BRONAANPAK VEILIGHEID:
BEDRIJFSINRICHTING EN ONDERHOUD

NIPG-publikatienummer
93.036

Mei 1993

J.C.M. Mossink

Met bijdragen van:
K.F. van Veen (IPL-TNO)
M. Verwoerd (IMET-TNO)

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Mossink, J.C.M.

Bronaanpak veiligheid : bedrijfsinrichting en onderhoud /
J.C.M. Mossink ; met bijdragen van: K.F. van Veen, M.
Verwoerd. - Leiden : Nederlands Instituut voor
Praeventieve Gezondheidszorg TNO
NIPG-publikatienr. 93.036. - Met lit. opg.
ISBN 90-6743-257-1
Trefw.: bedrijfsveiligheid.

Deze uitgave is te bestellen door het overmaken van *f* 27,85 (incl. BTW) op postbankrekeningnr. 99.889 ten name van het NIPG-TNO te Leiden onder vermelding van bestelnummer 93.036.

INHOUD pagina

1. INLEIDING 1

1.1 Achtergrond 1
1.2 Doel van deze studie 2
1.3 Doelgroep 3
1.4 Opzet, inhoud van deze studie, leeswijzer 4

2. BRONAANPAK 5

2.1 Veiligheidsbeleid, arbobeleid en ondernemingsbeleid 5
2.2 Strategie voor verminderen van VGW-risico's 5
2.3 Ontstaan van ongevallen, soorten van gevaren 7

3. BEDRIJFSINRICHTING 10

3.1 Inleiding 10
3.2 Bedrijfsinrichting en arbeidsomstandigheden 12

3.2.1 Veiligheid 12
3.2.2 Fysische en chemische omgeving 15
3.2.3 Fysieke belasting 16
3.2.4 Welzijn 16
3.2.5 Signaleren van knelpunten 17

3.3 Ontwerpproces 18
3.4 Systematische lay-out planning 22

3.4.1 Inleiding 22
3.4.2 Inventarisatie eisen 23
3.4.3 Bepalen benodigde ruimte 24
3.4.4 Opstellen alternatieven, uitwerking lay-out 25

3.5 Inrichting van werkplekken 25
3.6 Logistieke beheersing 26
3.7 Samenvatting 27

4. ONDERHOUD 28

4.1 Inleiding 28
4.2 Effecten van staat van onderhoud op arbeidsomstandigheden 28

pagina

4.3 Soorten van onderhoud 31

4.3.1 Inleiding 31
4.3.2 Onderhoudsbewust ontwerpen 32
4.3.3 Storingsafhankelijk onderhoud 33
4.3.4 Preventief onderhoud: toestandsafhankelijk onderhoud 34
4.3.5 Preventief onderhoud: gebruiksduurafhankelijk onderhoud 35
4.3.6 Correctief onderhoud 35
4.3.7 Gelegenheidsonderhoud 36

4.4 Onderhoudsplanning voor verbetering arbeidsomstandigheden 36

4.4.1 Keuze onderhoudsstrategie 36
4.4.2 Onderhoudstaken 38
4.4.3 Organisatie van het onderhoud 43
4.4.4 Onderhoudsactiviteiten bij veel toegepaste machines 44

LITERATUUR 45

BIJLAGE 47

1. INLEIDING

1.1 Achtergrond

Tekortkomingen in de inrichting van bedrijven in de metaalproduktenindustrie en gebrekkig onderhoud van de machines blijken in veel gevallen te leiden tot onveilige situaties.
Een analyse van ongevalstoedrachten in Nederland (Boesten, 1991) laat zien dat veel ongevallen direct of indirect gerelateerd zijn aan de bedrijfs- en werkplekinrichting. Een groot aantal ongevallen doet zich voor bij horizontaal en verticaal transport. Ook ongevallen als gevolg van botsen tegen uitstekende delen, instortende stapels en bekneld raken kunnen hun oorzaak vinden in een gebrekkige bedrijfs- of werkplekinrichting. In de metaalproduktenindustrie wordt een klein deel van de ongevallen veroorzaakt door hete voorwerpen of hete stoffen (in 1986 ca. 5%). Ruim 25% wordt veroorzaakt door gereedschap of transporteurs (waaronder hef- en hijstoestellen). Meer dan 70% van de ongevallen in 1986 was te wijten aan rondvliegende voorwerpen, stoten, vallen, klemmen of vallende voorwerpen (CBS, 1988). Vooral stoten en geraakt worden door vallende voorwerpen (bijvoorbeeld uit stapels) zijn belangrijke ongevalsoorzaken (Boven, 1990).
Een analyse van ongevallen in de metaalindustrie in Duitsland (Hartung, 1987) heeft aangetoond dat bij transport- en onderhoudswerkzaamheden de ongevalsfrequentie het hoogst is. Het is dus gerechtvaardigd aandacht te besteden aan de effecten van de bedrijfsinrichting en het onderhoud op veiligheid en aan te geven welke mogelijkheden er zijn voor verbetering.

Veiligheid, gezondheid en welzijn worden nu vaak als gescheiden aspecten van het arbeidsomstandighedenbeleid in een onderneming gezien. In 1993 wordt de Arbowet onder invloed van richtlijnen van de EG herzien. De aspectmatige benadering wordt vervangen door een arbo-brede. Ook tijdens inspecties van de Arbeidsinspectie wordt aan alle relevante aspecten aandacht besteed, veiligheids-, gezondheids en welzijnsaspecten worden in hun samenhang onderzocht. Dit heeft voor de effectiviteit van het arbobeleid binnen een onderneming voordelen. Maatregelen voor vermindering van veiligheidsrisico's hebben ook gevolgen voor gezondheids- en welzijnsrisico's. Hoewel deze studie in eerste instantie is gericht op verhoging van veiligheid, komt daarom waar nodig ook verbetering van gezondheids- en welzijnscondities aan de orde.

De metaalproduktenindustrie is een veelzijdige groep van industrieën, met zeer uiteenlopende produkten en produktieprocessen. De produkten lopen uiteen van bijvoorbeeld kleine huishoudelijke

apparaten en blikjes tot grote machines en apparaten voor de chemische industrie. Zowel enkelstuks- als massafabricage komen in deze bedrijfstak voor.
Veel verschillende (metaal)bewerkingen worden toegepast. De belangrijkste zijn verspanende bewerkingen (bijvoorbeeld boren, draaien en frezen), niet verspanende bewerkingen (zoals gieten, buigen, snijden, ponsen en knippen), samenstellen (bijvoorbeeld lassen, monteren, assembleren en lijmen) en oppervlaktebewerkingen (bijvoorbeeld spuiten, lakken en galvaniseren). Van de meeste bewerkingen bestaan vele varianten. De wijze waarop de produktieprocessen zijn georganiseerd vertoont eveneens grote schakeringen. Bij massafabricage zal men overwegend werken in vaste produktielijnen, terwijl bij kleine series de produkten kris-kras langs bewerkingstations bewegen (functionele structuur), tenzij de omvang van het produkt dat niet toelaat.
Deze veelzijdigheid maakt dat er ook een veelheid van veiligheidsrisico's bestaat. In bedrijven met een functionele structuur komt veel transport en opslag voor. De kans dat ongevallen ontstaan als gevolg van aanrijdingen of omvallende stapels is hier relatief groot.
De meeste machines die in de metaalproduktenindustrie worden toegepast vereisen grote investeringen en hebben een grote technische levensduur. Vaak houdt men de machines, ook al zijn deze verouderd, lang in gebruik. Juist dan neemt de kans op falen (bijvoorbeeld door slijtage of vermoeiing) toe, waardoor veiligheidsrisico's ontstaan. Gericht onderhoud is daarom van belang.

1.2 Doel van deze studie

In deze studie is onderzocht hoe veiligheid op een fundamentele manier kan worden verbeterd. De bronaanpak is hier gericht op twee aspecten van de veiligheidsproblematiek in de metaalproduktenindustrie, te weten de invloed van de onderhoudsprogramma's op de veiligheid en de effecten van bedrijfsinrichting op arbeidsomstandigheden en met name de veiligheid.

Onderhoud
Een deel van de veiligheidsproblematiek in de metaalproduktenindustrie is terug te voeren op slecht onderhoud van machines en het te lang in gebruik houden van afgeschreven machines die niet meer aan de huidige veiligheidseisen voldoen. Het structureel aandacht besteden aan onderhoud en zonodig tijdige vervanging van machines kan bijdragen aan de bestrijding van gevaren bij de bron:

- hoe wordt veiligheid beïnvloed door de staat van onderhoud van machines, gereedschappen en installaties;

- welke maatregelen op gebied van onderhoud zijn vooral effectief om de veiligheid te verhogen;
- welke mogelijkheden bieden gestructureerde onderhoudsprogramma's voor verbetering van arbeidsomstandigheden en met name de veiligheid.

De resultaten worden toegespitst op machines, gereedschappen en installaties die het meest in de metaalproduktenindustrie worden toegepast.

Bedrijfsinrichting

Door de ontwikkeling van veel bedrijven in de loop van de tijd is de lay-out en routing van het produktieproces achtergebleven of niet meer afgestemd op een veilige en efficiënte bedrijfsvoering. Door het nemen van technisch organisatorische maatregelen kunnen de arbeidsomstandigheden veelal aanzienlijk worden verbeterd:

- wat is het effect van verschillende aspecten van de bedrijfsinrichting op veiligheid (en in mindere mate gezondheid en welzijn);
- welke maatregelen op gebied van bedrijfsinrichting kunnen arbeidsomstandigheden (en in het bijzonder de veiligheid) verbeteren.

De resultaten hebben in beginsel betrekking op verschillende takken van industrie. Voorbeelden zullen zijn toegespitst op de metaalproduktenindustrie.

1.3 Doelgroep

Deze studie is bedoeld voor personen of organisaties die werkzaam zijn in de metaalproduktenindustrie en die te maken hebben met de bedrijfsinrichting en het onderhoud. Voor grotere bedrijven, met een eigen structuur voor zorg voor arbeidsomstandigheden zijn dit bijvoorbeeld:

- functionarissen, belast met arbeidsomstandighedenbeleid (bijvoorbeeld veiligheidskundigen);
- werknemers, leden van werknemersvertegenwoordigingen;
- managers, kader.

Als reeds in de ontwerpfase of tijdens het uitwerken van een onderhoudsstrategie met veiligheid rekening wordt gehouden met arbeidsomstandigheden is het effect het grootst. Vooral door onbekendheid met de mogelijkheden wordt in de praktijk veiligheid lang niet altijd als ontwerpcriterium meegenomen. Mede daarom is de studie ook bedoeld voor:

- ontwerpers, technici, constructeurs;
- onderhoudstechnici.

Kleinere bedrijven beschikken doorgaans niet over voldoende eigen deskundigheid op gebied van arbeidsomstandigheden en kunnen zijn aangesloten bij een bedrijfsgezondheidsdienst. Ook verbetering van de bedrijfsinrichting en onderhoudsstrategie kunnen bedrijven een beroep doen op externe deskundigen. Deze studie is ook op externe deskundigen gericht:

- medewerkers van arbo- of bedrijfsgezondheidsdiensten;
- medewerkers van ingenieursbureaus.

Hoewel de studie in eerste instantie gericht is op de metaalproduktenindustrie, gelden veel van de aanbevelingen ook voor andere takken van industrie.

1.4 Opzet, inhoud van deze studie, leeswijzer

Deze studie bestaat naast deze inleiding uit drie hoofdstukken.

Hoofdstuk 2 behandelt de algemene achtergronden van veiligheid en het opzetten van beleid voor verbetering van veiligheidsproblemen. Aan de orde komen de plaats van het arbobeleid (en dus het veiligheidsbeleid) in het ondernemingsbeleid, de algemene strategie voor het verminderen van veiligheidsrisico's en de wijze waarop ongevallen ontstaan.

