
SECTORSTUDIE MACHINE-INDUSTRIE

M.A. Overboom
ECN-Beleidsstudies
Petten

NEEDIS
Postbus 1
1755 ZG Petten
telefoon: 0224 - 564750
telefax : 0224 - 563338

NDS--96-007

februari 1996

Verantwoording

Dit rapport is geschreven in het kader van NEEDIS, het Nationaal Energie en Efficiency Data Informatie Systeem. In de Stichting NEEDIS zijn het Ministerie van Economische Zaken, Sep en Gasunie vertegenwoordigd.

Het doel van NEEDIS is, een algemeen erkend en in beginsel openbaar gegevensbestand samen te stellen en actueel te houden. In dit gegevensbestand wordt informatie opgenomen over het energieverbruik en de energie-efficiency in Nederland. Daarbij wordt onderscheid gemaakt naar energiedrager, verbruikerscategorie, energiefunctie en type installatie. Daarnaast worden andere grootheden bijgehouden die het energieverbruik mede verklaren.

Om een nadere analyse te maken van verschillende verbruikerscategorieën is een sectorindeling gemaakt en worden per sector onderzoeken uitbesteed. Dit rapport betreft de machine-industrie, SBI'74 code 35.

Dit rapport is samengesteld door Mark Overboom als eerste onderdeel van zijn stage/afstudeerproject van de studierichting Natuurwetenschappen en Bedrijf & Bestuur (Universiteit Utrecht). De heren van Dril en Bais hebben deze sectorrapportage begeleid vanuit ECN-Beleidsstudies en de heer Andriessse vanuit de universiteit. Bij deze wil ik hen bedanken voor hun hulp en nuttige aanwijzingen.

Studies van diverse andere sectoren en gegevens uit het databestand zijn verkrijgbaar bij de beheerder van NEEDIS.

INHOUD

SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	7
2. BESCHRIJVING VAN DE SECTOR	9
2.1 De Standaard BedrijfsIndeling	9
2.2 Grootte van de sector	10
2.2.1 Algemeen	10
2.2.2 De kleine bedrijven	12
2.3 De inkoopstructuur	13
2.4 Producten voortgebracht door de sector	14
2.5 Energieverbruik	17
2.6 Gebruikte technologieën	19
2.6.1 Vormen bewerken	19
2.6.2 Verwarmen van vaste stoffen	20
2.6.3 Oppervlaktebehandeling	21
2.6.4 Comprimeren	21
2.7 Het energieverbruik naar deelproces	21
2.8 Besparingsmogelijkheden	23
2.8.1 Warmte	24
2.8.2 Elektriciteit	26
2.8.3 Warmte/kracht	28
2.9 Ontwikkelingen	30
2.9.1 Technische ontwikkelingen	30
2.9.2 Economische ontwikkelingen	32
3. SEGMENT, FUNCTIE EN INSTALLATIE	35
3.1 Segmentering	35
3.2 Energiefuncties	36
3.3 Installaties	37
4. GEGEVENS VAN DE SECTOR	39
4.1 Getallen over het segment	39
4.2 Getallen over de energiefuncties	41
4.3 Getallen over installaties	43
5. BRONNEN	45
5.1 Bronnen op segmentniveau	45
5.2 Bronnen op functieniveau	45
5.3 Bronnen op installatieniveau	46
6. ADVIES VOOR MONITORING	47
6.1 Segmentgegevens	48
6.2 Gegevens over energiefuncties	48
6.3 Gegevens over installaties	48
REFERENTIES	51

BIJLAGE A. SBI'93 machine-industrie	53
BIJLAGE B. Produktverkoop	55
BIJLAGE C. Energie-intensiteitscijfers	57
BIJLAGE D. Energieverbruik deelproces	59
BIJLAGE E. Gegevens machine-industrie	63
BIJLAGE F. Besparingsopties E ₃ T	65

SAMENVATTING

Dit rapport betreft een analyse van het energieverbruik van de machine-industrie, SBI'74 code 35. De machine-industrie valt onder de metaalsector. Zij produceert met name investeringsgoederen, gemiddeld wordt 52% van de productie geëxporteerd. Naar voortbrenging van producten bekeken is de machine-industrie een diverse sector, het CBS onderscheidt 115 produktgroepen. Bijna alle productie betreft stukproductie. Alleen de sectoren appendages en kantoormachines kennen respectievelijk massaproductie en serieproductie. In de machine-industrie werken ongeveer 93.000 mensen. Het aantal bedrijven is zo'n 2500 waarvan 1000 bedrijven met 20 of meer werknemers. De kleine bedrijven nemen 12% van de produktiewaarde voor hun rekening.

Het energieverbruik in de sector bedraagt 9,4 PJ (totaal verbruikssaldo 1992). De belangrijkste energieverbruikende functies in de industrie zijn ruimteverwarming, licht, proceswarmte en kracht (waaronder perslucht). Op basis van energie-intensiteit en procesactiviteiten is er geen onderscheid te maken in segmenten.

Het ontbreekt nog aan gegevens op het niveau van de energiefunctie. Op installatieniveau worden periodiek geen gegevens verzameld. Wel wordt eenmalig in het E₃T-rapport voor 1988 naar deelproces het energieverbruik gegeven, waarbij 18% van het energieverbruik niet wordt verklaard.

Gegevens over warmte/kracht worden als zodanig niet voor de machine-industrie gegeven.

Het energieverbruik wordt naast de omvang van productie bepaald door de toename van het aantal elektrische toepassingen en het afstoten van productie-onderdelen (metaalbewerking en lakken). Er zijn nog een groot aantal besparingsmogelijkheden met name op het gebied van verwarming kracht (waaronder compressoren) en verlichting.

1. INLEIDING

In het kader van NEEDIS (Nederlands Energie en Efficiency Data InformatieSysteem) wordt van alle sectoren het energieverbruik in kaart gebracht. In NEEDIS worden verschillende niveaus onderscheiden waarop data worden verzameld, ingevoerd en weergegeven. De niveaus van hoog naar laag zijn: indeling sectoren volgens het CBS (SBI-codering op twee digitniveau), segmenten, energiefuncties en installaties.

Dit rapport beschrijft de kenmerken van de machine-industrie (SBI'74 code 35). Zij levert produktiemiddelen voor de bedrijven door de gehele economie. In het eerste deel wordt een beeld geschetst van de machine-industrie. Allereerst worden de economische kenmerken van de bedrijfstak beschreven. Vervolgens worden de technische handelingen in het productieproces bekeken waarna de mogelijke besparingen per technologie worden gegeven. Hierna worden de voor NEEDIS van toepassing zijnde energiefuncties en energieverbruikende installaties gedefinieerd binnen de sector. Op basis van de energiefuncties zal indien nodig de machine-industrie in segmenten worden ingedeeld.

In het tweede deel worden jaarreeksen van kengetallen van de machine-industrie gegeven. Daarna wordt besproken welke bronnen beschikbaar zijn op de verschillende aggregatieniveaus en zullen deze bronnen worden beoordeeld. Het laatste hoofdstuk betreft een advies voor de monitoring van de machine-industrie.

2. BESCHRIJVING VAN DE SECTOR

2.1 De Standaard BedrijfsIndeling

De sector machine-industrie (SBI-code 35) omvat fabrieken die investeringsgoederen produceren voor bedrijven. Het CBS heeft bij de machine-industrie een indeling gemaakt naar produktgroep. Onderstaande tabel geeft de indeling zoals deze door het CBS werd gemaakt in 1974 voor de machine-industrie.

Tabel 2.1: *SBI-indeling 1974 van de sector machine-industrie [1]*

35.1	Landbouwmachine-industrie
35.2	Metaalbewerkingsmachine-industrie en machinegereedschappenfabrieken
w.v. 35.21	Metaalbewerkingsmachine-industrie
35.22	Machinegereedschappenfabrieken
35.3	Fabrieken van machines en apparaten voor de voedingsmiddelen-, chemische en aanverwante industrieën
w.v. 35.31	Verpakkingsmachinefabrieken
35.32	Fabrieken van machines en apparaten voor de voedingsmiddelenindustrie e.d.
35.33	Fabrieken van machines en apparaten voor de aardolieverwerkende, de chemische en de farmaceutische industrie
35.34	Fabrieken van machines en apparaten voor de rubber en kunststof verwerkende industrie
35.4	Hef- e.a. transportwerktuigenindustrie, fabrieken van machines voor de mijnbouw etc.
w.v. 35.41	Hef- e.a. transportwerktuigenindustrie
35.42	Fabrieken van machines voor mijnbouw etc.
35.5	Fabrieken van tandwielen, lagers en andere drijfwerkelementen
35.6	Fabrieken van machines en apparaten voor hout en meubelindustrie etc.
35.7	Stoomketel- en krachtwerktuigenindustrie
w.v. 35.71	Fabrieken van stoomketel- en stookinrichtingen
35.72	Verbrandingsmotoren-, turbine-, en overige krachtwerktuigenfabrieken
35.73	Machinekamerinstallatiebedrijven
35.74	Motoren revisie bedrijven
35.8	Kantoormachine-industrie
35.9	Overige machine- en apparatenindustrie
w.v. 35.91	Fabrieken van pompen, compressoren, hydraulische en pneumatische elementen etc.
35.92	Fabrieken van luchttechnische en koelapparaten
35.93	Fabrieken van weegwerktuigen en winkelmachines
35.94	Huishoudmachinefabrieken (excl. huishoudelijke elektrische apparaten)
35.95	Fabrieken van appendages
35.96	Fabrieken van machine onderdelen n.e.g.
35.97	Machine- en apparatenfabrieken n.e.g.
35.98	Machinereparatie-inrichtingen n.e.g.

Bron: CBS [1]

De verschillende niveaus in de standaardbedrijfsindeling van het CBS hebben de volgende benamingen:

- bedrijfstakken 1 digit (van 0 tot en met 9);
- bedrijfsklassen 2 digits;
- bedrijfsgroepen 3 digits;
- bedrijfssubgroepen 4 digits.

Een enkele sector daargelaten levert elke deelsector in de machine-industrie klantspecifieke producten af. De klant geeft aan wat voor handelingen de machine moet uitvoeren, welke voor elke sector weer specifiek zijn. Enkele sectoren leveren algemeen gebruikte goederen af zoals de kleinere handmachines en kantoormachines. De SBI-indeling geeft een sterk gedifferentieerd beeld van wat voor producten de machine-industrie maakt. Sinds 1974 zijn een aantal sectoren samengevoegd. Deze samenvoegingen worden in tabel 2.2 gegeven. De sector 35.9 heet nu fabrieken van pompen compressoren, hydraulische en pneumatische elementen etc. In 1993 is de SBI-indeling geheel herzien. Voor de sector machine-industrie hield dit nogal wat veranderingen in. In deze nieuwe SBI-indeling van het CBS heeft de machine-industrie de code 29. Een overzicht van de nieuwe SBI'93-indeling met schakelschema wordt gegeven in bijlage A. Voor dit rapport wordt uitgegaan van de bedrijfsindeling volgens de SBI'74 met de later uitgevoerde samenvoegingen van bedrijfsgroepen en -subgroepen. Gegevens over de sector ingedeeld volgens de nieuwe SBI-indeling ontbreken nog.

Tabel 2.2: *Samenvoegingen uitgevoerd in 1978*

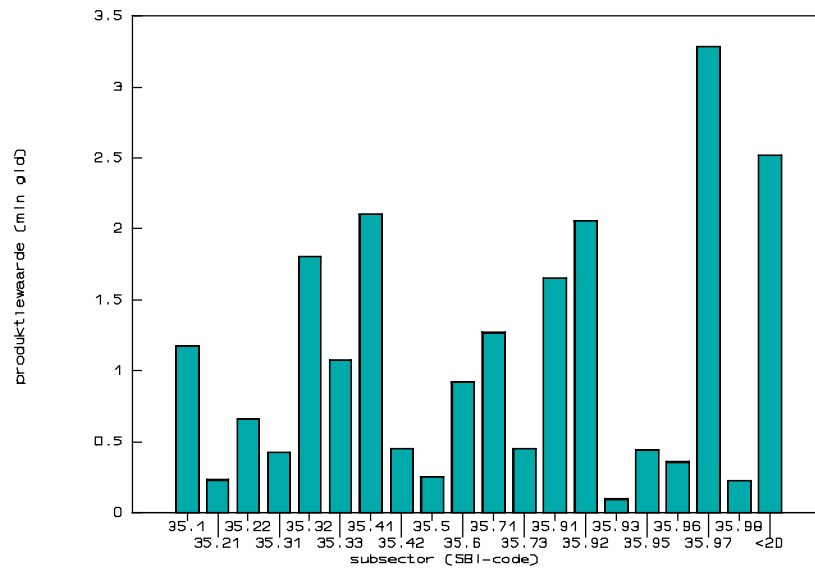
35.33+35.34	Fabrieken van machines voor de chemische en aanverwante industrieën
35.71+35.72	Fabrieken van stoomketel- en stookinrichtingen etc.
35.73+35.74	Machinekamer installatie- en motoren revisie bedrijven
35.93+35.94	Fabrieken van weegwerktuigen en winkelmachines
35.97+35.8	Algemene machinebouw en kantoormachine-industrie

2.2 Grootte van de sector

2.2.1 Algemeen

In Figuur 2.1 worden zijn de omzetgetallen van de afzonderlijke bedrijfsgroepen van de machine-industrie weergegeven. Hierin is goed te zien dat de produktiewaarde van de bedrijven met 19 of minder werknemers (<20) behoorlijk groot is. In de volgende paragraaf zal op de verdeling van deze bedrijven over de subsectoren worden ingegaan. De bedrijfsgroep van algemene machinebouw en kantoormachines heeft duidelijk de grootste produktiewaarde. De machine-industrie is tevens een toeleverancier van zichzelf. Bedrijven leveren machine-onderdelen die door anderen weer in assemblage worden genomen. Voor het CBS levert dit het probleem van dubbeltelling op, de grootte van die dubbeltellingen is niet bekend. Dit probleem komt duidelijk naar voren bij grote projecten waar meestal grote multinationals als uitvoerder optreden. In dit soort projecten zijn de kleinere

Nederlandse bedrijven de toeleveranciers. Mede in verband met dit soort dubbeltellingen is de bruto toegevoegde waarde, naast de produktiewaarde een goede indicator voor de grootte van de machine-industrie in de Nederlandse economie (566.100 miljoen gulden in 1992).



Figuur 2.1: *Produktiewaarde van de subsectoren in de machine-industrie 1992*

Bron: CBS [3]

In tabel 2.3 wordt van de machine-industrie de kostenstructuur gegeven voor de jaren '90 t/m '92. Van de totale verkopen gaat gemiddeld zo'n 50% naar het buitenland. Uitzonderingen zijn de revisiebedrijven, fabrieken van luchttechnische en koelapparatuur, machinereparatie-inrichtingen en fabrieken van machine-onderdelen. De exportpercentages van deze industrieën zijn lager, respectievelijk 32, 28, 20 en 14%. Een industrietak die een zeer hoog exportcijfer kent is de bedrijfspgroep fabrieken van machines en apparaten voor textiel en kledingindustrie (SBI-35.6) met een exportpercentage van 79%.

Tabel 2.3: *Kostenstructuur van de machine-industrie in lopende prijzen van bedrijven met 20 of meer werknemers [mln gld]*

Jaar	1990	1991	1992
Totale produktiewaarde Nederlands bedrijfsleven ¹	948.820	948.820	1.027.160
Produktiewaarde	17.309	18.607	18.965
Totale verbruikswaarde	10.842	11.807	11.726
inkoopwaarde	8.378	9.029	8.766
overige bedrijfskosten	2.463	2.693	2.776
energieverbruik	110	125	130
Kostprijsverhogende belastingen en heffingen minus exploitatiesubsidies	-53	-34	-42
Bruto toegevoegde waarde (tegen marktprijzen)	6.467	6.800	7.239
Loonkosten	4.787	5.114	5.420
Loonkosten in % van toegevoegde waarde	74	75	75

¹ CBS; Nationale rekeningen, tabel M1.

Bron: CBS [4]

In het hele verhaal van kosten speelt het energieverbruik relatief gezien een kleine rol. Het percentage van het energieverbruik ten opzichte van de totale verbruikswaarde voor de verschillende bedrijfssectoren varieert van 1 tot 3%. Het aandeel van de inkoopwaarde in de totale produktiewaarde is van dezelfde orde van grootte als die van de andere verwerkende industrieën, zo'n 50%.

