveel scenarios men wil bekijken (1e, 1e en 2e of 1e, 2e en 3e).

19 : totaal aantal te bekijken alternatieven van eenhedenvermogens wordt bepaald.

20 : bepaling van het aantal kolommen voor tabel.

```

129  'COMMENT' *****;
129  'FOR' ZA:=ZC 'STEP' ZB 'UNTIL' 2 'DO'
130  'BEGIN'
131  'FOR' ZD:= 2 'DO'
132  'BEGIN'
133  'FOR' ZE:=ZF 'STEP' ZG 'UNTIL' ZH 'DO'
134  'BEGIN' 'COMMENT' max. 12 eenheden i.v.m. rekentijd;
135  'INTEGER' AANTAL,OP,SP,R,Z1,ZP,T,V,M,P1,Q,L1,V1,ZI,ZZ;
136  'REAL' MM;
137  L1:=0;V1:=0;AANTAL:=ZE;MM:=0;
141  'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' AANTAL 'DO'
142  'BEGIN'
143  V1:=V1+2**V;
144  'END';M:=V1/2;
146  'BEGIN'
147  'INTEGER' 'ARRAY' NC(/0:AANTAL/),XC(/0:AANTAL/);
148  'REAL' 'ARRAY' EENHEID(/0:(AANTAL+1)/),S(/0:(AANTAL+1)/);
149  'REAL' 'ARRAY' LIJST(/0:M,0:(AANTAL+1)/),RIJ(/0:M/);
150  'REAL' 'ARRAY' LM(/0:(AANTAL+1)/),LP(/0:(AANTAL+1)/);
151  'REAL' 'ARRAY' RC(/0:AANTAL/);

```

In de regels 129 t/m 133 worden de verschillende alternatieven van eenheden vermogenscombinaties gegenereerd. Dit is gedaan om zo, het vele rekenwerk zo efficiënt mogelijk uit te laten voeren en overzichtelijk in tabelvorm te kunnen presenteren.

129 : for statement t.b.v. genereren verhoudingsgetallen van de grootste- en kleinste eenheid.

131 : for statement t.b.v. genereren verschillende functieverlopen van de opeenvolgende onderlinge verhoudingsgetallen van de eenhedenvermogens.

133 : for statement t.b.v. genereren van combinaties van eenhedenvermogens bij verschillend aantal eenheden (= per étage).

135-136 : declaraties.

137 : beginwaarden vaststelling.

In de regels 141-144 worden bij de actuele aantal eenheden (=AANTAL) het maximum aantal te maken combinaties bepaald.

143 : de aantal combinaties nemen met elke toename van het aantal eenheden toe met en machtsfunctie met basis getal 2 en een macht ter grootte van de ovolgende aantal eenheden.

144 : omdat in bovenstaande regel in de mogelijke aantal combinaties dubbeltelling zitten, wordt er in deze regel gedeel door 2.

146-151 : declaraties van de arrays.

```

434 'FOR' ZI:=1 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
435 'BEGIN'
436 LIJST(/ZI,1/):=0;
437 'END';
438 'IF' U=1 'THEN'
439 'BEGIN'
440 'FOR' ZI:=1 'STEP' 1 'UNTIL' AANTAL 'DO'
441 'BEGIN'
442 'IF' ZI=1 'THEN' RC(/1/):=1
443 'ELSE'
444 'BEGIN'
445 RC(/ZI/):=1+ZA*((ZI-1)/(AANTAL-1))*ZD;
446 'END';
447 MM:=MM+RC(/ZI/);
448 'END';
449 'END';
450 'END';
451 'IF' U=2 'THEN'
452 'BEGIN' 'COMMENT' francis 2 etage + tussenreservoir;
453 'FOR' ZI:=2 'STEP' 2 'UNTIL' AANTAL 'DO'
454 'BEGIN'
455 'IF' ZI=2 'THEN'
456 'BEGIN'
457 RC(/1/):=1;RC(/2/):=1;
458 'END'
459 'ELSE'
460 'BEGIN'
461 RC(/ZI/):=1+ZA*((ZI/2)-1)/((AANTAL/2)-1))*ZD;
462 RC(/(ZI-1)/):=RC(/ZI/);
463 'END';
464 MM:=MM+2*RC(/ZI/);
465 'END';
466 'END';
467 'END';

```

In blok 434 t/m 450 wordt de ingevoerde verhoudingsgetal B/A, functieverloop en aantal eenheden van de beschouwde alternatieve combinatie van eenhedenvermogens uitgewerkt tot de verhoudingsgetallen van de eenhedenvermogens. Deze worden aan het einde opgeteld;

442 : 1e eenheidsvermogen krijgt het basisverhoudingsgetal ter grootte van 1(=A).

446 : 2e en volgende verhoudingsgetallen worden bepaald.

448 : totaal van de voorgaande verhoudingsgetallen.

In blok 451 t/m 467 wordt het zelfde gedaan als bovenstaande blok, alleen nu voor de alternatieve oplossing van een vergroot tussenreservoir (u=2) i.v.m. onafhankelijk kunnen draaien van de pompturbines op elke étages. Wel is verondersteld dat er op elke étages minstens één eenheid hetzelfde is als 1 eenheid van de andere étage.

```

468      STANDAARD:=TOTVERM/MM;
469      'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' AANTAL 'DO'
470      'BEGIN'
471          EENHEID(/V/):=STANDAARD*RC(/V/);
472      'END';
473      I:=I+1;
474      ENDLST(/I,1/):=ZA;
475      ENDLST(/I,2/):=ZD;
476      ENDLST(/I,3/):=ZE;
477      'FOR' ZZ:=1 'STEP' 1 'UNTIL' ZN 'DO'
478      'BEGIN'

```

In blok 468 t/m 472 worden de eenhedenvermogens bepaald a.d.h. van de hiervoor gevormde onderlinge verhoudingsgetallen van de vermogens en het totale vermogen van OPAC.

468 : kleinste eenheid (=STANDAARD).

471 : eenheidvermogen wordt kleinste eenheid maal het bijbehorende verhoudingsgetal.

```

479      'IF' ZZ=1 'THEN'
480      'BEGIN'
481          OP:=0;N(/0/):=0;
483          'FOR' P1:=1 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
484          'BEGIN' LIJST(/P1,1/):=0;'END';
487          'FOR' R:=1 'STEP' 1 'UNTIL' AANTAL 'DO'
488          'BEGIN'
489              'INTEGER' P,II;OP:=0;
491              'FOR' P:=1 'STEP' 1 'UNTIL' R 'DO'
492              'BEGIN'
493                  N(/P/):=0;X(/P/):=0;S(/P/):= EENHEID(/P/);OP:=OP+S(/P/)
497              'END';
498      LINE(1,1);SORTEER;
500      SP:= M;
501      II:=0;
502      'FOR' P:=1 'STEP' 1 'UNTIL' AANTAL 'DO'
503      'BEGIN'
504          'IF' EENHEID(/P/)=EENHEID(/1/) 'THEN' II:=II+1;
506      'END';
507      'IF' II=AANTAL 'THEN' Z1:=SP 'ELSE' Z1:=1;
511      'FOR' ZP:=Z1 'STEP' 1 'UNTIL' SP 'DO'
512      'BEGIN' 'INTEGER' P,W,WW;
514          'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' R 'DO' N(/V/):=0;
516          N(/R/):=1;
517          'FOR' P:=R 'STEP' -1 'UNTIL' 1 'DO'
518          'BEGIN'
519              'IF' S(/P/)= EENHEID (/ (AANTAL-(R-P)) /) 'THEN'
520              'BEGIN'
521                  N(/P/):=0;N(/(P-1)/):=1;
523              'END';
524          'END';
525          'IF' N(/0/)=0 'THEN'
526          'BEGIN'
527              'BEGIN'
528                  'INTEGER' ZA,T,Z;ZA:=0;
530                  'FOR' Z:=1 'STEP' 1 'UNTIL' R 'DO'
531                  'BEGIN'
532                      'IF' ZA=1 'THEN'
533                      'BEGIN'
534                          X(/Z/):=X(/(Z-1)/);
535                      'END'
536                  'ELSE'
537                  'BEGIN'
538                      'IF' N(/Z/)=1 'THEN'
539                      'BEGIN'
540                          X(/Z/):=X(/Z/)+1;ZA:=1;
542                      'END';

```

In blok 479 t/m/ 594 worden de 3 mogelijke scenarios (zz=1, zz=2 en zz=3) uitgewerkt. De daarbij behorende procedures; ZW1, ZW2, ZW3, RENDTURB, RENDPOMP, KOSTEN, OPSLAG, AFDRUKKEN worden later verklaart.

In blok 480 t/m 561 worden alle mogelijke combinaties van eenhedenvermogens gegenereerd. Hierbij is dubbeltelling direct ondervangen. De combinaties zijn m.b.v. onderstaande berekeningsprocedure gegenereert;

Voorbeeld: AANTAL = 4  
vermogens : 200, 250, 300 en 450 MW.

N(1-4)	X(1-4)	S(1-4)	LIJST(1-5)
0 0 0 0	0 0 0 1	450 300 250 200	200 200 0 0 0
0 0 0 1	0 0 0 2	0 450 300 250	250 250 0 0 0
0 0 0 1	0 0 0 3	0 0 450 300	350 300 0 0 0
0 0 0 1	0 0 0 4	0 0 0 450	450 450 0 0 0
0 0 0 0	0 0 1 2	450 300 250 200	450 200 250 0 0
0 0 0 1	0 0 1 3	0 450 300 200	500 200 300 0 0
0 0 0 1	0 0 1 4	0 0 450 200	650 200 450 0 0
0 0 1 0	0 0 2 3	0 450 300 250	550 250 300 0 0
0 0 0 1	0 0 2 4	0 0 450 250	700 250 450 0 0
0 0 1 0	0 0 3 4	0 0 450 300	750 300 450 0 0
0 0 0 0	0 1 2 3	450 300 250 200	750 200 250 300 0
0 0 0 1	0 1 2 4	0 450 250 200	900 200 250 450 0
0 0 1 0	0 1 3 4	0 450 300 200	950 200 300 450 0
0 1 0 0	0 2 3 4	0 450 300 250	1000 250 300 450 0
0 0 0 0	1 2 3 4	450 300 250 200	1200 200 250 300 450

De ARRAY N(1-AANTAL) staat zoals in tabel. Hierbij behoort de ARRAY X welke een verhoging is van de actuele N-rij en voorgaande N-rij. Dit getal geeft aan welk eenheid (gerangschikt is op eenvolgende grootte) aan de orde is. Dit wordt nu vertaald in de ARRAY LIJST. De ARRAY S(1-AANTAL) is ter controle ofdat de grootste eenheidvermogen al is gebruikt in de procedure ARRAY X.

0	200						
1	250						
1	300						
1	450						
0	0	200	250				
0	1	200	300				
0	1	200	450				
1	0	250	300				
0	1	250	450				
1	0	300	450				
0	0	0	200	250	300		
0	0	1	200	250	450		
0	1	0	200	300	450		
1	0	0	250	300	450		
0	0	0	0	200	250	300	450

```

543         'END';
544         'END';
545         'IF' ZA=0 'THEN' X(/R/):=1;
547         'END';
548         'FOR' T:=1 'STEP' 1 'UNTIL' R 'DO'
549         'BEGIN'
550             S(/T/):=EENHEID(/(T+X(/T/))/);
551         'END';
552         OP:=0;SORTEER;
554         'END'
555         'ELSE'
556         'BEGIN'
557             N(/O/):=0;ZP:=SP;
559         'END';
560     'END';
561     'END';
562     ZW1;RENDTURBINE;RENDPOMP;KOSTEN;OPSLAG;
567     'END';
568     'IF' ZZ=2 'THEN'
569     'BEGIN'
570         ZW2;RENDTURBINE;RENDPOMP;KOSTEN;OPSLAG;
575     'END';
576     'IF' ZZ=3 'THEN'
577     'BEGIN'
578         ZW3;RENDTURBINE;RENDPOMP;KOSTEN;OPSLAG;
583     'END';
584     'END';
585     'END';
586     'END';
587     'END';
588     'END';
589     'BEGIN'
590         PAGE(1);AFDRUKKEN;
592     'END';
593     'END';
594     'END'

```

De ARRAY LIJST(1-M,1-AANTAL) geeft als 1e getal weer het totaalvermogens met daarachter de eenheden die daarvoor gebruikt worden. Deze lijst wordt steeds bij de volgende totaalvermogen gesorteerd.