In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de effecten van de bedrijfsinrichting op veiligheid. Aan de orde komt een systematische methode om bij het ontwerp van de lay-out systematisch met veiligheid rekening te houden. Ook mogelijkheden om door middel van verbetering van de logistieke beheersing de veiligheid te verhogen worden in dit hoofdstuk besproken.

Een geschikte keuze van de onderhoudsstrategie kan achterstallig onderhoud voorkomen en kan de betrouwbaarheid van machines op hoog niveau houden. Hoe de keuze gemaakt kan worden en welke voordelen voor veiligheid daarmee bereikt kunnen worden is het onderwerp van hoofdstuk 4.

2. BRONAANPAK

2.1 Veiligheidsbeleid, arbobeleid en ondernemingsbeleid

Ondernemingen zijn (of worden in de loop van 1993) verplicht en systematisch en gestructureerd arbeidsomstandighedenbeleid op te zetten en uit te voeren. De zorg voor veiligheid, gezondheid en welzijn worden hierbij vanuit één arbobrede visie benaderd. In 1993 wordt de scheiding tussen veiligheidszorg, bedrijfsgezondheidszorg en welzijnstaken opgeheven.
De arbowet geeft minimumeisen aan een dergelijk beleid. Een goed arbobeleid omvat tenminste:

1. het vaststellen van knelpunten (risico-inventarisatie);
2. het vaststellen van doelen, veranderingsprojecten en dergelijke, gebaseerd op kennis van knelpunten;
3. het uitwerken van een aanpak of werkwijze bij het oplossen van knelpunten;
4. besluitvorming;
5. uitvoering;
6. het opstellen van een verslag en evaluatie;
7. het bijstellen van het beleid en plannen.

Het veiligheidsbeleid en arbobeleid staat niet op zichzelf, het behoort geïntegreerd te zijn in het totale ondernemingsbeleid. Het belangrijkste argument hiervoor is dat maatregelen ter verbetering van arbeidsomstandigheden (inclusief veiligheid) ook effecten hebben op andere delen van het ondernemingsbeleid. Met name voor de bedrijfsinrichting, logistieke beheersing en de planmatige aanpak van onderhoud is dat het geval. Naarmate de integratie groter is wordt de verankering van het arbobeleid beter.

2.2 Strategie voor verminderen van VGW-risico's

Bedrijven zijn gehouden risico's voor veiligheid, gezondheid en welzijn zoveel als redelijkerwijs verlangd kan worden op een zo fundamenteel mogelijke wijze op te lossen (zie tabel 2.1). Dit wil zeggen dat in eerste instantie getracht moet worden te voorkomen dat risico's ontstaan (aanpak bij de bron). In veel gevallen betekent dit de keuze voor een ander (veiliger) produktieproces of bewerking. Het kan echter ook een herinrichting van de bedrijfsruimte of een verbetering van het onder-

houd inhouden. Als een aanpak bij de bron niet haalbaar is, moet men proberen de mens te beschermen met voorzieningen aan de machine of in de werkomgeving. Voorbeelden zijn afschermingen bij bewegende delen van machines, geluidsreducerende voorzieningen. Als ook afschermingen bij machines onvoldoende soelaas bieden of niet mogelijk zijn kan men organisatorische maatregelen treffen. Mogelijkheden hiervoor zijn aanpassing van werkwijzen (trainingen), instellen van procedures en voorschriften, andere organisatie en verdeling van het werk. Als andere maatregelen onvoldoende effect hebben kan men in laatste instantie moet men overgaan tot gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen. Voor veiligheidsrisico's is het voorts nodig de effecten van een ongeval zoveel mogelijk te beperken en verspreiding te bestrijden. Het spreekt vanzelf dat de effectiviteit met betrekking tot het voorkomen van risico's het grootst is bij een bronaanpak.

Voor een inschatting van wat redelijk geacht wordt bij de haalbaarheid van maatregelen worden de volgende criteria gehanteerd (Verhoeven, 1992):

- technische haalbaarheid
  - nagegaan moet worden of de voorzieningen verkrijgbaar zijn of deze passen in de bestaande situatie en of de voorzieningen kwalitatief goed en betrouwbaar zijn.
- operationele haalbaarheid
  - gevolgen van de voorzieningen op andere arbeidsomstandigheden;
  - wordt bedienings- en gebruiksgemak beïnvloed?
  - gevolgen voor produktkwaliteit;
  - ruimtelijke eisen (is voldoende ruimte beschikbaar);
  - organisatorische eisen (hebben voorzieningen invloed op de organisatie van het werk);
- economische haalbaarheid
  - kosten en baten als gevolg van aanschaf, installatie, advisering, reorganisatie en opleiding;
  - exploitatiekosten zoals rente, energie, onderhoud, arbeid en grondstoffen;
  - subsidies;
  - reductie van kosten van verzuimverloop en arbeidsongeschiktheid

Tabel 2.1 Algemene strategie voor verminderen veiligheids-, gezondheids- en welzijnsrisico's

Prioriteit	Soort aanpak	Maatregelen	Voorbeelden
1	Eliminatie risico bij de bron	- keuze voor andere bewerkingstechniek of machine	- hydraulisch persen in plaats van toepassen excenterpers - lasersnijden in plaats van zagen
		- ontwerp bedrijfs- en werkplekinrichting	- creëren voldoende (veilige) opslagruimte - voldoende bewegingsruimte rond werkplekken
		- verlagen faalkansen machines en onderdelen	- verbeteren staat van onderhoud van machines en werkruimte
2	Bron afschermen	- risicovolle werkzaamheden ruimtelijk scheiden van andere werkzaamheden	- lakspuiten in aparte cabines - laserbewerkingen in aparte ruimte
		- aanbrengen afschermingen, afzuigen toxische stoffen	- afschermen bewegende delen van machines - omkastingen - spatschermen
		- aanbrengen barrières in de ruimte	- omheiningen - geluidschermen
3	Organisatorische maatregelen	- aantal blootgestelde personen reduceren - risico's over meer mensen spreiden (gezondheidsrisico's)	- fysiek zwaar werk over meer personen verdelen, zodat belasting per persoon acceptabel wordt - gevaarlijk werk door enkele personen laten uitvoeren, overigen verwijderd houden
		- risicovolle werkzaamheden buiten gewone werkuren uitvoeren	- hijsen en verladen grote produkten buiten werktijd
		- aanpassen werkvoorschriften en procedures	
4	Gebruik persoonlijke beschermingsmiddelen		- veiligheidsbril, -schoenen, handschoenen - beschermende kleding
5	Onderdrukken effecten	- bestrijding	- opstellen brandblusmiddelen
		- bieden ontvluchtingsmogelijkheden	- vluchtwegen, nooddeuren
		- EHBO	

Een bronaanpak die betrekking heeft op de bedrijfsinrichting en op het onderhoud is al snel op alle drie criteria haalbaar. Dit is zeker het geval als het verbeteringen in de logistieke beheersing of de organisatie van het onderhoud betreft. De initiële kosten (investeringen) zijn dan laag en vaak zijn bedrijfseconomische voordelen te behalen.

2.3 Ontstaan van ongevallen, soorten van gevaren

Ongevallen zijn zelden aan één oorzaak toe te schrijven. Het is niet mogelijk alle oorzaken van ongevallen te kennen en evenmin is het mogelijk een uitputtend overzicht te geven van mogelijk ongevallen die veroorzaakt worden door een gevaarlijke situatie. Afhankelijk van de diepgang van

een ongevalsanalyse komt men tot tientallen oorzaken (Groeneweg, 1992). Geen van de individuele oorzaken leidt direct tot een ongeval, maar het in samenhang optreden van de oorzaken doet dit wel. Een hoog geluidsniveau of een hoge werkdruk op zich is niet gevaarlijk. Als men door het hoge geluidsniveau een waarschuwingssignaal niet hoort, of als men risico's neemt om sneller te kunnen werken dan kunnen wel ongevallen ontstaan.

Er zijn drie fasen in het ontstaan van ongevallen te onderscheiden: de initiële fase, de incidentfase en de letselfase (Boesten, 1991). In de eerste twee fasen kunnen tal van factoren, gerelateerd aan de bedrijfsinrichting (zoals de werkplekinrichting, de opstelling van machines en de opslag van materialen) of gerelateerd aan de organisatie van het onderhoud (bijvoorbeeld de deugdelijkheid van machines en beveiligingen en onvolkomenheden in de inspectie) een rol spelen. In de letselfase vindt het ongeval plaats, leidend tot letsel en/of schade. Het letsel ontstaat bijvoorbeeld als gevolg van blootstelling aan ongewenst vrijkomende energie of toxische stoffen. In tabel 2.2 zijn deze samengevat.

Tabel 2.2 Gevaren als gevolg van vrijkomende energie

Energievorm	Plaats waar gevaar optreedt	Voorbeelden
Kinetische energie	- bewegende mechanische onderdelen (assen, cilinders, kettingen, riemen, tandwielen, wegspattende deeltjes, etc.) - bewegende vloeistoffen of gassen	- knelgevaar - geraakt worden door bewegende machinedelen - geraakt worden door splinters
Potentiële energie	- lasten aan een hijskraan, hoog opgestapelde voorraden - gassen en vloeistoffen onder druk - brandbare of explosieve stoffen	- vallende voorwerpen - vallen, uitglijden - brand en explosie
Elektrische energie	- stroomvoerende delen	- elektrokutie - brand
Thermische energie	- hete of zeer koude onderdelen	- verbranding
Stralingsenergie	- lasers - röntgenstraling - UV straling	- verbranding, brand
Toxische stoffen		- vergiftiging

Voor het inschatten van veiligheidsrisico's is het nodig de kans dat een ongewenste gebeurtenis zich voordoet te kennen en te weten wat het effect daarvan is. De effecten zijn vaak redelijk in te schatten. Voor de kans op een ongeval geldt dat niet. Zelfs als het gaat om faaleigenschappen van machines is het inschatten moeilijk. Het is derhalve niet goed mogelijk een veiligheidsbeleid te richten op alleen de grootte van de risico's. Een betere benadering is zodanige condities (in bedrijfsinrichting, werkplekken, werkomgeving, machines en de organisatie) te scheppen waarin in alle omstandigheden veilig kan worden gewerkt. Door een goede bronaanpak ontstaat er geen aanleiding risico's te nemen of onveilige situaties te laten ontstaan. Bijvoorbeeld een goede logistieke beheersing neemt de reden voor improvisatie bij opslag en transport weg. Voor een goed, planmatig

en preventief gericht onderhoud moeten tijd en middelen beschikbaar zijn. Een effect is dat onveilige noodvoorzieningen achterwege kunnen blijven.

3. BEDRIJFSINRICHTING

3.1 Inleiding

Een structurele manier om rekening te houden met arbeidsomstandigheden en met name de veiligheid en gezondheid is aandacht te besteden aan de technisch-organisatorische aspecten van de bedrijfsinrichting. De lay-out, wijze van opslag en transport, de routing door het bedrijf en de opstelling van werkplekken kunnen veiligheid, gezondheid en in mindere mate welzijn beïnvloeden. Kortere transportwegen kunnen leiden tot een verminderde kans op ongevallen en kan blootstelling aan bijvoorbeeld trillingen verminderen. De bedrijfsinrichting is onlosmakelijk verbonden met de volgorde waarin bewerkingen worden uitgevoerd en de manier waarop de goederenstromen tussen de bewerkingsplaatsen beheerst worden. Het aantrekkelijke van deze logistieke invalshoek, gekoppeld aan de bedrijfsinrichting, is dat er relatief snel grote bedrijfseconomische voordelen mee behaald kunnen worden. Dit kan ondernemers en medewerkers motiveren maatregelen te treffen.

Voorbeeld

Een studie naar 23 ongevallen en bijna-ongevallen op 8 werkplekken waar met industriële robots werd gewerkt toonde aan dat in 22 gevallen een betere lay-out het (bijna)ongeval had kunnen voorkomen (Nicolaisen, 1985).

