

Elektrothermie; verleden, heden en toekomst

Pietermaat, F.P.

Gepubliceerd: 01/01/1969

Document Version

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the author's version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Pietermaat, F. P. (1969). Elektrothermie; verleden, heden en toekomst. Eindhoven: Technische Hogeschool Eindhoven.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

ELEKTROTHERMIE

VERLEDEN, HEDEN EN TOEKOMST

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING

VAN HET AMBT VAN

BIJZONDER HOGLERAAR

IN DE ELEKTROTHERMIE

AAN DE

TECHNISCHE HOGESCHOOL

TE EINDHOVEN OP

VRIJDAG 28 FEBRUARI 1969

DOOR

IR. F. P. PIETERMAAT

*Mijne Heren curatoren,
Mijne Heren hoogleraren en lectoren,
Dames en heren leden van de wetenschappelijke,
de technische en de administratieve staf,
Dames en heren studenten,
en verder gij allen, die ons
met Uw aanwezigheid vereert.*

Zeer gewaardeerde toehoorders,

De mens heeft te allen tijde behoefte aan warmte gehad. Aanvankelijk alleen om zich zelf te verwarmen, maar geleidelijk ook voor andere doeleinden: bereiden van voedsel, smelten of gloeiend maken van metalen enz. Als warmtebron beschikten Adam en Eva alleen over de zon. Men schat dat de gemiddelde energie, die van de zon de aarde bereikt, overeenstemt met ongeveer 0,5 kcal per cm² en per dag. Deze energiedichtheid is echter te gering om de temperaturen te verwezenlijken die gewenst zijn. Bovendien verdwijnt deze warmtebron gedurende de nacht. De eerste mens waarover wij iets weten, de homo sapiens, kende echter reeds het vuur als warmtebron. Aangezien de bliksem de bossen deed branden, heeft deze mens waarschijnlijk de mogelijkheid ingezien om een houtvuur voor verwarming alsook voor verlichting aan te wenden. Het bewijs hiervan zijn de muurschilderingen die in de altijd donkere Altamira-grotten te bewonderen zijn. Om het houtvuur te ontsteken gebruikten de eerste mensen twee stenen – vuurstenen – die tegen elkaar geslagen werden. Het hout bleef eeuwen lang de enige brandstof, tot de steenkool de voor naamste rol ging spelen.

Reeds in de Oudheid kende men de steenkool. De Grieken noemden haar „lithantrax”, benaming welke samenhangt met onze „antraciet”. De Romeinen noemden steenkool „carbon fossilis”. Theophrastus, een leerling van Aristoteles, gaf in de 4e eeuw v.C. een tamelijk nauwkeurige beschrijving van de verschillende soorten steenkool. Hij vestigde er nadrukkelijk de aandacht op dat steenkool houtskool kan vervangen. Nochtans hadden de Romeinen niet veel belangstelling voor het gebruik van steenkool, aangezien zij in zuidelijk Gallië (Provence) hun aquadukten aanlegden vlak boven de steenkool-

beddingen, die zij goed kenden. Ook de Chinezen zouden reeds zeer vroeg steenkool hebben gekend. Marco Polo schrijft dat zij deze stof onder andere gebruikten voor het branden van hun vermaard porselein, en dit reeds lang voor hij er kwam (13^o eeuw n.C.). De aandacht van onze voorvaders werd definitief op de steenkolen gevestigd toen het hout met de dag schaarser werd.

De eerste kleine kolenmijn (kolenput) werd in 1113 door de Augustijnermonniken van Klostrath met behulp van houweel en spade ontgonnen. In de buurt van Luik begon een smid met proefnemingen op steenkolen in 1198. De ontginning van het Roergebied begon in de 14e eeuw, die van het Saargebied in 1429. Het „steenkolen-tijdperk” begint echter in de 18e eeuw, juist nadat de vergassing van de steenkolen werd uitgevonden, en de ijzerindustrie als voornaamste verbruiker, vooral van cokes, op de voorgrond trad.

Ook aardolie is, zoals steenkolen, een sedert lange tijd gekende brandstof. De oudste toepassingen van aardolie en haar verwante produkten vindt men namelijk reeds rond 3500 v.C. in Mesopotamië (Irak), waar asfaltlagen in metselwerk toegepast werden. Ten tijde van het Romeinse Rijk werden door de schrijvers (Strabo, Plinius) vindplaatsen beschreven van aardolie. Na de val van het Romeinse Rijk werden in Centraal- en West-Europa nieuwe sijnplaatsen ontdekt. De exploitatie op grotere schaal van deze bronnen dateert van de 15-e eeuw (de oliefontein van Gabian, geëxploiteerd door de monniken van Casan), maar is vanzelfsprekend miniem ten opzichte van de huidige, nog steeds stijgende aardolieproduktie.