In de machine-industrie zijn zo'n 93.000 personen werkzaam. Deze zijn werkzaam in 1005 bedrijven met twintig of meer werknemers (87% van het totaal aantal werkzame mensen) en in 1551 kleinere bedrijven (1992). Eén van de kentallen voor economische activiteit zoals gebruikt door het CBS zijn de arbeidskosten uitgedrukt in procenten van de bruto toegevoegde waarde. De waarden van dit kengetal verschillen hoegenaamd niet van de andere verwerkende industrieën (70-80%). De groep fabrieken van weegwerktuigen en winkelmachines heeft een zeer hoog percentage en kent voor één jaar een nogal sterk afwijkende waarde. Dit wordt veroorzaakt door de slechte economische situatie in deze sector. Deze industrie verkeerde eind jaren tachtig en begin jaren negentig in een economische crisis. Marges daalden in die periode sterk. De laatste berichten uit deze sector over economische situatie zijn inmiddels positiever.

2.2.2 De kleine bedrijven

Een aparte groep is die van de kleine bedrijven (19 of minder werknemers). Worden de uitgaven van deze groep aan energie vergeleken met die van de bedrijfssubgroepen dan is te zien dat de totale energiekosten van de kleine bedrijven groter zijn dan welke bedrijfssubgroep (4-digit niveau) ook. Naar kosten bekeken is het de groep die de meeste energie verbruikt. Van de totale energiekosten nemen de kleine bedrijven 13% voor hun rekening. Om een idee te krijgen

van de verdeling van de kleine bedrijven over de verschillende sectoren binnen de machine-industrie wordt in tabel 2.4 het aantal bedrijven met 19 of minder werknemers per bedrijfsgroep gegeven.

Tabel 2.4: *Verdeling bedrijven met 19 of minder werknemers (1 januari 1994) en 20 of meer werknemers (1992) over de machine-industrie*

SBI-code	Bedrijven met minder dan 20 werknemers ¹		Bedrijven met 20 of meer werknemers ²	
	Aantal	Percentage	Aantal	Percentage
35.1	285	9	81	8
35.2	294	10	90	9
35.3	300	10	175	17
35.4	192	6	156	14
35.5	28	1	20	2
35.6	23	4	52	5
35.7	340	11	55	5
35.8	70	2		
35.9	1374	46	376 ³	37

¹ Bron: CBS; Statistiek van het ondernemingsbestand 1994

² Bron: CBS; Samenvattend overzicht van de industrie 1992

³ Het betreft hier de sectoren 35.8 en 35.9.

De getallen in tabel 2.4 komen uit de Statistiek van het ondernemingsbestand. Er is een enorm verschil met het Samenvattend overzicht van de industrie in het aantal getelde bedrijven met minder dan twintig werknemers. Gegevens in bovenstaande tabel zijn gebaseerd op Algemeen Bedrijven Register. Elke zelfstandige is hierin genoteerd. Er wordt niet geënquêteerd, waardoor men er niet achter kan komen of het een volledige baan betreft of een gedeeltelijke. Van de kleine bedrijven valt het overgrote deel onder overige machine-industrieën. In de sectoren met SBI-code 35.3 en 35.4 is het aantal kleine bedrijven relatief groot. Voor de sector met SBI-code 35.7 geldt het omgekeerde. Op basis van deze gegevens zijn verder geen wezenlijke verschillen aan te geven in de verdeling van de kleine bedrijven over de sector en grote bedrijven over de sector. Verschillen in energieverbruik tussen de verschillende sectoren bij de kleine bedrijven zijn niet aan te geven. Het CBS levert alleen schattingen voor de hele sector op basis van steekproeven (enquêtes).

2.3 De inkoopstructuur

Als we naar de inkoopkant kijken van de machine-industrie zien we duidelijk het beeld van een assemblerende industrie. Van de inkoopuitgaven van de bedrijfsgroepen (3 digit niveau SBI) gaat 70 tot 90 % naar halffabrikaten. De bedrijfsgroep fabrieken van tandwielen, lagers en andere drijfwerkelementen (SBI-code 35.5) vertoont in de CBS-statistieken een ander uitgavepatroon. Hetzelfde geldt voor de appendagefabrieken. Zij doen meer aan materiaalbewerking wat terug te vinden is in het feit dat er naar verhouding meer ruw ijzer en gietwerk wordt ingekocht. Een lijstje van de belangrijkste inkoopproducten voor de machine-industrie is

hieronder gegeven. De inkoopprodukten zijn naar hoogte van inkoopkosten gerangschikt.

Tabel 2.5: *Inkoopwaarde grond en hulpstoffen van de machine-industrie (1991)*

Grond-, hulpstof	Inkoopwaarde [mln gld]
Overige onderdelen, halffabrikaten, completeringsartikelen e.d.	4880
Plaat- en band (incl. coils)	306
Elektromotoren, dynamo's, generatoren en sets	225
Gietwerk (ruw en voor bewerkt)	140
Buizen en pijpen	126

¹ Bij sommige sectoren ontbreken getalswaarden van de inkoop of zijn meerdere inkoopprodukten samengevoegd.

Bron: CBS [4]

De totale inkoopwaarde van metalen¹ is 962 miljoen gulden. Uit bovenstaand lijstje blijkt dat de machine-industrie de produkten betreft van de basismetalaal-industrie, de metaalproduktenindustrie en de elektrotechnische industrie.

2.4 Produkten voortgebracht door de sector

De machine-industrie is een kapitaalgoederen producerende industrie bij uitstek. Bijna alle geproduceerde goederen zijn bedoeld voor het produceren van andere goederen, men heeft niet te maken met finale klanten doch met ondernemingen als klant. De machine-industrie heeft te maken met een afgeleide vraag. De consument koopt goederen en de producent van deze goederen koopt weer apparatuur om de gevraagde goederen te kunnen produceren. Dit verschijnsel wordt in de externe organisatie omwegproductie genoemd.

Productie binnen de industrie kan men grofweg onderverdelen in een vijftal klassen. Men verbruikt hiervoor een schaalverdeling met de extremen massaproductie en stukproductie. In het tussenliggende gebied vindt men de verschillende soorten seriefabricages aangeduid met termen als massa-serie- en serie-stukproductie. De productie van de machine-industrie valt onder de categorieën serie-stukproductie en stukproductie. Bij de serie-stukproductie staan de basisspecificaties van het produkt vast. De afnemer kan individuele wensen uitspreken. De productie geschiedt op bestelling, de series zijn klein en de produkten zijn technisch hoogwaardig. In het geval van stukproductie gaat het om één exemplaar. Dit wordt gemaakt volgens de specificaties opgegeven door de klant. Het produkt wordt uitsluitend op bestelling gemaakt. Opdrachten komen meestal ruim voordat ze werkelijk worden uitgevoerd binnen. Fabrikanten van klein handgereedschap

¹ Ferro metalen: ruw ijzer, -staal en schroot, smeed en persstukken, gietwerk (ruw en voorbewerkt), plaat en band, profielen (gewalst), stafmateriaal, betonstaal, draad, buizen en pijpen.
Non-ferro metalen: ruw en halffabriekaat, gietwerk (ruw en voorbewerkt); aluminium en aluminiumlegeringen, koper en koperlegeringen, overige non-ferrometalen.

en kantoormachines kunnen wel kleine serieproducties uitvoeren. Massaproductie komt voor in de groepen appendagefabrieken en kantoormachinefabrieken.

Een andere indeling van de machine-industrie naar goederenstroom is de specialisatiegraad. De specialisatiegraad geeft het aandeel weer van de karakteristieke producten van een groep producenten in de totale verkopen van deze groep. Op deze manier kan worden bekeken in hoeverre de onderneming afdwaalt van haar eigenlijke 'skills en strengths'. Wrigley maakt voor bedrijven de volgende indeling [10]:

Single product firms: generate at least 95% of sales in one single line of business.

Dominant product firms: at least 70 % of sales are generated in one major line of business.

Related product firms: firm has major diversifications, new activities are tangibly related to the collective skills and strengths possessed originally by the firm.

Unrelated product firms: firm has diversified into areas that are not related to the original skills and strengths.

De meeste voortgebrachte goederen zijn karakteristieke producten voor de machine-industrie. Voor alle subsectoren van de machine-industrie (ingedeeld naar bedrijfsgroepen, 3-digit niveau SBI-indeling) ligt de specialisatie tussen de 68% en 89% [4]. Op basis hiervan geldt dat ze behoren tot de tweede categorie van produktiemaatschappijen.

De machine-industrie maakt zeer specialistische producten, welke bijna niet door andere industrieën kunnen worden gemaakt. In de produktiestatistieken van de industrie is dit terug te vinden in de dekkingsgraad. Hiermee wordt de verhouding aangegeven van de karakteristieke producten voortgebracht door een groep producenten ten opzichte van de totale verkoop van die producten. Bijna alle sectoren van de machine-industrie hebben een dekkingsgraad van zo'n 90%. De enige uitzondering is de stoomketel- en krachtwerktuigenindustrie die uitkomt op een percentage van zo'n 60% (specialisatiegraad 68%). Dezelfde producten worden ook door de metaalproducten industrie gemaakt.

De producten voortgebracht door de machine-industrie zijn, omdat men voor allerlei verschillende sectoren van de economie produceert, zeer divers. In het onderstaande overzicht worden enkele van de belangrijkste produktgroepen gegeven zoals onderscheiden door het CBS in de machine-industrie.

Voor de landbouwmachines en -werktuigen industrie moge wel duidelijk zijn wat belangrijke producten zijn. Het scala van producten omvat hier ondermeer trekkers, sorteermachines, stalinstallaties en oogstmachines.

Fabrieken van gereedschapswerktuigen en machinegereedschappen vervaardigen materiaalbewerkingsproducten en toebehoren. Hieronder vallen apparaten als grondboren, rotsboren, kolenfrezen, straatfrezen e.d..

In de sector fabrieken van machines voor de voedingsmiddelen-, chemische en aanverwante industrieën zijn de fabrieken van apparaten voor de vleesverwerkende industrie dominant samen met de fabrieken van machines en apparaten voor de chemische industrie. Het CBS onderscheidt in deze bedrijfstak 27 produktgroepen.

In de sector hef- en transportmiddelenindustrie en fabrieken van machines voor de mijnbouw zijn terug te vinden hijskranen, stapel- en hefwerktuigen alsmede liften, roltrappen, -paden en overige transportbanden.

Produkten van de fabrieken van tandwielen, lagers en andere drijfwerkelementen zijn tandwielen, wormwielen en overbrengingen. De volgende sector bevat fabrieken van machines en apparaten voor: de hout-, meubel-, textiel- en kledingindustrie; wasserijen en chemische reiniging; leder-, lederverwerkende, papier- en grafische industrie. De belangrijkste verzameling van produktgroepen in deze sector is die van de machines en apparaten voor de textielindustrie.

De stoomketel- en krachtwerktuigenindustrie produceert ondermeer stoommachines en motoren voor uiteenlopende industrieën. Zij produceert echter ook toebehoren en onderdelen voor kernreactoren, straalmotoren, gasturbines en soortgelijke krachtwerktuigen.

De laatste bedrijfspgroep², overige machine- en apparatenindustrie kent een zeer groot aantal produktgroepen, 22 in totaal. De grootste produktgroepen hier zijn kantoormachines, mechanisch handgereedschap, revisie, reparatie en onderhoud van machines, toebehoren en onderdelen en niet eerder genoemde en koel- en vriesinstallaties.

De machine-industrie geeft, ingedeeld naar voortgebrachte produkten bezien een heel divers beeld. De hier gegeven lijst produktgroepen is nog maar een kleine greep uit het totaal van soorten voortgebracht produkten. Het CBS registreert binnen de machine-industrie 115 produktgroepen. Sommige van deze produktgroepen bevatten weer een behoorlijke lijst van produkten.

De omzetgetallen van de bedrijfspgroepen zijn terug te vinden in bijlage B. De bedrijfspgroep van overige machine- en apparatenindustrie is de grootste groep. Zij produceert met name kleinere machines.

² In deze groep zit ook de kantoormachine-industrie (SBI-35.8). Om redenen van geheimhouding is deze sector in 1986 door het CBS onder gebracht bij de sector machine- en apparatenfabrieken n.e.g. (SBI 35.97). In 1985 was de produktiewaarde van de sector kantoormachine-industrie 2711 mln gld en van de machine- en apparatenfabrieken 607 mln gld. De sector wordt in de SBI'93 weer apart weergegeven maar zit niet meer in de machine-industrie (code 30.01).

2.5 Energieverbruik

In het onderstaand tabel zijn de energieverbruiken over een aantal jaren per deelsector weergegeven.

Tabel 2.6: *Energieverbruik¹ [TJ] van de machine-industrie naar energiesoort per deelsector*

	Elektriciteit			Aardgas			Overige ²		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990	1991	1992
<20 werknemers	232	290	266	364	386	427	36	55	60
35.1	104	97	97	196	206	206	57	60	40
35.2	139	143	145	174	168	152	8	4	2
35.3	245	235	238	551	567	608	44	38	32
35.4	156	167	166	317	415	405	50	38	36
35.5	78	71	75	111	127	127	7	9	15
35.6	211	204	185	209	225	218	7	8	5
35.7	206	211	197	430	557	475	31	29	14
35.8+35.9	590	742	798	874	1114	1155	55	76	47

¹ Energieverbruik = inkopen energie + voorraadonttrekking energie - verkopen energie.

² Betreft steenkool, bruinkool, steenkoolcokes, steenkool- en bruinkoolbriketten, nafta's, aardolie-aromaten, LPG, propaan en butaan, overige lichte oliën, petroleum, gas-, diesel- en lichte stookolie <15cSt, zware stookolie≥15 cSt, petroleumcokes, raffinaderijgas, chemisch restgas, cokesovengas en hoogovengas. E.e.a. voorzover niet ingekocht t.b.v. eigen transport.

Bron: CBS [5]

Om een beeld te krijgen van het werkelijke energieverbruik kan gekeken worden naar het beslag op primaire energiedragers. Het beslag op primaire energiedragers in Nederland³ bedroeg 2833 PJ in 1992. Het energieverbruik in de machine-industrie was in 1992 als volgt verdeeld over de verschillende energiedragers: elektriciteit 2,170 PJ; aardgas 3,770 PJ; overige energiedragers 0,251 PJ. Voor het omrekenen van het energiegehalte van de verschillende energiedragers naar primaire energiedragers wordt de methode gebruikt van de Meerjarenafspraken tussen overheid en industrie. Men maakt hierbij gebruik van een set conversiefactoren. Voor gas is de omrekeningsfactor van het verbruikssaldo naar primair verbruik 1; voor elektriciteit is deze 2,5; voor andere energiedragers wordt een omzettingfactor bepaald aan de hand van de werkelijke verwerkingsroute. Voor een schatting⁴ van het beslag op primaire energiedragers nemen we hier als conversiefactor voor de overige energiedragers de waarde 1. De op deze manier

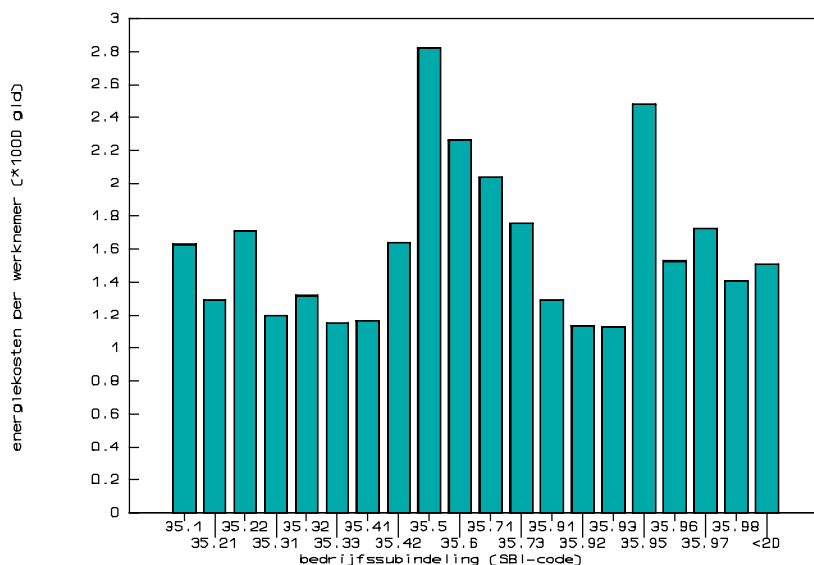
³ CBS; De Nederlandse Energie Huishouding, jaarcijfers 1992, tabel 8.1, Voorburg/Heerlen, 1993.