493 : op 0 stellen van ARRAY N en X, op volgorde zetten van eenhedenvermogens in ARRAY S.

502-507 : controle of de eenheden allemaal van gelijke grootte zijn. Dit om zo de berekening dan in te kunnen korten.

514-516 : startwaarde van ARRAY N.

517-524 : controle of grootste vermogen gebruikt is.

525-554 : het overstappen naar en andere draaiende basis-eenheden en/of een extra eenheid.

```

24 'PROCEDURE' AFDRUKKEN;
25 'BEGIN'
26   'INTEGER' V,W,S,VV;
27
27   'PROCEDURE' VR;
28   'BEGIN'
29     OUTSTR(1,('DPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/'));
30     OUTSTR(1,('pompopstelling'));LINE(1,1);BLANK(1,15);
31     OUTSTR(1,('FRANCIS pomp/turbine - 2 etage'));LINE(1,2);
32     OUTSTR(1,('max. (nuttig) vermogen:'));AFIX(1,4,0,TOTVERM);
33     OUTSTR(1,('M4'));LINE(1,1);
34     'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' 122 'DO' OUTSTR(1,('-'));LINE(1,1);
35     OUTSTR(1,('  VERH  FUNCTIE  AANTAL  '));
36     OUTSTR(1,('  '  'RENDEMENTEN  '));
37     OUTSTR(1,('  '  'KJSTEN'));LINE(1,2);
38     OUTSTR(1,('  (MAX-MIN)  '  'SCENARIO 1  '));
39     OUTSTR(1,('  '  'SCENARIO 2  '  'SCENARIO 3  '));
40     OUTSTR(1,('  '  '1  '  '2  '  '3'));LINE(1,1);
41     BLANK(1,26);OUTSTR(1,('TOT.  TURB  POMP  TOT.  TURB'));
42     OUTSTR(1,('  POMP  TOT.  TURB  POMP'));LINE(1,1);
43     'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' 122 'DO' OUTSTR(1,('-'));
44     LINE(1,3);
45   'END';
46
47   'PROCEDURE' VL;
48   'BEGIN'
49     LINE(1,1);'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' 122 'DO' OUTSTR(1,('-'));
50     LINE(1,1);OUTSTR(1,('bovenstaande kosten in f 1.000.000,-'));
51     LINE(1,2);'IF' U=1 'THEN'
52     'BEGIN'
53       OUTSTR(1,('n= aantal eenheden op 2e etage!'));LINE(1,1);
54     'END';
55     OUTSTR(1,('kosten dijk bovenbekken per m : f'));
56     AFIX(1,6,0,PA);OUTSTR(1,(', -'));LINE(1,1);
57     OUTSTR(1,('kosten tunnel onderbekken per m: f'));
58     AFIX(1,6,0,PO);OUTSTR(1,(', -'));LINE(1,1);
59   'END';

```

### 6.3. Gebruikte 'procedures'.

+++++

In het programma wordt gebruik gemaakt van de volgende procedures.

'PROCEDURE' VR :

Procedure VR maakt de lay-out van de kop van de uitvoertabel.

'PROCEDURE' VL :

Procedure VL maakt de lay-out van de voet van de uitvoertabel.



```

80      S:=0;VV:=0;VR;
83      'FOR' W:=1 'STEP' 1 'UNTIL' I 'DO'
84      'BEGIN'
85          VV:=VV+1;VW:=((ZH-ZF)/ZG)+2;
87          'IF' VV=VW 'THEN'
88              'BEGIN'
89                  LINE(1,1);S:=S+1;VV:=1;
92              'END';
93              AFIX(1,2,2,ENDLST(/W,1/));
94              AFIX(1,2,5,ENDLST(/W,2/));
95              AFIX(1,2,0,ENDLST(/W,3/));
96              AFIX(1,1,3,ENDLST(/W,4/));
97              AFIX(1,1,2,ENDLST(/W,5/));
98              AFIX(1,1,2,ENDLST(/W,6/));
99              AFIX(1,1,3,ENDLST(/W,7/));
100             AFIX(1,1,2,ENDLST(/W,8/));
101             AFIX(1,1,2,ENDLST(/W,9/));
102             AFIX(1,1,3,ENDLST(/W,10/));
103             AFIX(1,1,2,ENDLST(/W,11/));
104             AFIX(1,1,2,ENDLST(/W,12/));
105             'FOR' V:=(4+ZN*3) 'STEP' 1 'UNTIL' (3+4*ZN) 'DO'
106             'BEGIN'
107                 'IF' ENDLST(/W,V/)=0 'THEN'
108                     'BEGIN'
109                         OUTSTR(1,('(kan niet)');BLANK(1,2);
110                     'END'
111                 'ELSE'
112                     'BEGIN'
113                         FIX(1,5,1,ENDLST(/W,V/));
114                     'END';
115                 'END';LINE(1,1);
116             S:=S+1;
117             'IF' S=35 'THEN'
118                 'BEGIN'
119                     S:=0;VL;PAGE(1);VR;
120                 'END';
121             'END';VL;
122         'END';
123     'END';
124
125
126
127
128
129
130

```

**'PROCEDURE' AFDRUKKEN :**

Procedure afdrukken zorgt er voor dat de uitvoergegevens afgedrukt worden in de uitvoertabel.

93-104 : afdrukken van een regel in tabel v.w.b. de verhouding, functieverloop, aantal eenheden en de verschillende efficiency-getallen.

105-118 : afdrukken van de "kosten".

```

152 'PROCEDURE' SORTTEER;
153 'BEGIN'
154 'INTEGER' P,J,ST,L;ST:=1;OP:=0;
157 'FOR' L:=1 'STEP' 1 'UNTIL' R 'DO'
158 'BEGIN'
159 OP:=OP+S(/L/);
160 'END';L1:=L1+1;
162 'FOR' J:=1 'STEP' 1 'UNTIL' L1 'DO'
163 'BEGIN'
164 'IF' LIJST(/J,1/)> OP 'THEN'
165 'BEGIN'
166 'IF' ST=1 'THEN'
167 'BEGIN'
168 'FOR' L:=1 'STEP' 1 'UNTIL' (AANTAL+1) 'DO'
169 'BEGIN' LM(/L/):=LIJST(/J,L/);'END';
172 LIJST(/J,1/):=OP;
173 'FOR' L:=2 'STEP' 1 'UNTIL' (AANTAL+1) 'DO'
174 'BEGIN'
175 'IF' L>(R+1) 'THEN' LIJST (/J,L/):=0
177 'ELSE' LIJST (/J,L/):=S(/(L-1)/);
179 'END';ST:=2;
181 'END'
182 'ELSE'
183 'BEGIN'
184 'FOR' L:=1 'STEP' 1 'UNTIL' (AANTAL+1) 'DO'
185 'BEGIN'
186 LP(/L/):=LM(/L/);LM(/L/):=LIJST(/J,L/);
188 LIJST(/J,L/):=LP(/L/);
189 'END';
190 'END';
191 'END';
192 'IF' LIJST (/J,1/)=0 'THEN'
193 'BEGIN'
194 'IF' J=1 'THEN'
195 'BEGIN'
196 LIJST(/1,1/):=OP;

```

**'PROCEDURE' SORTTEER :**

Procedure SORTTEER sorteert de totale eenhedenvermogens van de mogelijke combinaties van de alternatieven. In deze procedure wordt de totaallijst van de vermogenstotalen van de draaiende vermogens (zie blok 480 t/m 561) bijgewerkt tot een lijst met opeenvolgende of gelijke totaalvermogens. Zie bijvoorbeeld uitvoer volgende bladzijde in tabel.

```

197      'FOR' L:=2 'STEP' 1 'UNTIL' (AANTAL+1) 'DO'
198      'BEGIN'
199          'IF' L>(R+1) 'THEN' LIJST(/J,L/):=0
201          'ELSE' LIJST(/J,L/):=S(/(L-1)/);
203      'END';J:=L1;
205  'END'
206  'ELSE'
207  'BEGIN'
208      'IF' ST=1 'THEN'
209      'BEGIN'
210          LIJST(/J,1/):=OP;
211          'FOR' L:=2 'STEP' 1 'UNTIL' (AANTAL +1) 'DO'
212          'BEGIN'
213              'IF' L>(R+1) 'THEN' LIJST(/J,L/):=0
215              'ELSE' LIJST(/J,L/):=S(/(L-1)/);
217          'END';J:=L1;
219      'END'
220  'ELSE'
221  'BEGIN'
222      'FOR' L:=1 'STEP' 1 'UNTIL' (AANTAL+1) 'DO'
223      'BEGIN' LIJST(/J,L/):=LM(/L/); 'END';J:=L1;
227  'END';
228  'END';
229  'END';
230  'END';
231  'END';

```

Tabel.

VERMOGEN	INGESCHAKELDE EENHEDEN			
200.0	200.0	.0	.0	.0
250.0	250.0	.0	.0	.0
300.0	300.0	.0	.0	.0
450.0	450.0	.0	.0	.0
450.0	200.0	250.0	.0	.0
500.0	200.0	300.0	.0	.0
550.0	250.0	300.0	.0	.0
650.0	200.0	450.0	.0	.0
700.0	250.0	450.0	.0	.0
750.0	300.0	450.0	.0	.0
750.0	200.0	250.0	300.0	.0
900.0	200.0	250.0	450.0	.0
950.0	200.0	300.0	450.0	.0
1000.0	250.0	300.0	450.0	.0
1200.0	200.0	250.0	300.0	450.0

```

232      'PROCEDURE' ZW1;
233      'BEGIN'
234          'INTEGER' S1,Q;
235          RIJ(/1/):=LIJST(/1,1/);
236          S1:=1;LIJST(/M,1/):=TOTVERM;
238          'FOR' Q:=2 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
239              'BEGIN'
240                  'IF' LIJST(/Q,1/)=0 'THEN'
241                      'BEGIN'
242                          RIJ(/(Q-S1)/):=TOTVERM;
243                          S1:=S1+(M-Q);Q:=M;
245                      'END'
246                  'ELSE'
247                      'BEGIN'
248                          'IF' LIJST(/Q,1/)= RIJ(/(Q-S1)/) 'THEN'
249                              'BEGIN'
250                                  S1:=S1+1;
251                              'END'
252                          'ELSE'
253                              'BEGIN'
254                                  RIJ(/(Q+1-S1)/):=LIJST(/Q,1/);
255                              'END';
256                          'END';
257                      'END';
258                  M:=(M+1-S1);
259              'END';

```

'PROCEDURE' ZW1 :

Procedure ZW1 schrijft de ARRAY LIJST over naar de ARRAY RIJ, alleen worden de gelijke totalvermogens gereduceerd tot èèn zelfde totaalvermogen. Met deze RIJ wordt scenario 1 (maximale efficiency) uitgewerkt.

```

260      'PROCEDURE' ZW2;
261      'BEGIN'
262          'INTEGER' S1,Q,S2,ZY;
263          S1:=0;ZY:=0;
264          'FOR' J:=2 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
265              'BEGIN'
266                  S2:=RIJ(/(Q-1-S1)/)+100;
267                  'IF' RIJ(/Q/) <= S2 'THEN'
268                      'BEGIN'
269                          'IF' RIJ(/Q/) < 1.2*RIJ(/(Q-1-S1)/) 'THEN'
270                              'BEGIN'
271                                  'IF' RIJ(/Q/) < TOTVERM 'THEN'
272                                      'BEGIN'
273                                          S1:=S1+1;
274                                          ZY:=1;
275                                          'END';
276                                  'END';
277                              'END';
278                          'END';
279                          'IF' ZY=1 'THEN' ZY:=0
280                          'ELSE'
281                              'BEGIN'
282                                  RIJ(/(Q-S1)/):=RIJ(/Q/);
283                              'END';
284                          'END';
285                      'END';
286                      M:=(M-S1);
287                  'END';

```

**PROCEDURE ZW2:**

Procedure ZW2 schrijft ARRAY RIJ (van ZW1) om naar een nieuwe RIJ voor de normale bedrijfsvoering (scenario 2).