Als laatste primaire brandstof moeten wij nog spreken over het gas. Toen de steenkolen niet alleen meer dienden om te verbranden maar ook als grondstof voor talrijke scheikundige produkten, ontdekte men dat het gas, dat uit de oorspronkelijke steenkolen onttrokken werd, ook een zeer goede brandstof was. Een soortgelijk gas had men reeds veel vroeger in de natuur ontdekt en dat noemde men aardgas. Plinius vermeldt reeds een ontploffing van aardgas die in het jaar 91 V.C. plaats had in de omgeving van Modeno in N.-Italië. De industriële aanwending van aardgas is het laatste tiental jaren in Europa in volle evolutie. Door de ontdekking van verschillende zeer belangrijke aardgasvelden, en wel op de eerste plaats het veld van Slochteren, wordt het stadsgas, verkregen door distillatie van steenkolen, volledig verdrongen door het aardgas. Het steeds toenemend verbruik van aardgas, samen met een blijvende stijging van het verbruik van aardolie, hebben als gevolg dat de steenkolen meer en

meer als primaire brandstof van de energiemarkt verdrongen worden.

Na het steenkolen-tijdperk zijn wij nu in het tijdperk van de aardolie en het aardgas getreden. Hoe lang zal dit tijdperk duren? Een juist antwoord hierop kan niet gegeven worden. Vermelden wij alleen dat volgens zeer recente schattingen ¹⁾ de aardoliereserves in de wereld overeenstemmen met 40 maal het huidige jaarlijkse verbruik. De bewezen aardgasreserves belopen 30.000 miljard m³ en de waarschijnlijke reserves 116.000 miljard m³. Maar zowel voor aardolie als voor aardgas zullen deze cijfers, door het bekend worden van nieuwe vindplaatsen, ongetwijfeld opnieuw aangepast moeten worden.

Alhoewel wij dus niet met zekerheid kunnen aangeven gedurende welke tijdspanne aardolie en aardgas industrieel op grote schaal aangewend kunnen worden, is het wel zeker dat deze periode van beperkte duur is. Vooral als men rekening houdt met de voortdurende toename van het energieverbruik in de wereld.

De jaarlijkse stijging wordt geschat op 2½%. Gelukkig beschikt het mensdom sedert korte tijd over een nieuwe energiebron – het atoom – en zullen wij weldra het atoombijtijdperk betreden. De atoomenergie zal voornamelijk worden aangewend voor het opwekken van elektrische energie, zodat men dan ook zou kunnen spreken van het tijdperk van de elektriciteit.

Elektriciteit is een secundaire energie, daar zij verkregen wordt door het verbranden van een primaire brandstof: steenkolen, aardolie, aardgas of door de omzetting van atoomenergie. De elektrische energie is dus een veredelde vorm van energie, weshalve onmiddellijk de vraag opkomt of het economisch verantwoord is elektrische energie voor verwarmingsdoeleinden aan te wenden. Alvorens hierop te antwoorden is het echter nuttig een kort historisch overzicht te geven van de elektrothermie. Hieruit zal de grote diversiteit van de elektrothermie naar voren komen die een belangrijk argument is bij de beantwoording van de zo juist gestelde vraag.

Elektrische verwarming werd voor het eerst toegepast rond 1810 door Davy, die elektrische ovens konstrueerde en gebruikte, die gevoed werden door Volta-elementen. Enkele jaren later, in 1815, slaagde Papijs er in een ijzerdraad door elektrische verwarming te

1) "Enquête sur les ressources énergétiques" Publié en 1968 par la Conférence mondiale de l'énergie