In dit hoofdstuk komen daarom naast de aanbevelingen voor de bedrijfsinrichting ook het ontwerp van de bewerkingsvolgorde en de logistieke beheersing aan de orde. De opbouw is afgeleid van een systematiek voor het oplossen van knelpunten (zie figuur 3.1). De eerste stap daarin is het beschrijven en beoordelen, de tweede het vaststellen van de gewenste situatie en de derde (her)ontwerpen of treffen van (een pakket van) maatregelen.

Figuur 3.1 Methodiek voor het oplossen van knelpunten (Bron: Nicolaisen, 1992)

Stappen	Hulpmiddelen
Probleem-definitie - risico-inventarisatie - analyse gevaarlijke werkzaamheden - afwijkingen - foutenanalyse	- Checklists - P-bladen - Bdieningsvoorschriften - Taakanalyses - Beschrijving produktieproces - Overzicht betrokken medewerkers - FMEA (Failure mode and effect analysis) - HAZOP (Hazard and operability study)
Vaststellen gewenste situatie - veiligheid - uitvoering	- Normen - P-bladen - Ergonomische dataverzamelingen
(Her)ontwerpen, opstellen maatregelen - plannen ontwerpproces - uitwerken oplossingen	- Ontwerpprocedures - Netwerkplanning - Morfologisch overzicht (1)

(1) *Een morfologisch overzicht is een tabel waarbij op een as de te ontwerpen onderdelen zijn aangeduid en op de andere as mogelijke realiseringsvormen. Een ontwerp wordt gemaakt door voor alle onderdelen een realiseringsvorm te kiezen en vervolgens te combineren.*

In paragraaf 3.2 worden de effecten van de bedrijfsinrichting op veiligheid en in mindere mate op gezondheid en welzijn besproken. Tevens wordt ingegaan op de wijze waarop veiligheidsproblemen die gerelateerd zijn aan de bedrijfsinrichting kunnen worden beoordeeld. De inhoudelijke samenhang tussen bedrijfsinrichting, produktieproces en logistieke beheersing komt in paragraaf 3.3 aan de orde. Deze paragraaf gaat tevens in op de achtergronden van het (her)ontwerpproces van produktie-inrichtingen. In de paragrafen 3.4 en 3.6 worden twee onderwerpen nader uitgewerkt: respectievelijk het ontwerp van de lay-out en de logistieke beheersing.

3.2 Bedrijfsinrichting en arbeidsomstandigheden

3.2.1 Veiligheid

Veiligheidsrisico's worden voor een deel veroorzaakt door factoren die direct samenhangen met de bedrijfsinrichting. In deze paragraaf wordt hiervan een overzicht gegeven. De risico's zijn gerelateerd aan:

- intern transport;
- opslag van materialen en (half)fabrikaten;
- werkplekinrichting.

De lay-out van een bedrijfsruimte heeft ook invloed op de effecten van ongevallen of incidenten bijvoorbeeld de verspreiding van een brand of van toxische stoffen).

Logistieke verstoringen kunnen leiden tot onveilige situaties. Bedrijfsruimtes zijn doorgaans goed berekend op een normaal procesverloop, maar veel minder op de verstoringen en de effecten daarvan. Vaak ontstaan verstoringen door een direct gebrek aan procesbeheersing. Het effect is doorgaans improvisatie hetgeen onoverzichtelijke werksituaties veroorzaakt, bijvoorbeeld:

- een toename van de hoeveelheid transport doordat men extra bewerkingen moet uitvoeren of gebrek heeft aan (tijdelijke) opslagruimte;
- een onbeheerste toename van de hoeveelheid opgeslagen materiaal, op plaatsen die daarvoor niet zijn ingericht.

Intern transport

Een belangrijk deel van de bedrijfsongevallen is gerelateerd aan intern transport. Onder intern transport wordt zowel het horizontaal vervoer (bijvoorbeeld met transportwagens) als het verticaal vervoer (bijvoorbeeld hijsen) gerekend. Risico's van intern transport zijn bijvoorbeeld:

- aanrijdingen;
- vallende lasten;
- verlies van lasten;
- kantelen (bijvoorbeeld van heftruck).

Naast letsel kan hierdoor ook beschadiging van emballage ontstaan, waardoor gevaarlijke stoffen vrij kunnen komen.

Ook het tillen en dragen van goederen kan als intern transport worden aangemerkt. Te veel en te zwaar tillen en dragen vormt een risico voor de gezondheid. Vaak blijkt het hanteren van zware lasten de kans op struikelen of uitglijden te vergroten.

In zijn algemeenheid geldt dat de risico's afnemen bij een reductie van het intern transport. Bij het ontwerp van produktieprocessen en de lay-out van een bedrijfsruimte en de daarmee gerelateerde beheersing kan men derhalve de veiligheidsrisico's doen afnemen door:

- verkleinen van transportafstanden, vooral voor goederen die in grote hoeveelheden vervoerd worden en gevaarlijke stoffen;
- kiezen voor een veiliger transportwijze (bijvoorbeeld pijpleiding in plaats van tanks op transportwagens);
- verminderen van de hoeveelheden te transporteren materialen en (half)fabrikaten;
- vermijden of vereenvoudigen van handling activiteiten binnen het bedrijf;
- verbeteren van de logistieke beheersing;
- het tijdens het bewerkingsproces zoveel mogelijk, en op veilige wijze, van elkaar gescheiden houden van personen en interne transportsystemen.

Opslag van materialen

Het opslaan van materialen, vooral als het gevaarlijke (toxische of brandbare) stoffen betreft, brengt veiligheidsrisico's met zich mee.

De veiligheid is gediend met het zo klein mogelijk houden van voorraden. In ieder geval mag de maximale capaciteit van een opslagruimte niet worden overschreden. Te volle magazijnstellingen kunnen er toe leiden dat delen van de stelling inzakken. Indien pallets te hoog worden opgestapeld neemt de kans dat goederen verschuiven of vallen toe. In vrijwel alle gevallen leiden te grote hoeveelheden opgeslagen materiaal er toe dat werkruimtes onoverzichtelijk worden.

De veiligheid in relatie tot de opslag van materialen wordt verbeterd indien:

- de hoeveelheid materiaal dat verblijft op de werkvloer en/of in magazijnen en tussenmagazijnen minimaal is;
- de omvang van opslagruimtes voldoende is;
- de plaats waar opslag plaatsvindt zo gekozen is dat aan alle eisen die aan opslag gesteld worden (bijvoorbeeld brandwerende wanden en ventilatie bij brandbare stoffen) voldaan kan worden;
- het beheersen van de ontwerp- en bewerkingsprocessen en bijbehorende informatiestromen zodanig dat:
  - de processen en planningen voorspelbaar gaan verlopen;
  - het afvalmateriaal op een veilige manier verwijderd, verplaatst en afgevoerd kan worden;
  - het werkstukmateriaal op een veilige manier opgespannen, verplaatst en afgevoerd kan worden.

Voorbeeld

Het ontstaan van tussenvoorraden, zeker bij de (tijdelijke) bottle-neck capaciteiten moet worden voorkomen. Bij tijdelijke procesverstoringen gaan toeleverende produktiegroepen rustig door met produceren, zonder zich iets aan te trekken van tijdelijke stagnaties bij de opvolgende werkplek of op korte termijn veranderde planningen. De tussenvoorraden worden daardoor tijdelijk onnodig vergroot. Deze kunnen zo groot worden dat de werkruimte en de ruimte in transportwegen te klein wordt. Improvisatie en een onzorgvuldige opslag zijn het gevolg. Ook ontstaat als gevolg van verstoringen vaak extra transport. Een goede logistieke beheersing kan dit voorkomen.

Werkplekinrichting

Een goede werkplekinrichting draagt bij aan de veiligheid. Veel voorkomende risico's zijn knelgevaar, geraakt worden door bewegende delen (bijvoorbeeld ook rondvliegende spanen), snijden of stoten aan uitstekende delen, misstappen, struikelen of uitglijden en elektrische gevaren. Deze gevaren kunnen effectief worden verminderd door een goed werkplekontwerp.

De werkplekinrichting kan ook indirect de oorzaak zijn van gevaarlijke situaties. Als bijvoorbeeld de reikafstand naar bedieningsmiddelen te groot is kan onnauwkeurige bediening of het onopzettelijk activeren van machines het gevolg zijn.

Een gebrek aan ruimte kan er toe leiden dat men gedwongen wordt in ongunstige houdingen te werken. Ook kan men in geval van nood de werkplek moeilijker verlaten. De kans op stoten tegen uitstekende delen neemt toe.

Voorbeeld

Bij booglassen werkt men met een spanning van 65-85 volt. Als de lasser in het stroomcircuit wordt opgenomen kan dit dodelijk zijn (elektrokutie). De kans hierop wordt groter als de werkruimte kleiner wordt (Biekart, 1991).

Er bestaan tal van richtlijnen voor een veilig ontwerp van werkplekken. Onderwerpen die in deze richtlijnen aan de orde komen zijn onder andere:

- lay-out van de werkplek: afmetingen van bewegingsruimten, veilige reikafstanden, plaats van operator en bedieningsmiddelen;
- bediening: lay-out van bedieningsmiddelen, beveiliging tegen ongewenst bedienen;
- beveiligingen: afscherming van bewegende of hete delen, interlocks, lichtschermen en dergelijke.

Voor veel machines, installaties en hulpmiddelen zijn voorschriften en richtlijnen voor ontwerp, gebruik en onderhoud vastgelegd in P-bladen van de Arbeidsinspectie en in handboeken (Clark & Corlett, 1985; Kirchner et al., 1990; Voskamp, 1991; Woodson, 1981).

Beperking van effecten van ongevallen

Een goede bedrijfsinrichting kan bijdragen aan vermindering van de effecten van ongevallen, bijvoorbeeld:

- inperking van effecten (voorkomen van verspreiding naar andere ruimtes);
- mogelijkheden bieden te ontkomen (vluchtroutes);
- mogelijkheden bieden gevaren te onderdrukken door goede opstelling van beschermings- en bestrijdingsmiddelen.

Voorbeeld

Vluchtroutes (nooddeuren, brandtrappen) moeten te allen tijde bruikbaar zijn. Een slechte logistieke beheersing kan er toe leiden dat vluchtroutes gebruikt gaan worden als een ruimte voor tijdelijke opslag van materialen.

3.2.2 Fysische en chemische omgeving

Het onderscheid tussen risico's voor veiligheid en gezondheid is in veel gevallen moeilijk te maken. Een hoog geluidsniveau is een gezondheidsrisico als daardoor gehoorschade kan optreden, maar een veiligheidsrisico als daardoor belangrijke waarschuwingssignalen onopgemerkt blijven. In tabel 3.1 is samengevat hoe de bedrijfsinrichting van invloed is op omgevingscondities en welke veiligheidsrisico's daarmee samenhangen.