267-268 : 1e eis; controle verschil met volgende totaalvermogen kleiner dan 100 MW.

270 : 2e eis; verschil met voorgaande totaalvermogen moet > 20%.

```

288 'PROCEDURE' ZW3;
289 'BEGIN'
290 'INTEGER' S1,Q,S2,ZY;
291 S1:=0;ZY:=0;
293 'FOR' Q:=2 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
294 'BEGIN'
295 S2:=RIJ(/(Q-1-S1)/)+200;
296 'IF' RIJ(/Q/) <= S2 'THEN'
297 'BEGIN'
298 'IF' RIJ(/Q/) < 1.5*RIJ(/(Q-1-S1)/) 'THEN'
299 'BEGIN'
300 'IF' RIJ(/Q/) < TOTVERM 'THEN'
301 'BEGIN'
302 S1:=S1+1;
303 ZY:=1;
304 'END';
305 'END';
306 'END';
307 'IF' ZY=1 'THEN' ZY:=0
309 'ELSE'
310 'BEGIN'
311 RIJ(/(Q-S1)/):=RIJ(/Q/);
312 'END';
313 'END';
314 M:=(M-S1);
315 'END';

```

'PROCEDURE' ZW3 :

Procedure ZW3 schrijft ARRAY RIJ (van ZW2) om naar een nieuwe RIJ om zo de minimale efficiency te kunnen bepalen. Met deze RIJ wordt scenario 3 verder uitgewerkt.

295-296 : 1e eis; controle verschil met volgende totaalvermogen moet kleiner zijn dan 200 MW.

298 : 2e eis; verschil met voorgande vermogen moet > 50%

```

316      'PROCEDURE' WEERG;
316      'BEGIN''INTEGER' Q;
317
319      JUTSTR(1,('VERMOGEN                INGESCHAKELDE SENHEDEN'
320      LINE(1,3);
321      'FOR' ):=1 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
322      'BEGIN'
323      AFIX(1,4,1,RIJ(/Q/));LINE(1,1);
325      'END';
326      'END';

```

'PROCEDURE' WEERG :

Procedure WEERG kan ingeschakeld worden indien men een uitvoer wil hebben van ZW1, ZW2 en/of ZW3.

```

327 'PROCEDURE' RENDTURBINE;
328 'BEGIN'
329 'INTEGER' J;
330 'REAL' Y1,Y2,NA,NB,NC,ND,NZ;
331 'BEGIN'
332 RT:=0;NZ:=0;
333 'FOR' J:=1 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
334 'BEGIN'
335 'IF' J=1 'THEN'
336 'BEGIN'
337 Y1:=0.5009 +(0.82355/2)-(0.4051545/3);
338 Y2:=0.5009*0.5+((0.82355/2)*(0.5**2))-((0.4051545/3)*(0.5**3));
339 RT:=RT+(((Y1-Y2)*RIJ(/1/))/TOTVERM);
340 'END'
341 'ELSE'
342 'BEGIN'
343 NA:=RIJ(/J/);
344 NB:=RIJ(/(J-1)/);
345 NC:=NB/NA;
346 'IF' NC<0.5 'THEN'
347 'BEGIN'
348 NZ:=1;J:=M;
349 'END';
350 Y1:=0.5009 +(0.82355/2)-(0.4051545/3);
351 Y2:=0.5009*NC+((0.82355/2)*(NC**2))-((0.4051545/3)*(NC**3));
352 ND:=((Y1-Y2)/(1-NC));
353 'IF' NA=TOTVERM 'OR' NA=0 'THEN' J:=M;
354 'IF' NA=0 'THEN' ND:=0;
355 RT:=RT+(ND*((NA-NB)/TOTVERM));
356 'IF' NZ=1 'THEN' RT:=0;
357 'END';
358 'END';
359 'END';
360 'END';
361 'END';
362 'END';
363 'END';
364 'END';
365 'END';

```

'PROCEDURE' RENDTURBINE :

Procedure RENDTURBINE rekent de totaalefficiëncy uit van het turbinebedrijf voor de eenhedenvermogens-combinatie.

338-340 : Rekent totaalefficiëncy van turbinebedrijf uit van de kleinste eenheid. Dit is apart gedaan omdat in dit geval aangenomen is dat beneden de 50% van het optimale vermogen geen nuttige energie wordt afgegeven (efficiëncy is 0).

352-354 : integratiekromme van het rendementsverloop turbine.



```

366      'PROCEDURE' RENDPOMP;
367      'BEGIN'
368          'IF' RT=0 'THEN' RP:=0
370          'ELSE'
371          'BEGIN'
372              'INTEGER' J;
373              'REAL' POMP,MA,MB,MC,MD;
374              RP:=0;POMP:=0.85;'COMMENT' max. pomprendement;
376              'FOR' J:=1 'STEP' 1 'UNTIL' (M-1) 'DO'
377              'BEGIN'
378                  MA:=RIJ(/J/);
379                  MB:=RIJ(/(J+1)/);
380                  MC:=MB-MA;
381                  MD:=MA*LN(MB/MA)*(POMP/TOTVERM);
382                  'IF' MB=TOTVERM 'THEN' J:=(M-1);
384                  'IF' MB=0 'THEN'
385                  'BEGIN'
386                      J:=(M-1);MD:=0;
388                  'END';
389                  RP:=RP+MD;
390              'END';
391          'END';
392      'END';

```

'PROCEDURE' RENDPOMP :

Procedure RENDPOMP rekent de totaalefficiëncy uit van het pompbedrijf voor de verschillende vermogenscombinaties.

381 : integratie van de efficiëncykromme van de pomp.

```

393 'PROCEDURE' KOSTEN;
394 'BEGIN'
395 'INTEGER' V;
396 'REAL' BOVENRES, ONDERRES, VERLIES, PZ, PW;
397 PZ:=0;
398 TT:=RT*RP*0.98; 'COMMENT' totaal rendement;
399 'IF' TT=0 'THEN' PLUS:=0
401 'ELSE'
402 'BEGIN'
403 VERLIES:=795000000*(1-TT)*11.793;
404 BOVENRES:=((2*PI*SQRT((2783000/TT)/(PI*15)))-1527)*PA*0.7835;
405 ONDERRES:=(((1-TT)/TT)*(3339450/(H*33)))*1000*PO*0.7835;
406 TUSSENRES:=0;
407 'IF' U=1 'THEN'
408 'BEGIN'
409 'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' AANTAL 'DO'
410 'BEGIN'
411 PW:=(7.84 +0.5*0.2144*EENHEID(/V/))*1000000;
412 PZ:=PZ+PW*2;
413 'END';
414 'END';
415 'IF' U=2 'THEN'
416 'BEGIN'
417 TUSSENRES:= EENHEID(/AANTAL/)*((60*30*PO)/(9810*(H/2)));
418 'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' AANTAL 'DO'
419 'BEGIN'
420 PW:=(7.84 + 0.2144*EENHEID(/V/))*1000000;
421 PZ:=PZ + PW;
422 'END';
423 'END';
424 PLUS:=VERLIES+BOVENRES+ONDERRES+TUSSENRES+(PZ-351360000)*.7835;
425 'END';
426 'END';

```

'PROCEDURE' KOSTEN :

Procedure KOSTEN rekent de verschillende kosten uit.

398 : bepaling totaalefficiency.

403 : "verlies" t.o.v. 100% OPAC.

404 : "kosten" bovenreservoir t.o.v. 100% OPAC.

405 : "kosten" onderreservoir t.o.v. 100% OPAC.

406 : "kosten" tussenreservoir t.o.v. 100% OPAC.

407 : "kosten" pompturbines t.o.v. 100% OPAC.

408-414 : "kosten" pompturbines t.o.v. 100% OPAC (met 6 Francispompturbine van 100 MW)

424 : totaal "kosten" t.o.v. 100% OPAC.

```
427      'PROCEDURE' OPSLAG;  
428      'BEGIN'  
429          ENDLST(/I,(3+ZZ*3-2)/):=TT;  
430          ENDLST(/I,(3+ZZ*3-1)/):=RT;  
431          ENDLST(/I,(3+ZZ*3)/):=RP;  
432          ENDLST(/I,(3+ZZ+ZN*3)/):=PLUS/1000000;  
433      'END';
```

'PROCEDURE' OPSLAG :

Procedure OPSLAG zorgt er voor dat de uitvoerwaarden per scenario opgeslagen worden in de ARRAY ENDLST.

**BIJLAGE 7.**

**Structuurschemas**

HOOFDPROGRAMMA

inlezen	
bepalen totaal aantal te bekijken alternatieven	
bepalen totaal aantal uitvoergegevens per scenario	
aantal verschillende aantal eenheden	
voor ZA:= ZC (ZB) getal	
voor ZD:= functiegetal(len)	
voor ZE:=ZF (ZG) ZH	
L1:= 0; V1:= 0; MM:= 0; AANTAL:= ZE	
voor V:=1 (1) AANTAL	
V1:= V1 + 2**V	
M:= V1/2	
voor ZI:= 1 (1) M	
LIJST(ZI, 1):=0	
T	U= 1
voor ZI:=1 (1) AANTAL	
T	ZI=1
F	F
RC(1):=	RC(ZI):= 1+ZA*((ZI-1)/ (AANTAL-1))*ZD
MM:= MM + RC(ZI)	
T	U=2
voor ZI:=2 (2) AANTAL	
T	ZI=2
F	F
RC(1):=1	RC(ZI):= 1+ZA*((ZI/2)
RC(2):=1	-1)/((AANTAL/2)-1))
	RC(ZI-1):=RC(ZI) **ZD
MM:= MM +2*RC(ZI)	
STANDAARD:= TOTAALVERMOGEN/MM	
voor V:=1 (1) AANTAL	
EENHEID(V):= STANDAARD x RC(V)	
I:= I + 1	
voor ZZ:=1 (1) ZN	
T	ZZ=1
F	F
combinaties genereren, ZW1, RENDTURB, RENDPOMP, KOSTEN	
T	ZZ=2
F	F
ZW2, RENDTURB, RENDPOMP, KOSTEN	
T	ZZ=3
F	F
ZW3, RENDTURB, RENDPOMP, KOSTEN	
afdrukken	

HOOFDPROGRAMMA: combinaties genereren

voor P1:=1 (1) M	
LIJST(P1,1):= 0	
voor R:=1 (1) AANTAL	
OP:=0	
voor P:=1 (1) R	
N(P):=0; X(P):= 0; S(P):= EENHEID(P); OP:= OP+S(P)	
procedure SORTTEER	
SP:= M; II:= 0	
voor P:=1 (1) AANTAL	
T	EENHEID(P) $\neq$ EENHEID(1) F
II:= II + 1	
T	II= AANTAL F
Z1:= SP	Z1:=1
voor ZP:= Z1 (1) SP	
voor V:= 1 (1) R	
N(V):= 0	
N(R):= 1	
voor P:= R (-1) 1	
T	S(P)=EENHEID(AANTAL-(R-P)) F
N(P):= 0; N(P-1):=1	
T	N(0)=0 F
voor Z:= 1 (1) R	N(0):= 0 ZP:= SP
T	ZA=1 F
X(Z):= X(Z-1)	T N(Z)=1 F
	X(Z):=X(Z)+1
	ZA:= 1
voor T:= 1 (1) R	
S(T):= EENHEID(T+ X(T))	
OP:= 0; procedure SORTTEER	