cementeren. De eerste boogoven verscheen in 1849 evenals de weerstandoven met indirecte verwarming (Deprez). In 1866 ontdekte Werner von Siemens het elektrodynamische principe en werden de eerste dynamo's in gebruik genomen. Aanvankelijk werd deze stroom alleen aangewend in booglampen, maar later werd de temperatuur van de lichtboog (ca 3000° C) ook gebruikt voor verwarmingsdoeleinden. In 1879 slaagde Werner von Siemens er in staal te smelten in een lichtboog, en aldus werd de elektrowarmte voor het eerst in een industrieel proces aangewend. Aanvankelijk vond de lichtboogoven slechts toepassing in kleine installaties zoals de laboratoriumoven, en bij het smelten en legeren van kleine stukken. Het smelten van staal op industriële schaal gebeurde in die tijd vooral in de Siemens-Martin gassmeltoven, waarin staal bereid wordt uit ruw ijzer en schroot. De lichtboogoven werd voor het eerst in 1894 industrieel aangewend, niet voor het smelten van staal, maar voor het bereiden van calciumcarbide uit kalk en kolen. Kort na de eeuwwisseling begon de verwerkende industrie zwaardere eisen te stellen aan de staalkwaliteiten. Daarom werd het staal veredeld met mangaan, chroom, nikkel, silicium, enz.. Dit gebeurde elektrothermisch, en in de meeste gevallen in een lichtboogoven.

Daar de lichtboog een zeer hoge temperatuur (ca 3000° C) heeft, kan ze in vele gevallen niet aangewend worden. Immers, de meeste industriële toepassingen vereisen temperaturen van maximum 1000° C. Men maakt dan gebruik van de elektrische weerstandsverwarming. Reeds in 1903 werden verwarmingsweerstanden uit siliciumcarbide (max. temp. 1400° C) aangewend.

Later werd gebruik gemaakt van chroomnikkel legeringen, molybdeen, wolfram, en zekere ijzer-chroom-aluminium legeringen, en ongeveer 10 jaar geleden werden nieuwe verwarmingselementen voor hoge temperatuur ontwikkeld uit molybdeendisilicide (1700° C). Het is ook mogelijk koolstof- en grafietweefsels te gebruiken. Deze hebben een zeer geringe warmtecapaciteit en kunnen bij inerte of reducerende atmosfeer gebruikt worden tot 3000° C. Bij gebruik van weerstandselementen gebeurt de verwarming indirect. Dit betekent dat de warmteoverdracht naar de belasting plaatsvindt door straling, en/of convektie en/of geleiding. Er is echter een ander toepassingsdomein van de weerstandsverwarming, waarbij het verwarmings-effect direct in de belasting ontwikkeld wordt. Toepassingen van de directe weerstandsverwarming zijn b.v. het uitgloeien van koper- en staal draad, het sinteren van grafiet, het smelten van glas, het versneld

harden van beton. De inductieoven op lage frekwentie dateert van het einde van de 19e eeuw (Ferranti, Kjellin). Het betreft de zogenaamde kanaaloven. Het zuiver houden van het kanaal leverde echter bij deze oven zeer grote moeilijkheden op. Dit bracht Northrup op de gedachte de lading in een kroes uit vuurvast materiaal te brengen en deze te omgeven door een met wisselstroom gevoede spoel (1917). Omdat de magnetische kring hier niet volledig door ijzer gesloten is, wordt gewerkt met een hogere frequentie ten einde toch een aanzienlijk magnetisch veld te verkrijgen.

De verwarming door inductie, met een ander doel dan het smelten van metalen, werd voor het eerst toegepast in 1922 (ontgassen van metalen elektroden door verwarming op hoge frekwentie).

De verwarming door inductie op radio-frekwentie heeft een grote verspreiding gekend gedurende de laatste wereldoorlog dankzij de ontwikkeling van aangepaste elektronische generatoren. Een andere verwarmingsmethode die een beroep doet op een elektronische generator, is de verwarming door „dielektrische hysteresis” of door „dielektrische verliezen”. De eerste toepassing dateert van 1935, namelijk de verwarming van rubber. Het is eveneens in 1935 dat men in de Amerikaanse industrie begonnen is met het gebruik van infrarode stralen op industriële schaal (Fordfabrieken) voor het drogen van vernis en email op het chassis en de wielen van auto's.

Na de laatste wereldoorlog, en vooral gedurende de laatste jaren, hebben we de ontwikkeling opgemerkt van nieuwe verwarmingsmethoden: verwarming door mikrogolven, door elektronenbombardeement, door middel van een plasmavlam en door lasers. We moeten hier anderzijds ook nieuwe oventypen vermelden, die volgens de zogenaamde „klassieke” methoden werken, zoals bijvoorbeeld de inductiekroesoven op netfrekwentie en de boogoven met afsmelt-elektrode.

Op het moment bestaan er dus een groot aantal elektrische verwarmingsmethoden, gebaseerd op principes, die dikwijls zeer sterk van elkaar verschillen. Zij kunnen op verschillende manieren ingedeeld worden.