Tabel 3.1 Overzicht van effecten van bedrijfsinrichting op omgevingscondities en daarmee samenhangende veiligheidsrisico's

Omgevingsfactor	Beïnvloeding door bedrijfsinrichting	Samenhangende veiligheidsrisico's
Geluid	- werkplekken gescheiden van lawaaibronnen, vermindering overdracht door voorzieningen in de werkomgeving	- verstoorde waarneming van spraak en waarschuwingssignalen
Gevaarlijke (toxische of brandbare) stoffen, gassen en dampen	- werkplekken gescheiden van bronnen, vermindering overdracht. - plaats ventilatie-openingen bepaalt mede verspreiding van gevaarlijke stoffen - opslag van gevaarlijke stoffen van invloed op risico's en verspreiding	- alle gevaren verbonden aan het werken met toxische of brandbare stoffen
Verlichting	- verlichtingscondities (verlichtingsniveaus en contrasten) in ruimtes	- vermindering van mogelijkheden gevaarlijke situaties of obstakels waar te nemen (bijvoorbeeld door verblinding)
Trillingen	- komt hoofdzakelijk voor bij intern transport: verkorting van transportafstanden en verbetering van rijwegen vermindert risico's	- gevaar voor verschuiven of verliezen van lading
Straling	- werkplekken gescheiden van stralingsbronnen	- brandgevaar - acuut letsel door laserbundels
Klimaat	- plaats van hittebronnen, ventilatie	- direct gevaar alleen bij extreme (zeer hete) klimaatcondities (heat stroke) - indirect gevaar bij koude door verminderde nauwkeurigheid van bewegingen

3.2.3 Fysieke belasting

Een hoge fysieke belasting tijdens werkzaamheden kan ongevallen in de hand werken. Doorgaans neemt bij een toenemende vermoeidheid de nauwkeurigheid van bewegingen af, waardoor fouten kunnen voorkomen die tot ongevallen leiden. Een voorbeeld is het onnauwkeurig plaatsen van voorwerpen op pallets.

Een van de oorzaken van een hoge fysieke belasting is gelegen in het handmatig verplaatsen van lasten (tillen, dragen, trekken en duwen). Verlaging van de belasting kan worden bereikt door de hoeveelheid intern transport te verminderen, de tussenvoorraden te beperken (men hoeft minder te zoeken en te verplaatsen) en het voorzien in adequate transport- en hijsmiddelen. Deze maatregelen hebben naast een positief effect op veiligheid (zie paragraaf 3.2.1) ook een vermindering van gezondheidsrisico's tot gevolg.

Een tweede oorzaak is het werken in ongunstige houdingen (gedraaide rug, liggend of geknield, werken met geheven armen). Langdurig in dezelfde houding werken leidt tot een overmatige statische belasting. De kans dat men het evenwicht verliest of uitglijdt neemt hiermee toe, vooral als ook grote krachten moeten worden uitgeoefend.

Voorbeeld

In een fabriek worden in serie mechanische apparaten geproduceerd. Het transport tussen de werkstations is gemechaniseerd (rollenbaan). In een van de werkstations is een storing en men besluit de apparaten naar het volgende werkstation te dragen. De plaat, waarop de apparaten worden samengebouwd is geschikt om te dragen. Het gewicht en het gebrek aan goede handvatten maakt dat men zich gemakkelijk kan verwonden of vertillen. Ook bestaat de kans dat de apparaten vallen en daardoor verwondingen veroorzaken.

3.2.4 Welzijn

De bedrijfsinrichting kan invloed hebben op de welzijnscondities. Door werkplekken dicht bij elkaar te situeren voorkomt men geïsoleerde arbeidssituaties. Contact- en ondersteuningsmogelijkheden nemen hierdoor toe. Een goede toegankelijkheid van de werkplekken en voldoende lage geluidniveaus kunnen dit nog verbeteren.

Op zich zelf vormen geïsoleerde werkplekken geen risicofactor. Een gebrek aan communicatie en het ontbreken van mogelijkheden om collega's bij storingen en afwijkingen in het produktieproces te helpen draagt wel bij aan het ontstaan van ongevallen. Een dergelijke situatie komt veel voor bij het bewaken van (grotere) geautomatiseerde machines. Een Franse studie naar ongevallen en geïsoleerd werken liet

zien dat er meer ongevallen plaatsvinden op geïsoleerde werkplekken dan op andere werkplekken (Lievin, Krawski, 1991).
Daarnaast kunnen contact- en ondersteuningsmogelijkheden er toe bijdragen dat ongevallen en gevaarlijke situaties eerder door anderen worden opgemerkt, waardoor het effect van ongevallen verminderd kan worden.

Voorbeeld

Een robotoperator bij een gietmachine raakte bekneld tussen de robot en een veiligheidspaal (bedoeld om apparatuur te beschermen tegen onbedoelde bewegingen van de robot). Het slachtoffer werd ontdekt door een collega die bij een naburige machine werkte. Deze kon het ongeval vanuit zijn werkplek niet zien, maar werd nieuwsgierig omdat hij gedurende 10-15 minuten een abnormaal geluid hoorde (Sanderson et al, 1986).

3.2.5 Signaleren van knelpunten

Voor het signaleren van knelpunten zijn verschillende checklists en analysemethoden beschikbaar. Een onderscheid kan gemaakt worden in algemene checklists en checklists, specifiek voor een chemische stof, apparaat of hulpmiddel. Voorbeelden van algemene checklists worden zijn beschreven in de Inspectiemethode Arbeidsomstandigheden (1992) en door Biekart (1991).
Veiligheidsrisico's van chemische stoffen, hulpmiddelen en machines kunnen getoetst worden aan de veiligheidseisen die in voorschriften (bijvoorbeeld P-bladen van de Arbeidsinspectie) worden aangegeven.

Een systematische analyse ten behoeve van bedrijfs- en werkplekinrichting bestaat uit beantwoording van drie klassen van vragen (Nicolaisen, 1992):

- welke veiligheidsrisico's bestaan in het systeem en waar zijn deze gelokaliseerd?
- welke personen zijn aanwezig, welke werkzaamheden verrichten zij, waar worden werkzaamheden verricht en onder welke omstandigheden worden zij blootgesteld aan veiligheidsrisico's?
- welke veiligheidsmaatregelen moeten (op de werkplek) getroffen worden, wat is de functie en uitvoering van de veiligheidsmaatregelen?

Een overzicht wordt gegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2 Overzicht ten behoeve van systematische analyse van veiligheidsrisico's ten behoeve van bedrijfs- en werkplekinrichting

Aspect	Aandachtspunten	Hulpmiddelen
Veiligheidsrisico's	- aard van het gevaar - plaats van gevaar - bereik	check vrijkomen van: - bewegingsenergie - potentiële energie - elektrische energie - thermische energie - straling - toxische stoffen
Werkzaamheden	- aard van de werkzaamheden - plaats waar werkzaamheden worden uitgevoerd - betrokken personen - volgorde van de werkzaamheden - loop- en transportwegen - analyse van veiligheidsrisico's bij procesverstoringen	- taakanalyse - beschrijving produktieproces - analyse van storingen en effecten (HAZOP: hazard and operability study; FMEA: failure mode and effect analysis
Vereiste maatregelen en voorzieningen	- ontwerpeisen aan bedrijfslay-out - vereiste veiligheidsvoorzieningen (functie, plaats en uitvoering) - ontwerpeisen werkplekinrichting	- P-bladen, V-bladen - ergonomische dataverzamelingen

3.3 Ontwerpproces

Bij het ontwerpen van een produktieproces en de bedrijfsinrichting zal men ideaal gesproken op een globaal en abstract niveau beginnen (welke bewerkingen moeten worden uitgevoerd) en via een iteratief ontwerpproces op een gedetailleerd niveau eindigen met het concrete ontwerp van de lay-out en de werkplekken (top-down ontwerpbenadering). Het in detail ontwerpen van de wijze waarop het produktieproces wordt bestuurd (logistiek beheersing) kan het best op werkplek niveau beginnen, volgens een bottom up benadering (Pot, 1991). De lay-out en het werkplekontwerp hangen samen met de keuze van het besturingsconcept. Deze kan bijvoorbeeld invloed hebben op de vereiste ruimte voor tussenopslag. De keuze voor een bepaald logistiek beheersingsconcept (bijvoorbeeld just in time, JIT) kan daarom beter in een vroeg stadium genomen worden.

Lang niet altijd heeft men de mogelijkheid een volledig nieuw ontwerp te maken. De geboden ontwerpruimte is vaak beperkt. Bijvoorbeeld omdat het produktieproces al vast staat, of dat men moet uitgaan van bestaande machines. Het vaststellen van de ontwerpruimte is een van de eerste stappen bij het herontwerpen of het oplossen van knelpunten.

Er worden hier vier situaties onderscheiden:

1. het is mogelijk een geheel nieuw ontwerp te maken van het produktieproces;
2. er is sprake van een vaststaand produktieproces. Herinrichting van de ruimte is mogelijk;
3. lay-out van de ruimte is vast, werkplekken kunnen aangepast worden;

4. er zijn geen mogelijkheden voldoende wijzigingen in lay-out en werkplekken aan te brengen. Het is wel mogelijk de logistieke beheersing te verbeteren.

Afhankelijk van de ontwerpruimte zal men op een ander punt in het ontwerpproces insteken. In alle gevallen is het verstandig na te gaan of de ontwerpruimte vergroot kan worden.
In figuur 3.2 is een globaal overzicht van de loop van een ontwerpproces aangegeven.

Figuur 3.2 Eenvoudig model van een ontwerpproces voor de bedrijfsinrichting

De eerste stap in het (technisch) ontwerpproces is, uitgaande van het produkt(assortiment), bepalen welke werkzaamheden verricht moeten worden, hoe deze in groepen (of afdelingen) bijeengebracht kunnen worden en hoe de werkzaamheden gekoppeld moeten worden. Er worden vier soorten van werkzaamheden onderscheiden:

- uitvoerende werkzaamheden: bijvoorbeeld verspanende werkzaamheden, montage, assemblage, oppervlakte behandelingen;
- ondersteunende werkzaamheden: bijvoorbeeld onderhoud, administratie;
- voorbereidende werkzaamheden: bijvoorbeeld werkvoorbereiding, planning;
- besturende werkzaamheden: bijvoorbeeld logistieke beheersing en kwaliteitsbeheersing.

Er zijn drie grondvormen te onderscheiden volgens welke de uitvoerende functies gekoppeld kunnen worden. Dit zijn een lijnstructuur, een functionele structuur en een stroomsgewijs of groepen structuur. In een lijnstructuur zijn bewerkingsstations aan elkaar geschakeld en alle werkstukken doorlopen de bewerkingsstations in de zelfde, vaste volgorde. Een extreem voorbeeld is een lopende band. De lijnstructuur wordt vooral gebruikt bij zeer grote series van (bijna) identieke produkten.
In een functionele structuur zijn bewerkingen naar soort gegroepeerd. Produkten lopen kris-kras door de fabriek, afhankelijk van de aard en volgorde van de uit te voeren bewerkingen. Een functionele structuur wordt vooral bij kleine series en enkelstuks fabricage toegepast.
Een stroomsgewijs structuur (of groepentechnologie) is een middenvorm. Men zoekt naar groepen vergelijkbare produkten die in cellen of produktie-eilanden kunnen worden bewerkt. Elke cel bestaat uit die machines die voor een produktgroep nodig zijn.

De keuze voor een van de grondvormen beperkt in grote mate de keuzevrijheid die bestaat bij het ontwerpen van een fabriekslay-out (zie tabel 3.3). Ook de mogelijkheden eisen in verband met veiligheid in het ontwerp mee te nemen worden hierdoor beïnvloed.
Doorgaans wordt de keuze voor een van de grondvormen gemaakt op basis van criteria als effectiviteit, efficiency en flexibiliteit. Echter ook criteria op gebied van welzijn (Pot, 1991), gezondheid (Beumer, 1987) en veiligheid moeten een rol spelen. In tabel 3.3 worden voorbeelden van effecten van de grondvorm op veiligheid aangegeven.

Als de grondvorm bekend is kan in de tweede stap een nauwkeurig ontwerp van de lay-out gemaakt worden. Dit kan bijvoorbeeld aan de hand van een systematische lay-outplanning (Muther, 1961, 1979). Hoe dit kan worden aangepakt is beschreven in paragraaf 3.4.

Tot slot wordt een detailontwerp van werkplekken gemaakt. Zowel voor het ontwerpen van de lay-out als van werkplekken geldt dat eisen met betrekking tot veiligheid een belangrijke rol spelen.