'PROCEDURE' AFDrukKEN

S:= 0; VV:= 0;	
procedure VR (afdrukken kop van de tabel)	
voor W:= 1 (1) I	
VV:= VV + 1	
VW:= ((ZH-ZF)/ZG)+2	
T	VV= VW F
line (1)	
S:= S + 1	
VV:= 1	
afdrukken	
voor V:=(4+ZNx3) (1) (3+4xZN)	
T	ENDLST= 0 F
druk af "kan niet"	afdrukken getal
S:= S + 1	
T	S= 35 F
S:= 0	
nieuwe pagina; procedure VR	
procedur VL (afdrukken voet van de tabel)	

'PROCEDURE' SORTEER

voor L:= 1 (1) R	
OP:= OP + S(L)	
L1:= L1 + 1	
voor J:=1 (1) L1	
T <span style="float:right">LIJST(J,1) &gt; OP - F</span>	
T <span style="float:right">ST= 1</span> F	
voor L:=1 (1) AANTAL+1	voor L:=1(1)AANTAL+1
LM(L):=LIJST(J,L)	LP(L):= LM(L)
LIJST(J,1):=OP	LM(L):= LIJST(j,L)
voor L:=2 (1) AANTAL+1	LIJST(J,L):= LP(L)
T <span style="float:right">L &gt; (R+1)</span> F	
LIJST(J,L)	LIJST(J,L)
:= 0	:=S(L-1)
ST:= 2	
T <span style="float:right">LIJST(J,1)=0</span> F	
T <span style="float:right">J=1</span> F	
LIJST(1,1):= OP	T <span style="float:right">ST=1</span> F
voor L:=2 (1)AANTAL+1	LIJST(J,1) voor L=1
T <span style="float:right">L &gt; R+1</span> F	:= OP (1)AANTAL
LIJST(J,L) LIJST(J,L)	voor L:=2 LIJST(J,L)
:=0 :=S(L-1)	(1)AANTAL :=LM(L)
J:= L1	T <span style="float:right">L &gt; R+1</span> F
	LIJST LIJST J:=L1
	(J,L)(J,L)
	:=0 :=S(L-1)
	J:= L1



'PROCEDURE' ZW1

RIJ := LIJST			
S1 := 1			
LIJST(M, 1) := TOTVERM			
voor Q := 2 (1) M			
T		LIJST(Q) = 0	F
RIJ(Q-S1) := TOTVERM	T	LIJST(Q) = RIJ(Q-S1)	F
S1 := S1 + (M-Q)	S1 := S1 + 1	RIJ(Q+1-S1) := LIJST(Q)	
Q := M			
M := (M+1-S1)			

'PROCEDURE' ZW2

S1 := 0; ZY := 0			
voor Q := 2 (1) M			
S2 := RI(Q-1-S1) + 100			
T		RIJ(Q) S2	F
T	RIJ(Q) 1, 2xRIJ(Q-1-S1)	F	
T	RIJ(Q) TOTVERM	F	
S1 := S1 + 1			
ZY := 1			
T		ZY = 1	F
ZY := 0	RIJ(Q-S1) := RIJ(Q)		
M := (M-S1)			

'PROCEDURE' ZW3

S1:= 0; ZY:= 0	
voor Q:=2 (1) M.	
S2:= RIJ(Q-1-S1) + 200	
T	RIJ(Q) < S2 F
T	RIJ(Q) > 1,5xRIJ(Q-1-S1) F
T	RIJ(Q) TOTVERM F
S1:= S1 +1	
ZY:= 1	
T	ZY= 1 F
ZY:= 0	RIJ(Q-S1):= RI(Q)
M:= (M-S1)	

'PROCEDURE' OPSLAG

opslaan totaal-efficiency
opslaan turbine-efficiency
opslaan pomp-efficiency
opslaan totaalkosten

'PROCEDURE' WEERG

voor Q:= 1 (1) M
druk af RIJ(Q)

'PROCEDURE' RENDTURBINE

turbinerendement:=0	
NZ:= 0	
voor J:=1 (1) M	
T	J=1 F
Y1:=	NA:= RIJ(J)
Y2:=	NB:= RIJ(J-1)
	NC:= NB/NA
T	NC 0,5 F
NZ:= 1	Y1:=
J:= M	Y2:=
	ND:=(Y1-Y2)/(1-NC)
T	NA=TOTVERM F
J:= M	
T	NA= 0 F
RT:=RT+(NA-NB)/	
	TOTVERM
T	NZ= 1 F
RT:= 0	

'PROCEDURE' RENDPOMP

T	RT≠0		F
RP:= 0	RP:= 0		
	POMP:= 0,85		
	voor J:=1 (1) (M-1)		
	MA:= RIJ(J)		
	MB:= RIJ(J+1)		
	MC:= MB-MA		
	MD:= MAX ln(MB/MA) x (POMP/TOTVERM		
	T	MB=TOTVERM	
	J:= (M-1)		
T	MB=0		F
	J:= (M-1)		
	MD:= 0		
	RP:= RP + MD		

'PROCEDURE' KOSTEN

PZ:= 0		
TT:= RTxRPx0,98		
T	TT=0 <span style="float:right">F</span>	
PLUS:=0	VERLIES:= verlies aan baten BOVENRES:= extra kosten bovenreservoir ONDERRES:= extra kosten onderreservoir TUSSENRES:= extra kosten tussenreservoir	
	T <span style="float:right">U=1</span> <span style="float:right">F</span>	
	voor V:= 1 (1) AANTAL	
	PW:= kosten halve Francis pomp PZ:=PZ + PWx2	
	T <span style="float:right">U=2</span> <span style="float:right">F</span>	
	TUSSENRES:= extra kosten	
	voor V:= 1 (1) AANTAL	
	PW:= kosten Francis pompturbine PZ:PZ + PW	
	PLUS:=VERLIES + BOVENRES + ONDERRES + TUSSENRES + (PZ-351360000)	

**BIJLAGE 8.**

**Programma.**

COMPILER VERSION : BATCH

OPTIONS IN EFFECT: SIZE(KBYTES)= 898, IDL= 6, SEG=SEGM,  
 EBCDIC(EB), NOIDLST, LOAD(L), LONG(LP), OPT(), NOPAG,  
 SE, SOURCE(S), NST, SWAPO, TEST(T), W, NODUMP

```

0  'BEGIN'
1  'REAL' TOTVERM,ZB,ZC,ZD,ZA,STANDAARD,ZM,RT,RP,TT,VERLIES,PA,ZO;
2  'REAL' PD,PLUS,TUSSENRES,H;
3  'INTEGER' ZF,ZG,ZH,ZE,I,ZN,ZK,U,VW;
4  I:=0;
5  'BEGIN'
6  ININTEGER(0,U)      ;'COMMENT'welke opstelling: 1= francis 2 etage;
7                    ;'COMMENT' 2= francis 2 etage + tussenreservoir;
7  INREAL(0,H)        ;'COMMENT'totale vervalhoogte;
8  INREAL(0,TOTVERM);'COMMENT'inlezen totaalvermogen DPAC (nuttige);
9  INREAL(0,ZB)       ;'COMMENT'inlezen stap van de verhoudingen (> 0);
10 INREAL(0,ZC)       ;'COMMENT'inlezen (MAX.) verhouding B t.o.v. A;
11 ININTEGER(0,ZK)    ;'COMMENT'aantal bekeken functies;
12 ININTEGER(0,ZF)    ;'COMMENT'start: begin aantal eenheden;
13 ININTEGER(0,ZG)    ;'COMMENT'grootte stap aantal eenheden (>0);
14 ININTEGER(0,ZH)    ;'COMMENT'stop: einde aantal eenheden;
15 ININTEGER(0,ZN)    ;'COMMENT'aantal bekeken scenarios;
16 INREAL(0,PA)       ;'COMMENT'kosten dijk bovenbekken per m';
17 INREAL(0,PD)       ;'COMMENT'kosten tunnel onderbekken per m';
18 'END';
19 ZM:=(((ZH-ZF)/ZG)+1)*ZK*((ZC/ZB)+1);
20 ZO:=(ZN*4)+3;VW:=((ZH-ZF)/ZG);
22 'BEGIN'
23 'REAL' 'ARRAY' ENDLST(0:(ZM),0:ZO/);
24
24 'PROCEDURE' AFDrukken;
25 'BEGIN'
26   'INTEGER' V,W,S,VV;
27
27   'PROCEDURE' VR;
28   'BEGIN'
29     OUTSTR(1,('(DPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/'))');
30     OUTSTR(1,('(pompstelling'))');LINE(1,1);BLANK(1,15);
33     OUTSTR(1,('(FRANCIS pomp/turbine - 2 etage'))');LINE(1,2);
35     OUTSTR(1,('(max. (nuttig) vermogen:'))');AFIX(1,4,0,TOTVERM);
37     OUTSTR(1,('(MW'))');LINE(1,1);
39     'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' 122 'DO' OUTSTR(1,('( - ))');LINE(1,1);
42     OUTSTR(1,('( VERH  FUNCTIE  AANTAL  '))');
43     OUTSTR(1,('( RENDEMENTEN  '))');
44     OUTSTR(1,('( KOSTEN'))');LINE(1,2);
46     OUTSTR(1,('( (MAX-MIN) SCENARIO 1  '))');
47     OUTSTR(1,('( SCENARIO 2 SCENARIO 3  '))');
48     OUTSTR(1,('( 1 2 3'))');LINE(1,1);
50     BLANK(1,26);OUTSTR(1,('(TOT. TURB POMP TOT. TURB'))');
52     OUTSTR(1,('( POMP TOT. TURB POMP'))');LINE(1,1);
54     'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' 122 'DO' OUTSTR(1,('( - ))');
56     LINE(1,3);
57   'END';
58

```

```

58     'PROCEDURE' VL;
59     'BEGIN'
60     LINE(1,1); 'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' 122 'DO' OUTSTR(1, '(' '-' ')');
63     LINE(1,1); OUTSTR(1, '(' 'bovenstaande kosten in f 1.000.000,- ')');
65     LINE(1,2); 'IF' U=1 'THEN'
67     'BEGIN'
68         OUTSTR(1, '(' 'n= aantal eenheden op 2e etage!' ')'); LINE(1,1);
70     'END';
71     OUTSTR(1, '(' 'kosten dijk bovenbekken per m : f' ')');
72     AFIX(1,6,0,PA); OUTSTR(1, '(' ',' '-' ')'); LINE(1,1);
75     OUTSTR(1, '(' 'kosten tunnel onderbekken per m: f' ')');
76     AFIX(1,6,0,PO); OUTSTR(1, '(' ',' '-' ')'); LINE(1,1);
79     'END';
80     S:=0; VV:=0; VR;
83     'FOR' W:=1 'STEP' 1 'UNTIL' I 'DO'
84     'BEGIN'
85         VV:=VV+1; VW:=((ZH-ZF)/ZG)+2;
87         'IF' VV=VW 'THEN'
88         'BEGIN'
89             LINE(1,1); S:=S+1; VV:=1;
92         'END';
93         AFIX(1,2,2, ENDLST(/W,1/));
94         AFIX(1,2,5, ENDLST(/W,2/));
95         AFIX(1,2,0, ENDLST(/W,3/));
96         AFIX(1,1,3, ENDLST(/W,4/));
97         AFIX(1,1,2, ENDLST(/W,5/));
98         AFIX(1,1,2, ENDLST(/W,6/));
99         AFIX(1,1,3, ENDLST(/W,7/));
100        AFIX(1,1,2, ENDLST(/W,8/));
101        AFIX(1,1,2, ENDLST(/W,9/));
102        AFIX(1,1,3, ENDLST(/W,10/));
103        AFIX(1,1,2, ENDLST(/W,11/));
104        AFIX(1,1,2, ENDLST(/W,12/));
105        'FOR' V:=(4+ZN*3) 'STEP' 1 'UNTIL' (3+4*ZN) 'DO'
106        'BEGIN'
107            'IF' ENDLST(/W,V/)=0 'THEN'
108            'BEGIN'
109                OUTSTR(1, '(' 'kan niet' ')'); BLANK(1,2);
111            'END'
112            'ELSE'
113            'BEGIN'
114                FIX(1,5,1, ENDLST(/W,V/));
115            'END';
116        'END'; LINE(1,1);
118        S:=S+1;
119        'IF' S=35 'THEN'
120        'BEGIN'
121            S:=0; VL; PAGE(1); VR;
125        'END';
126        'END'; VL;
128    'END';

129 'COMMENT' ****;
129 'FOR' ZA:=ZC 'STEP' ZB 'UNTIL' 2 'DO'