A

Volgens de warmteoverdracht van de warmtebron naar de belasting. We onderscheiden dan:

- verwarming door geleiding (vaste stoffen, vloeistoffen en gassen in rust)
- verwarming door konvektie (vloeistoffen en gassen in beweging)
- verwarming door straling (vaste stoffen en vloeistoffen).

Meestal is echter een dergelijke strenge indeling niet mogelijk voor de elektrothermische toepassingen, omdat twee of soms drie wijzen van warmteoverdracht gelijktijdig optreden.

B

Naarmate de belasting al dan niet deel uitmaakt van de elektrische keten kan men spreken over: – directe verwarming
– indirecte verwarming.

Opnieuw kunnen we deze indeling niet steeds streng doorvoeren. Bij de Hérault-oven bv. heeft men zowel een directe als een indirecte verhitting.

C

Volgens de manier waarop de warmte wordt opgewekt.

We onderscheiden:

- de verwarming door Joule-effect
- de verwarming door dielektrische verliezen
- de verwarming door magnetische verliezen
- de verwarming door absorptie van een elektromagnetische golf (breed gezien is hier ook de verwarming door middel van elektronenbombardement begrepen).

Ook hier rijzen problemen voor een juiste klassificatie. Zo is de inductieve verwarming van ferromagnetische metalen enerzijds te danken aan magnetische verliezen (hysteresisverliezen) en anderzijds aan de Foucaultstromen, die de belasting door Joule-effekt verhitten.

Geen der drie genoemde indelingen – volgens de warmteoverdracht, de plaats waar de warmte wordt ontwikkeld, of de manier waarop de warmte wordt opgewekt – levert dus een goed afgebakende typering op. Een oplossing vinden we door de verschillende verwarmingsmethodes te kenmerken door een of meer karakteristieke frequenties. Dit laat toe elke verwarmingsmethode juist te situeren in het elektromagnetisch spectrum. Het is deze classificatiemethode die wij zelf hebben voorgesteld, maar het is niet mogelijk, in het kader van deze uiteenzetting, hier verder op in te gaan.

Komen wij nu terug op de vraag: is het economisch verantwoord elektrische energie aan te wenden voor verwarmingsdoeleinden? Indien men alleen de calorische waarde van de elektrische energie enerzijds, van de primaire brandstoffen anderzijds, beschouwt, is het antwoord op de gestelde vraag zeer eenvoudig te geven: het is economisch niet verantwoord elektrische energie in thermische energie om te zetten.

U moet namelijk niet vergeten dat het opwekken van elektrische energie in een elektrische centrale gebeurt met een slecht rendement:

1 kWh, die slechts 860 kcal oplevert, vereist gemiddeld 2500 kcal. De rechtstreekse verbranding van 1 kg standaard steenkolen daarentegen levert 7000 kcal op, die van 1 m³ aardgas 8000 kcal en van 1 l stookolie 10800 kcal. Het schijnt dus logischer te zijn de brandstof, in plaats van in de centrale, rechtstreeks bij de consument te gebruiken. Bovendien worden aldus de produktie- en de transportkosten van de elektrische energie vermeden. Maar men moet niet uit het oog verliezen dat een verbrandingsinstallatie in het algemeen een slecht thermisch rendement heeft, daar een belangrijk deel van de beschikbare caloriciën met de verbrandingsgassen verdwijnt. Het thermisch rendement van een elektrische verwarmingsinstallatie daarentegen is in vele gevallen hoog. Dit is een van de vele voordelen van de elektrische verhitting, waarmede rekening moet worden gehouden bij de keuze tussen verschillende verwarmingssystemen. Maar daarnaast zijn er nog vele andere factoren die in het voordeel van het gebruik van elektriciteit pleiten.

Zonder in details te treden kunnen namelijk o.a. de volgende voordelen van de elektrische verwarming vermeld worden:

- 1 goed thermisch rendement;
- 2 gemakkelijke en nauwkeurige temperatuursregeling;
- 3 mogelijkheid om een verwarmingseffekt te verkrijgen op de gewenste plaats in de belasting;
- 4 mogelijkheid om, zo gewenst, te kunnen werken in een speciale atmosfeer (oxyderend, reducerend of neutraal), of eventueel onder druk of in vacuüm. De atmosfeer kan onafhankelijk van de temperatuur geregeld worden;
- 5 de, in het algemeen, kleinere ingenomen ruimte;
- 6 de verbeterde werkvoorwaarden voor het bedienend personeel;
- 7 de afwezigheid van rookgassen;
- 8 vaak minder vaste kosten (rente en afschrijving).