In principe wordt al in een vroeg stadium een keuze voor een logistiek concept gemaakt. De gedetailleerde invulling ervan (wie verricht welke taken) kan gemaakt worden als er een idee van de bedrijfsinrichting bestaat. Het spreekt vanzelf dat ook de wijze waarop besturende taken worden uitgevoerd invloed heeft op de inrichting van werkplekken (zie paragraaf 3.5)

Tabel 3.3 Effecten van de produktiestructuur op veiligheid en de mogelijkheden om in een systematische lay-out planning rekening te houden met veiligheid

produktie structuur	voorbeeld van effecten op veiligheid	toepassingsmogelijkheden van systematische lay-out planning
lijnstructuur	- Materiaalstroom kan gemakkelijk volledig gemechaniseerd en geautomatiseerd worden (bijvoorbeeld met conveyors). - Voorraden tussen werkstations kunnen klein zijn en zijn goed beheersbaar. - Verstoringen werken door op de gehele lijn, plaatselijk kunnen bij verstoringen grote tussenvoorraden ontstaan.	- De materiaalstroom bepaalt de volgorde. De lay-out van de lijn, de plaats van voorraden, afval en transportroutes voor onderdelen liggen niet vast. - Er zijn weinig mogelijkheden om door middel van de lay-out risico's van bewerkingen te verminderen (bijvoorbeeld het afzonderen van gevaarlijke bewerkingen).
functionele structuur	- Veel en soms onoverzichtelijk transport. - Vaak grote tussenvoorraden (nabij de bewerkingsplaats of in aparte magazijnen). - Beheersing van materiaalstromen en beheer hulpmiddelen vaak complex. - Hoeveelheid transport en grootte van tussenvoorraden sterk afhankelijk van logistieke beheersing.	- Veel vrijheidsgraden in lay-out. - Goede mogelijkheden risico's van bewerkingen door de lay-out te verminderen.
stroomsgewijs structuur	- Transport binnen cel of groep beperkt en goed beheersbaar. - Beperkte omvang tussenvoorraden. - Gemakkelijk beheer van hulpmiddelen.	- Veel vrijheidsgraden in lay-out. - Goede mogelijkheden risico's van bewerkingen door de lay-out te verminderen.
fixed position lay-out	- Overzichtelijk transport. - Veiligheidsvoorzieningen moeilijk permanent te treffen. - Beperkte voorraden.	- Lay-outplanning niet mogelijk.

3.4 Systematische lay-out planning

3.4.1 Inleiding

Als een ontwerp is gemaakt voor het produktieproces en als bekend is of gewerkt gaat worden volgens een lijnstructuur, een functionele structuur, een stroomsgewijze structuur of mengvormen daarvan, kan de bedrijfslay-out bepaald worden. Een overzicht van een werkwijze voor het ontwerpen van een lay-out waarbij expliciet rekening is gehouden met veiligheid is afgebeeld in figuur 3.3. Deze is gebaseerd op de Systematische Layout Planning volgens Muther (1961, 1979).

Figuur 3.3 Werkvolgorde en vuistregels bij de systematische lay-out planning van een produktielijn (Bron: Mossink, 1992)

3.4.2 Inventarisatie eisen

Een eerste stap is het bepalen welke machines en werkplekken dicht bij elkaar in de buurt, of juist verwijderd van elkaar moeten worden gesitueerd. Er is een aantal redenen om werkplekken in elkaars nabijheid te plaatsen of juist van elkaar verwijderd te houden (zie tabel 3.4). De relaties tussen bewerkingsstations moeten daartoe op een aantal aspecten worden onderzocht:

- aard en omvang van de materiaalstromen tussen bewerkingsstations;
- veiligheidsrisico's van bewerkingen, opslag en transport;
- fysische en chemische omgevingscondities (als gevolg van bewerkingen);
- fysieke belasting (bij bewerkingen en transport);
- functiesamenstelling van betrokken personeel.

Tabel 3.4 Overzicht van ontwerpregels voor het bepalen van een lay-out

Onderwerp	Ontwerpregels voor bepalen lay-out
Materiaalstromen	- realiseer korte transportlijnen voor grote materiaalstromen - transportafstanden bij vervoer door (portaal)kranen minimaliseren en verwijderd houden van werkplekken. - realiseer een logische volgorde; - materiaalstromen moeten elkaar zo min mogelijk kruisen
Veiligheidseisen	- transport van gevaarlijke stoffen minimaliseren - gevaarlijke stoffen gescheiden opslaan - risicovolle bewerkingen (en opslag van gevaarlijke materialen) scheiden van andere werkzaamheden - gescheiden houden van transportwegen en werkplekken, vooral als het transport van gevaarlijke stoffen betreft
Fysische en chemische omgevingscondities	- vuil en schoon werk scheiden - stil en lawaaiig werk scheiden - plaatsen waar gewerkt wordt met gevaarlijke stoffen afzonderen - zorgen voor uitzicht en daglichttoetreding bij werkplekken - werkplekken nabij veel gebruikte toegangen vermijden (tochtproblemen)
Fysieke belasting	- afstanden voor niet gemechaniseerd transport minimaliseren
Functiesamenstelling van betrokken personeel	- plaatsen waaraan dezelfde personen werken dicht bij elkaar plaatsen - voorkomen van geïsoleerde werkplekken - mensen die in een groep (of afdeling) werken bij elkaar plaatsen

Door een relatiediagram op te stellen (zie figuur 3.4) kan men een systematisch overzicht krijgen van de relaties tussen bewerkingsstations. In dit diagram wordt aangegeven wat belangrijke relaties zijn. Ook de reden waarom relaties tussen bewerkingsstations belangrijk zijn wordt in het diagram aangeduid.

Figuur 3.4 Voorbeeld van een relatiediagram. In de figuur is bij wijze van voorbeeld de relatie tussen kantoorruimte en de draaibank in grijs aangegeven. De letter in het snijvlak geeft de relatie aan, het cijfer de achtergrond hiervan.

V = Verwijderd van elkaar houden
N = Noodzakelijk dicht bij elkaar
B = Belangrijke relatie

1 = Gerelateerde bewerkingen
2 = Gevaarlijke stoffen apart
3 = Logische realtie
4 = Lawaaioverlast

3.4.3 Bepalen benodigde ruimte

De tweede stap is het maken van een overzicht van de vereiste (of gewenste) ruimte voor elk van de bewerkingsstations. De vereiste ruimte hangt af tal van factoren:

- ruimte voor machines;
- ruimte voor opslag (werkstukken, onderdelen, hulpmiddelen, spanmiddelen, gereedschappen, afval, ongebruikte emballage);
- ruimte voor voorzieningen als omheiningen, afzuigingen, omkastingen;
- ruimte voor niet-machinegebonden werkzaamheden (bijvoorbeeld administratie, voorbereiding);
- werkruimte, inclusief veiligheidsafstanden tot machines;
- ruimte voor loop- en transport- en vluchtwegen;
- uitlegruimte voor machineonderdelen ten behoeve van onderhoud en reparatie;
- hoeveelheid vrije luchtruimte per persoon (hangt af van oppervlak en hoogte van de werkruimte).

Voor bepaling van de ruimte vereisten kan onder meer gebruik gemaakt worden van handboeken (Woodson, 1981; Biekart, 1991, Voskamp, 1991) en publicatie- en voorlichtingsbladen van de Arbeidsinspectie.

3.4.4 Opstellen alternatieven, uitwerken lay-out

Als bekend is welke bewerkingsstations dicht bij elkaar, dan wel ver van elkaar verwijderd moeten zijn en hoeveel ruimte per bewerkingsstation nodig is kan een voorlopige lay-out worden ontworpen. In principe zal eerst gewerkt worden zonder oppervlakken en in tweede instantie met het benodigd oppervlak. Het verdient aanbeveling verschillende alternatieven te ontwikkelen en deze in een later stadium met elkaar te vergelijken.

Het maken van een zogenaamd activiteiten-relatie diagram (Muther, 1961, 1979) of vlekkenplan (Mossink, 1992) kan hierbij behulpzaam zijn. Een voorbeeld hoe de uitwerking kan verlopen is afgebeeld in figuur 3.5.

Figuur 3.5 Voorbeeld van werkwijze bij het bepalen van de lay-out (Bron: Muther, 1961)

3.5 Inrichting van werkplekken

De laatste stap in het bepalen van de lay-out is het in detail ontwerpen van werkplekken. Ook hierbij speelt veiligheid een rol. Te denken is aan het vermijden van scherpe randen, het afschermen van

bewegende en hete delen, adequate verlichting, ruimte vereisten en dergelijke. Over het ontwerpen van veilige werkplekken is reeds veel geschreven en zijn uitgebreide dataverzamelingen beschikbaar. In het kader van deze studie voert een uitgebreide bespreking van het werkplekontwerp te ver. Derhalve wordt verwezen naar handboeken op dit gebied (Clark, Corlett, 1985; Voskamp, 1991; Woodson, 1981; Mossink, 1992; Kirchner, 1990).

3.6 Logistieke beheersing

De logistieke beheersing heeft tot doel tussenvoorraden te beperken de storingen te voorkomen (of tenminste het effect daarvan te minimaliseren).

Het effect van een goede logistieke beheersing op de veiligheid hangt af van de bedrijfsspecifieke situatie. Enige beslissingscriteria om in te schatten wat gedaan kan worden zijn:

- Hoeveelheid orders die op prognose gefabriceerd kunnen worden. Naarmate meer orders op prognose gefabriceerd kunnen worden is het plannen gemakkelijker. De seriegroottes zijn doorgaans geoptimaliseerd.
- Hoeveelheid orders die op orderafroep gefabriceerd kunnen worden. Als er veel spoedorders zijn nemen tussenvoorraden bij bewerkingsstations snel toe, bijvoorbeeld door toename van omsteltijden.
- Modulariteit van produktstructuur. Bij modulair opgebouwde produkten is het aantal verschillende componenten kleiner en kan de seriegrootte per component toenemen. De kans op verstoringen in het produktieproces wordt kleiner.
- Verhouding aantal universele/specifieke onderdelen in ontwerp. Als het aantal universele onderdelen groot is kan er gemakkelijker op voorraad worden gewerkt. De bewerkingsstructuur is eenvoudiger en de kans op verstoringen kleiner.
- Geometrische afmetingen van de onderdelen. Naarmate de onderdelen groter zijn neemt het ruimtebeslag toe.

Een paar diagnose-, en verbeteringstechnieken die gebruikt kunnen worden bij invoering van verbeteringen tot verminderen materiaalhoeveelheid op werkvloer en in magazijnen, zijn:

- SMED-diagnosetechniek, Single Minute Exchange of Dies (Shingo, 1985). Methode om omstelactiviteiten naar vòòrbereidende functies te verplaatsen en de omvang van omstelactivitei-

ten te verminderen. Machines staan hierdoor minder stil. De "economische" seriegrootte wordt kleiner. Dit betekent dat men sneller aan een nieuwe batch produkten kan beginnen (men hoeft minder lang te wachten tot er voldoende produkten voor een nieuwe batch zijn). Er ontstaan dus minder tussenvoorraden.

- OPT-methodiek (Goldrath, 1986). Theorie of constraints. Het opzoeken van bottlenecks in het produktieproces. Door een betere beheersing van bottlenecks bij seriegeschakelde produktiecapaciteiten kunnen optredende tussenvoorraden beter beheerst worden. Men kan bijvoorbeeld de capaciteit van de bottleneck vergroten. De wachttijden (en dus de tussenvoorraden) worden daardoor kleiner.
- KANBAN-techniek (Schönberger, 1982), methode om materiaalstromen onafhankelijk van een centrale planning door de fabriek te laten lopen (vermindering besturingslast). Gebruik van het KANBAN-systeem vòòrkomt het ontstaan van plotseling door storingen in het produktieproces veroorzaakte opslingeringen in de hoogte van tussenvoorraden. Het via KANBAN-kaarten gestuurde produktiemateriaal kan, zonder door een centraal planningssysteem aangestuurd te worden, door de fabriekshal stromen.
  Er gaat pas geproduceerd worden als de behoefte aan het materiaal door de opvolgende bewerkingsplaats kenbaar gemaakt is.
  Hierdoor kan de noodzaak tot gebruik van grotere tussenmagazijnen en informatie-uitwisseling tussen planning en werkvloer deels achterwege blijven, namelijk voor dié delen die via het KANBAN-systeem kunnen lopen.