```



```

130  'BEGIN'
131  'FOR' ZD:= 2 'DO'
132  'BEGIN'
133  'FOR' ZE:=ZF 'STEP' ZG 'UNTIL' ZH 'DO'
134  'BEGIN' 'COMMENT' max. 12 eenheden i.v.m. rekentijd;
135  'INTEGER' AANTAL,OP,SP,R,Z1,ZP,T,V,M,P1,Q,L1,V1,ZI,ZZ;
136  'REAL' MM;
137  L1:=0;V1:=0;AANTAL:=ZE;MM:=0;
141  'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' AANTAL 'DO'
142  'BEGIN'
143  V1:=V1+2**V;
144  'END';M:=V1/2;
146  'BEGIN'
147  'INTEGER' 'ARRAY' N(/0:AANTAL/),X(/0:AANTAL/);
148  'REAL' 'ARRAY' EENHEID(/0:(AANTAL+1)/),S(/0:(AANTAL+1)/);
149  'REAL' 'ARRAY' LIJST(/0:M,0:(AANTAL+1)/),RIJ(/0:M/);
150  'REAL' 'ARRAY' LM(/0:(AANTAL+1)/),LP(/0:(AANTAL+1)/);
151  'REAL' 'ARRAY' RC(/0:AANTAL/);
152
152  'PROCEDURE' SORTEER;
153  'BEGIN'
154  'INTEGER' P,J,ST,L;ST:=1;OP:=0;
155  'FOR' L:=1 'STEP' 1 'UNTIL' R 'DO'
156  'BEGIN'
157  OP:=OP+S(/L/);
158  'END';L1:=L1+1;
159  'FOR' J:=1 'STEP' 1 'UNTIL' L1 'DO'
160  'BEGIN'
161  'IF' LIJST(/J,1/)> OP 'THEN'
162  'BEGIN'
163  'IF' ST=1 'THEN'
164  'BEGIN'
165  'FOR' L:=1 'STEP' 1 'UNTIL' (AANTAL+1) 'DO'
166  'BEGIN' LM(/L/):=LIJST(/J,L/); 'END';
167  LIJST(/J,1/):=OP;
168  'FOR' L:=2 'STEP' 1 'UNTIL' (AANTAL+1) 'DO'
169  'BEGIN'
170  'IF' L>(R+1) 'THEN' LIJST (/J,L/):=0
171  'ELSE' LIJST (/J,L/):=S(/(L-1)/);
172  'END';ST:=2;
173  'END'
174  'ELSE'
175  'BEGIN'
176  'FOR' L:=1 'STEP' 1 'UNTIL' (AANTAL+1) 'DO'
177  'BEGIN'
178  LP(/L/):=LM(/L/);LM(/L/):=LIJST(/J,L/);
179  LIJST(/J,L/):=LP(/L/);
180  'END';
181  'END';
182  'END';
183  'IF' LIJST (/J,1/)=0 'THEN'
184  'BEGIN'
185  'IF' J=1 'THEN'
186  'BEGIN'
187  LIJST(/1,1/):=OP;

```

```

197     'FOR' L:=2 'STEP' 1 'UNTIL' (AANTAL+1) 'DO'
198     'BEGIN'
199         'IF' L>(R+1) 'THEN' LIJST(/J,L/):=0
201         'ELSE' LIJST(/J,L/):=S(/(L-1)/);
203     'END';J:=L1;
205     'END'
206 'ELSE'
207 'BEGIN'
208     'IF' ST=1 'THEN'
209     'BEGIN'
210         LIJST(/J,1/):=OP;
211         'FOR' L:=2 'STEP' 1 'UNTIL' (AANTAL +1) 'DO'
212         'BEGIN'
213             'IF' L>(R+1) 'THEN' LIJST(/J,L/):=0
215             'ELSE' LIJST(/J,L/):=S(/(L-1)/);
217         'END';J:=L1;
219     'END'
220 'ELSE'
221 'BEGIN'
222     'FOR' L:=1 'STEP' 1 'UNTIL' (AANTAL+1) 'DO'
223     'BEGIN' LIJST(/J,L/):=LM(/L/); 'END';J:=L1;
227 'END';
228 'END';
229 'END';
230 'END';
231 'END';
232
232 'PROCEDURE' ZW1;
233 'BEGIN'
234     'INTEGER' S1,Q;
235     RIJ(/1/):=LIJST(/1,1/);
236     S1:=1;LIJST(/M,1/):=TOTVERM;
238     'FOR' Q:=2 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
239     'BEGIN'
240         'IF' LIJST(/Q,1/)=0 'THEN'
241         'BEGIN'
242             RIJ(/(Q-S1)/):=TOTVERM;
243             S1:=S1+(M-Q);Q:=M;
245         'END'
246     'ELSE'
247     'BEGIN'
248         'IF' LIJST(/Q,1/)= RIJ(/(Q-S1)/) 'THEN'
249         'BEGIN'
250             S1:=S1+1;
251         'END'
252     'ELSE'
253     'BEGIN'
254         RIJ(/(Q+1-S1)/):=LIJST(/Q,1/);
255     'END';
256 'END';
257 'END';
258     M:=(M+1-S1);
259 'END';
260
260 'PROCEDURE' ZW2;

```

```

261     'BEGIN'
262     'INTEGER' S1,Q,S2,ZY;
263     S1:=0;ZY:=0;
264     'FOR' Q:=2 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
265     'BEGIN'
266         S2:=RIJ(/(Q-1-S1)/)+100;
267         'IF' RIJ(/Q/) <= S2 'THEN'
268         'BEGIN'
269             'IF' RIJ(/Q/) < 1.2*RIJ(/(Q-1-S1)/) 'THEN'
270             'BEGIN'
271                 'IF' RIJ(/Q/) < TOTVERM 'THEN'
272                 'BEGIN'
273                     S1:=S1+1;
274                     ZY:=1;
275                 'END';
276             'END';
277         'END';
278     'END';
279     'IF' ZY=1 'THEN' ZY:=0
280     'ELSE'
281     'BEGIN'
282         RIJ(/(Q-S1)/):=RIJ(/Q/);
283     'END';
284 'END';
285 M:=(M-S1);
286 'END';
287
288 'PROCEDURE' ZW3;
289 'BEGIN'
290     'INTEGER' S1,Q,S2,ZY;
291     S1:=0;ZY:=0;
292     'FOR' Q:=2 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
293     'BEGIN'
294         S2:=RIJ(/(Q-1-S1)/)+200;
295         'IF' RIJ(/Q/) <= S2 'THEN'
296         'BEGIN'
297             'IF' RIJ(/Q/) < 1.5*RIJ(/(Q-1-S1)/) 'THEN'
298             'BEGIN'
299                 'IF' RIJ(/Q/) < TOTVERM 'THEN'
300                 'BEGIN'
301                     S1:=S1+1;
302                     ZY:=1;
303                 'END';
304             'END';
305         'END';
306     'END';
307     'IF' ZY=1 'THEN' ZY:=0
308     'ELSE'
309     'BEGIN'
310         RIJ(/(Q-S1)/):=RIJ(/Q/);
311     'END';
312 'END';
313 M:=(M-S1);
314 'END';
315
316 'PROCEDURE' WEERG;
317 'BEGIN' 'INTEGER' Q;

```

```

319         OUTSTR(1, ('VERMOGEN                               INGESCHAKELDE EENHEDEN')));
320         LINE(1,3);
321         'FOR' Q:=1 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
322         'BEGIN'
323             AFIX(1,4,1,RIJ(/Q/));LINE(1,1);
324         'END';
325     'END';
326 'END';
327
328 'PROCEDURE' RENDTURBINE;
329 'BEGIN'
330     'INTEGER' J;
331     'REAL' Y1,Y2,NA,NB,NC,ND,NZ;
332     'BEGIN'
333         RT:=0;NZ:=0;
334         'FOR' J:=1 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
335         'BEGIN'
336             'IF' J=1 'THEN'
337             'BEGIN'
338                 Y1:=0.5009 +(0.82355/2)-(0.4051545/3);
339                 Y2:=0.5009*0.5+((0.82355/2)*(0.5**2))-((0.4051545/3)*(0.5**3));
340                 RT:=RT+(((Y1-Y2)*RIJ(/1/))/TOTVERM);
341             'END'
342             'ELSE'
343             'BEGIN'
344                 NA:=RIJ(/J/);
345                 NB:=RIJ(/(J-1)/);
346                 NC:=NB/NA;
347                 'IF' NC<0.5 'THEN'
348                 'BEGIN'
349                     NZ:=1;J:=M;
350                 'END';
351                 Y1:=0.5009 +(0.82355/2)-(0.4051545/3);
352                 Y2:=0.5009*NC+((0.82355/2)*(NC**2))-((0.4051545/3)*(NC**3));
353                 ND:=((Y1-Y2)/(1-NC));
354                 'IF' NA=TOTVERM 'OR' NA=0 'THEN' J:=M;
355                 'IF' NA=0 'THEN' ND:=0;
356                 RT:=RT+(ND*((NA-NB)/TOTVERM));
357                 'IF' NZ=1 'THEN' RT:=0;
358             'END';
359         'END';
360     'END';
361 'END';
362
363 'PROCEDURE' RENDPOMP;
364 'BEGIN'
365     'IF' RT=0 'THEN' RP:=0
366     'ELSE'
367     'BEGIN'
368         'INTEGER' J;
369         'REAL' POMP,MA,MB,MC,MD;
370         RP:=0;POMP:=0.85;'COMMENT' max. pomprendement;
371         'FOR' J:=1 'STEP' 1 'UNTIL' (M-1) 'DO'
372         'BEGIN'
373             MA:=RIJ(/J/);
374             MB:=RIJ(/(J+1)/);

```

```

380         MC:=MB-MA;
381         MD:=MA*LN(MB/MA)*(POMP/TOTVERM);
382         'IF' MB=TOTVERM 'THEN' J:=(M-1);
383         'IF' MB=0 'THEN'
384         'BEGIN'
385             J:=(M-1);MD:=0;
386         'END';
387         RP:=RP+MD;
388     'END';
389 'END';
390 'END';
391 'END';
392 'END';
393 'PROCEDURE' KOSTEN;
394 'BEGIN'
395     'INTEGER' V;
396     'REAL' BOVENRES, ONDERRES, VERLIES, PZ, PW;
397     PZ:=0;
398     TT:=RT*RP*0.98; 'COMMENT' totaal rendement;
399     'IF' TT=0 'THEN' PLUS:=0
400 'ELSE'
401     'BEGIN'
402     VERLIES:=795000000*(1-TT)*11.793;
403     BOVENRES:=(((2*PI*SQR((2783000/TT)/(PI*15)))-1527)*PA*0.7835;
404     ONDERRES:=(((1-TT)/TT)*(3339450/(H*33)))*1000*PD*0.7835;
405     TUSSENRES:=0;
406     'IF' U=1 'THEN'
407     'BEGIN'
408     'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' AANTAL 'DO'
409     'BEGIN'
410         PW:=(7.84 +0.5*0.2144*EENHEID(/V/))*1000000;
411         PZ:=PZ+PW*2;
412     'END';
413     'END';
414     'IF' U=2 'THEN'
415     'BEGIN'
416     TUSSENRES:= EENHEID(/AANTAL/)*((60*30*PD)/(9810*(H/2)));
417     'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' AANTAL 'DO'
418     'BEGIN'
419         PW:=(7.84 + 0.2144*EENHEID(/V/))*1000000;
420         PZ:=PZ + PW;
421     'END';
422     'END';
423     'END';
424     PLUS:=VERLIES+BOVENRES+ONDERRES+TUSSENRES+(PZ-351360000)*.7835;
425     'END';
426 'END';
427 'PROCEDURE' OPSLAG;
428 'BEGIN'
429     ENDLST(/I,(3+ZZ*3-2)/):=TT;
430     ENDLST(/I,(3+ZZ*3-1)/):=RT;
431     ENDLST(/I,(3+ZZ*3)/):=RP;
432     ENDLST(/I,(3+ZZ+ZN*3)/):=PLUS/1000000;
433 'END';
434 'COMMENT' *****;