⁴ In het rapport 'Energy efficiency and structural change in the Netherlands, 1980-1990' van de vakgroep Natuurwetenschap en Samenleving van de Universiteit Utrecht (1994) worden nog de volgende conversiefactoren gegeven:

Factor	Energiedrager
1,097	Kool en koolprodukten
1,116	Olie en olieprodukten
0,619	Stoom

Waarschijnlijk is de conversiefactor 1 voor overige energiedragers aan de lage kant.

verkregen waarde van het beslag op primaire energiedragers door de machine-industrie is 9,448 PJ. Uitgedrukt in procenten van het nationaal beslag op primaire energiedragers is dit 0,33%.



Figuur 2.2: *Energiekosten per werknemer in de machine-industrie (1992)*

Bron: CBS [3]

Voor een indicatie van de energie-intensiteit in de verschillende productiesectoren is een tabel opgesteld met indicatoren, te weten kosten gemaakt voor energie tegen de arbeidskosten, produktiewaarde, toegevoegde waarde en het aantal werknemers (bijlage C). In figuur 2.2 zijn de energiekosten per werknemer gegeven voor de subsectoren. Let wel: het aantal werknemers maakt 90 tot 95% uit van het aantal werkzame personen (het aantal werkenden op voltijdbasis dat toegerekend kan worden aan de bedrijven) in de verschillende bedrijfsklassen. Op de sector tandwielafabrikanten (SBI 35.5) na is het verschil in energiekosten per werknemer niet groter dan een factor twee. Te zien is dat naast de sector tandwielafabrikanten ook fabrieken voor hout- en meubelindustrie etc. en appendagefabrieken (SBI 35.6 en 35.95) relatief energie-intensief zijn. Deze groepen doen veel meer aan metaalbewerking een energie-intensieve activiteit. Vervolgens is er een middengroep en een groep met lage energie-intensiteit per werknemer. De bedrijven met 19 of minder werknemers zitten met hun energiekosten per werknemer op een gemiddeld niveau. Segmentering op basis van deze intensiteiten zou mogelijk zijn ware het niet dat de activiteit metaalbewerking, welke het onderscheidt veroorzaakt, door bijna elke machinefabriek wordt uitgevoerd. Het kan de hoofdactiviteit zijn, bijvoorbeeld in tandwielafabrieken en appendagefabrieken of een bedrijf kan groot genoeg zijn om een eigen afdeling voor metaalbewerking hebben. Om deze laatste reden is segmentering binnen de SBI-indeling niet aan te geven.

In bijlage C zijn andere intensiteiten in tabelvorm weergegeven. Deze indicatoren geven een gelijksoortig beeld. Bij de energiekosten tegen de verbruikswaarde hebben de kleine bedrijven en fabrieken van machinegereedschap een hogere getalswaarde. De groep appendage fabrikanten valt in dit geval onder de middengroep. De getallen geven een schatting van de intensiteiten, energiekosten zijn tariefsafhankelijk. Voor de getalswaarden van energiekosten ten opzichte van arbeidskosten dient nog opgemerkt te worden dat de arbeidskosten per werknemer per subsector verschillen.

2.6 Gebruikte technologieën

De hoofdactiviteiten binnen de machine-industrie bestaan uit:

- produktontwikkeling/werkvoorbereiding;
- het bewerken van metaal mechanisch/thermisch;
- het assembleren van onderdelen;
- dienstverlening.

In bijna de gehele machine-industrie wordt gewerkt in de vorm van opdrachten. De opdrachtgever komt bij de fabrikant binnen met de opdracht voor een machine met de door hem aangegeven specificaties. Het kan zijn dat de opdrachtgever zelf de ontwerpfase voor zijn rekening heeft genomen of dat de machine in samenwerking met of door de fabrikant wordt ontworpen. Na de ontwerpfase weet de producent welke onderdelen nodig zijn voor de constructie van de machine. De benodigde onderdelen worden besteld en soms ook zelf gemaakt. Hierna begint de feitelijke (eind)productie van de machine. Als laatste onderdeel kan de fabrikant service verlenen aan de klant in de zin van installatie/plaatsing, onderhoud en reparatie. Immers zij hebben de kennis in huis betreffende de constructie van de machine. In de machine-industrie is er voor dit laatste onderdeel steeds meer aandacht. Van het productieproces worden hier de voor de machine-industrie belangrijkste technische deelprocessen beschreven.

2.6.1 Vormen bewerken

Het mechanisch vormen en bewerken van metaal kent de volgende hoofdgroepen van technieken:

- verspanende bewerkingen
- spaanloze bewerkingen.

Een spaanloze bewerking houdt in dat het materiaal plastisch wordt vervormd. De massa en de samenhang blijft bij het omvormen behouden. Er zijn ook spaanloze scheidingstechnieken zoals knippen en ponsen. Bij een verspanende bewerkingen wordt een vast lichaam vorm gegeven door het wegnemen van kleine deeltjes (spanen van het lichaam). Bij veel verspanende bewerkingen worden snijvloeistoffen gebruikt (oliën, waterige en chemische vloeistoffen).

2.6.2 Verwarmen van vaste stoffen

Vaste stoffen kunnen om de volgende redenen verwarmd worden:

- voor het verwijderen van spanningen in het materiaal die ontstaan zijn door afkoeling (bij gietstukken), plaatselijke verhitting (zoals bij lassen) of koud vormen (zoals buigen);
- voor het vormen van het materiaal, wat het geval is bij stuiken, buigen en smeden;
- voor verharding van het oppervlak;
- voor het drogen en moffelen van lakken.

Bij het verwijderen van spanningen is de temperatuur afhankelijk van het te verwarmen materiaal. Voor het verwijderen van spanningen is het mogelijk hoge snelheidsbranders te gebruiken. Het gebruik van hoge snelheidsbranders (bijvoorbeeld in droogovens) verhoogt de convectieve warmte-overdracht en verbetert de warmteverdeling waardoor kortere opwarmtijden kunnen worden bereikt. Men dient in het geval van spanningen verwijderen het materiaal langzaam te laten afkoelen, dit bereikt men door het materiaal in de oven af te laten koelen. Bij een temperatuur van zo'n 200°C kan men het aan de buitenlucht verder laten afkoelen. In het materiaal ontstaan dan geen nieuwe spanningsvlakken meer.

Voor het vormen van het materiaal moet een temperatuur worden bereikt van 1100 tot 1400°C. Het toepassen van hogesnelheidsbranders in smeedovens heeft nauwelijks zin, het verschil in temperatuur tussen de verbrandingsgassen en de gassen in de oven is betrekkelijk gering.

In het algemeen wordt onder oppervlakteverharding verstaan het aanbrengen van een geharde laag aan het oppervlak van werktuigonderdelen. Op deze manier wordt het onderdeel slijtagevaster. Oppervlakteverharding kan op twee manieren gebeuren, namelijk:

- het verhogen van het koolstofgehalte aan het oppervlak door koolstof bij hoge temperaturen te laten diffunderen (cementeren);
- het oppervlak zeer intens te verhitten en vervolgens met koud water te laten afkoelen (schrikken).

Bij het eerste proces betekent dit het verwarmen van het hele werkstuk. Bij het tweede deelproces wordt de buitenkant intens verwarmd.

Bedrijven die veel moeten lakken, maken voor het drogen en harden van de verf gebruik van de moffeltechniek. Door middel van moffelen wordt een hardere en sterkere laklaag verkregen. Het net gelakte voorwerp wordt in een tunnel-moffeloven getransporteerd. In eerste instantie worden de oplosmiddelen bij een temperatuur van 100 tot 120°C verdampt. Vervolgens wordt de temperatuur opgevoerd tot 250°C, er ontstaan kraak- en reactieproducten uit de bindmiddelharsten.

2.6.3 Oppervlaktebehandeling

Oppervlaktebehandeling houdt in het beschermen van het materiaal. Dit beschermen tegen corrosie kan op verschillende manieren gebeuren. We noemen hier de methoden:

1. Chemische oppervlaktebehandeling (beitsen)
Door elektrolytische werking wordt op het staaloppervlak een passief laagje gevormd. Fosfateren is hier het meest gebruikte procédé.
2. Door middel van deklagen beschermen van staal
Voorbeelden van deklagen zijn:
 - a. organische deklagen, bijvoorbeeld verven, vernissen, lakken, plásticos en bitumineuze materialen;
 - b. anorganische deklagen zoals metalen (met name zink) en emailles.

Voordat dergelijke processen worden uitgevoerd wordt het te behandelen materiaal gereinigd. De reiniging omvat het verwijderen van niet-metallische bestanddelen en van de oxyde-huid.

2.6.4 Comprimeren

In de machine-industrie wordt veel gebruik gemaakt van perslucht. Het werken met perslucht is erg gemakkelijk omdat het voor allerlei toepassingen kan worden gebruikt. Perslucht gebruikt men onder andere voor stralen (het schoonmaken van het te bewerken onderdeel en apparatuur waarmee gewerkt wordt), schroeven, meten en regelen, aandrijving en sturing van machines, klinken, lakken en ventilatie. Een voordeel van het toepassen perslucht in plaats van elektriciteit is de snelle reactietijd. Verder heeft het werken met compressorlucht het voordeel dat er geen vonkoverslag plaats vindt. Ten opzichte van werken met drukolie heeft is er het voordeel van het werken met een schoner medium.

2.7 Het energieverbruik naar deelproces

De machine-industrie kenmerkt zich voornamelijk door het assemblerende karakter van de produktie. Het energieverbruik in de sector naar technische deelprocessen zoals gegeven in het E₃T-rapport⁵ is weergegeven in bijlage D. In het tweede en vierde tabel van bijlage D staan de percentages van het energieverbruik voor de verschillende processen in totaal van het energieverbruik van een bedrijfsgroep. In tabel 2.7 worden de belangrijkste getallen gegeven.

⁵ In het rapport van E₃T wordt het verbruik van energie per deeltechnologie in de verwerkende industrie uitgewerkt aan de hand van:

- produkt-/materiaalstroom: benadering via hoeveelheid produkten en verbruik per produkthoeveelheid
- processen: per produkt(groep) onderscheiden van belangrijkste toegepaste processen
- apparaten: onderscheid van belangrijke apparaten in een deelsector (bijvoorbeeld ovens)
- kentallen: gebruik van kentallen (bijvoorbeeld gebaseerd op aantallen werknemers per deelsector of bedrijfsgrootte)

Tabel 2.7: Warmteverbruik en elektriciteitsverbruik machine-industrie¹ in TJ (1988)

SBI	35.1	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9
<i>Warmteverbruikend standaarddeelproces</i>									
Ruimteverwarming	138	134	407	257	41	156	257	220	610
Procesverwarmen									
Direct/indirect	++		66	43		11		38	35
Lakken/moffelen (oven)	59	25	33	21		12		19	14
Warmtebehandeling	75	31		++	40	24			pm
Totaal	292	218	662	428	131	245	567	408	682
<i>Electriciteitsverbruikend standaarddeelproces</i>									
Machine-aandrijving	6	8	21	6	13	27	15	25	20
Verlichting	26	35	60	36	11	36	47	45	102
Comprimeren	31	42	72	44	22	54	56	67	102
Vormen bewerken	5	7	12	7		9	9	11	17
Lassen	8	11	19	12	6	14	15	18	27
Totaal	102	152	325	210	124	198	380	327	349

¹ In het geval dat gegevens van een proces bij een ander proces zijn onder gebracht wordt dit aangegeven door twee plusjes. In dat geval beschikt men alleen over kwalitatieve gegevens.

Bron: E₃T [11]

Het assembleren vergt energie op het gebied van verwarmen, verlichten, lassen, schroeven en klinken. Het energieverbruik van de activiteiten schroeven en klinken zijn onder gebracht in het proces comprimeren (er wordt druklucht gebruikt). Het energieverbruik van verlichting en verwarming is van continue aard. De laatste drie van deze energieverbruikende deelprocessen zijn voorbeelden van energieverbruik dat afhangt van de inzetijd.

Het merendeel van het warmteverbruik betreft het verwarmen van bedrijfsruimten. Een duidelijke uitzondering hierop zijn de fabrieken van tandwielen, lagers en andere drijfwerkelementen (SBI 35.5). Deze industrie is reeds in paragraaf 2.2 op basis van energiekosten tegen zowel arbeidskosten als produktiekosten als toegevoegde waarde onderscheiden. Dit onderscheid in energie-intensiteit wordt niet alleen veroorzaakt door het deelproces warmtebehandeling maar ook door metaalbewerking (machine-aandrijving). Van het warmteverbruik valt nog 38% in de categorie overige. Bij de stoomketel en krachtwerktuigenindustrie en de kantoormachine-industrie (SBI 35.7 en 35.8) valt eveneens veel warmteverbruik ook in de categorie overige. Een uitschieter in het verbruik van warmte voor ruimteverwarming is duidelijk de sector overige apparaten en machine-industrie (SBI-code 35.9) hetgeen ook in absolute cijfers geldt. Ook de landbouwmachine-industrie onderscheidt zich doordat relatief veel warmte wordt verbruikt voor warmtebehandeling en lakken/moffelen.

Het eindverbruik van de elektriciteit is in de machine-industrie veel diverser. Heel wat kleine handelingen worden door elektrische energie gevoed. Hier zijn twee duidelijke grootverbruikers te onderscheiden. Comprimeren vraagt in alle deelindustrieën een behoorlijke hoeveelheid elektrische energie. Verlichting is

eveneens een voor alle bedrijfspgroepen naar verhouding belangrijke energieverbruiker, de enige echte uitzondering hier is de industrie van tandwielen en drijfwerkelementen. Deze industrie verbruikt ten opzichte van de andere industrieën evenals de fabrieken van machines en apparaten voor de hout en meubelindustrie etc. (SBI 35.6) veel elektriciteit voor krachtmachines. Het elektriciteitsverbruik van de andere deelprocessen ontloopt elkaar niet zo veel.

Ondanks een groot aantal onderscheiden deelprocessen is bij een aantal sectoren de grootte van het elektriciteitsverbruik voor overige doeleinden niet onaanzienlijk. De sectoren waarvan een groot deel van het elektriciteitsverbruik niet is verklaard zijn:

- 35.3 Fabrieken van machines en apparaten voor de voedingsmiddelen-, chemische en aanverwante industrieën
- 35.4 Hef- e.a. transportwerktuigenindustrie, fabrieken van machines voor de mijnbouw etc.
- 35.5 Fabrieken van tandwielen, lagers en andere drijfwerkelementen
- 35.7 Stoomketel- en krachtwerktuigenindustrie
- 35.8 Kantoormachine-industrie

2.8 Besparingsmogelijkheden

In de machine-industrie bestaat er niet altijd directe belangstelling voor energiebesparing wat te verklaren is door het feit dat de kostenpost van brandstofverbruik klein is. Wel wil men door goede discipline/gedrag het energieverlies binnen de perken houden. Maar pas wanneer het economisch wat minder gaat en men de kosten omlaag wil brengen zal er aandacht besteed worden aan 'het terugbrengen van de energiekosten'. Grote bedrijven hebben vaak wel belangstelling voor mogelijkheden tot energiebesparing. Men zoekt het bij besparingen vaak in verbetering van het rendement van verwarming en verlichting. De energiezuinigheid van een nieuw apparaat wordt niet gezien als de belangrijkste eigenschap. Voor de verschillende energieverbruikende activiteiten zijn er een groot aantal besparingsmogelijkheden beschreven. In deze paragraaf zullen de besparingen en de mogelijkheden om deze te bereiken besproken worden van vier rapporten.

Het E₃T-rapport 'Energieverbruik en besparingsmogelijkheden naar technologieën in de verwerkende industrie' [11] beschrijft besparingsmogelijkheden per deelproces. Informatie is verzameld door middel van literatuurstudies, gesprekken met bedrijven, branche-organisaties en kennisinstellingen. Besparingsmogelijkheden zijn onderzocht van deelprocessen met een verbruik groter dan 1000 TJ (de gehele verwerkende industrie).