3.7 Samenvatting

Veiligheidsrisico's kunnen samenhangen met de wijze waarop goederen zijn opgeslagen en door het bedrijf bewegen. Verbetering van de bedrijfsinrichting kan op fundamentele wijze de veiligheidsrisico's verminderen. Een systematisch herontwerp, bijvoorbeeld volgens de systematische Layout Planning, vereist dat een ruime mate van ontwerpvrijheid aanwezig is. Als het produktieproces en de lay-out grotendeels vastligt, of moeilijk te veranderen is, dan kan door een betere logistieke beheersing worden bereikt dat opslag en transport verminderen. Dit draagt bij tot verhoging van het niveau van veiligheid.

4. ONDERHOUD

4.1 Inleiding

De arbeidsveiligheid wordt bevorderd door het plegen van het juiste onderhoud. Een slechte staat van onderhoud kan zowel direct als indirect tot ongevallen leiden. Verstoringen in het produktieproces dragen bij aan (of nodigen soms zelfs uit tot) onveilig gedrag.
Om veiligheidsrisico's als gevolg van gebrekkig onderhoud te vermijden behoort voor een bedrijf een totaal onderhoudsprogramma te worden opgesteld. Dit programma omvat onder andere de taken, de intervallen, de wijze van uitvoering zowel technisch als personeelsmatig, de organisatie, verantwoordelijkheden, reserve-onderdelen, storings- en onderhoudsregistratie, budgettering, en de tijdsplanning.
Onderhoudsprogramma's kunnen de faalkansen van verouderende onderdelen op een acceptabel niveau houden, waardoor risico's voor de veiligheid beperkt blijven. Daarnaast kan goed onderhoud leiden tot een verlaging van blootstelling aan lawaai en trillingen.
Voor verschillende machines, gereedschappen en installaties zijn er mogelijkheden door gericht onderhoud de faalkansen te beheersen. Het opstellen, uitvoeren en periodiek bijstellen van een onderhoudsprogramma kan worden ondersteund door (gecomputeriseerde) methodieken en hulpmiddelen (Van Duijvenvoorden, Oosters, 1989; Nelson, 1991).

In dit hoofdstuk komt aan de orde welke (veiligheids) risico's aan een slechte staat van onderhoud zijn verbonden (paragraaf 4.2). Vervolgens wordt ingegaan op de vraag welke bijdrage gericht preventief onderhoud kan leveren. Daartoe wordt een overzicht gepresenteerd van de soorten van onderhoud en de effecten daarvan op veiligheid (paragraaf 4.3). Hoe een onderhoudsplan, gericht op verhoging van de veiligheid kan worden opgezet wordt besproken in paragraaf 4.4.

4.2 Effecten van staat van onderhoud op arbeidsomstandigheden

De staat van onderhoud van produktiemiddelen kan op vele manieren bijdragen tot onveilige situaties. Het falen van een onderdeel kan direct oorzaak van een ongeval of incident zijn. Hierbij kan gedacht worden aan het breken van een beitel op een draaibank, het scheuren van een slang met

een vloeistof onder druk of het gebrekkig functioneren van beveiligingen. Daarnaast zijn er (negatieve) effecten voor gezondheidscondities (bijvoorbeeld trillingen en geluid).

Voorbeeld

Een bewegend onderdeel van een gietmachine werd geborgd door twee onderdelen: een pal en een veiligheidspen. In normaal bedrijf kan de beweging alleen in gang worden gezet als zowel de pal als de veiligheidspen zijn weggenomen. Voor een inspectie was het nodig de veiligheidspen te verwijderen. Men wist niet dat de pal door veelvuldig gebruik was versleten. Het wegnemen van de veiligheidspen zette daarom het onderdeel in beweging en verwondde een collega.

Een overzicht van veiligheidsrisico's die direct aan de staat van onderhoud zijn gerelateerd wordt gegeven in tabel 4.1.

Tabel 4.1 Veiligheidsrisico's die direct zijn gerelateerd aan de staat van onderhoud

Gevolgen van onvoldoende onderhoud	Gerelateerde veiligheidsrisico's
1. Onveilige situaties die niet verholpen worden	- defecte verlichting: valgevaar, gevaar voor stoten - lekkages: olie lekkages kunnen brandgevaar of gladde vloeren veroorzaken (uitglijden) - slecht functionerende veiligheidsvoorzieningen (kapotte of beschadigde afschermingen) - filter installaties werken onvoldoende waardoor de concentratie toxische stoffen kan oplopen - beschadigde of ongelijke vloeren (struikelen, verliezen van lading bij intern transport, ontstaan van trillingen en schokken) - werken met (onveilige) noodvoorzieningen
2. Onvoldoende smering	- vastlopende of aanlopende onderdelen worden heet en kunnen brand veroorzaken; verhoging geluidsniveau
3. Werkomgeving is onvoldoende netjes	- gevaar voor verwonding door losse onderdelen - meeste machines worden minder gevaarlijk als ze schoon zijn - brandgevaar (als met brandbare materialen wordt gewerkt) - gevaar voor struikelen of uitglijden
4. Onbalans in roterende onderdelen	- verhoging geluidsniveau: onopgemerkt blijven van waarschuwingssignalen - trillingen: losraken van onderdelen - veranderend belastingspatroon van onderdelen waardoor faalkansen toenemen (bijvoorbeeld lostrillende moeren, losschieten van bewegende delen)
5. Slijtage van onderdelen	- versleten pallen of borgpennen kunnen machine onderdelen doen losraken of in beweging brengen - slangen kunnen door veroudering of veelvuldig bewegen scheuren - versleten delen van hijsmiddelen kunnen lasten doen vallen - versleten delen van hekken, trappen of klimmateriaal vergroten valgevaar

Tenminste zo belangrijk is de indirecte invloed die de staat van onderhoud op veiligheidsrisico's heeft. Er is een aantal mechanismen te onderkennen waarop dit plaatsvindt:

1. Een slechte staat van onderhoud vermindert de bedrijfszekerheid van machines of produktie-installaties, waardoor het aantal kleine en grotere verstoringen in het produktieproces toeneemt. Zeker bij het werken onder tijdsdruk neemt men sneller risico's bij het opheffen van verstoringen, of volstaat men met noodoplossingen.

2. De frequentie van storingsafhankelijk onderhoud neemt toe. Met name onderhoudswerk gericht op het verhelpen van storingen kent vaak grote VGW-risico's (zie paragraaf 4.3.3).
3. Onderhoud (en vooral als het onder tijdsdruk en onder slechte condities wordt uitgevoerd) kan een belangrijke bron van fouten zijn. Deze kunnen bijdragen aan het ontstaan van ongevallen of gevaarlijke situaties (zie paragraaf 4.3.3).

Voorbeeld

In een automatische produktielijn komen herhaaldelijk kleine verstoringen voor. Werkstukken komen hierdoor scheef op een transportband te staan. Soms loopt hierdoor de transportband vast. Door het verwijderen van de afscherming en het handmatig rechtzetten van de werkstukken kan het produktieproces vrijwel ongestoord doorgaan. Een keer raakte de arm van de operator bekneld door een onverwachte beweging van een machine. In dit geval had het fundamenteel oplossen van de situatie waardoor werkstukken scheef komen staan het ongeval kunnen voorkomen.

Voorbeeld

Eem manipulator werd door een operator gestart. Omdat de werklucht door een collega ten behoeve van het schoonmaken was verwijderd, sloot de operator de luchtslang aan. Hierdoor begon de manipulator direct te bewegen en verwondde de operator.

Een algemeen model voor de samenhang tussen de staat van onderhoud en de risico's voor veiligheid, gezondheid en welzijn is gegeven in figuur 4.1. Een slechte staat van onderhoud leidt tot hogere faalkansen van machines en componenten. Dit kan direct leiden tot onveilige situaties. Ook is er meer aanleiding voor het nemen van noodmaatregelen. Ook dit heeft een verlaging van de veiligheid tot gevolg. Hogere faalkansen doen ook de hoeveelheid storingsafhankelijk onderhoud toenemen, ook een oorzaak van toenemende veiligheidsrisico's (lagere veiligheid). Een preventieve aanpak heeft voordelen op tenminste drie terreinen: de staat van onderhoud verbetert structureel, de hoeveelheid noodmaatregelen nemen af en het is beter mogelijk het onderhoudswerk op passende wijze voor te bereiden.

Figuur 4.1 Relaties tussen veiligheidsrisico's en staat van onderhoud. Een pijl tussen twee grootheden representeerd een relatie. Een plus duidt op een positieve relatie, een min op een negatieve of inverse. Bijvoorbeeld: hoe beter de staat van onderhoud des te lager zijn de faalkansen; hoe lager de faalkansen hoe hoger de veiligheid.

Uit figuur 4.1 en tabel 4.1 blijkt dat de VGW-risico's verminderd kunnen worden door de staat van onderhoud en daarmee de bedrijfszekerheid systematisch op een hoog peil te houden. Dit kan alleen door te werken volgens een preventief gerichte onderhoudsstrategie. Indien ernstige gevolgen zijn verbonden aan het falen van een onderdeel (voor veiligheid en de produktie) dan zal het voorkomen hiervan (door preventief onderhoud) hoge prioriteit moeten hebben.

4.3 Soorten van onderhoud

4.3.1 Inleiding

Er zijn tal van soorten onderhoud te onderscheiden. Gewoonlijk wordt slechts onderscheid gemaakt tussen preventief en curatief onderhoud (voorkomen respectievelijk het verhelpen van storingen). Om echter de effecten van de gekozen onderhoudsstrategie op veiligheids-, gezondheids- en wel-

zijnscondities beter te kunnen beschrijven is een nadere verdeling van preventief en curatief onderhoud gewenst. In het kader van deze studie worden de volgende vormen onderscheiden:

- onderhoudsbewust ontwerpen;
- storingsafhankelijk onderhoud;
- toestandsafhankelijk onderhoud;
- gebruiksduurafhankelijk onderhoud;
- correctief onderhoud;
- gelegenheidsonderhoud.

Elk van de vormen van onderhoud heeft specifieke mogelijkheden voor het verminderen van veiligheidsrisico's. De belangrijkste kenmerken van deze vormen van onderhoud komen aan de orde in de paragrafen 4.3.2 tot en met 4.3.7.

4.3.2 Onderhoudsbewust ontwerpen

Bij onderhoudsbewust ontwerpen streeft men ernaar de nadelige effecten van onderhoud (en stilstand als gevolg hiervan) voor de gebruiker te minimaliseren en de onderhoudbaarheid te vergroten. Verbetering van de onderhoudbaarheid leidt tot verlaging van onderhoudskosten en -tijd en tot een zo'n laag mogelijke uitbedrijftijd.
Onderhoudsbewust ontwerpen van machines is de meest fundamentele en effectieve methode om risico's voor veiligheid als gevolg van falen van machines te voorkomen.
Voor gebruikers kan de mate waarin met onderhoud en veiligheid in het ontwerp rekening is gehouden een beoordelingscriterium zijn bij de aanschaf.

Bij het onderhoudsbewust ontwerpen staat de ontwerper een aantal strategieën ter beschikking (Laurentius, 1987):

- verlagen van de faalkans van onderdelen, bijvoorbeeld door de belastbaarheid te verhogen;
- ongevoelig maken voor menselijke factoren;
- toepassing van componenten die weinig of geen verzorgend onderhoud nodig hebben zoals smeren, verven, schoonmaken en dergelijke;
- verhoging van de voorspelbaarheid van de (technische) levensduur, mogelijkheden aanbrengen voor het bepalen van de conditie;

- verminderen van de effecten, bijvoorbeeld door een onderhoudsvriendelijk ontwerp waardoor onderhoud snel, gemakkelijk en veilig kan worden uitgevoerd. Mogelijkheden voor verbetering van onderhoudbaarheid zijn afgebeeld in figuur 4.2.