```

```

434     'FOR' ZI:=1 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
435     'BEGIN'
436     LIJST(/ZI,1/):=0;
437     'END';
438     'IF' U=1 'THEN'
439     'BEGIN'
440     'FOR' ZI:=1 'STEP' 1 'UNTIL' AANTAL 'DO'
441     'BEGIN'
442         'IF' ZI=1 'THEN' RC(/1/):=1
443         'ELSE'
444         'BEGIN'
445             RC(/ZI/):=1+ZA*((ZI-1)/(AANTAL-1))*ZD;
446         'END';
447     MM:=MM+RC(/ZI/);
448     'END';
449     'END';
450     'END';
451     'IF' U=2 'THEN'
452     'BEGIN' 'COMMENT' francis 2 etage + tussenreservoir;
453     'FOR' ZI:=2 'STEP' 2 'UNTIL' AANTAL 'DO'
454     'BEGIN'
455         'IF' ZI=2 'THEN'
456         'BEGIN'
457             RC(/1/):=1;RC(/2/):=1;
458         'END'
459         'ELSE'
460         'BEGIN'
461             RC(/ZI/):=1+ZA*((ZI/2)-1)/((AANTAL/2)-1))*ZD;
462             RC(/(ZI-1)/):=RC(/ZI/);
463         'END';
464     MM:=MM+2*RC(/ZI/);
465     'END';
466     'END';
467     'END';
468     STANDAARD:=TOTVERM/MM;
469     'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' AANTAL 'DO'
470     'BEGIN'
471     EENHEID(/V/):=STANDAARD*RC(/V/);
472     'END';
473     I:=I+1;
474     ENDLST(/I,1/):=ZA;
475     ENDLST(/I,2/):=ZD;
476     ENDLST(/I,3/):=ZE;
477     'FOR' ZZ:=1 'STEP' 1 'UNTIL' ZN 'DO'
478     'BEGIN'
479     'IF' ZZ=1 'THEN'
480     'BEGIN'
481     OP:=0;N(/0/):=0;
482     'FOR' P1:=1 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO'
483     'BEGIN' LIJST(/P1,1/):=0;'END';
484     'FOR' R:=1 'STEP' 1 'UNTIL' AANTAL 'DO'
485     'BEGIN'
486     'INTEGER' P,II;OP:=0;
487     'FOR' P:=1 'STEP' 1 'UNTIL' R 'DO'
488     'BEGIN'
489     N(/P/):=0;X(/P/):=0;S(/P/):= EENHEID(/P/);OP:=OP+S(/P/);
490     'END';
491     'END';
492     'END';
493     'END';
494     'END';

```

```

498     LINE(1,1);SORTEER;
500     SP:= M;
501     II:=0;
502     'FOR' P:=1 'STEP' 1 'UNTIL' AANTAL 'DO'
503     'BEGIN'
504         'IF' EENHEID(/P/)=EENHEID(/1/) 'THEN' II:=II+1;
506     'END';
507     'IF' II=AANTAL 'THEN' Z1:=SP 'ELSE' Z1:=1;
511     'FOR' ZP:=Z1 'STEP' 1 'UNTIL' SP 'DO'
512     'BEGIN' 'INTEGER' P,W,WW;
514         'FOR' V:=1 'STEP' 1 'UNTIL' R 'DO' N(/V/):=0;
516         N(/R/):=1;
517         'FOR' P:=R 'STEP' -1 'UNTIL' 1 'DO'
518         'BEGIN'
519             'IF' S(/P/)= EENHEID (/ (AANTAL-(R-P)) /) 'THEN'
520             'BEGIN'
521                 N(/P/):=0;N(/(P-1)/):=1;
523             'END';
524         'END';
525     'IF' N(/0/)=0 'THEN'
526     'BEGIN'
527         'BEGIN'
528             'INTEGER' ZA,T,Z;ZA:=0;
530             'FOR' Z:=1 'STEP' 1 'UNTIL' R 'DO'
531             'BEGIN'
532                 'IF' ZA=1 'THEN'
533                 'BEGIN'
534                     X(/Z/):=X(/(Z-1)/);
535                 'END'
536             'ELSE'
537             'BEGIN'
538                 'IF' N(/Z/)=1 'THEN'
539                 'BEGIN'
540                     X(/Z/):=X(/Z/)+1;ZA:=1;
542                 'END';
543             'END';
544         'END';
545         'IF' ZA=0 'THEN' X(/R/):=1;
547     'END';
548     'FOR' T:=1 'STEP' 1 'UNTIL' R 'DO'
549     'BEGIN'
550         S(/T/):=EENHEID(/(T+X(/T/))/);
551     'END';
552     OP:=0;SORTEER;
554     'END'
555     'ELSE'
556     'BEGIN'
557         N(/0/):=0;ZP:=SP;
559     'END';
560 'END';
561 'END';
562 ZW1;RENDTURBINE;RENDPOMP;KOSTEN;OPSLAG;
563 'END';
564 'IF' ZZ=2 'THEN'
565 'BEGIN'

```

```

570         ZW2;RENDTURBINE;RENDPOMP;KOSTEN;OPSLAG;
575         'END';
576         'IF' ZZ=3 'THEN'
577         'BEGIN'
578         ZW3;RENDTURBINE;RENDPOMP;KOSTEN;OPSLAG;
583         'END';
584         'END';
585     'END';
586 'END';
587 'END';
588 'END';
589 'BEGIN'
590     PAGE(1);AFDRUKKEN;
592 'END';
593 'END';
594 'END'

```

ERRORS FOUND



**BIJLAGE 9.**

**Uitvoer.**

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompopstelling  
 FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermogen: 1200 MW

VERH	FUNCTIE	AANTAL	SCENARIO 1			SCENARIO 2			SCENARIO 3			KOSTEN		
			TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	1	2	3
10.00	2.00000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	kan niet	kan niet	kan niet	
10.00	2.00000	6	.693	.90	.79	.653	.90	.74	.000	.00	+3675.3	+4133.4	kan niet	
10.00	2.00000	8	.720	.91	.81	.673	.90	.76	.596	.89	+3400.8	+3930.9	+4830.2	
10.00	8.00000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	kan niet	kan niet	kan niet	
10.00	8.00000	6	.632	.89	.73	.604	.88	.70	.542	.87	+4385.0	+4719.8	+5477.3	
10.00	8.00000	8	.691	.90	.79	.647	.89	.74	.577	.88	+3726.9	+4230.2	+5060.9	
8.00	2.00000	4	.624	.88	.72	.604	.88	.70	.558	.87	+4455.7	+4687.6	+5252.7	
8.00	2.00000	6	.682	.90	.78	.640	.89	.73	.000	.00	+3800.2	+4285.3	kan niet	
8.00	2.00000	8	.715	.90	.81	.666	.90	.76	.582	.89	+3449.5	+4012.4	+5002.3	
8.00	8.00000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	kan niet	kan niet	kan niet	
8.00	8.00000	6	.633	.88	.73	.601	.88	.70	.546	.87	kan niet	kan niet	kan niet	
8.00	8.00000	8	.686	.89	.78	.643	.89	.74	.576	.88	+4749.3	+4749.3	+5419.5	
6.00	2.00000	4	.616	.88	.72	.592	.88	.69	.534	.87	+4542.2	+4276.5	+5075.4	
6.00	2.00000	6	.674	.89	.77	.632	.89	.73	.572	.88	+3889.2	+4838.2	+5550.2	
6.00	2.00000	8	.707	.90	.80	.659	.90	.75	.000	.00	+3543.8	+4387.4	+5103.0	
6.00	8.00000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	kan niet	kan niet	kan niet	
6.00	8.00000	6	.618	.88	.72	.593	.87	.69	.543	.87	+4548.9	+4844.1	+5460.7	
6.00	8.00000	8	.674	.89	.77	.633	.89	.73	.563	.87	+3913.7	+4396.7	+5234.1	
4.00	2.00000	4	.592	.87	.70	.565	.86	.67	.000	.00	+4831.7	+5168.7	kan niet	
4.00	2.00000	6	.663	.89	.76	.623	.88	.72	.567	.87	+4019.1	+4487.2	+5162.2	
4.00	2.00000	8	.695	.89	.79	.648	.89	.74	.570	.88	+3680.7	+4224.0	+5155.3	
4.00	8.00000	4	.534	.85	.64	.516	.85	.62	.501	.84	+5552.3	+5781.6	+5970.7	
4.00	8.00000	6	.619	.87	.72	.592	.87	.70	.538	.86	+4536.8	+4856.1	+5526.1	
4.00	8.00000	8	.650	.88	.75	.612	.88	.71	.543	.87	+4191.5	+4648.4	+5485.1	
2.00	2.00000	4	.551	.85	.66	.523	.84	.63	.468	.83	+5340.2	+5687.9	+6420.4	
2.00	2.00000	6	.635	.87	.74	.597	.86	.70	.531	.86	+4344.5	+4792.9	+5613.7	
2.00	2.00000	8	.671	.88	.77	.628	.88	.73	.542	.87	+3954.7	+4456.7	+5504.4	

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage  
 kosten dijk bovenbekken per m : f 22000 ; -  
 kosten tunnel onderbekken per m: f 22000 ; -

JPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompopstelling  
 FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermogen: 1200 MW

VERH	FUNCTIE	AANTAL	RENDEMENTEN												KOSTEN		
			SCENARIO 1			SCENARIO 2			SCENARIO 3			POMP			POMP		
			TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	1	2	3
11.00	7.00000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	kan niet	kan niet	kan niet	
11.00	7.00000	6	.639	.89	.73	.594	.88	.69	.00	.00	.00	.00	.00	+4298.6	+4828.4	kan niet	
11.00	7.00000	8	.691	.90	.79	.651	.89	.74	.00	.00	.00	.00	.00	+3729.7	+4187.8	+4941.9	
9.00	7.00000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	kan niet	kan niet	kan niet	
9.00	7.00000	6	.647	.89	.74	.619	.88	.71	.00	.00	.00	.00	.00	+4208.8	+4536.7	+5371.6	
9.00	7.00000	8	.685	.89	.78	.638	.89	.73	.00	.00	.00	.00	.00	+3797.3	+4335.7	+5146.9	
7.00	7.00000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	kan niet	kan niet	kan niet	
7.00	7.00000	6	.645	.88	.75	.613	.88	.71	.00	.00	.00	.00	.00	+4225.2	+4605.1	+5398.5	
7.00	7.00000	8	.685	.89	.78	.637	.89	.73	.00	.00	.00	.00	.00	+3795.2	+4343.2	+5168.2	
5.00	7.00000	4	.538	.85	.64	.524	.85	.63	.00	.00	.00	.00	.00	+5502.1	+5680.5	+5967.1	
5.00	7.00000	6	.619	.88	.72	.589	.87	.69	.00	.00	.00	.00	.00	+4539.8	+4891.7	+5487.6	
5.00	7.00000	8	.674	.89	.78	.631	.88	.73	.00	.00	.00	.00	.00	+3919.5	+4421.1	+5462.8	
3.00	7.00000	4	.534	.84	.64	.510	.84	.62	.00	.00	.00	.00	.00	+5549.7	+5851.5	+6368.4	
3.00	7.00000	6	.613	.87	.72	.579	.86	.68	.00	.00	.00	.00	.00	+4604.8	+5010.2	+5656.3	
3.00	7.00000	8	.638	.88	.74	.601	.87	.70	.00	.00	.00	.00	.00	+4335.3	+4770.4	+5596.4	