'ICARUS-3, The potential of energy-efficiency in the Netherlands up to 2000 and 2015' [12] van de vakgroep Natuurwetenschap en Samenleving (NWS, Universiteit Utrecht) is een studie naar de potentiële verbetering in energie-efficiency naar technische mogelijkheden. Op basis van literatuurstudies worden per installatie het energiebesparingspotentieel, de bijbehorende maatregelen en de investeringskosten gegeven. In deze studie wordt de machine-industrie ingedeeld bij de sector overige metaalindustrie (SBI-code 34 t/m 37).

Het TNO-rapport 'Energiebesparingspotentiëlen 2015' [13] bespreekt de besparingspotentiëlen van de overige metaalindustrie waaronder de machine-industrie valt. Er wordt gekeken naar technologische, investeringsgebonden besparingsopties. Technische besparingspotentiëlen worden bepaald door:

1. het energieverbruik in peiljaar 1986;
2. het gerealiseerde minimum energieverbruik ('best plant') op dit moment (1990);
3. het technisch absoluut minimum met peiljaar 1990;
4. het technisch absoluut minimum met peiljaar 2015.

Het rapport 'Inventarisatie van energiestromen in de industrie' [14] van GASTEC/KEMA vormt een naslagwerk voor onderzoek naar energieverbruik in deelprocessen waarbij in sommige gevallen wordt aangegeven welke besparingsmogelijkheden er zijn.

Tabel 2.8: *Besparingen bij warmteverbruik*

Energieverbruikende processen, functies	Energieverbruik [%]	Besparing [%]	Investeringskosten [gld/GJ]
<i>E₃T</i>			
Ruimteverwarming	61	30	
Ovens	0,2	41	
Drogen	--	31	
Procesverwarmen	5	10	
Direct verwarmen	0,1	24	
Lakken/moffelen	5	40	
Reinigen	4	49	
<i>ICARUS</i>			
Ruimteverwarming		15	50
		<u>15</u> +	200
	57	30	
Procesverwarmen		10	0
		10	30
		<u>20</u> +	47 + 2% O&M
	41	40	
<i>TNO</i>			
Ruimteverwarming		75	

2.8.1 Warmte

De studies NWS en E₃T geven meerdere besparingsmogelijkheden aan op het gebied van warmteverbruik. TNO beperkt zich tot ruimteverwarming. In tabel 2.8 staan de besparingen zoals gegeven in de studies. Tevens is vermeld, indien gegeven, het percentage van het warmteverbruik ten opzichte van het totale warmteverbruik waar deze besparingen betrekking op hebben.

De hier vermelde percentages van ICARUS hebben betrekking op maatregelen te nemen tussen 1990 en 2000. Onder procesverwarmen wordt in ICARUS verstaan alle warmte verbruikt in het productieproces (er is dan nog een groep overige). In het E₃T-rapport wordt niet aangegeven wat men onder procesverwarmen verstaat. In beide studies wordt er van uitgegaan dat ruimteverwarming goed is voor zo'n 60% van het warmteverbruik. Het aantal maatregelen ter verbetering van het rendement is hier nog groot. Verbeteringen volgens ICARUS zijn in twee fasen opgesplitst.

Stap één Dakisolatie, spouwisolatie, vermindering van ventilatie en ventilatie warmteterugwinning. Met deze maatregelen kan een reductie van 15% op de brandstofvraag worden bereikt. Investeringskosten zijn 50 gld/GJ.

Stap twee Duurdere besparingsmaatregelen zijn: vloerisolatie, zware muur isolatie, dubbele beglazing, gebouw optimizer en condenserende ketels. Energiebesparing kan hiermee oplopen tot zo'n 30%. Gemiddelde investeringskosten bedragen 200 gld/GJ.

ICARUS vermeld nog dat er een groot besparingspotentieel ligt in ruimteverwarming door het gebruik van warmtepompen in combinatie met warmte-opslag tanks nadat voorgaande besparingsmaatregelen voor ruimteverwarming zijn geïmplementeerd. Het gebruik van een elektrische warmtepomp kan de resterende brandstofvraag volledig reduceren. Door het gebruik van een warmtepomp met een COP (Coëfficiënt Of Performance) 3,73 zal de extra elektriciteitsvraag 27% bedragen van de brandstofbesparing. Dus een besparing van 73% op de energievraag voor het bedrijf. Omgerekend naar primaire energiedragers is de energievraag $2,5 \times 28\% = 68\%$ en wordt er dus 32% bespaard. Energiekosten blijven in dit geval ongeveer gelijk, bij een hogere COP zal ook hier op bespaard worden. De investeringskosten liggen tussen de 44 en 190 gld/GJ.

In ICARUS worden drie soorten besparingsmaatregelen gegeven voor procesverwarmen. De eerste maatregel is het efficiënter werken met ovens en kent aldus geen investeringskosten (besparingspotentieel 10%). Betere isolatie van de oven en het verminderen van het aantal warmtelekken is de tweede groep van besparingen (besparingspotentieel 10%). Het laatste pakket maatregelen betreft warmteterugwinning voor ruimteverwarming, voorverwarming oveninput of productie van lage-druk stoom (besparingspotentieel 20%). Investeringskosten bedragen hier 47 gld/GJ plus 2% extra Operation & Maintenance-kosten. Voor proceswarmte verwacht men tot het jaar 2015 een energiebesparing van nog eens 20% bij ovens (investeringskosten 70 gld/GJ) onder andere door het toepassen van hoge snelheidsbranders.

In het E₃T-rapport worden op het gebied van ruimteverwarming naast de reeds in ICARUS genoemde maatregelen nog de volgende besparingsmogelijkheden gegeven:

- installaties met een beter rendement, zoals VR-, HR-ketel
- verbetering aan installaties zoals:
 - warmteterugwinning
 - instelling thermostaat (lager), betere regeling
 - onderhoud.

De meeste van deze besparingsmogelijkheden zijn technisch uitontwikkeld en reeds toepasbaar.

Het E₃T rapport heeft het in voor wat betreft warmteverbruik in het productieproces over deelprocessen waarbij warmte wordt verbruikt. De totale besparing bij verwarming door ovens schat men op 41% waarbij. De maatregelen die daartoe kunnen worden genomen betreffen hoge snelheidsbranders (betere warmteverdelingen kortere opwarmtijden) isolatie, verbetering rendement, efficiënter gebruik en warmteterugwinning. De maatregelen worden per deelproces in bijlage F besproken.

In het TNO-rapport wordt gesproken van een besparing van 50% op het verbruik voor verwarming in de best plant situatie. Hierbij wordt uitgegaan van een analyse voor verbruik en besparingsmogelijkheden voor de utiliteitsgebouwen. In het besparingspotentieel voor 2015 is ten opzichte van 1986 een daling van brandstofverbruik verdisconteerd van 75% op het verwarmingsverbruik.

2.8.2 Elektriciteit

De meeste elektriciteit wordt gebruikt voor motoren, compressoren en pompen. Er zijn hier een groot aantal besparingsmaatregelen mogelijk. In tabel 2.9 staan de potentiële van vier de studies gegeven met daarbij, indien gegeven, het percentage elektriciteitsverbruik waarop het betrekking heeft.

De in de tabel gegeven percentages van ICARUS hebben betrekking op maatregelen te nemen in de periode 1990-2000. In ICARUS wordt voor compressoren geen specifiek besparingspotentieel vermeld. Men beperkt zich hier tot het noemen van de besparingsmaatregelen. Deze betreffen het verlagen van de druk en het verminderen van het aantal lekken. Verder verbetert het gebruik van koude lucht het rendement. Een 10 graden hogere inlaattemperatuur zal het elektriciteitsverbruik met 3-4% verhogen. Een andere maatregel is het gebruik van gereedschappen die druklucht efficiënter gebruiken. De terugverdientijd is vaak minder dan een jaar. Bovenop besparing bij compressoren (1990-2000) kan de elektriciteitsvraag tot het jaar 2015 met 10% dalen door efficiëntere apparatuur en motoren en het gebruik van verbeterde sensoren en regelbare motoren.

Tabel 2.9: *Besparing bij elektriciteitsverbruik*

Elektriciteitverbruikend(e) proces, installatie of maatregel	Percentage energieverbruik	Besparing [%]	Investerings- kosten [gld/GJe]
<i>E₃T</i>			
Machine-aandrijving	7	21	
Verlichting	19	40	
Comprimeren	24	35	
Pompen	--	29	
Ventileren	4	29	
Vormen bewerken	4	25	
Overig, werk-/leefklimaat	4	20	
<i>ICARUS</i>			
Motoren		10	1
		<u>15</u> +	150 + 1% O&M
	67	25	
Licht	14	70	72
Overig	19	10	--
<i>TNO</i>			
Zuinige motoren		2 - 4	
Dimensionering		14 - 20	
Beheer/gebruik		10 - 20	
<i>GASTEC/KEMA</i>			
Lichtsystemen gloeilamp		10 - 20	
HID		15 - 30	
TL		30 - 60	
Armatuur		25 - 40	
Vervangen gloeilamp door TL		30	
Regelsystemen		25 - 50	

Van motoren is de capaciteit vaak te groot, een betere dimensionering van de motor zal het elektriciteitsverbruik verminderen. Het toepassen van snelheidsregeling op motoren verbetert de zuinigheid. Goed onderhoud kan tot een energiebesparing leiden van 5 tot soms 10%. Ook hier zijn de besparingsmaatregelen in twee groepen gesplitst. De eerste groep betreft de maatregelen met lage kosten (extra O&M-kosten van 1 gld/GJe). Deze maatregelen zijn het goed gebruiken van de machine (motor) en het onderhoud hiervan. De tweede groep bevat maatregelen met hogere kosten (investeringskosten van 150 gld/GJe en O&M-kosten van 1% van de investeringskosten). In deze tweede groep gaat het om technische maatregelen, zoals snelheidsregelingsystemen.

In ICARUS wordt voor licht één maatregel meegenomen, betere controle en regulatie door lichtbeheersingssystemen. Er wordt een terugverdientijd gegeven

van 1 à 2 jaar. Onder overige elektriciteitsverbruik verstaat men in ICARUS vooral gebruik voor proceswarmte. De voorgestelde maatregelen zijn hier good housekeeping en verbetering van de isolatie. Kosten worden niet gegeven.

De maatregelen gegeven in het E₃T-rapport worden staan in bijlage F.

In het TNO-rapport worden voor de machine-industrie de besparingsmogelijkheden voor kracht beschreven, deze zijn drieledig:

- energiezuinige motoren, 2-4% voor alle kracht;
- betere dimensionering van pompen en compressoren, 14-20% van het geïnstalleerd vermogen voor deze toepassingen;
- beter beheer/gebruik van de betreffende toepassingen door middel van meer geavanceerde regelingen, 10-20% voor de categoriale toepassingen.

In het TNO-rapport wordt in totaal een besparingspotentieel gegeven van ongeveer 25% van het elektriciteitsverbruik tot het jaar 2015. Per toepassing verwacht men dat in de toekomst het energieverbruik verder zal kunnen afnemen tot een niveau van 30-40%. Er wordt echter verwacht dat het aantal toepassingen van elektriciteit zal toenemen en in versterkte mate het aantal geïnstalleerde kW per produkt per jaar, samenhangend met een verhoging van de kwaliteit en snelheid van de produktie. Per saldo zal het categoriaal elektriciteitsverbruik (lassen en kracht) ten opzichte van het basisjaar (1986) met 15% toenemen. Verder verwacht men, overeenkomstig een analyse voor utiliteitsbouw, een besparing te bereiken van 20% op licht en kracht in de utiliteitsbouw in de best plant situatie. In het besparingspotentieel voor 2015 is ten opzichte van 1986 een daling van brandstofverbruik verdisconteerd van 50% op het verwarmingsverbruik.

In het GASTEC-rapport worden de volgende mogelijkheden voor besparing bij licht gegeven. Verbetering van de lichtsystemen kan de doelmatigheid doen toenemen van gloeilampen, HID-systemen en TL-systemen. Ook een beter ontwerp van armaturen kan leiden tot een doelmatigheidsvergroting (energiebesparing). In bestaande systemen kunnen waarschijnlijk de helft van deze maatregelen worden verwezenlijkt. Vervanging van een gloeilamp door een hoge rendements TL-lamp kan het rendement verhogen met 30%. Door het toepassen van regelingen kan de hoeveelheid gevraagde energie met 25 tot 50% afnemen. De meest eenvoudige systemen als voelers en tijdregelaars zijn nog steeds niet wijd verspreid. In Amerika vertegenwoordigen de TL-lampen minder dan 50% van de hoeveelheid verkochte lampen, ondanks intensieve reclamecampagnes.

2.8.3 Warmte/kracht

Warmte/kracht is eind jaren zeventig begin jaren tachtig steeds meer in de belangstelling komen staan. Kort gezegd houdt warmte/kracht-koppeling in dat de restwarmte die bij de elektriciteitsproduktie via de schoorsteen verloren gaat nog wordt benut. Het meest bekend zijn in dit geval gebruik van restwarmte van gasturbine-eenheden van elektriciteitscentrales voor kassen en stadsverwarming welke een grote warmtecapaciteit kunnen gebruiken. Echter ook op kleine schaal is warmte/kracht-koppeling mogelijk. Hierbij moet men denken aan gasmotoren. De vermogens van deze installaties liggen niet in het megawatt gebied maar meer

in de kilowatt. Het meest van belang voor het succes van de aanschaf van een warmte/kracht-installatie is dat er voldoende warmtevraag moet zijn. Er mag nooit een situatie ontstaan waarin het warmte-aanbod groter is dan de warmtevraag. In de praktijk betekent dit dat het warmte-aanbod de warmtevraag volgt. Economisch gezien is een warmte/kracht-installatie haalbaar als de warmtevraag globaal eenzelfde verloop kent als de elektriciteitsvraag. Over een heel jaar genomen moet de verhouding warmte/kracht aan de vraagkant nagenoeg gelijk zijn aan de verhouding van warmte/kracht aan de aanbodkant. Verder is het van belang dat er zoveel mogelijk vollaast gedraaid wordt, dat men dicht bij de warmtevraager zit en de warmte/kracht-installatie zoveel mogelijk bedrijfsuren maakt.

Verschillen tussen aangeboden capaciteit en (piek)vraag kunnen opgevangen worden door:

- een hulpketel voor bijstoken verwarming,
- elektriciteitslevering door het net wanneer warmtevraag niet groot genoeg is,
- elektriciteitslevering aan het net wanneer de warmtevraag naar verhouding groter is dan de elektriciteitsvraag,
- een bufferketel om warmte-overschot op te vangen en warmtevraag aan te vullen,
- te koelen wanneer warmtevraag te klein is.

Koelen is in feite een noodoplossing. Praktisch gezien komt het erop neer dat de bedrijven en instanties met een voldoende constante warmtevraag met succes kleine warmte/kracht-installaties kunnen plaatsen.

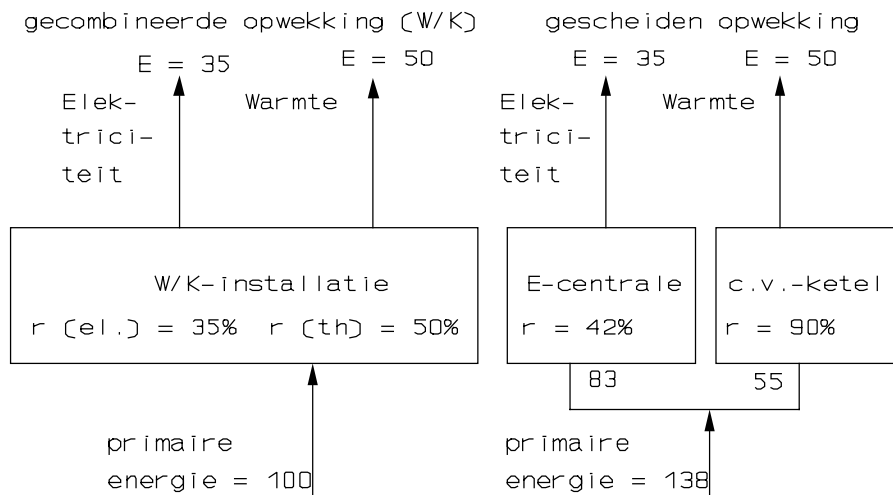
In figuur 2.3 wordt voor twee manieren aangegeven hoeveel primaire energie nodig is voor het opwekken van een zelfde hoeveelheid warmte en elektriciteit. Het totale rendement van de warmte/kracht-installatie in de figuur is 85% (1996). Het gemiddelde rendement van de huidige elektriciteitscentralepark is 42%⁶ en bij verwarmingsketels ligt het rendement op 90%. Het totale rendement is dan 72%.