Al deze voordelen hebben geleid tot een sterke verspreiding van de elektro-thermische toepassingen in de nijverheid, niettegenstaande de hogere energie-onkosten.

In zekere gevallen dringt de elektrische verwarming zich zonder meer op daar het gewenste effect niet op een andere wijze verkregen kan worden. Dit is b.v. het geval voor de verhitting van elektrisch niet-geleidende stoffen door dielektrische verliezen. Daarnaast zijn er procédés, waarbij in het algemeen gesproken elektrische energie niet wordt toegepast, zoals het verwarmen van grote hoeveelheden metaal, en waarbij het niet op het aanhouden van een zeer bepaalde temperatuur aankomt.

Maar in verreweg de meeste gevallen zal de elektrische energie met

andere energievormen moeten concurreren b.v. bij de thermische metaalbehandeling en bij glazuurbrand in de porcelein- en aardewerk-industrie. Een gemotiveerde rechtvaardiging van de verkozen verwarmingsmethode moet dan berusten op een zo volledig mogelijke economische balans, waarbij rekening wordt gehouden met o.a. de volgende factoren:

- 1 de afschrijvingskosten van de installatie- en kapitaalsonkosten;
- 2 de bedieningskosten, die afhangen van de mogelijkheid om de installatie te automatiseren;
- 3 de produktiesnelheid;
- 4 de kwaliteit van de afgewerkte produkten en het percentage afval;
- 5 de geringe afbrand bij smeltprocedures;
- 6 de eventuele onkosten voor latere bewerkingen;
- 7 de onderhoudskosten van de installatie.

Bovendien zal men bij de uiteindelijke keuze rekening houden met zekere indirecte voordelen van de elektrische verwarming, die niet in cijfers uitgedrukt kunnen worden en dus niet in de economische balans kunnen worden opgenomen. Deze betreffen vooral de verbeterde werkvoorwaarden voor het bedienend personeel, de soepele en gemakkelijke regeling. Volgens Herbatschek, die zich speciaal bezig heeft gehouden met het economisch aspect van de elektrische verwarming, kan de waarde van deze indirecte voordelen geschat worden op 10 à 15 % van de aankoopprijs van de verwarmingsinstallatie.

Anders gezegd, de elektrische oplossing verdient de voorkeur indien de totale uitbatingskosten niet meer dan 10 à 15 % de kosten van een ander verwarmingssysteem overtreffen.

Een ander indirect voordeel van de elektrische verwarming is de afwezigheid van verbrandingsgassen. Vooral in het zeer dicht bevolkte West-Europa is dit een faktor waarvan het belang iedere dag groter wordt. Uit het oogpunt van luchtverontreiniging zijn vanzelfsprekend alle stookolie-installaties uit den boze. Maar ik wil hier toch ook opmerken dat, alhoewel de voorstanders van het aardgas deze brandstof als proper bestempelen, dit nog niet definitief vaststaat. Dat hangt af van het antwoord op de volgende vraag. Wordt de luchtverontreiniging alleen door zwaveloxyde veroorzaakt of dragen de stikstofoxyden (NO en NO₂) hier ook toe bij? Indien deze laatste hypothese juist is, zal een grote verspreiding van het aantal aardgas-installaties in de toekomst grote problemen opleveren.

Wij willen hier geen stelling nemen, maar er alleen op wijzen dat bij de elektrische verwarming elk gevaar van luchtverontreiniging vermeden wordt. Wel zullen de verdedigers van de andere brand-

stoffen hier tegen inbrengen dat bij de elektrische verhitting het probleem verplaatst wordt, namelijk naar de elektrische centrale. In een elektrische centrale kunnen echter op veel afdoender wijze dan in de industrie de verbrandingsgassen gezuiverd worden. Bovendien zullen de verbrandingsgassen door het plaatsen van steeds hogere schoorstenen in de hogere lagen van de atmosfeer uitgestoten worden. Tenslotte, als laatste argument, kan vermeld worden dat de elektrische centrales in het algemeen op voldoende afstand van dicht bevolkte streken gebouwd worden.