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage  
 kosten dijk bovenbekken per m : f 22000 ; -  
 kosten tunnel onderbekken per m: f 22000 ; -

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompopstelling  
FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermogen: 1200 MW

VERH	FUNCTIE	AANTAL	RENDEMENTEN									KOSTEN			
			SCENARIO 1			SCENARIO 2			SCENARIO 3			1	2	3	
(MAX-MIN)	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP			
2.00	.50000	4	.000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	kan niet	kan niet	kan niet
2.00	.50000	6	.651	.88	.75	.611	.88	.71	.547	.87	.64	.4157.6	+4627.6	+5405.1	
2.00	.50000	8	.686	.89	.79	.641	.89	.74	.579	.88	.67	+3781.8	+4301.0	+5043.9	

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage!  
kosten dijk bovenbekken per m : f 22000 ; -  
kosten tunnel onderbekken per m: f 22000 ; -

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompopstelling  
FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermogen: 1200 MW

VERH	FUNCTIE	AANTAL	RENDEMENTEN									KOSTEN			
			SCENARIO 1			SCENARIO 2			SCENARIO 3			1	2	3	
(MAX-MIN)	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP			
10.00	3.00000	4	.593	.88	.69	.579	.88	.67	.000	.00	.00	.00	+4819.0	+4985.8	kan niet
10.00	3.00000	6	.693	.90	.79	.650	.89	.74	.580	.88	.67	+3677.7	+4166.4	+5001.3	
10.00	3.00000	8	.714	.90	.81	.667	.90	.76	.586	.89	.67	+3461.3	+3996.2	+4953.8	
9.00	3.00000	4	.596	.88	.69	.581	.88	.68	.000	.00	.00	+4781.4	+4970.1	kan niet	
9.00	3.00000	6	.687	.90	.78	.648	.89	.74	.580	.88	.67	+3744.3	+4191.3	+5008.5	
9.00	3.00000	8	.713	.90	.81	.665	.90	.76	.588	.89	.68	+3470.4	+4023.9	+4926.2	
8.00	3.00000	4	.598	.88	.70	.588	.88	.68	.000	.00	.00	+4757.2	+4885.1	kan niet	
8.00	3.00000	6	.681	.89	.78	.641	.89	.73	.581	.88	.67	+3817.8	+4276.4	+4992.5	
8.00	3.00000	8	.711	.90	.81	.661	.90	.75	.584	.89	.67	+3503.6	+4068.2	+4980.1	

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage!  
kosten dijk bovenbekken per m : f 22000 ; -  
kosten tunnel onderbekken per m: f 22000 ; -

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompopstelling  
 FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermogen: 1200 MW

VERH	FUNCTIE	AANTAL	RENDEMENTEN						KOSTEN									
			SCENARIO 1		SCENARIO 2		SCENARIO 3		1		2		3					
			TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	
11.00	4.00000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	kan niet	kan niet	kan niet
11.00	4.00000	6	.683	.90	.78	.642	.89	.73	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+3787.5	kan niet	kan niet
11.00	4.00000	8	.713	.90	.81	.666	.90	.76	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+3479.0	+4259.5	kan niet
10.00	4.00000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.67	+4006.3	+4962.2
10.00	4.00000	6	.679	.89	.77	.638	.89	.73	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	kan niet	kan niet	kan niet
10.00	4.00000	8	.708	.90	.80	.659	.90	.75	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+3841.4	+4316.6	kan niet
9.00	4.00000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+3535.1	+4090.5	+4914.6
9.00	4.00000	6	.671	.89	.77	.635	.89	.73	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	kan niet	kan niet	kan niet
9.00	4.00000	8	.705	.90	.80	.659	.90	.75	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+3926.4	+4351.9	kan niet
8.00	4.00000	4	.561	.87	.66	.000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+3566.8	+4087.2	+4944.2
8.00	4.00000	6	.664	.89	.76	.626	.89	.72	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+5212.6	kan niet	kan niet
8.00	4.00000	8	.702	.90	.80	.654	.89	.75	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+4014.2	+4454.3	kan niet
7.00	4.00000	4	.565	.87	.66	.000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+3600.8	+4148.8	+5187.5
7.00	4.00000	6	.662	.89	.76	.615	.88	.71	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+5165.9	kan niet	kan niet
7.00	4.00000	8	.699	.90	.80	.655	.89	.75	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+4035.4	+4579.1	+5249.7
6.00	4.00000	4	.563	.86	.66	.000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+3633.7	+4134.7	+5204.1
6.00	4.00000	6	.664	.89	.76	.619	.88	.72	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+5186.0	kan niet	kan niet
6.00	4.00000	8	.694	.89	.79	.648	.89	.74	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+4006.6	+4535.3	+5451.2
5.00	4.00000	4	.565	.86	.67	.556	.86	.66	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+3695.0	+4218.9	+5010.0
5.00	4.00000	6	.655	.88	.76	.608	.88	.71	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+5161.3	+5271.0	kan niet
5.00	4.00000	8	.687	.89	.79	.641	.89	.74	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	+4108.4	+4665.9	+5439.9
																+3772.4	+4296.6	+5046.2

sovenstaande kosten in f 1.000.000,-

is aantal eenheden op 2e etage  
 kosten dijk bovenbekken per m : f 22000 , -  
 kosten tunnel onderbekken per m : f 22000 , -

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompstelling  
FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermogen: 1200 MW

VERH	FUNCTIE	AANTAL	RENDEMENTEN									KOSTEN								
			SCENARIO 1			SCENARIO 2			SCENARIO 3			1			2			3		
			TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP
2.00	8.00000	4	.497	.83	.61	.481	.83	.59	.453	.82	.56	.6023.3	.6241.1	.56	.6624.2					
2.00	8.00000	6	.585	.86	.70	.552	.85	.66	.503	.85	.61	.4939.5	.5353.5	.61	.5979.2					
2.00	8.00000	8	.632	.87	.74	.594	.87	.70	.539	.86	.64	.4400.9	.4859.3	.64	.5537.7					
.00	2.00000	4	.386	.78	.50	.386	.78	.50	.386	.78	.50	.7597.5	.7597.5	.50	.7597.5					
.00	2.00000	6	.479	.83	.59	.479	.83	.59	.450	.82	.56	.6292.5	.6292.5	.56	.6292.5					
.00	2.00000	8	.533	.85	.64	.533	.85	.64	.496	.84	.60	.5608.6	.5608.6	.60	.6085.7					
.00	8.00000	4	.386	.78	.50	.386	.78	.50	.386	.78	.50	.7597.5	.7597.5	.50	.7597.5					
.00	8.00000	6	.479	.83	.59	.479	.83	.59	.450	.82	.56	.6292.5	.6292.5	.56	.6292.5					
.00	8.00000	8	.533	.85	.64	.533	.85	.64	.496	.84	.60	.5608.6	.5608.6	.60	.6085.7					

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage!  
kosten dijk bovenbekken per m : f 22000 ,-  
kosten tunnel onderbekken per m: f 22000 ,-

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompstelling  
FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermogen: 1200 MW

VERH	FUNCTIE	AANTAL	RENDEMENTEN									KOSTEN								
			SCENARIO 1			SCENARIO 2			SCENARIO 3			1			2			3		
			TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP
7.00	2.00000	4	.621	.88	.72	.601	.88	.70	.541	.87	.64	.4483.2	.4728.7	.64	.5466.2					
7.00	2.00000	6	.680	.89	.78	.638	.89	.73	.600	.87	.68	.3821.6	.4317.3	.68	kan niet					
7.00	2.00000	8	.711	.90	.80	.662	.90	.75	.592	.89	.68	.3501.7	.4054.8	.68	.4879.5					
5.00	2.00000	4	.606	.87	.71	.584	.87	.68	.532	.86	.63	.4667.9	.4929.4	.63	.5572.4					
5.00	2.00000	6	.669	.89	.77	.629	.89	.73	.564	.88	.66	.3946.8	.4414.8	.66	.5194.3					
5.00	2.00000	8	.702	.90	.80	.656	.90	.75	.580	.88	.67	.3594.6	.4128.9	.67	.5034.3					

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage!  
kosten dijk bovenbekken per m : f 22000 ,-  
kosten tunnel onderbekken per m: f 22000 ,-

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompopstelling  
 FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermogen: 1200 MW

VERM	FUNCTIE	AANTAL	RENDEMENTEN						KOSTEN						
			SCENARIO 1		SCENARIO 2		SCENARIO 3		1		2		3		
			TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	
1.00	.03125	4	.513	.84	.62	.509	.84	.62	.467	.83	.57	.5817.7	.57	.5970.6	.6428.2
1.00	.03125	6	.589	.97	.69	.583	.97	.69	.540	.86	.64	+4891.6	.64	+4963.7	+5494.2
1.00	.03125	8	.630	.88	.73	.601	.88	.70	.546	.87	.64	+4425.8	.64	+4772.0	+5448.0
1.00	.25000	4	.533	.84	.65	.508	.84	.62	.464	.83	.57	+5564.2	.57	+5886.9	+6474.4
1.00	.25000	6	.619	.87	.73	.582	.87	.69	.537	.86	.64	+4541.1	.64	+4982.8	+5531.6
1.00	.25000	8	.663	.88	.77	.620	.88	.72	.554	.87	.65	+4042.7	.65	+4345.6	+5345.7
1.00	4.00000	4	.483	.92	.60	.460	.92	.58	.000	.00	.00	+6212.0	.00	+6519.1	kan niet
1.00	4.00000	6	.582	.85	.70	.542	.85	.65	.470	.84	.57	+4981.2	.57	+5469.3	+6408.4
1.00	4.00000	8	.635	.87	.74	.593	.87	.70	.530	.86	.63	+4376.6	.63	+4873.8	+5645.3
1.00	32.00000	4	.440	.81	.55	.440	.91	.55	.440	.81	.55	+6809.6	.55	+6809.6	+6809.6
1.00	32.00000	6	.494	.94	.60	.493	.94	.60	.468	.83	.57	+6090.7	.57	+6111.2	+6444.5
1.00	32.00000	8	.544	.86	.65	.533	.86	.65	.510	.95	.61	+5470.1	.61	+5486.0	+5908.9
.50	.03125	4	.484	.92	.60	.481	.92	.60	.000	.00	.00	+6203.3	.00	+5239.4	kan niet
.50	.03125	6	.564	.86	.67	.539	.85	.64	.000	.00	.00	+5194.9	.00	+5315.2	kan niet
.50	.03125	8	.610	.87	.71	.591	.87	.58	.000	.00	.00	+4670.7	.00	+5019.7	kan niet
.50	.25000	4	.493	.92	.61	.476	.82	.59	.000	.00	.00	+6085.8	.00	+6309.2	kan niet
.50	.25000	6	.581	.86	.69	.534	.85	.64	.000	.00	.00	+4994.6	.00	+5378.3	kan niet
.50	.25000	8	.628	.87	.73	.585	.87	.69	.000	.00	.00	+4455.9	.00	+4971.1	kan niet
.50	4.00000	4	.476	.81	.60	.462	.81	.58	.000	.00	.00	+6311.3	.00	+6501.8	kan niet
.50	4.00000	6	.570	.85	.69	.536	.84	.65	.463	.83	.57	+5123.6	.57	+5554.5	+6507.1
.50	4.00000	8	.622	.86	.73	.579	.86	.69	.508	.85	.61	+4529.3	.61	+5045.1	+5938.7
.50	32.00000	4	.460	.81	.59	.460	.81	.59	.400	.80	.51	+6527.1	.51	+7382.4	+6533.7
.50	32.00000	6	.530	.94	.64	.516	.94	.63	.461	.83	.57	+5623.9	.57	+5802.5	+6533.7
.50	32.00000	8	.578	.86	.69	.562	.86	.67	.503	.85	.61	+5057.6	.61	+5250.0	+5995.5