De plaatsing van gasmotoren is maar langzaam op gang gekomen. In de machine-industrie is warmte/kracht nog maar sporadisch aanwezig. Oorzaken hiervoor zijn:

- gebrek aan voorlichting
- moeilijke inzetbaarheid laagwaardige warmte
- hoge eisen met betrekking tot de terugverdiëntijd.

Alvorens een bedrijf gaat nadenken over het wel of niet aanschaffen van een warmte/kracht installatie moet eerst worden nagegaan of alle andere besparingsmogelijkheden benut zijn en of de elektriciteit- of warmtevraag binnen afzienbare tijd drastisch zal veranderen.

⁶ De meest moderne elektriciteitscentrales hebben een rendement van 55%.



Figuur 2.3: Mogelijke energiebesparing bij toepassing van Warmte/Kracht

Bron: mededeling PWK, 1996

Het wordt pas interessant voor een bedrijf om over warmte/kracht na te denken wanneer de minimale gasvraag 150.000 tot 250.000 m³ gas per jaar bedraagt. Dit is op basis van de energieprijzen van 1991 toen er nog een subsidieregeling was. Voor kantoren wordt het interessant warmte/kracht te overwegen indien het kantooroppervlak meer dan 10.000 m² bedraagt. Wanneer een warmte/krachtinstallatie wordt aangeschaft blijft de reeds aanwezige stookinstallatie meestal gehandhaafd om de piekvraag van warmte op te vangen. Bij het in gebruik nemen van een warmte/krachtinstallatie neemt het gasverbruik gemiddeld met 30% toe.

2.9 Ontwikkelingen

De Nederlandse machine-industrie legt zich met name toe op de productie van lichte en middelzware machines. Zware machinebouw komt in Nederland nog nauwelijks voor en levert voorzover aanwezig, vrijwel uitsluitend aan de energie-sector. De vraag naar machines is conjunctuurgevoelig en kan direct worden afgeleid van de investeringsbereidheid in andere bedrijfstakken. Hierbij in aanmerking nemend dat 50% van de produktiewaarde exportgoederen betreft, moet er dus niet alleen gekeken worden naar de binnenlandse economie.

In de volgende paragrafen zullen de technische en economische ontwikkelingen besproken worden die het energieverbruik beïnvloeden.

2.9.1 Technische ontwikkelingen

Op het gebied van metaal(bewerking), motoren en turbines, scoort Nederland in internationaal opzicht laag. Land- en tuinbouwmachines scoren weer wel goed internationaal gezien (op basis van een octrooistudie) [16]. Echter economisch gezien was dit de laatste jaren een wat mindere tak van de machine-industrie.

Kwaliteit wordt steeds belangrijker in de machinebouw. Men fabriceert meer en meer precisiemachines. Dat heeft tot gevolg dat het productieproces steeds verbeterd moet worden om de gewenste kwaliteit te leveren. Het ontwerpen van machines wordt steeds meer met behulp van CAD-systemen (Computer Aided Design). Door het gebruik van NC-machines (Numerical Control) wordt de metaalbewerking semi-automatisch. De machine moet voor elke nieuw stuk geprogrammeerd worden, maar het bewerken gaat vervolgens geheel automatisch. Een volgende stap in de automatisering is het (met behulp van een computerprogramma) omzetten van het ontwerp in voor de computer gestuurde machine begrijpbare taal. Deze stap wordt door het CAM-systeem (Computer Aided Manufacturing) verzorgd.

De metaalbewerkingsmachines worden voor een bepaalde bewerking aangezet en als men klaar is zet men de machine weer uit. CNC-machines worden als ze niet in gebruik zijn standby gezet. Dit betekent dat, wanneer men ze tijdelijk niet nodig heeft, ze toch energie verbruiken. Bij deze machines wordt niet alleen energie verbruikt voor de feitelijke bewerking van het materiaal maar wordt ook energie verbruikt voor de sturing van de machine. Deze machine kent dus nieuwe elektrische toepassingen.

Een metaalbewerkingsmachine welke zeer energie-inefficiënt te werk gaat is de laserbewerkingsmachine. Kort gezegd wordt ruwweg 2% van de totale energie die er in wordt gestopt gebruikt voor de bewerking van het materiaal. Deze machine heeft echter het grote voordeel dat zij hitte kan concentreren op een zeer klein vlakje. Het voorwerp wordt niet in zijn geheel warm. De machine heeft echter geen grote precisie.

De komende jaren zal de integratie van elektronica in machines verder toenemen. Nederlandse bedrijven dienen zich daartoe te equiperen waarbij ontwikkelingen op het vlak van de mechatronica (de combinatie van werktuigbouwkunde, elektronica, informatica en regeltechniek) ruime aandacht verdienen. Er is een groeiende vraag is naar systemen die verschillende onderdelen van het bedrijfsproces integreren.

Een bepalende factor in de hoogte van het energieverbruik is de compressor. Door mogelijke nieuwe toepassingen van druklucht bij machines zal het energieverbruik stijgen. Daarentegen zijn ook hier de besparingsmogelijkheden nog niet allemaal benut.

Vermindering van het energieverbruik in het fysieke productieproces valt niet te verwachten gelet op de toename van het aantal toepassingen van elektrische energie. Daarbij komt nog dat deze nieuwe machines niet altijd zo zuinig omgaan met energie als men bij nieuwe machines zo mogen verwachten (de laser). Aan de andere kant zijn nog niet alle besparingsmogelijkheden benut.

Op het gebied van verwarming en verlichting is wel degelijk een vermindering van energieverbruik te verwachten. Op dit gebied zijn nog niet alle energiebesparende mogelijkheden door de machine-industrie toegepast. Het besef van het nut van energiebesparingen begint langzaam maar zeker tot meer bedrijven door te dringen.

Verdere automatisering lijkt voor veel bedrijven met computer systemen voor ontwerp en productie niet meer mogelijk. Op het gebied van massaproductie verwacht men eveneens dat er niet veel meer zal worden geautomatiseerd.

In de machine-industrie is er in de loop der jaren een verschuiving van toegepaste materialen geweest. Paste men een aantal jaren geleden nog veel aluminium toe, tegenwoordig gebruikt men steeds meer roestvast staal. Er komt ook steeds meer aandacht voor het toepassen van kunststoffen.

2.9.2 Economische ontwikkelingen

Eind jaren tachtig en begin jaren negentig verkeerde de machine-industrie in een dal. De vraag stond onder druk, er was zelfs omzetsdaling in het begin van de jaren negentig. De daling van de vraag was op de binnenlandse markt sterker dan op de buitenlandse markt. De omzetontwikkeling was met name teleurstellend voor landbouwmachines, machine-gereedschappen, koeltechnische apparaten en drijfwerkelementen. De fabrikanten van machines ten behoeve van de verpakking- en de voedings- en genotmiddelenindustrie konden daarentegen over 1993 nog een lichte omzetsstijging rapporteren. De machine-industrie kent momenteel weer een opwaartse lijn. Vooral de buitenlandse vraag trekt flink aan. Sterke concurrentie drukt echter nog steeds zwaar op de marges.

Sinds enkele jaren is er ook steeds meer concurrentie gekomen uit Oost-Europa. Oosteuropese fabrieken staan te trappelen om te mogen leveren. Men heeft daar de kennis, de installaties en de opleiding. Sommige producten zijn goed vervoerbaar en vervoer is geen probleem gezien de kosten en de snelheid van dit vervoer. Men levert kwalitatief goede producten voor lagere prijzen. De lage prijzen zijn vooral het gevolg van de hoeveelheid handwerkzaamheden en arbeidskrachten zijn in Oost-Europa nog altijd goedkoop. In de machine-industrie is het hier en daar al merkbaar dat men er een nieuwe concurrent erbij heeft.

De machine-industrie heeft te maken met een mondiale markt. De concurrentie op deze markt is hevig en marges zijn derhalve kleiner geworden. De markt voor machines heeft zich het laatste decennium ontwikkeld van een aanbiedersmarkt naar een vragersmarkt. De producent kent geen vaste klant meer maar moet steeds meer zelf op zoek gaan naar opdrachten (van mansupplier naar jobber). Opdrachten worden steeds vaker in de vorm van projecten aangeboden waarop men zich in kan schrijven. Via een puntensysteem wordt besloten wie de opdracht krijgt. Waar men vroeger een contractlooptijd kende van 4 jaar moet men nu in een half jaar tijd een project kunnen afronden, inclusief het produceren en installeren van de machine. Nadeel, ontstaan door het niet op tijd installeren of niet functioneren van het produkt, is voor rekening van de leverancier. Bedrijven zijn steeds minder in staat deze tegenvallers zelf op te vangen. Het mislukken van een project kan voor een fabriek al snel de nekslag betekenen. Men kan dit opvangen door het oprichten van een holding, waardoor er meer financiële reserve wordt opgebouwd.

Door kortere 'time to market' en specifieke eisen van de klant is het rationeel ontwerpen en het opzetten van een soepel draaiende logistieke organisatie belangrijk. Bedrijven zullen zich steeds meer op hun kerntaken richten wat tot gevolg heeft dat productie-onderdelen zullen worden uitbesteed (bijvoorbeeld metaalbewerking en ontwerp). Om dit uitbesteden beter mogelijk te maken worden producten steeds meer modulair ontworpen. Daarnaast bieden bedrijven steeds meer diensten aan als advisering bij het ontwerp van de machine en de uitvoering van projecten, montage en onderhoud om zo een completer productenpakket aan te bieden. Verder zal aandacht moeten worden besteed aan produktinnovatie, -differentiatie en verbetering van produktiemethoden om de Nederlandse machine-industrie concurrerend te houden, zowel op de thuismarkt als de exportmarkt.

De machine-industrie heeft, zoals reeds gezegd met een internationale markt te maken. Echter, nog steeds is de export te zeer gericht op omliggende EG-landen en niet op het zoeken naar nieuwe markten. Wanneer de schaalgrootte van de bedrijven een knelpunt is, kan samenwerking oplossing bieden. Het in de gaten houden van potentiële markten en het aanboren hiervan is zeker voor een bedrijf in een sector met een internationaal karakter van belang.

3. SEGMENT, FUNCTIE EN INSTALLATIE

3.1 Segmentering

Een segment is de verzameling van energieverbruikers binnen een sector waarvoor geldt dat de leden aan een bepaald criterium voldoen. In het algemeen wordt het criterium zo gekozen dat het segment homogeen is: de verzameling energieverbruikers wordt vanwege overeenkomsten in typen energieverbruikende installaties en in typen produkt bij elkaar genomen. Een segment wordt gedefinieerd door de uitputtende opsomming van de er toe behorende SBI-categorieën.

Tussen de subsectoren in de machine-industrie zit verschil in hoeveelheid energieverbruik per werknemer en het soort energieverbruik. Hieronder wordt een mogelijke tweedeling gegeven in de machine-industrie op basis van de energiefuncties vormen/bewerken van metalen en warmtebehandeling. Dit betekent dat ze meer handelingen uitvoeren zoals zagen, knippen, verspanen en meer warmte verbruiken in het productieproces. In onderstaande tabel worden in volgorde van hoge naar lage intensiteit de vijf sectoren gegeven met de hoogste energiekosten per werknemer (zie bijlage C tabel 2):

- 35.5 Fabrieken van tandwielen, lagers en andere drijfwerkelementen
- 35.95 Fabrieken van appendages
- 35.6 Fabrieken van machines en apparaten voor hout- en meubelindustrie
- 35.21 Metaalbewerkingsmachine-industrie
- 35.71/72 Fabrieken van stoomketel- en stookinrichtingen etc.

De landbouw machine-industrie (35.1) is een mogelijke toevoeging aan dit rijtje. Aldus zou het mogelijk zijn in de machine-industrie de volgende twee groepen te onderscheiden. Aan de ene kant de wat lichtere industrie met meer nadruk op assemblage in de productie. Aan de andere kant de zwaardere industrie van de machinefabrikanten die naast assembleren ook metaal bewerken en/of warmtebehandelingen uitvoeren. Daarnaast kan men nog een aantal machine-fabrieken onderscheiden met massaproductie. Het energieverbruik per werknemer ligt in deze fabrieken ruim boven het gemiddelde van de machine-industrie.

De groep van energieverbruikers met de hoogste intensiteit zit ruim boven het gemiddelde energieverbruik per werknemer van de sector. Echter, zoals reeds vermeld in paragraaf 2.5 is het verschil in intensiteit tussen de verschillende bedrijfstakken niet veel groter dan een factor twee. Bovendien zijn de meest energie-intensieve sectoren erg klein en verbruiken absoluut gezien weinig energie (bijlage C tabel 1). Daarbij komt dat de productie-onderdelen die dit onderscheid in energie-intensiteit bepalen in elke subsector in meer of mindere mate te vinden zijn. Ontwikkelingen in bedrijven met massaproductie zullen niet zoveel verschillen van andere bedrijven die veel metaalbewerkingen zelf uitvoeren. In alle industrieën waar metaalbewerking een rol speelt zijn CAD/CAM-systemen (Computer Aided Design, Computer Aided Manufacturing met daaraan gekoppeld de CNC-machine), steeds belangrijker. Voor NEEDIS worden derhalve geen segmenten onderscheiden.

3.2 Energiefuncties

De *energiefunctie* is binnen NEEDIS gedefinieerd als: *een verandering die men tot stand wil brengen met behulp van energie.*

In onderstaande tabel worden nogmaals de activiteiten genoemd die te onderscheiden zijn in een machinefabriek:

- produktontwikkeling/werkvoorbereiding
- het bewerken van metaal, mechanisch/thermisch
- het assembleren van onderdelen
- dienstverlening.

De belangstelling voor dienstverlenende activiteiten is de laatste jaren toegenomen. Het assembleren van apparaten is in de machine-industrie een karakteristiek onderdeel van het productieproces. De energie-intensievere activiteit metaalbewerking is in sommige takken van de machine-industrie nog duidelijk een belangrijk productie-onderdeel. Het is meer karakteristiek voor de metaalproductenindustrie. Het onderdeel ontwerpen is te zien als kantoorfunctie, het is echter geen ondersteunende activiteit maar een fase in het productieproces. Een betere indeling die in de praktijk ook wel gebruikt wordt is die van indirect en direct productiepersoneel. De ondersteunende en de dienstverlenende afdeling vallen in die zin alle twee onder indirect personeel.

In tabel 2.7 zijn reeds de belangrijke energieverbruikende deelprocessen aangegeven aan de hand van de tabel uit het E₃T-rapport. Op basis van deze gegevens en de onderdelen in het productieproces worden de volgende energiefuncties in NEEDIS onderscheiden met mogelijke fysieke indicatoren:

- | | |
|---|--|
| • Communicatie | - hoeveelheid computers |
| • Klimatisering van ruimtes | - verwarmd oppervlak |
| • Verlichten van ruimtes | - verlicht oppervlak |
| • Vormen/bewerken van metaal (mechanisch) | - aantal krachtmachines
- hoeveelheid bewerkt metaal |
| • Procesverwarmen | - hoeveelheid bewerkt metaal |
| • Assembleren van onderdelen | - hoeveelheid aangekochte halffabrikaten (aantallen, geld) |

Die eerste drie energiefuncties zijn binnen NEEDIS standaardfuncties en worden als zodanig ook in de machine-industrie onderscheiden. Onder communicatie wordt verstaan het werken met CAD/CAM-systemen en overige computersystemen. Het vormen en bewerken van metaal wordt meestal door elektrische energie gevoed. Thermische handelingen zijn net als de mechanische bewerkingen energie-intensief. Onder proceswarmte vallen ondermeer warmtebehandeling, smeden (vormen), drogen/moffelen en harden (het verbruik van warmte tijdens het productieproces). Naar energie-inhoud gemeten is gas de meest gebruikte energiebron voor proceswarmte. Assemblage betreft vele kleine handelingen die, voorzover het geen massaproductie betreft handmatig worden uitgevoerd. Door het uitbesteden van productie-onderdelen wordt de post ingekochte hoeveelheid halffabrikaat groter maar wordt de omvang van de assemblage kleiner. Een mogelijkheid om hiervoor te corrigeren is het bijhouden van de aanwezige lascapaciteit.