De hiervoor besproken voordelen van de elektrische verwarming verklaren de belangrijke plaats die door de elektrothermie wordt ingenomen, zowel wat het aantal installaties betreft als het jaarlijks energieverbruik. Steunende op gegevens gepubliceerd door het „Comité des Statistiques” van de „Union Internationale d'Electrothermie” kunnen voor Nederland de volgende cijfers worden aangegeven. Op 1 januari 1966 waren er 25 boogovens in gebruik, tegen 22 op 1 januari 1962, waarvan 10 voor de bereiding van staal, 6 voor gietijzer, 6 voor ferro-legeringen en 3 voor calciumcarbide. Het totaal geïnstalleerd vermogen bedroeg 90.000 KVA en het jaarlijks verbruik van deze ovens werd geschat op ongeveer 316 GWh. Het aantal weerstandsovens steeg van 898 in 1962 tot 1377 in 1966 met een geïnstalleerd vermogen van 108.000 kVA en een verbruik van 236 GWh per jaar. Wat de laagfrequent- en middelfrequent inductieovens betreft, waren er op 1 januari 1966 ongeveer 200 installaties in werking. Het geïnstalleerd vermogen bedroeg 19 MVA en het verbruik ongeveer 37 GWh per jaar. Er werden geen gegevens verstrekt over de inductie-installaties op radiofrequentie. Wel werd aangegeven dat er 80 installaties voor dielektrische verhitting op het betrokken tijdstip in werking waren.

Tenslotte, en dit is van zeer groot economisch belang, werden in 1966 120 electrolyse-ovens in gebruik genomen voor de productie van aluminium. Het geïnstalleerd vermogen bedroeg 58.000 KVA met een jaarlijks verbruik van 450 GWh. Zoals U weet, is de aluminiumproductie in Nederland mogelijk geworden dank zij de „gaspot” van aanvankelijk 25 miljard m³, thans 50 miljard m³. Ik mag hierbij wel aanstippen dat deze gaspot gekomen is mede dank zij het voorstel van Professor Gelissen ¹⁾, voorzitter van de NIVEE. Het ter beschikking stellen van aardgas tegen een zeer interessante prijs aan de

1) Zakenwereld 7 april 1962.

aluminiumindustrie, heeft het mogelijk gemaakt dat, niettegenstaande het zeer belangrijk verbruik van elektrische energie (16 KWh per kg), in de fabriek van Delfzijl aluminium op economische wijze geproduceerd kan worden. Een tweede elektrothermische industrie die, dankzij de gaspot, binnenkort in werking zal treden, is de fosforfabriek te Vlissingen, terwijl zich daar ter plaatse ook binnenkort een tweede aluminiumfabriek zal vestigen. In de drie voorgaande gevallen is het ontstaan van een elektrothermisch-elektrochemisch bedrijf mogelijk geworden door het ter beschikking stellen van aardgas tegen voldoende lage prijs om aluminium en fosfor concurrerend te kunnen fabriceren. De voor de gaspot gereserveerde hoeveelheid aardgas is echter gering ten opzichte van de reeds bewezen reserves van de gasbel van Slochteren. Men kan zich daarom afvragen, of in de toekomst, om reden van de belangrijke ontdekkingen van aardgas, op de eerste plaats in Nederland maar ook in naburige landen, het mogelijk zal zijn dat de elektrothermie haar positie nog verder zal kunnen vergroten en verstevigen of dat in tegendeel het aardgas in zekere domeinen de elektrothermie zal verdringen. Om op deze vraag te kunnen antwoorden, wensen wij op de eerste plaats enkele cijfers te geven betreffende de geschatte ontwikkeling van het energieverbruik in de landen van de Euromarkt. Volgens Prof. Burchbacher voorziet men, indien de energie uitgedrukt wordt in equivalente steenkool-eenheden (SKE), in 1970 een totaal energieverbruik van $700 \cdot 10^6$ SKE (3800 SKE per inwoner); in 1975 zal het energieverbruik stijgen tot $850 \cdot 10^6$ SKE (4500 SKE per inwoner). Het energieverbruik per inwoner is in West-Europa nog relatief laag, want in 1960 reeds bedroeg het energieverbruik per inwoner in Engeland en in de Verenigde Staten van Amerika respectievelijk 4800 en 8200 SKE. West-Europa heeft dus nog een belangrijke achterstand in te lopen.

In de komende jaren zal het aandeel van de steenkolen in het totaal energieverbruik van de Euromarktlanden steeds kleiner worden. Het verbruik van vloeibare en gasvormige brandstoffen zal daarentegen steeds toenemen. Een studie van de E.G.K.S. voorziet dat de energiebehoeften van de landen van de Euromarkt in 1980 gedekt zullen worden voor:

14 à 17% door de nationale petroleum- en aardgasproductie

9 à 15% door steenkool

8 à 10% door kernenergie

8% door waterkracht en bruinkool.