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage  
 kosten dijk bovenbekken per m : f 22000 ,-  
 kosten tunnel onderbekken per m: f 22000 ,-

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pomponstelling  
FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermogen: 1200 MW

VERH	FUNCTIE	AANTAL	RENDEMENTEN						KOSTEN								
			SCENARIO 1		SCENARIO 2		SCENARIO 3		SCENARIO 1		SCENARIO 2		SCENARIO 3				
(MAX-MIN)			TOT.	TURB	PJMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP
11.50	7.00000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	.00	kan niet	kan niet	kan niet
11.50	7.00000	5	.639	.99	.73	.592	.99	.68	.000	.89	.68	.000	.00	.00	+4305.0	+4856.3	kan niet
11.50	7.00000	9	.695	.90	.79	.651	.99	.74	.586	.88	.68	.586	.88	.68	+3679.3	+4179.0	+4960.7
11.50	3.50000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	.00	kan niet	kan niet	kan niet
11.50	3.50000	6	.694	.90	.73	.649	.99	.74	.000	.89	.74	.000	.00	.00	+3662.2	+4177.6	kan niet
11.50	3.50000	8	.717	.90	.91	.668	.90	.76	.586	.89	.67	.586	.89	.67	+3425.8	+3986.4	+4959.4

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage  
kosten dijk bovenbekken per m : f 22000 ; -  
kosten tunnel onderbekken per m: f 22000 ; -

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pomponstelling  
FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermogen: 1200 MW

VERH	FUNCTIE	AANTAL	RENDEMENTEN						KOSTEN								
			SCENARIO 1		SCENARIO 2		SCENARIO 3		SCENARIO 1		SCENARIO 2		SCENARIO 3				
(MAX-MIN)			TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP
7.00	1.70000	4	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	.00	kan niet	kan niet	kan niet
7.00	1.70000	6	.680	.90	.78	.641	.89	.73	.000	.89	.73	.000	.00	.00	+3923.2	+4281.2	kan niet
7.00	1.70000	8	.714	.90	.91	.667	.90	.75	.600	.89	.69	.600	.89	.69	+3464.1	+3996.0	+6790.8
5.00	1.70000	4	.515	.98	.71	.590	.99	.69	.527	.86	.62	.527	.86	.62	+4556.0	+4862.1	+5633.0
5.00	1.70000	6	.678	.99	.77	.636	.99	.73	.000	.00	.00	.000	.00	.00	+3944.2	+4333.0	kan niet
5.00	1.70000	8	.711	.90	.91	.664	.90	.76	.585	.89	.67	.585	.89	.67	+3500.6	+4032.8	+4971.5
5.00	1.70000	4	.509	.97	.71	.595	.87	.68	.525	.86	.62	.525	.86	.62	+4525.6	+4921.8	+5630.8
5.00	1.70000	6	.672	.89	.77	.632	.89	.73	.000	.00	.00	.000	.00	.00	+3912.4	+4384.8	kan niet
5.00	1.70000	8	.703	.90	.90	.655	.89	.75	.566	.88	.66	.566	.88	.66	+3536.6	+4138.1	+5197.3

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage  
kosten dijk bovenbekken per m : f 22000 ; -  
kosten tunnel onderbekken per m: f 22000 ; -



OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompopstelling  
 FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermogen: 1200 MW

VERH		FUNCTIE		AANTAL		RENDEMENTEN						KOSTEN		
(MAX-MIN)		SCENARIO 1		SCENARIO 2		SCENARIO 3		1		2		3		
		TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	
4.00	1.00000	4	.00	.00	.000	.00	.00	.00	.00	.00	.000	.00	.00	
4.00	1.00000	6	.89	.76	.631	.89	.73	.572	.88	.67	.572	.88	.67	
4.00	1.00000	8	.90	.79	.655	.89	.75	.582	.88	.67	.582	.88	.67	
3.00	1.00000	4	.86	.67	.569	.86	.67	.530	.86	.63	.530	.86	.63	
3.00	1.00000	6	.89	.76	.624	.88	.72	.568	.87	.66	.568	.87	.66	
3.00	1.00000	8	.89	.79	.650	.89	.74	.566	.88	.66	.566	.88	.66	

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage  
 kosten dijk bovenbekken per m : f 22000 ,-  
 kosten tunnel onderbekken per m: f 22000 ,-

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompopstelling  
 FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermogen: 1200 MW

VERH		FUNCTIE		AANTAL		RENDEMENTEN						KOSTEN			
						SCENARIO 1		SCENARIO 2		SCENARIO 3					
						TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	
(MAX-MIN)															
4.00	1.50000	9	.709	.90	.80	.659	.90	.75	.578	.88	.67	+3532.5	+4105.5	+5062.1	

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage!  
 kosten dijk bovenbekken per m : f 22000 ,-  
 kosten tunnel onderbekken per m: f 22000 ,-

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompstelling;  
FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermojen: 1200 MW

VERM	FUNCTIE	AANTAL	RENDEMENTEN						KOSTEN					
			TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	1	2	3			
2.00	40000	9	.696	.90	.70	.649	.89	.74	.580	.88	.67	+3682.1	+4215.4	+5042.5
2.00	25000	9	.000	.00	.00	.000	.00	.00	.000	.00	.00	kan niet	kan niet	kan niet
2.00	70000	9	.696	.89	.79	.649	.89	.74	.570	.88	.66	+3679.2	+4224.2	+5157.2
2.00	1.50000	9	.699	.99	.79	.641	.89	.74	.560	.87	.65	+3764.8	+4315.9	+5281.4

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage!  
kosten dijk bovenbekken per m : f 22000 ; -  
kosten tunnel onderbekken per m: f 22000 ; -

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompstelling;  
FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermojen: 1200 MW

VERM	FUNCTIE	AANTAL	RENDEMENTEN						KOSTEN					
			TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	1	2	3			
5.00	3.40000	9	.705	.90	.80	.656	.89	.75	.573	.83	.66	+3575.0	+4137.6	+5127.5

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage!  
kosten dijk bovenbekken per m : f 22000 ; -  
kosten tunnel onderbekken per m: f 22000 ; -

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompopstelling  
 FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermogen: 1200 MW

VERH	FUNCTIE	AANTAL	RENDEMENTEN						KOSTEN		
			SCENARIO 1		SCENARIO 2		SCENARIO 3		1	2	3
			TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP

3.00	.70000	9	.706	.90	.90	.658	.90	.75	.594	.98	.67	+3570.8	+4110.2	+4992.7
3.00	1.50000	9	.700	.99	.90	.552	.89	.75	.570	.98	.66	+3637.1	+4184.2	+5150.5

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage!  
 kosten dijk bovenbekken per m : f 22000,-  
 kosten tunnel onderbekken per m: f 22000,-

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompopstelling  
 FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermogen: 1200 MW

VERH	FUNCTIE	AANTAL	RENDEMENTEN						KOSTEN		
			SCENARIO 1		SCENARIO 2		SCENARIO 3		1	2	3
			TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP

5.00	2.00000	5	.638	.98	.74	.607	.98	.70	.000	.00	.00	+4301.4	+4671.2	kan niet
5.00	2.00000	9	.711	.90	.91	.662	.90	.75	.578	.88	.67	+3505.1	+4064.7	+5068.7

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage!  
 kosten dijk bovenbekken per m : f 22000,-  
 kosten tunnel onderbekken per m: f 22000,-

OPAC-CENTRALE: optimale turbine/pompstelling  
 FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermogen: 120 MW

VEPM	FUNCTIE	AANTAL	RENDERINGEN						KOSTEN		
			SCENARIO 1		SCENARIO 2		SCENARIO 3		1	2	3
(MAX-MIN)			TOT.	TURB.	POMP	TOT.	TURB.	POMP	TOT.	TURB.	POMP
5.00	2.00000	4	.605	.87	.71	.534	.97	.68	.532	.86	.63
5.00	2.00000	5	.528	.88	.74	.607	.88	.70	.000	.00	.00
5.00	2.00000	6	.669	.89	.77	.639	.89	.73	.564	.88	.66
5.00	2.00000	7	.689	.89	.79	.645	.89	.74	.589	.88	.68
5.00	2.00000	8	.702	.90	.80	.655	.89	.75	.580	.93	.67
5.00	2.00000	9	.711	.90	.81	.662	.90	.75	.578	.88	.67

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n = aantal eenheden op 2e etage!  
 kosten dijk bovenbekken per m : f 22000,-  
 kosten tunnel onderbekken per m: f 22000,-

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompopstelling  
FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttij) vermojen: 1200 MW

VERM	FUNCTIE	AANTAL	RENDEMENTEN												KOSTEN		
			SCENARIO 1			SCENARIO 2			SCENARIO 3			1	2	3			
			TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP						
5.00	2.00000	4	.606	.87	.71	.584	.87	.68	.532	.86	.63	.63	+4363.0	+4631.8	+5295.1		
5.00	2.00000	5	.638	.88	.74	.607	.88	.70	.000	.00	.00	.00	+3987.1	+4366.1	kan niet		
5.00	2.00000	6	.669	.89	.77	.629	.89	.73	.564	.88	.66	.66	+3624.3	+4102.9	+4903.9		
5.00	2.00000	7	.689	.89	.79	.645	.89	.74	.589	.88	.68	.68	+3413.9	+3925.7	+4602.5		
5.00	2.00000	8	.702	.90	.80	.656	.89	.75	.580	.88	.67	.67	+3264.6	+3809.9	+4738.2		
5.00	2.00000	9	.711	.90	.81	.662	.90	.75	.578	.98	.67	.67	+3173.3	+3744.0	+4773.4		

bovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage  
kosten dijk bovenbekken per m : f 12000,-  
kosten tunnel onderbekken per m : f 16000,-

OPAC-CENTRALE: optimalisatie turbine/pompopstelling  
 FRANCIS pomp/turbine - 2 etage

max. (nuttig) vermojen: 1200 MW

(MAX-MIN)	VERM	FUNCTIE	AANTAL	RENDEMENTEN						KOSTEN				
				SCENARIO 1		SCENARIO 2		SCENARIO 3		TOT.	1	2	3	
				TOT.	TURB	POMP	TOT.	TURB	POMP					TOT.
.00	2.000000	4	.386	.78	.50	.386	.79	.50	.386	.78	.50	.7417.3	+7417.3	+7417.3
.00	2.000000	5	.440	.81	.55	.440	.81	.55	.440	.81	.55	+6597.0	+6597.0	+6597.0
.00	2.000000	6	.479	.83	.59	.479	.83	.59	.450	.82	.56	+6042.3	+6042.3	+6450.1
.00	2.000000	7	.510	.84	.62	.510	.84	.62	.468	.83	.57	+5634.3	+5634.3	+6212.7
.00	2.000000	8	.533	.85	.64	.533	.85	.64	.496	.84	.60	+5330.9	+5330.9	+5825.8
.00	2.000000	9	.553	.86	.66	.553	.86	.66	.510	.85	.61	+5084.2	+5084.2	+5654.1
.00	2.000000	10	.569	.86	.67	.569	.86	.67	.530	.86	.63	+4891.5	+4891.5	+5398.2

dovenstaande kosten in f 1.000.000,-

n= aantal eenheden op 2e etage!  
 kosten dijk bovenbekken per m : f 12000,-  
 kosten tunnel onderbekken per m: f 16000,-