3.3 Installaties

Een installatie is een systeem dat alleen of in combinatie met andere installaties een energie-omzetting of een energiefunctie realiseert.

Het aggregatieniveau van de installaties ligt onder dat van de energiefuncties. In de machine-industrie zijn de volgende installaties van belang:

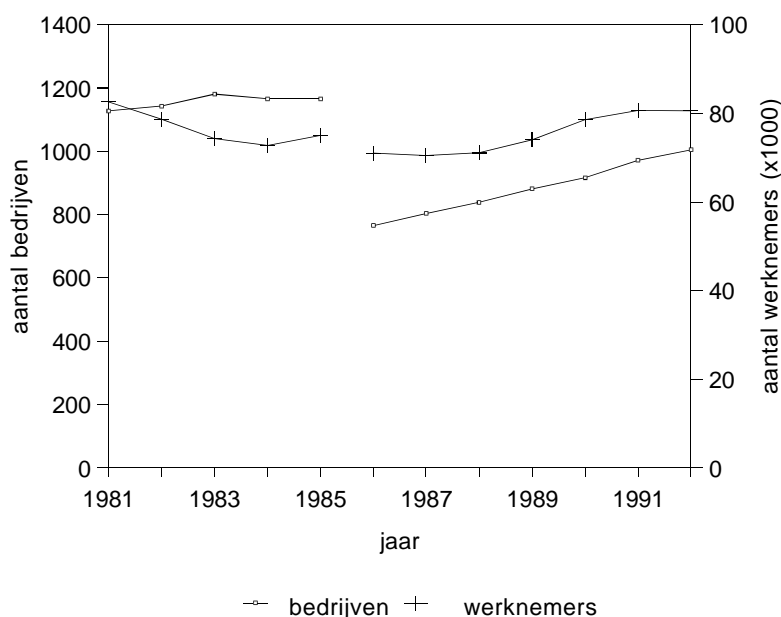
- Verwarmingsapparatuur - verwarmd oppervlak
- Ventilatoren - volume van het gebouw (geventileerd)
- Verlichting - verlicht oppervlak
- Metaalbewerkingsmachines - aantal draaiuren, hoeveelheid verwerkt metaal
- Ovens - opgestelde capaciteit, bezettingsgraad
- Compressoren - aantal draaiuren, opgestelde capaciteit
- Lasapparatuur - opgestelde capaciteit, inzetijd/bezettingsgraad

Achter elke installatie staan de mogelijke fysieke grootheden gegeven die het prestatieniveau bepalen. Verwarmingsapparatuur, ventilatoren en verlichting hebben betrekking op de standaardfuncties klimatisering en verlichting. De volgende installaties hebben betrekking op vormen/bewerken van metaal en procesverwarmen. De compressor is een conversie-apparaat en valt niet onder een energiefunctie. Drukluft wordt meestal gebruikt voor het schoonspuiten van te bewerken onderdelen, enkele krachtmachines gebruiken eveneens drukluft. Bij het assembleren van onderdelen worden handmachines gebruikt die drukluft gebruiken. Lasapparatuur valt onder de energiefunctie assembleren. De meeste metaalbewerkingsmachines zijn krachtmachines, echter er wordt ook laserapparatuur gebruikt voor het bewerken van metaal. Ovens komen in de machine-industrie weinig voor. Procesverwarming is echter wel een energieverslindend proces. Lassen is eveneens een energie-intensief proces. Lasapparatuur verbruikt men door het jaar heen relatief gezien weinig, de inzetijd is laag.

4. GEGEVENS VAN DE SECTOR

4.1 Getallen over het segment

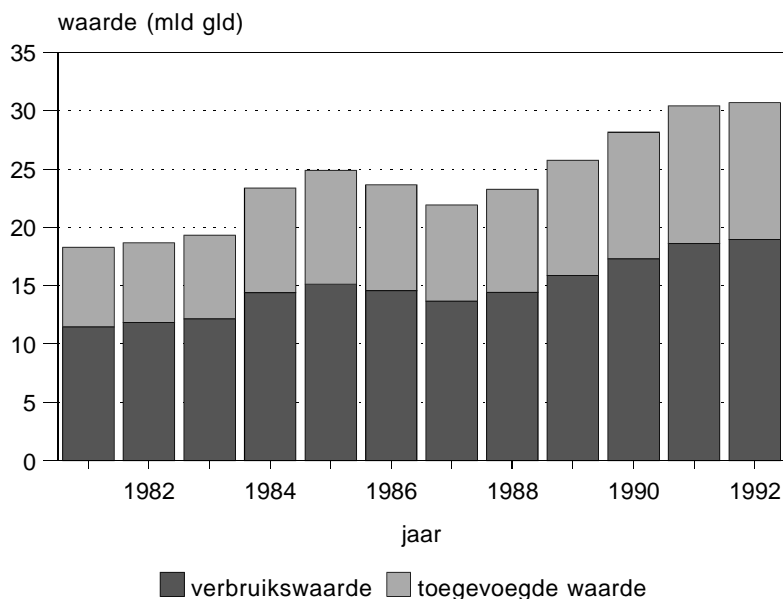
In figuur 4.1 wordt het aantal bedrijven en het aantal werknemers in de machine-industrie gegeven [3]. De grafiek is in tweeën gesplitst daar het CBS in 1986 van gegevens van bedrijven met 10 of meer werknemers overging naar bedrijven met 20 of meer werknemers hetgeen ook geldt voor de produktiewaarde, de verbruikswaarde en de arbeidskosten. Het aantal bedrijven is van 1986 tot 1992 bijna lineair gestegen. Het aantal werknemers is in diezelfde periode volgens een s-vormige curve gestegen. In bijlage E worden de getallen gegeven.



Figuur 4.1: *Aantal bedrijven en werknemers in de machine-industrie*

Bron: CBS [7]

In figuur 4.2 staan de verbruikswaarde en de toegevoegde waarde (samen de produktiewaarde) van de machine-industrie weergegeven in lopende prijzen [3]. Over de gehele periode varieert de verhouding verbruikswaarde ten opzichte van de produktiewaarde nauwelijks. Ze blijft rond de 60% zweven. De toegevoegde waarde is over de gegeven periode meegegroeid met de produktiewaarde. In de eerste tabel van bijlage E worden de drie grootheden naast elkaar weergegeven. In de jaren tachtig is er over het geheel een stijging te zien van de productie met een behoorlijke terugslag halverwege het decennium (economische crisis). Begin jaren negentig is er een afname van de groei in de machine-industrie. In deze periode zat de machine-industrie in een dal. Momenteel is men optimistischer over de groeimogelijkheden van de sector. De economie trekt in zijn geheel weer aan en de machine-industrie volgt. Deze stijging in de vraag wordt vooral door het buitenland veroorzaakt.



Figuur 4.2: Verbruikswaarde en toegevoegde waarde in de machine-industrie

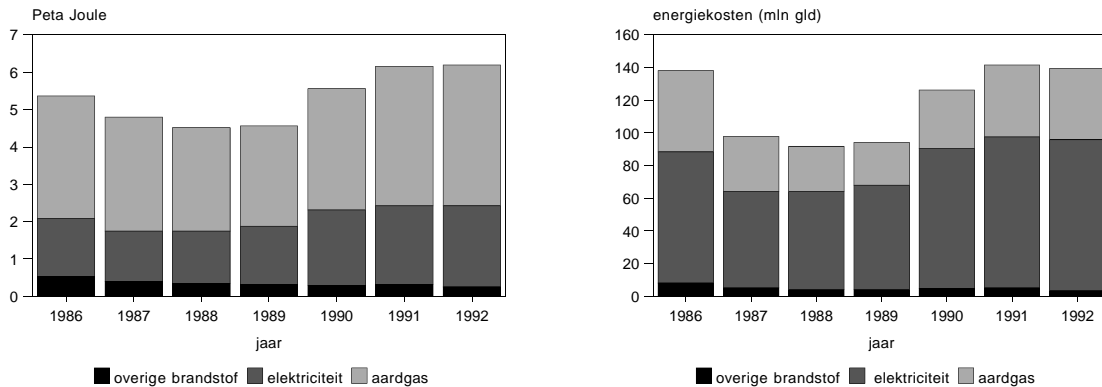
Bron: CBS [7]

Een duidelijk verschijnsel in de machine-industrie is het feit dat de arbeidskosten zijn gedaald ten opzichte van de toegevoegde waarde (van 88% in 1981 naar 75% in 1992, tabel 1 bijlage E). Mogelijk is hier de al eerder vermelde uitbreiding van het aantal elektrische toepassingen in het productie proces terug te vinden (semi-automatisering). De kapitaalcoëfficiënt is in de tweede helft van de jaren tachtig dan ook gestaag omhoog gegaan (tabel 3 bijlage E). De machine-industrie is steeds kapitaalintensiever geworden. Begin jaren negentig is er procentueel gezien weer een lichte stijging van de arbeidskosten van werknemers te zien. In 1989 is deze 73% en in 1992 is 75%. In figuur 4.3 worden het energieverbruik en de energiekosten in lopende prijzen weergegeven voor een aantal jaren [7]. Het meest opvallend is dat deze beide nogal variëren. Het energieverbruik neemt halverwege de jaren tachtig sterk af en blijft een aantal jaren gelijk om vervolgens weer groter te worden. Te zien is dat het in 1992, de economisch gezien mindere periode, nauwelijks stijgt.

Gegevens over warmte/kracht inzet ontbreken, E_3T geeft voor 1988 de elektriciteitsproductie van warmte/kracht aan, 11 TJe (0,8% van totaal elektriciteitverbruik).

Getallen die door het CBS worden verzameld betreffen meestal de bedrijven met 20 of meer werknemers. Gegevens over bedrijven met 19 of minder werknemers worden in het samenvattend overzicht van de industrie gepubliceerd. Hieruit kunnen de produktiewaarde, verbruikswaarde, energiekosten, toegevoegde waarde en arbeidskosten in procenten van toegevoegde waarde worden gevonden met een betrouwbaarheidsinterval van 95%. In de laatste tabel van bijlage E worden deze gegevens van enkele jaren gegeven. Bedrijven met 19 of minder werknemers nemen 12% van de totale produktiewaarde voor hun rekening. De arbeidskosten

uitgedrukt in procenten van de toegevoegde waarde liggen hier een stuk lager (ca. 67% voor de jaren 1989 t/m 1992).



Figuur 4.3: *Energieverbruik en energiekosten in lopende prijzen van de machine-industrie*

Bron: CBS [5]

4.2 Getallen over de energiefuncties

Gegevens die betrekking hebben op de energiefuncties ontbreken veelal. De volgende gegevens zijn niet bekend:

- oppervlakte van bedrijfsruimten
- capaciteit van het productiepark
- capaciteit ovens
- productie-uren van de installaties.

Door het FME is éénmalig de verdeling van het personeel over de verschillende functies onderzocht voor onder andere de machine-industrie. Deze verdeling wordt in onderstaande tabel gegeven.

Tabel 4.1: *Personele verdeling in de machine-industrie (1992)*

Taakomschrijving	Percentage
Productiepersoneel	53,0
Werkvoorbereiding	4,5
Produktontwikkeling	5,5
Administratief	6,0
Leidinggevend	3,6
Technische dienst	7,1
Kwaliteitspersoneel	1,9
In-/verkoop commercie	10,0
Algemeen	8,1

Bron: FME; Arbeidsmarkt onderzoek metaal- en elektrotechnische industrie Nederland 1992

De gegevens over inkoop betreffen alleen bedrijven met 50 of meer werknemers. Hoeveelheden ingekocht metaal werden door het CBS tot 1990 gegeven in de eenheden tonnen en guldens. Na 1990 wordt de hoeveelheid ingekocht metaal

alleen nog uitgedrukt in guldens. De inkoop van halffabrikaten wordt uitgedrukt in geldhoeveelheden. Om een fysieke hoeveelheid te krijgen van het ingekocht metaal moeten de prijzen van de metaalprodukten bijgehouden worden. In tabel 4.2 worden van beide over een aantal jaren de waarden gegeven.

Tabel 4.2: *Hoeveelheid ingekocht metaal en halffabrikaten (bedrijven met meer dan 50 werknemers, lopende prijzen)*

Jaar	Metaal		Halffabrikaten [mln gld]
	[tonnen]	[mln gld]	
1988	336.082	715	3.656,6
1989	396.722	927	3.882,4
1990	393.925	954	4.126,3
1991	361.085 ⁷	905	4.777,3
1992	410.041 ⁷	962	4.880,0

Bron: CBS [4]

In tabel 4.3 wordt voor 1988 van enkele energiefuncties de verbruikte energiehoeveelheid gegeven aan de hand van de tabel van E₃T (zie bijlage D).

Tabel 4.3: *Primair energieverbruik [TJ] van de energiefuncties (1988)*

Energiefunctie	Primair energieverbruik
Klimatisering van ruimtes	2623
Verlichten van ruimtes	995
Vormen/bewerken van metaal	1018
Procesverwarmen	979
Assembleren van onderdelen	325

In dit geval is ongeveer 66% van het energieverbruik in de machine-industrie verklaard. Kijken we naar energie-efficiency per verwerkte hoeveelheid metaal dan komen we voor de energiefunctie vormen bewerken van metaal op een waarde van 3,029 MJ/kg metaal. Voor de energiefunctie procesverwarmen komen we op een efficiency van 2,501 MJ/kg metaal. Dit betreft geaggregeerde waarden, geen technische proces efficiency. Voor de energiefunctie communicatie is vanuit de tabel van E₃T geen waarde te bepalen. Het energieverbruik van computers valt onder overig werk-/leefklimaat (ventilatie, computers, airconditioning) wat overigens in 1988 2,3% van het beslag op primaire energiedragers is. De indeling van deelprocessen per energiefunctie wordt in bijlage E gegeven.

7

Het tonnagegetal is geschat met behulp van prijsindexcijfer voor inkoop van grondstoffen en halffabrikaten voor de machine-industrie [CBS; Statistisch jaarboek 1995].

4.3 Getallen over installaties

Er zijn geen periodieke gegevens over de afzonderlijke apparatuur in de machine-industrie. In tabel 4.4 wordt op basis van de tabel van E₃T het primair energieverbruik per installatie (deelproces) gegeven.

Tabel 4.4: *Primair energieverbruik [TJ] per installatie (1988)*

Installatie	Primair energieverbruik
Verwarming	2220
Ventilatie	200
Krachtsmachines	1018
Ovens	979
Compressor	1225
Lassen	325

Het betreft hier 78% van het energieverbruik. De indeling van de deelprocessen bij installaties wordt gegeven in bijlage F.

5. BRONNEN

5.1 Bronnen op segmentniveau

Op segmentniveau zijn de bronnen voor jaarlijkse gegevens verzameling:

- CBS: Produktiestatistieken industrie
- CBS: Nederlandse Energiehuishouding
- CBS: Samenvattend overzicht van de industrie met gegevens van bedrijven met 1-19 werknemers.

De produktiestatistieken bevatten gegevens van bedrijven met 20 of meer werknemers tenzij anders vermeld. Gegevens over produktiewaarde, verbruikswaarde (waaronder energiekosten) en toegevoegde waarde zijn tot op 4 digit niveau verzameld. In de Nederlandse energiehuishouding wordt het fysieke energieverbruik tot op drie digit niveau bijgehouden. Het samenvattend overzicht van de industrie van het CBS bevat tevens statistische gegevens over bedrijven met minder dan twintig werknemers, waaronder energiekosten.

Binnen de machine-industrie zijn er zeer vele branche-organisaties waarvan de meeste zijn aangesloten bij de FME (Federatie van Metaal en Elektrotechnische industrie). Het FME is een overkoepelend orgaan voor de metaal-, elektronica- en elektrotechnische industrie en aanverwante sectoren. Aangesloten zijn 85 branchegroeperingen. Het FME produceert statistische jaaroverzichten die zijn gebaseerd op CBS-cijfers. Door de branche-organisaties zelf worden in de industrie geen gegevens verzameld.