Figuur 4.2 Vermindering van onderhoudskosten door onderhoudsbewust ontwerpen (Bron: Laurentius, 1987)

De onderhoudbaarheid van machines wordt niet alleen bepaald door het ontwerp. Ook de omstandigheden waaronder onderhoud wordt uitgevoerd (bijvoorbeeld een werkplaats, personeel, reserve onderdelen en faciliteiten) hebben invloed.

In de machinerichtlijn van de EG zijn bepalingen opgenomen over ontwerp en onderhoudbaarheid van machines met het oog op arbeidsomstandigheden. Fabrikanten zijn verplicht de risico's voor veiligheid en gezondheid voor installatie, gebruik en onderhoud tot een minimum te beperken.

4.3.3 Storingsafhankelijk onderhoud

Storingsafhankelijk onderhoud wordt uitgevoerd op het moment dat een onderdeel faalt, zodanig dat verder gebruik van de betreffende machine niet mogelijk of verantwoord is. Kan een machine zon-

der risico's verder draaien dan is het mogelijk het onderhoud later in de vorm van gelegenheidsonderhoud uit te voeren.
Er zijn twee mogelijkheden: een onderdeel wordt ter plekke hersteld of een onderdeel wordt uitgebouwd en (eventueel tijdelijk) door een reserve onderdeel vervangen.
Storingsafhankelijk onderhoud is vanuit veiligheidsoptiek de meest ongewenste vorm. Met voorkomt het optreden van een storing niet en er is geen vermindering van gevolgschade. Bovendien zijn aan het verrichten van deze vorm van onderhoud veiligheidsrisico's verbonden. Oorzaken zijn:

- werken onder hoge tijdsdruk (gevolg: werken aan lopende machines, gebrekkige of achterwege gelaten veiligheidsvoorzieningen, onvoldoende uitvoeren van werkzaamheden waardoor weer nieuwe storingen ontstaan);
- werken met overbrugde of weggenomen beveiligingen;
- onvoldoende voorzieningen om de werkzaamheden veilig en onder goede condities uit te voeren.

Tijdsdruk is er vaak de oorzaak van dat volstaan wordt met tijdelijke oplossingen of noodmaatregelen. Doorgaans houden dergelijke noodverbanden hogere risico's voor veiligheid in.

4.3.4 Preventief onderhoud: toestandsafhankelijk onderhoud

Het onderhouden van machines op basis van de conditie van onderdelen is een aantrekkelijk concept. Het moment van onderhoud wordt hierbij gestuurd op basis van informatie over de toestand van de apparatuur of onderdelen daarvan. Men kan bijvoorbeeld lagertrillingen meten of de kwaliteit van koel en snijvloeistoffen meten en op deze wijze het tijdstip van onderhoud bepalen. De onzekerheid in het moment van falen vermindert hierdoor. Daarnaast kan optimaal van de (technische) levensduur gebruik worden gemaakt. Omdat men het tijdstip van herstel goed kan plannen kunnen alle maatregelen getroffen worden die nodig zijn om de veiligheid te waarborgen.
Een voorwaarde voor deze wijze van onderhoud is dat technieken beschikbaar zijn om een adequaat inzicht in de conditie van onderdelen te krijgen. In tabel 4.1 zijn de voordelen van toestands- afhankelijk onderhoud samengevat.

Tabel 4.1 Voordelen van condition monitoring (Bron: Kelly, 1978)

	Voordelen		Methode voor condition monitoring	
			Trend bewaking	Conditie inspectie
Veiligheid	Reductie in ongevallen, veroorzaakt door het falen van machines of componenten		Apparatuur kan uit bedrijf worden genomen als noodstops moeilijk zijn	Machineconditie, aangeduid met een alarm is voldoende als machine direct uitgezet kan worden
Output	Verhoogde beschikbaarheid	langere bedrijfstijd	Onderhoud kan in het produktieschema worden ingepland	Tijd tussen onderhoudswerkzaamheden kan gemaximaliseerd worden
		minder onderhoudstijd	Machine kan zonder schade worden stilgezet Er is tijd het onderhoud voor te bereiden	Inspectietijd na stilleggen wordt gereduceerd, men kan snel met de onderhoudswerkzaamheden beginnen
	Verhoogde netto produktie			Machine kan op hogere of lagere snelheid draaien. Afwijkingen in efficiency van de machine kunnen gedetecteerd worden.
	Verbeterde kwaliteit		Planning onderhoud verhoogt de leverbetrouwbaarheid	De tijd dat machines produktie met lagere kwaliteit leveren vermindert.

4.3.5 Preventief onderhoud: gebruiksduurafhankelijk onderhoud

Bij gebruiksduurafhankelijk onderhoud worden onderdelen na een vast aantal gebruiksuren onderhouden. Deze vorm van onderhoud is alleen effectief als de faalkans of kwaliteit van een onderdeel duidelijk afhankelijk is van de gebruiksduur. Gebruiksduurafhankelijk onderhoud is daarom vooral interessant voor onderdelen of hulpmiddelen die een goed definieerbare levensduur hebben. Men kan hierbij bijvoorbeeld denken aan slijtdelen in machines, smeerolie en kunststof slangen.
Het vinden van het optimale onderhoudsinterval is vaak problematisch. Te lang wachten met onderhoud doet de kans op storingen, ongevallen en ook hoge reparatiekosten toenemen. Onderhoud met te korte intervallen houdt in dat niet optimaal gebruik wordt gemaakt van de levensduur van onderdelen. Evenals bij toestandsafhankelijk onderhoud geldt dat het onderhoudswerk goed gepland kan worden. Alle voorzieningen om risico's tot een minimum te beperken kunnen worden genomen.

4.3.6 Correctief onderhoud

Vooral bij nieuwe installaties treden dikwijls fouten aan het licht die niet zijn te wijten aan het falen van een onderdeel. Onderhoud dat is gericht op het verhelpen van dergelijke fouten wordt wel correctief onderhoud genoemd. In de praktijk blijkt het onderscheid tussen correctief onderhoud en

storingsafhankelijk onderhoud vaak moeilijk te maken. Met betrekking tot veiligheid gelden de zelfde problemen als bij storingsafhankelijk onderhoud.

4.3.7 Gelegenheidsonderhoud

Met gelegenheidsonderhoud worden die onderhoudsactiviteiten aangeduid die worden uitgevoerd als zich een passende gelegenheid voordoet, bijvoorbeeld als een machine om een andere reden wordt gestopt of gedemonteerd. Gelegenheidsonderhoud is hiermee direct gerelateerd aan de onderhoudsplanning. Deze vorm van onderhoud komt vooral voor bij produktie-inrichtingen die slechts tegen hoge kosten kunnen worden stilgelegd.

4.4 Onderhoudsplanning voor verbetering arbeidsomstandigheden

4.4.1 Keuze onderhoudsstrategie

Zowel correctief als preventief onderhoud als de aspecten met betrekking tot onderhoudbaarheid leiden tot een onderhoudsplan. Uitgangspunt is het ontwerp of het systeem, dat reeds getoetst is tegen kwantitatieve criteria.
Het ontwerp kan door adequaat onderhoud nooit beter worden dan het oorspronkelijke ontwerp. Goed onderhoud zorgt voor het optimaal handhaven van het uitgangsniveau.
De keuze voor een onderhoudsstrategie en het definiëren van onderhoudstaken hangt af van een aantal criteria:

- faalgedrag van de machine of component in de tijd (bijvoorbeeld veroudering of slijtage);
- effecten van falen, leidt falen van een machine of component direct of indirect tot veiligheidsrisico's, is er een hoge gevolgschade?
- mogelijkheden onderhoud uit te voeren, kan de falende component of machine zonder veiligheidsrisico's en met acceptabele kosten hersteld worden?
- waarneembaarheid van falen, is niet of gebrekkig functioneren van de falende component zichtbaar voor de operator?

Voorbeeld

Vaak zijn in installaties of machines voorzieningen aangebracht die de operator moeten waarschuwen bij falen van een van de componenten, of die ervoor moeten zorgen dat de effecten van falen beperkt blijven. Tijdens normaal gebruik worden deze voorzieningen niet aangesproken. Het is dus voor de operator niet waarneembaar of de voorzieningen ook inderdaad zullen werken.

Een machine kan zo ver verouderd zijn of de staat van onderhoud kan zo slecht zijn dat het niet mogelijk is de veiligheidsrisico's tot een acceptabel niveau te reduceren. Het aanbrengen van beveiligingen en herstellen van onderdelen is dan onvoldoende. In die gevallen volstaat alleen het in zijn geheel vervangen van een machine.

Bij het maken van een geschikte keuze voor de onderhoudsstrategie kan gebruik worden gemaakt van verschillende beslissingsdiagrammen. De afgebeelde diagrammen (zie figuur 4.3, 4.4 en 4.5) zijn hier voorbeelden van.

Figuur 4.3 Beslissingsdiagram voor de keuze van effectieve onderhoudsstrategieën (Bron: Kelly & Harns, 1978)

Figuur 4.4 Selectie van onderhoudsstrategie voor moeilijk vervangbare onderdelen. De voorkeur voor een van de mogelijke strategieën moet worden gebaseerd op consequenties voor veiligheid en kosten (Bron: Kelly & Harns, 1978). Voor gemakkelijk en goedkoop te vervangen onderdelen is de keuze van de onderhoudsstrategie minder kritisch.

MTBF = mean time between failures

4.4.2 Onderhoudstaken

Voor het vaststellen van onderhoudstaken kan gebruik worden gemaakt van diverse schema's of benaderingen. Hier wordt de MSG-3 methode toegepast. De MSG (Maintenance Steering Group) methode is ontwikkeld door de Air Transport Association of America. MSG-3 is een logisch beslisschema om initiële onderhoudstaken te definiëren (Nowlan, Heap, 1978). Figuur 4.5 geeft de globale procedure voor het definiëren van onderhoudstaken weer.

Figuur 4.5 Globale procedure voor het definiëren van onderhoudstaken

De eerste stap is het vaststellen van onderhoudssignificante onderdelen. Een onderdeel is onderhoudssignificant als een storing een negatief effect heeft op de veiligheid, als een storing hoge onderhoudskosten met zich meebrengt (hoge economische gevolgen) of als de storing niet opgemerkt kan worden door de operator (verborgen storing). In andere gevallen kan storingsafhankelijk, correctief of gelegenheidsonderhoud een aanvaardbare strategie zijn. De gevolgklasse van functionele storingen en faalvormen van elke onderhoudssignificante component kan volgens het schema in figuur 4.6 worden bepaald. Afhankelijk van de gevolgklasse kan worden beslist of onderhoud direct moet worden uitgevoerd (bij veiligheidsrisico's en hoge gevolgschade) of dat uitstel mogelijk is. In het laatste geval kan men wachten tot een geschikte gelegenheid zich voordoet (gelegenheidsonderhoud).

Figuur 4.6 Schema voor het bepalen van de gevolgklasse van functionele storingen en onderhoud van onderhoudssignificante componenten

Eerst wordt de aard van de storing vastgesteld, merkbaar of verborgen voor de operator tijdens de uitoefening van z'n normale taken. Hierna moet een keuze gemaakt worden of de storing uiteindelijk een gevolg voor de veiligheid of een economisch gevolg heeft.

Voor merkbare functionele storingen is onderscheid gemaakt tussen het verloren gaan van een primaire functie (bedrijfsvoering) of niet. In de eerste situatie moeten de kosten voor preventief onderhoud gelijk of lager zijn dan de kosten van correctief onderhoud en de aan onderhoud gerelateerde kosten (stilstandskosten). In de situatie waarbij geen primaire functie verloren gaat, moeten de kosten van preventief onderhoud gelijk of lager zijn dan de kosten van correctief onderhoud. Anders moet correctief onderhoud worden ingevoerd.