Dit betekent dat, niettegenstaande de belangrijke hoeveelheden aardgas die op dit tijdstip beschikbaar zullen zijn, nog steeds 49 à 60% van de energiebehoeften gedekt moet worden door import uit landen

buiten de Euromarkt.

De hiervoor aangegeven cijfers betreffen de primaire energiebronnen. Het is echter ook van belang op te merken dat, volgens het zo juist vermelde rapport, in 1980 het energieverbruik in de Euromarkt voor 33% zal gebeuren in de vorm van elektrische energie en dat dit cijfer in het jaar 2000 zal stijgen tot 58%.

Op dat tijdstip begint ongetwijfeld het tijdperk van de elektriciteit. Ook de elektrothermie en electrochemie zullen dan een zeer grote verspreiding kennen. Wel zal de elektriciteit in de komende dertig jaar voor zekere thermische en chemische toepassingen door aardgas vervangen worden. Hierbij denken wij meer speciaal aan de warmtebehandeling van metalen in weerstandsovens. In de andere domeinen van de elektrothermie daarentegen: inductieve verhitting, lichtboogen plasmaverhitting, dielektrische verhitting, verhitting door elektronenbombardement, is er op enkele zeer speciale gevallen na, b.v. het oppervlakkig harden van machineonderdelen, geen concurrentie van de aardgasverwarming te vrezen. Men kan dus met zekerheid aannemen dat de elektrothermie in de komende 30 jaar voortdurend in belang zal blijven toenemen. Het totaal energieverbruik voor elektrothermische en elektrochemische toepassingen, dat nu 1100 GWh per jaar bedraagt, dit is ongeveer 5% van het totale elektriciteitsverbruik in Nederland in 1966, zal zeker blijven stijgen zowel in absolute waarde als percentsgewijze uitgedrukt.

Deze mening steunt onder meer op het feit dat het aardgas ook meer en meer als brandstof in elektrische centrales zal worden aangewend. Het betreft een zogenaamde uitschakelbare aardgaslevering. Het aardgasnet is er namelijk op berekend dat bij een temperatuur van -15°C nog voldoende gas voor ruimteverwarming en huishoudelijke toepassingen kan worden geleverd. Dit betekent dat bij hogere temperaturen het net een overcapaciteit heeft. Deze kan worden gebruikt voor levering aan grote afnemers onder voorwaarde dat de levering zo nodig uitgeschakeld kan worden. De Gasunie kan dit gas tegen zodanig verlaagde prijzen leveren dat het voor de centrales aantrekkelijk wordt hun ketels voor het stoken van aardgas in te richten. Verschillende centrales ontvangen reeds aardgas: Den Haag, Leiden, Zwolle, Groningen. In de toekomst zullen ook andere: Rotterdam, Utrecht, Geertruidenberg, Limburg (Maascentrale) ertoe overgaan; De Gasunie voorziet dat in 1975 op een totaal binnenlands verbruik van 25 miljard m^3 aardgas, 11,5 miljard m^3 (waarvan 20% voor de kleinere industrieën) door de gemeenten zal worden afgenomen, de groot-industrie zal 6 miljard m^3 (waarvan 4 miljard voor de chemische industrie) afnemen, terwijl 9 miljard m^3 in de elektrische centrales

verbrand zal worden.

Lettende op deze cijfers en op het snel stijgend totaal energieverbruik in de industrie, is het duidelijk dat het aardgas de verspreiding van de elektrothermie in de industrie absoluut niet in de weg staat. Integendeel, ik ben de mening toegedaan dat dankzij het aardgas de Europese landen het probleem van het steeds stijgend energieverbruik zullen kunnen oplossen en er een brug geslagen kan worden tussen het afgelopen steenkooltijdperk en het komende atoomtijdperk, dat ook het tijdperk van de elektriciteit zal zijn.

Dames en Heren,

Ik wil mijn betoog niet eindigen zonder enige woorden van erkentelijkheid uit te spreken.

In de eerste plaats betuig ik mijn eerbiedige dank aan *Hare Majesteit de Koningin*, die mijn benoeming tot bijzonder hoogleraar aan deze Hogeschool heeft willen bekrachtigen.