De Metaal-unie (Nederlandse Organisatie van Ondernemers in het midden- en kleinbedrijf in de metaal) houdt onder leden sporadisch enquêtes. Dit zijn meestal opdrachten van bedrijven zelf die worden begeleid bij het verzamelen van gegevens.

Gegevens over warmte/kracht worden door CBS gegeven voor de overige metaalindustrie waar de machine-industrie onder valt. Dit betreft met name gegevens over gasturbines. Men hoopt op termijn een beter zicht te krijgen over de inzet van gasmotoren. Deze gegevens zijn voor de machine-industrie interessanter daar het warmteverbruik vaak niet hoog genoeg is om grote warmte/kracht-installaties toe te passen. Senter houdt eveneens alleen gegevens bij van gasturbines (referentielijst). Het gaat daarbij tevens om gesubsidieerde installaties. Gegevens over de hoeveelheid warmte/kracht-installaties aangeschaft in eigen beheer heeft men niet. In het E₃T rapport wordt eenmalig de hoeveelheid warmte/kracht inzet gegeven voor het jaar 1988.

5.2 Bronnen op functieniveau

Jaarlijkse gegevens voor een indicatie van de verschillende energiefuncties worden alleen door het CBS gegeven. Het E₃T-rapport geeft voor enkele energiefuncties een eenmalige waarde van het energieverbruik, daarbij wordt tevens aangegeven wat energiebesparingsmogelijkheden zijn (zie bijlage F).

De meeste onderzoeken naar energieverbruik geven aan wat de besparingsmogelijkheden/potentiëlen/verwachtingen in de verschillende industrieën zijn. Hierbij wordt de machine-industrie samengenomen met andere metaalindustrieën. Onderzoeken die als bron voor energiebesparing in de toekomst voor de machine-industrie kunnen dienen, zijn:

- TNO : Energiebesparingspotentiëlen 2015
- NWS : ICARUS-3
- NWS : Long term industrial energy efficiency improvement
- RIVM : Samenwerkingsproject procesbeschrijvingen industrie
Nederland
- GASTEC, KEMA : Inventarisatie van energiestromen in de industrie.

5.3 Bronnen op installatieniveau

Gegevens op installatieniveau zijn nog heel schaars. Enkele bedrijven stellen wel gegevens ter beschikking maar het gaat dan meestal om de gas- en elektriciteitsrekening. Gegevens zoals de in hoofdstuk 3 aangegeven fysieke indicatoren heeft men nauwelijks. Het E₃T-rapport geeft eenmalig voor de verschillende installaties (deelproces) het energieverbruik direct weer met voor sommige deelprocessen het energiebesparingspotentieel. Deze gegevens zijn verkregen op basis van enquêtes. Hierbij dient gelijk weer te worden aangetekend dat voor verscheidene sectoren een aanzienlijk deel van het energieverbruik valt onder overige deelprocessen. Er zijn op geen bronnen bekend die gegevens op installatieniveau jaarlijks bijhouden. De andere reeds in de vorige paragraaf genoemde bronnen geven voor enkele technieken de besparingsmogelijkheden aan. Dit zijn:

- TNO : Energiebesparingspotentiëlen 2015
- NWS : ICARUS-3
- RIVM : Samenwerkingsproject procesbeschrijvingen industrie
Nederland
- GASTEC, KEMA : Inventarisatie van energiestromen in de industrie.

6. ADVIES VOOR MONITORING

Aan ruimteverwarming gaat in de machine-industrie de meeste (primaire) energie op in zoverre deze industrieën geen metaalbewerkingen uitvoeren of veel proceswarmte verbruiken. Deze uitzonderingen zijn in hoofdstuk 3 reeds genoemd:

- landbouwmachine-industrie
- metaalbewerkingsmachine-industrie
- fabrieken van tandwielen, lagers en andere drijfwerkelementen
- fabrieken van machines en apparaten voor hout- en meubelindustrie etc.
- fabrieken van stoomketel- en stookinrichtingen etc.
- fabrieken van appendages.

De afgelopen jaren is het assemblerende karakter van de machine-industrie steeds dominanter geworden. Men kan zelf steeds minder concurrerend metaalbewerkingen uitvoeren. Alleen de echt grote bedrijven binnen de machine-industrie zijn in staat een eigen metaalbewerkingsafdeling te behouden. Industrieën waar metaalbewerking de hoofdactiviteit is zoals de tandwiel- en appendagefabrieken houden deze activiteiten natuurlijk wel.

Van belang is dat er in de loop der jaren steeds meer elektrische toepassingen zijn bijgekomen in het productieproces. Deze nieuwe toepassingen betekenen lang niet altijd een verbetering van energie-efficiency. Voorbeelden hiervan zijn de CNC-machines, CAD/CAM-systemen en laserapparatuur. De toename van het elektriciteitsverbruik wordt dus niet alleen veroorzaakt door volume-effecten maar ook door deze nieuwe toepassingen.

In 1992 is een convenant (intentieverklaring) gesloten tussen het ministerie van economische zaken en de werkgeversorganisatie FME (Vereniging van ondernemingen in de metaal-, elektronica en elektrotechnische industrie en aanverwante sectoren). De FME omvat echter teveel soorten industrieën om tot universele doelstellingen te komen. Het ministerie onderhandelt nu met afzonderlijke industrieën binnen de metaalsector. Men is daarbij vooral geïnteresseerd in de zwaardere industrieën (basismetaleel). Met de machine-industrie zijn nog geen afspraken gemaakt en deze worden ook niet snel verwacht. Het is daarom niet nuttig om MJA's te volgen.

Door ontwikkelingen als specialisatie en automatisering kan zich in de toekomst een duidelijkere segmentstructuur gaan aftekenen. Om inzicht te houden in de energie-intensiteitsontwikkelingen van de bedrijfstakken dienen op 4 digitniveau CBS gegevens betreffende energieverbruik en werknemers te worden bijgehouden.

6.1 Segmentgegevens

Segmentgegevens komen van het CBS. Voor NEEDIS is het van belang dat gevolgd worden:

- de produktiewaarde
- de verbruikswaarde
- de toegevoegde waarde
- energiekosten
- energieverbruiken
- het aantal werkzame personen
- de deflator voor de machine-industrie.

Deze gegevens moeten jaarlijks bijgehouden worden. Gegevens over de inzet van warmte/kracht zijn nog niet bekend. Het CBS houdt de inzet bij voor de sector Overige metaalprodukten waar de machine-industrie onder valt.

6.2 Gegevens over energiefuncties

Om ontwikkelingen van energiefuncties te volgen dienen periodiek gegevens verzameld te worden van:

- indirect/direct personeelsbestand
- oppervlakte van bedrijfsruimten
- hoeveelheid ingekocht metaal
- hoeveelheid ingekocht halffabrikaat.

Gegevens over de hoeveelheid ingekocht metaal en halffabrikaat staan vermeld in de produktiestatistieken. Gegevens over ingekocht metaal worden na 1990 alleen nog gegeven in miljoenen guldens. Voor het omrekenen naar tonnen dienen de prijzen van de verschillende metaalprodukten te worden bijgehouden. Overige gegevens moeten verzameld worden door middel van enquêtes. Dit dient eens in de drie jaar te gebeuren.

Met behulp van meer gedetailleerde gegevens over metaalinkoop kan in principe het specifiek energieverbruik voor kracht en ovens gevolgd worden.

6.3 Gegevens over installaties

Het E₃T-rapport geeft éénmalig het energieverbruik van installaties (deelprocessen weer. Cijfers over installaties worden verder niet periodiek verzameld. Om een goed beeld te krijgen van het energieverbruik op installatieniveau dienen de volgende gegevens door middel van enquêtes te worden verzameld:

- capaciteit van verwarmingsinstallatie
- opgestelde capaciteit van compressoren
- draaiuren van compressoren
- opgestelde capaciteit metaalbewerkingsmachinepark

- draaiuren van het metaalbewerkingsmachinepark
- opgestelde capaciteit ovens
- draaiuren/bezettingsgraad ovens.

Het verzamelen van deze gegevens dient minimaal eens in de drie jaar te gebeuren. Het verzamelen van gegevens betreffende de ventilatie wordt niet noodzakelijk geacht, het energieverbruik van deze installaties is laag. Ook het verzamelen van gegevens over lasapparatuur (opgestelde capaciteit en inzetijd) is niet nodig daar het energieverbruik van deze installaties eveneens erg klein is.

Voor de verschillende onderdelen dienen voorzover mogelijk de besparingsopties te worden bijgehouden, welke besparingen zijn gerealiseerd en welke potentiëlen er nog zijn.

REFERENTIES

- [1] CBS: *Standaardbedrijfsindeling (SBI 1974)*. Voorburg/Heerlen.
- [2] CBS: *Standaardbedrijfsindeling (SBI 1993)*. Overzicht en schakelschema's, Voorburg/Heerlen, 1992.
- [3] CBS: *Samenvattend overzicht van de industrie 1992*. 's-Gravenhage, Sdu/CBS-publikaties, 1994.
- [4] CBS: *Produktiestatistieken industrie*. Voorburg/Heerlen, 1994.
- [5] CBS: *De Nederlandse energiehuishouding*. Jaarcijfers publikaties 1987-1992, Voorburg/Heerlen, 1992.
- [6] CBS: *Nationale rekeningen*. 1994.
- [7] CBS: *Statistisch jaarboek*. Publikaties 1985, 1987, 1991, 1995, Sdu/uitgeverij, 's-Gravenhage.
- [8] RIVM, RIZA EN DGM: *Procesbeschrijvingen industrie*. Samenwerkingsproject Procesbeschrijvingen Industrie Nederland, basisjaar 1986-1989.
- [9] K. Blok, K. Burges, J.M. Bais, A.W.N. van Dril: *De NEEDIS structuur*. NEEDIS, 1994.
- [10] Prof.dr. W.G.H. van Hulst, dr. J.G.L.M. Willems: *Externe Organisatie*. Stenfert Kroese, Leiden/Antwerpen, 1992.
- [11] E₃T consult b.v., Novem: *Energieverbruik en besparingsmogelijkheden naar technologieën in de verwerkende industrie*. Woubrugge, 1991.
- [12] J.G. de Beer, M.T. van Wees, E. Worrell, K. Blok: *ICARUS-3, The potential of energy efficiency in the Netherlands up to 2000 and 2015*. Vakgroep Natuurwetenschap en Samenleving, Universiteit Utrecht, 1994.
- [13] A.G. Melman, H. Boot, G. Gerritse: *Energiebesparingspotentiëlen 2015*. TNO, april 1991.
- [14] GASTEC, KEMA: *Inventarisatie van energiestromen in de industrie*. NV KEMA/GASTEC NV, Arnhem/Apeldoorn, 1992.
- [15] R. Smit, J.G. de Beer, E. Worrell, K. Blok: *Long term industrial energy efficiency improvement: Technology descriptions*. Vakgroep Natuurwetenschap en Samenleving, Universiteit Utrecht, 1994.
- [16] Dr. E.C. Engelsman, dr. A.F.J. van Raan: *Studie 'Nederland in de moderne technologie: een positiebepaling op basis van octrooien'*. Centrum voor Wetenschaps- en Technologiestedies (CWTS/LISBON), Rijksuniversiteit Leiden, Abstract van Staatscourant 15-3-1990.
- [17] *Rabobank Cijfers & Trends*, Rabobank Nederland, 1994/1995, 1995/1996.
- [18] Ir. L.F.L.M. Bousardt, ir. F.E.J. Simonetti: *Voorstudie verhoging van het gebruiksrendement bij warmte/kracht-koppeling*. Vereniging Krachtwerktuigen, Amersfoort, januari 1985.
- [19] VEG-GASINSTITUUT: *Warmte/krachtkoppeling*. Apeldoorn, Herziene uitgave, december 1988.
- [20] Projektbureau Warmte/Kracht: *Stoomopwekking met gasmotoren*. Driebergen-Rijsenburg, februari 1992.
- [21] Projektbureau Warmte/Kracht: *Warmte/Kracht ja/nee*. Driebergen-Rijsenburg, juni 1991.
- [22] Persoonlijke mededeling van dhr. J. Kloots, CBS.
- [23] Persoonlijke mededeling van dhr. O van Aardenne, Ministerie van Economische Zaken.

BIJLAGE A. SBI'93 MACHINE-INDUSTRIE

SBI-code	Omschrijving van de sector
29	VERVAARDIGING VAN MACHINES EN APPARATEN
291	<i>Vervaardiging en revisie van voor de productie en toepassing van mechanische energie (excl. motoren voor vliegtuigen, motorvoertuigen en -fietsen)</i>
2911	Vervaardiging en revisie van motoren en turbines (excl. motoren voor vliegtuigen, motorvoertuigen en -fietsen)
2912	Vervaardiging van pompen en compressoren
2913	Vervaardiging van appendages
2914	Vervaardiging van tandwielen, lagers en andere drijfwerk elementen
292	<i>Vervaardiging van overige machines en apparaten voor algemeen gebruik</i>
2921	Vervaardiging van industriële ovens en branders
2922	Vervaardiging van hijs-, hef- en andere transportwerktuigen
2923	Vervaardiging van machines en apparaten voor industriële koeltechniek en klimaatregeling
2924	Vervaardiging van overige machines en apparaten voor algemeen gebruik n.e.g. en van machine onderdelen n.e.g.
293	<i>Vervaardiging van landbouwmachines en -werktuigen</i>
2931	Vervaardiging van landbouwtractoren
2932	Vervaardiging van landbouwmachines en -werktuigen (excl. -tractoren)
294	<i>Vervaardiging van gereedsschapswerktuigen</i>
2940	Vervaardiging van gereedsschapswerktuigen
295	<i>Vervaardiging van overige machines en apparaten voor specifieke industriële activiteiten</i>
2951	Vervaardiging van machines voor ijzer- en staalproductie
2952	Vervaardiging van machines voor delfstofwinning en de bouw
2953	Vervaardiging van machines en apparaten voor de productie van voedings- en genotmiddelen
2954	Vervaardiging van machines en apparaten voor de productie van textiel, kleding, leer en lederwaren
2955	Vervaardiging van machines en apparaten voor de productie van papier, karton en papier- en kartonwaren
2956	Vervaardiging van overige machines en apparaten n.e.g. voor specifieke niet industriële activiteiten
296	<i>Vervaardiging van wapens en munitie</i>
2960	Vervaardiging van wapens en munitie
297	<i>Vervaardiging van huishoudelijke apparaten</i>
2971	Vervaardiging van elektrische huishoudelijke apparaten
2972	Vervaardiging van niet elektrische huishoudelijke apparaten

Bron: CBS [2]

BIJLAGE B. PRODUKTVERKOOP

Tabel B.1: *Verkoop machine-industrie van karakteristieke produkten (1992)*

SBI	Bedrijfsgroep	Omzet [mln gld]
35.1	Landbouwmachine-industrie	1038
35.2	Metaalbewerkingsmachine-industrie en machinegereedschappenfabrieken	680
35.3	Fabrieken van machines en apparaten voor de voedingsmiddelen-, chemische en aanverwante industrieën	2796
35.4	Hef- e.a. transportwerktuigenindustrie, fabrieken van machines voor de mijnbouw etc.	1828
35.5	Fabrieken van tandwielen, lagers en andere drijfwerkelementen	199
35.6	Fabrieken van machines en apparaten voor hout en meubelindustrie etc.	857
35.7	Stoomketel- en krachtwerktuigenindustrie	1237
35.8/9	Overige machine- en apparatenindustrie	6942

Bron: CBS [4]

BIJLAGE C. ENERGIE-INTENSITEITSCIJFERS

Tabel C.1: *Energiekosten vergeleken met arbeidskosten, produktiewaarde en bruto toegevoegde waarde tegen marktprijzen (1992)*

SBI	Energie	Arbeid	<u>Energie</u> arbeid	Productie	<u>Energie</u> productie	Bruto toegevoegde waarde	<u>Energie</u> toegevoegde waarde
	[mln gld]	[mln gld]	[×1000]	[mln gld]	[×1000]	[marktprijzen]	[× 1000]
35.1	8,2	310	26	1171	7	422	19
35.21	1,4	71	20 ⁸	230	6	88	16
35.22	6,9	270	25	663	10	351	20
35.31	2,7	156	17	424	6	187	14
35.32	11,1	572	19	1807	6	694	16
35.33/34	5,9	351	17	1076	5	396	15
35.41	10,4	581	18	2107	5	771	13
35.42	3,7	142	26	454	8	183	20
35.5	4,0	92	43	250	16	113	35
35.6	9,6	302	32	927	10	416	23
35.71/72	9,5	308	31	1270	7	408	23
35.73/74	3,8	144	26	455	8	175	22
35.91	7,3	408	18	1654	4	551	13
35.92	10,8	598	18	2069	5	773	14
35.93/94	0,5	32	16	96	5	34	15
35.95	4,4	115	38	446	10	191	23
35.96	3,4	137	25	359	9	183	19
35.97/8	17,5	700	25	2962	6	1193	15
35.98	1,9	87	22	225	8	109	17

Bron: CBS [4]

⁸ In de jaren 1990 en 1991 is de factor respectievelijk 34 en 33.