Mijne Heren Bestuursleden van de Stichting Nederlands Instituut voor Elektrowarmte en Elektrochemie,

Ik betuig U mijn grote erkentelijkheid voor het feit dat U mij hebt willen voordragen voor het geven van onderwijs in de elektrothermie. Met zeer veel genoegen heb ik Uw voorstel aanvaard. Niet alleen omdat de elektrothermie mijn bijzondere belangstelling heeft, maar ook omdat mijn benoeming een nauwere samenwerking tot stand kan brengen tussen de Leuvense Alma Mater en deze Technische Hogeschool. De mij gegeven opdracht onderstreept ook de zeer goede verstandhouding die er bestaat tussen de Stichting Nederlands Instituut voor Elektrowarmte en Elektrochemie en het Belgisch Comité voor Elektrowarmte en Elektrochemie.

Hooggeleerde Gelissen,

Sta mij toe een speciaal woord tot U te richten. Niet alleen omdat het initiatief tot het oprichten van de leerstoel Elektrothermie van U uitgaat, maar ook om in het kort de ontwikkeling van de internationale samenwerking op het gebied van de elektrowarmte te kunnen schetsen, een internationale samenwerking die dankzij U tot stand is gekomen.

In 1932 heeft U, *Prof. Gelissen*, als toenmalig directeur van de P.L.E.M., het elektrowarmte laboratorium te Maastricht opgericht, terwijl Dr. Beuken de leiding hiervan nam.

Later werden ook te Utrecht, door de Provinciale Utrechtse Elektriciteitsmaatschappij, en te Arnhem, door de KEMA, soortgelijke laboratoria opgericht. Tussen deze verschillende elektrowarmte laboratoria kwam in 1934 een geregelde samenwerking tot stand, toen Prof. Gelissen de Stichting Nederlands Instituut voor Elektrowarmte en Elektrochemie (NIVÉE) in het leven riep. Zeer snel werden kontakten gelegd met het buitenland en in 1936 werd, onder erevoorzitterschap van de toenmalige minister Gelissen, het eerste internationaal congres voor elektrowarmte te Scheveningen gehouden. Het aantal deelnemers bedroeg 113 uit 12 verschillende landen.

In 1947 werd een tweede internationaal congres te Scheveningen gehouden, waarvan Prof. Gelissen de organisator en voorzitter was. Het is ook aan Prof. Gelissen te danken dat er een georganiseerde internationale samenwerking in het domein van de elektrowarmte is tot stand gekomen. Na het derde internationale congres voor Elektrowarmte, dat in Parijs in 1953 onder voorzitterschap van de heer Felix plaats vond, werd namelijk de „Union Internationale d'Electrothermie" opgericht. De heer Felix werd tot voorzitter benoemd en Prof. Gelissen werd erevoorzitter in welke functie hij nog steeds actief is.

Sinds haar ontstaan heeft de U.I.E., die nu 19 leden telt, t.w. 17 Europese landen alsmede Japan en India, een grote activiteit ontwikkeld. Dit is ongetwijfeld in belangrijke mate te danken aan de stuwende kracht van Prof. Gelissen, die steeds met raad en daad het bestuur heeft bijgestaan.

Deze korte, onvolledige uiteenzetting toont duidelijk hoe zeer Prof. Gelissen sedert meer dan 30 jaar geijverd heeft voor de verspreiding van de elektrowarmte en de elektrochemie, zowel op het nationale als op het internationale vlak.

Mijne Heren Curatoren van de bijzondere leerstoel voor Elektrothermie,

Het doet mij zeer veel genoegen, dat ik mijn onderwijstaak aan deze Hogeschool onder Uw toezicht en met Uw steun zal mogen vervullen. Mijn dank gaat vooral uit naar collega Hoogland voor de wijze waarop hij mij in deze beginfase behulpzaam is geweest.

Dames en Heren Studenten,

Zoals ik in het begin van deze uiteenzetting heb aangeduid, heeft de mens, sinds de schepping, steeds behoefte gehad aan warmte, in den beginne uitsluitend voor zijn gewoon dagelijks leven, maar weldra ook voor meer verwijderde doeleinden. De elektrothermie is, door haar grote verscheidenheid, zeer dikwijls de aangewezen oplossing voor de meest gevarieerde warmteproblemen. Het college Elektrothermie, keuzevak voor de afdelingen Scheikundige Technologie, Elektrotechniek en Natuurkunde, heeft daarom vooral tot doel de verschillende facetten van de elektrothermie aan te tonen. Deze taak zal ik trachten zo goed mogelijk te vervullen.

Ik dank U voor Uw aandacht.