Tabel C.2: De energiekosten per werknemer voor de bedrijfssubgroepen in de machine-industrie (1992)

SBI	Energiekosten [mln gld]	Aantal werknemers	Energiekosten per werknemer [× 1000 gld]
35.1	8,2	5.033	1,6
35.21	1,4	1.082	1,3 ⁹
35.22	6,9	4.042	1,7
35.31	2,7	2.250	1,2
35.32	11,1	8.423	1,3
35.33/34	5,9	5.127	1,2
35.41	10,4	8.921	1,2
35.42	3,7	2.253	1,6
35.5	4,0	1.416	2,8
35.6	9,6	4.248	2,3
35.71/72	9,5	4.649	2,0
35.73/74	3,8	2.162	1,7
35.91	7,3	5.650	1,3
35.92	10,8	9.457	1,1
35.93/94	0,5	443	1,1
35.95	4,4	1.775	2,4
35.96	3,4	2.219	1,5
35.97/8	17,5	10.121	1,7
35.98	1,9	1.344	1,4
<20 werknemers	16,0	12.300	1,3

Bron: CBS [3]

⁹ In de jaren 1990 en 1991 is de factor 2,1.

BIJLAGE D. ENERGIEVERBRUIK DEELPROCES

Indien in een veld geen gegevens staan betekent dit dat het desbetreffende deelproces niet van toepassing is voor deze sector. Wanneer van een veld (technologie-deelsector) geen kwantitatieve gegevens beschikbaar zijn is het verbruik bij een ander standaarddeelproces ondergebracht (bijvoorbeeld perslucht toepassingen) en aangegeven met ++.

Tabel D.1: *Warmteverbruik machine-industrie [TJ] (1988)*

SBI	35.1	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9
<i>Standaarddeelproces</i>									
Ruimteverwarming	138	134	407	257	41	156	257	220	610
Verwarmen/verhitten oven	++	7	++	++	++	++	++	++	++
Drogen	++	++							
Verwarmen procesverwarmen									
Direct/indirect	++		66	43		11		38	35
Smelten			5			5	57	28	
Reinigen/wassen	20	9	33	21		12	29		14
Verwarmen branden direct						5			
Lakken/moffelen (oven)	59	25	33	21		12		19	14
Vormen							++		++
Warmtebehandeling	75	31		++	40	24			pm
Snijden/knippen			33	21		++	++		
Machine-aandrijving							29		
Overige		12	85	65	50	20	195	103	9
Totaal energieverbruik	292	218	662	428	131	245	567	408	682

Bron: E₃T [11]

Tabel D.2: *Warmteverbruik machine-industrie [in % van warmteverbruik per deelsector] (1988)*

SBI	35.1	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9
<i>Standaarddeelproces</i>									
Ruimteverwarming	47	61	61	60	31	64	45	54	89
Verwarmen/verhitten oven	++	3	++	++	++	++	++	++	++
Drogen	++	++							
Verwarmen procesverwarmen									
Dir./indir.	++		10	10		4		9	5
Smelten			1			2	10	7	
Reinigen/wassen	7	4	5	5		5	5		2
Verwarmen branden direct						2			
Lakken/moffelen (oven)	20	11	5	5		5		5	2
Vormen							++		++
Warmtebehandeling	26	14		++	31	10			pm
Snijden/knippen			5	5		++	++		
Machine-aandrijving							5		
Overige		6	13	15	38	8	34	25	1

Tabel D.3: *Elektriciteitsverbruik machine-industrie [TJ] (1988)*

SBI	35.1	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9
<i>Standaarddeelproces</i>									
Machine-aandrijving	6	8	21	6	13	27	15	25	20
Verlichting	26	35	60	36	11	36	47	45	102
Comprimeren	31	42	72	44	22	54	56	67	102
Pompen	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Ventileren	5	7	12	7	4	8	9	11	17
Vormen bewerken	5	7	12	7		9	9	11	17
Transport (intern)	++	++	++	++	++	++		++	
Werk-/leefklimaat (vent./cv/p/appar.)	5	7	12	7	4	9	9	11	17
Extruderen					++				
Assembleren	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Smelten									
Lassen	8	11	19	12	6	14	15	18	27
Verpakken					++			++	
Snijden/knippen	4	6	10	6	3	7	7	9	14
Persen	7	10	17	10	++	9	9	11	17
Zagen									
Verwarmen	++				++				
Warmtebehandeling (harden)	5	7	5	10	11	5	9	16	7
Anodiseren verchromen									
Verzinken					++				
Smeden					++				
Stralen (perslucht)					++			++	
Spuiten (perslucht)	++	++			++			++	
Schroeven (perslucht)									
Klinken (perslucht)	++	++	++			++	++		
Overige		12	85	65	50	20	195	103	9
Totaal energieverbruik	102	152	325	210	124	198	380	327	349

Bron: E₃T [11]

Tabel D.4: Elektriciteitsverbruik machine-industrie [in % van elektriciteitsverbruik per deelsector] (1988)

SBI	35.1	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9
<i>Standaarddeelproces</i>									
Machine-aandrijving	6	5	6	3	10	14	4	8	6
Verlichting	25	23	18	17	9	18	12	14	29
Comprimeren	30	28	22	21	18	27	15	20	29
Pompen	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Ventileren	5	5	4	3	3	4	2	3	5
Vormen bewerken	5	5	4	3		5	2	3	5
Transport (intern)	++	++	++	++	++	++		++	
Werk-/leefklimaat (vent./comp./appar.)	5	5	4	3	3	5	2	3	5
Extruderen						++			
Assembleren	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Smelten									
Lassen	8	7	6	6	5	7	4	6	8
Verpakken					++			++	
Snijden/knippen	4	4	3	3	2	4	2	3	4
Persen	7	7	5	5	++	5	2	3	5
Zagen									
Verwarmen	++				++				
Warmtebehandeling (harden)	5	5	2	5	9	3	2	5	2
Anodiseren/verchromen/ Verzinken						++			
Smeden					++				
Stralen (perslucht)					++			++	
Spuiten (perslucht)	++	++			++			++	
Schroeven (perslucht)									
Klinken (perslucht)	++	++	++			++	++		
Overige		8	26	31	40	10	51	31	3

Indeling deelprocessen bij energiefuncties

Klimatisering van ruimtes:

- ruimteverwarming
- ventileren
- overig werk-/leefklimaat.

Verlichten van ruimtes:

- verlichting.

Vormen/bewerken van metaal (mechanisch):

- snijden/knippen (warmte)
- machine-aandrijving (warmte)
- machine-aandrijving (elektrisch)
- vormen/bewerken
- snijden/knippen (elektrisch)
- persen.

Procesverwarmen:

- verhitten (oven)
- procesverwarmen
- smelten
- reinigen/wassen
- lakken/moffelen (oven)
- warmtebehandeling (vormverandering)
- warmtebehandeling (harden, elektrisch).

Het deelproces lassen is in dit geval het enige gekwantificeerde onderdeel van de energiefunctie assembleren.

Bij deze indeling dient opgemerkt te worden dat het deelproces (14% van het primair energieverbruik) niet is ingedeeld in een energiefunctie. Drukluft wordt meestal gebruikt voor het schoonmaken van een werkstuk of machine maar ook voor assemblage en door metaalbewerkingsmachines. Een verdeling van gebruik van drukluft over de verschillende functies is niet gemaakt.

Indeling deelprocessen bij installaties

Bij installaties worden krachtmachines en ovens toegepast voor meerdere deelprocessen. Voor krachtmachines is deze samenstelling gelijk aan de energiefunctie vormen/bewerken van metaal en voor ovens de energiefunctie procesverwarmen. De overige installaties zijn, gekoppeld aan het desbetreffende deelproces.

BIJLAGE E. GEGEVENS MACHINE-INDUSTRIE

Tabel E.1: *Economische reeksen van de machine-industrie [mln gld]*

Jaar	Productie- waarde	Verbruiks- waarde	Toegevoegde waarde	Arbeids- kosten	Arbeidskosten in % van toegevoegde waarde
1981	11.448	6.858	4.590	4.021	88
1982	11.839	6.836	5.002	4.131	82
1983	12.147	7.178	4.969	4.109	83
1984	14.364	9.018	5.346	3.951	74
1985	15.147	9.739	5.408	4.204	78
1986 ¹⁰	14.548	9.117	5.431	4.180	77
1987	13.656	8.275	5.382	4.194	78
1988	14.395	8.862	5.533	4.235	77
1989	15.893	9.856	6.038	4.409	73
1990	17.309	10.842	6.467	4.787	74
1991	18.607	11.807	6.800	5.114	75
1992	18.965	11.726	7.239	5.420	75

Bron: CBS [7]

Tabel E.2: *Aantal bedrijven en werknemers in de machine-industrie*

Jaar	Bedrijven	Werknemers
1981	1.128	82.572
1982	1.143	78.667
1983	1.181	74.324
1984	1.166	72.743
1985	1.166	75.038
1986 ¹⁰	766	71.082
1987	804	70.538
1988	839	71.181
1989	882	74.071
1990	917	78.623
1991	972	80.671
1992	1.005	80.615

Bron: CBS [7]

¹⁰ In 1986 gaat het CBS over van enquëtering van bedrijven met 10 of meer werknemers naar bedrijven met 20 of meer werknemers.

Tabel E.3: *Kapitaalcoëfficiënt¹¹ van de machine-industrie (20 of meer werknemers)*

Jaar	Kapitaalcoëfficiënt
1986	1,8
1987	1,6
1988	1,7
1989	1,9
1990	1,9
1991	1,9
1992	2,0

Bron: CBS [7]

Tabel E.4: *Economische gegevens van bedrijven met 19 of minder werknemers in de machine-industrie [mln gld]*

Jaar	Productie- waarde	Verbruiks- waarde	Energie- kosten	Bruto toegevoegde waarde (marktprijzen)	Arbeids- kosten	Arbeidskosten in % van toegevoegde waarde
1989	2531	1530	14	1001	684	68
1990	2610	1518	16	1092	735	67
1991	2547	1509	18	1038	698	67
1992	2518	1446	19	1071	723	68

Bron: CBS [3]

¹¹ Kapitaalgoederenvoorraad/bruto toegevoegde waarde.

BIJLAGE F. BESPARINGSOPTIES E₃T

Voor de verschillende processen in de machine-industrie zijn verschillende besparingen op het energieverbruik door te voeren. De lijst die hier beschreven wordt is die van de besparingsmogelijkheden zoals aangegeven in het E₃T-consultancy rapport (1991).

Warmte

Ruimteverwarming

Het energieverbruik voor warmte is gemiddeld zo'n 50 à 60% van het totale warmteverbruik in de machine-industrie. Op dit gebied worden besparingsmogelijkheden gegeven van 30%. De besparingsmogelijkheden zijn:

- verbetering aan de gebouwschil als isolatie (muur, dak, vloer en ramen)
- installaties met een beter rendement als:
 - VR-, HR-ketel
 - warmtepomp
- verbetering aan installaties als:
 - warmteterugwinning
 - instelling thermostaat (lager), betere regeling (ook ventilatievoud)
 - instelling lagere eindtemperatuur
 - onderhoud.

De meeste van deze besparingsmogelijkheden zijn technisch uitontwikkeld en reeds toepasbaar.

Verhitten (oven)

Op dit gebied is een energiebesparing van 41% mogelijk, te bereiken door:

- verbeterde isolatie
- hoge snelheidsbranders (al grotendeels toegepast)
- computerregeling van opwarmen en verwarmen oven.

Drogen

Bij het drogen is 31% te besparen, maatregelen zijn:

- hergebruik beschikbare restwarmte
- toepassen warmtepomp.

Procesverwarmen

Een energiebesparing van 32% is hier te bereiken door het beter isoleren van ovens en het verbeteren van de regeling van ovens.

Direct verwarmen

Hier is een besparing mogelijk van 24% door het toepassen van:

- warmteterugwinning (in combinatie met rookgasreiniging)
- toepassen van recuperatieve branders).

Lakken, moffelen (oven)

Bij het proces van lakken en moffelen kan het energieverbruik met 40% gereduceerd worden door:

- verbeterde isolatie van ovens
- warmteterugwinning uit rookgassen
- computerregelingen
- regelmatig onderhoud
- hoge snelheidsbranders (grotendeels toegepast).

Reinigen

Besparingsmogelijkheden voor het reinigen zijn ongeveer 49% door middel van:

- verlaging van temperatuur van het reinigingswater
- warmteterugwinning uit het spoelwater
- chemisch reinigen (koud)
- toepassen van membraantechnieken (maakt warmteterugwinning in een groter aantal gevallen mogelijk)
- toepassen van procesintegratie
- verwarmen met laagwaardigere warmte.

Utiliteit omzettingen (conversie)

Het gaat hier om een aanzienlijk deel van het warmteverbruik, namelijk 63%.

Besparingen zijn mogelijk door:

- procesintegratie
- verbetering van installaties (o.a. isolatie)
- onderhoud van installaties (reiniging, afstelling en vervanging van o.a. stoomtrappen, condenspotten, branders van boiler).

Elektriciteit

Machine-aandrijving

Besparing is in dit deelproces mogelijk tot zo'n 21%. Middelen hiertoe zijn:

- toepassen van hoogrendement motoren
- betere dimensionering van de motoren (geen overdimensionering; soms zelfs onderdimensionering)
- toepassen van elektronische regelingen (o.a. toeren, aanloop).

Verlichting

Besparing van het procesgebruik is hier 40%. Deze is mogelijk door:

- verbeterde systeemontwerpen (o.a. gebruik van daglichtintreding)
- toepassen van efficiëntere lampen en armaturen
- toepassen van energiezuinige schakelingen en regelingen
- regelmatig onderhoud van de systemen.

Comprimeren

Reductie van het energieverbruik is hier 35% voor dit proces. Wat bereikt kan worden door middel van:

- dimensionering van compressor en keuze compressor en keuze compressor
- regeling compressorinstallatie (energiezuinig)
- beperken van lekkage persluchtsystemen
- persluchtconditionering
- lage(re) werkdruk bij persluchtsystemen
- koelrogers en gebruik koele buitenlucht voor de aanzuiging.

Pompen

In dit procesgebruik is een besparing van 29% mogelijk door:

- dimensionering van de pomp en aansluiting van pompkarakteristiek op het pomp-/leidingsysteem
- energiezuinige regeling, bijvoorbeeld elektronische toerenregeling, en/of door stroomafhankelijke regeling in plaats van drukafhankelijke regeling
- aandrijving: efficiënte motoren en goede dimensionering van de motor.

Ventileren

Besparingen op deze energieverbruikende activiteit zijn 29%. wat mogelijk is door:

- dimensionering en aansluiting van de ventilator op het leidingsysteem
- regeling, o.a.:
 - strikt aan/uit
 - toerenregeling.

Vormen, bewerken

De grootte van de besparingsmogelijkheden in dit deelproces loopt in dit proces op tot 25%. Deze kan bereikt worden door:

- betere dimensionering van de elektromotoren
- toepassen van efficiënte motoren
- toepassen van elektronische regelingen.

Overig, werk-/leefklimaat (ventilatie, computers, airconditioning)

Op dit energieverbruikende proces is een besparing mogelijk van 20% door:

- good housekeeping:
 - alleen gebruiken wanneer nodig
 - alleen gebruiken waar nodig
 - aandacht voor energieverbruik.