Voor verborgen storingen is de categorie veiligheid van toepassing als naast het optreden van de beschouwde storing, een storing van een andere component plaatsvindt, en de combinatie van optreden leidt tot een onveilige situatie (meerdere storingen). De onderhoudstaak is in dat geval bedoeld om de beschikbaarheid van de component vast te stellen. Als veiligheid geen rol speelt, zijn alleen de kosten van belang voor het overwegen van preventief of correctief onderhoud.

Voor elk van de vijf onderscheiden klassen worden vervolgens toepasbare en effectieve onderhoudstaken vastgesteld. De keuze van de onderhoudstaken is gedeeltelijk gebaseerd op het verloop van het faalgedrag in de tijd. Verouderingskarakteristieken moeten worden geschat, bijvoorbeeld of

er een vrij duidelijk moment van falen is, op welke manier vindt veroudering plaats, hoe is de relatie tussen een conditieparameter en het faalgedrag?

Een onderhoudstaak moet volgens de MSG-3 methodiek zowel toepasbaar als effectief zijn. De volgende preventieve onderhoudstaken met hun criteria voor toepasbaarheid en effectiviteit, worden binnen deze methodiek onderkend (zie tabel 4.3).

Tabel 4.3 Criteria voor het bepalen van preventieve onderhoudstaken

Actie	Toepasbaarheid	Effectiviteit
Verzorging	het aan-/bijvullen van het verbruikte moet de verouderingssnelheid verminderen	de taak moet kosteneffectief zijn
Controle operator (alleen voor merkbaar falen)	grotere gevoeligheid voor falen moet detecteerbaar zijn en de mate waarmee de gevoeligheid toeneemt moet voorspelbaar zijn	· veiligheid de controle moet deel uitmaken van de normale taken van de operator en moet het risico van de storing tot een acceptabel niveau van veilige bedrijfsvoering reduceren · economisch de controle moet deel uitmaken van de normale taken van de operator
test op werking (alleen voor verborgen falen)	verificatie van de werking (functioneren) moet mogelijk zijn	· veiligheid de taak moet de adequate beschikbaarheid van de verborgen functie waarborgen om de kans op meervoudig falen tot een acceptabel niveau te reduceren · economisch de taak moet de adequate beschikbaarheid van de verborgen functie waarborgen om economische gevolgen van meervoudig falen te vermijden en moet kosteneffectief zijn
inspectie, functionele of kwantitatieve check	een conditieparameter moet aanwezig zijn, er moet een hoge correlatie zijn tussen de waarde van conditieparameter en het faalgedrag	· veiligheid de taak moet het risico van falen tot een acceptabel niveau van veilige bedrijfsvoering reduceren · economisch de taak moet kosteneffectief zijn, dat wil zeggen de kosten van de taak moeten lager zijn dan de kosten van de vermeden storingen
herstellen	de component moet verouderingsverschijnselen vertonen op een voorspelbaar tijdstip en een groot deel van de componenten moet dat tijdstip overleven. Het moet mogelijk zijn de component tot een gewenst faalniveau te herstellen.	· veiligheid de taak moet het risico van falen tot een acceptabel niveau van veilige bedrijfsvoering reduceren · economisch de taak moet kosteneffectief zijn, dat wil zeggen de kosten van de taak moeten lager zijn dan de kosten van de vermeden storingen
vervangen	de component moet verouderingsverschijnselen vertonen op een voorspelbaar tijdstip en een groot deel van de componenten moet dat tijdstip overleven	· veiligheid de taak moet het risico van falen tot een acceptabel niveau van veilige bedrijfsvoering reduceren · economisch een economische levensduur limiet moet kosteneffectief zijn, d.w.z. de kosten van de taak moeten lager zijn dan de kosten van de vermeden storingen
combinatie	alle mogelijke wegen moeten worden geanalyseerd, een herbeschouwing van de toepasbare taken is noodzakelijk	de meest effectieve taak of combinatie van taken moet vanuit de herbeschouwing worden geselecteerd

Hoe de meest in aanmerking komende taak of combinatie van taken bepaald wordt is uit figuur 4.7 af te leiden.

Het vaststellen van de intervallen voor periodiek onderhoud is grotendeels gebaseerd op het verouderingsgedrag van de onderhavige componenten. Daar dit gedrag niet altijd op voorhand exact bekend is, zullen bij nieuwe machines of installaties de onderhoudsintervallen aan de conservatieve (veilige) kant gekozen dienen te worden. In de loop der tijd, wanneer meer gegevens omtrent het werkelijk faalgedrag bekend zijn, kunnen de onderhoudsintervallen regelmatig bijgesteld worden.

Figuur 4.7 Schema voor de bepaling van onderhoudstaken

4.4.3 Organisatie van het onderhoud

Een goede aansturing en organisatie van het onderhoud draagt bij aan vergroting van de veiligheid en verbetering van arbeidsomstandigheden, zowel tijdens normaal bedrijf, als tijdens het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden. De organisatie van het onderhoud betreft onder meer de volgende aspecten (Hartung, 1989):

- strategieplanning, aangegeven welke onderhoudstaken op welk moment en voor welke component of machine vereist zijn (zie paragraaf 4.4.1);
- opstellen van onderhoudsprogramma's, vaststellen van onderhoudsintervallen;
- personeelsplanning, dit omvat het vaststellen van het aantal onderhoudstechnici, het verdelen van taken over operators en (specialistische) onderhoudstechnici, planning van de inzet van onderhoudstechnici en het voorzien in een adequate opleiding en training;
- planning van budget, materiaal en hulpmiddelen;
- inspectie en gegevensverwerking, vaststellen en registreren van de staat van onderhoud, analyse van onderhouds- en storingsgegevens van machines of componenten.

Voorbeeld

Het verdelen van onderhoudstaken over operators en (specialistische) onderhoudstechnici heeft invloed op het niveau van veiligheid en op de arbeidsinhoud. Het kan voordelig zijn een aantal onderhoudstaken (inspectie, verzorging, oplossen van kleine storingen) door de operator te laten uitvoeren. Storingen worden dan snel gesignaleerd en opgelost. Dit voorkomt doorwerken in een onveilige situatie en vergroot de arbeidsinhoud van de operator. Het gevaar is echter dat onder invloed van bijvoorbeeld tijdsdruk of door onvoldoende deskundigheid fouten worden gemaakt. Hierdoor kunnen nieuwe veiligheidsrisico's worden geïntroduceerd.

Naast een algemene onderhoudsplanning is het nodig voor elk onderhoudswerk waaraan veiligheidsrisico's verbonden zijn een gedegen werkvoorbereiding uit te voeren. In deze werkvoorbereiding wordt onder meer nagegaan welke handelingen moeten worden verricht, welke veiligheidsmaatregelen getroffen moeten worden, welke reserve-onderdelen beschikbaar moeten zijn en welke hulpmiddelen en gereedschappen gebruikt worden. Een goede voorbereiding is essentieel voor het optimaliseren van zowel veiligheid als economisch rendement.

4.4.4 Onderhoudsactiviteiten bij veel toegepaste machines

Voor een aantal, veel in de metaalproduktenindustrie machines voorkomende zijn onderhoudstaken uitgewerkt. In bijlage 1 is dit voor de volgende machines uitgewerkt:

- draaibank
- handslijpmachine
- kolomboormachine
- lasapparatuur, elektrisch
- las/snij-apparatuur, acetyleen, verplaatsbaar
- las/snij-apparatuur, propaan, verplaatsbaar
- metaalbeugelzaagmachine
- metaalcirkelzaagmachine
- metaallintzaagmachine
- slijpmachine, vast opgesteld

Per machine en per aandachtspunt is aangegeven bij welke voorwaarde (preventief) onderhoud een rol speelt (kan spelen). De persoonlijke beschermingsmiddelen zijn ook meegenomen. Hoewel onderhoud van p.b.m. strikt genomen buiten het directe onderhoud van machines/apparaten valt, draagt het bij aan het veilig opereren van machines.

De uitwerking is gebaseerd op informatie uit SAFESPEC. Dit is een informatie- en rapportagesysteem op het gebied van arbeidsomstandigheden. Het systeem is bestemd voor veiligheidskundigen en anderen die regelmatig op het gebied van de arbeidsomstandigheden adviseren, onderzoeken, schouwen en rapporteren.
SAFESPEC bestaat uit een algemeen gedeelte en een veel groter specifiek gedeelte. Het specifieke gedeelte omvat aandachtspunten voor ruimten (lokaties) en apparaten (objecten). Voor elk type apparaat of ruimte zijn een aantal specifieke aandachtspunten onderscheiden. Elk aandachtspunt is verder uitgewerkt in een aantal voorwaarden waaraan voldaan moet worden om negatieve gevolgen ten aanzien van de arbeidsveiligheid te voorkomen (IMET-TNO, 1990).

LITERATUUR

BEUMER P, MUSSON JHMM. Arbeidsomstandigheden in de metaalindustrie. Den Haag: Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 1991. S-113.

BIEKART HG. Praktijkgids arbeidsveiligheid. Alphen aan den Rijn: Samsom, 1991.

BOESTEN AJM. Bedrijfsongevallen, oorzaken, bestrijding en preventie. Alphen aan den Rijn: Samsom, 1991.

BOND NA. Maintainability. In: Salvendy G, ed. Handbook of human factors. New York: Wiley, 1983:1328-55.

BOVEN JHK. Door bedrijfsongevallen getroffen personen, 1988. Mndber gezondheid (CBS) 1990:90(9):25-33.

CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek). Statistiek der bedrijfsongevallen 1986. Den Haag: Staatsuitgeverij/CBS publicaties, 1988.

CHOCKIE AD. Improving product quality, safety and reducing cost: the critical role of maintenance in these goals. In: Karwowski W, Yates JW, eds. Advances in industrial ergonomics and safety III. London: Taylor & Francis, 1991:815-22.

CLARK TS, CORLETT EN. The ergonomics of workspaces and machines: a design manual. London: Taylor & Francis, 1984.

DUIJVENVOORDEN C van, OOSTERS L. Moderne machines vereisen geïnformatiseerd onderhoud. I^2 Werktuigbouwkunde 1989;12:18-21.

ELK J van. De Machinerichtlijn: strategie voor veilig ontwerpen is de grondslag. Mndbl Arbeidsomst 1991;67(3):173-5

GOLDRATH EG, COX JC. Het Doel: een proces van voortdurende verbetering. Utrecht: Het Spectrum, 1986.

GROENEWEG J. Controlling the controllable, the management of safety. Leiden: DSWO Press Leiden University, 1992.

HARTUNG P. Unfallschwerpunkt Instandhaltung. Z Arbeitswiss 1987;41(3):142-6.

HARTUNG P. Wirtschaftliche und arbeitsschutzgerechte Gestaltung der Instandhaltung in Klein und Mittelbetrieb beim Einsatz neuer. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz, 1989. Fb 570.

HSU SH. Human errors in maintenance. In: Kamushiro M, Megaw ED, eds. Towards work, solutions to problems in occupational health and safety. London: Taylor & Francis, 1991:85-9.

IMET-TNO. Informatie- en rapportagesysteem op het gebied van arbeidsomstandigheden. Apeldoorn: IMET-TNO, 1990.

KELLY A, HARNS MJ. Management of industrial maintenance. London: Newnes-Butterworths, 1978.

KING RW, MAGID J. Industrial hazard and safety handbook. London: Newnes-Butterworths, 1979.

KIRCHNER A, KIRCHNER J-H, KLIEM M, MÜLLER JM. Räumlich-ergonomische Gestaltung; Handbuch. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz, 1990. Fb 632.

LAURENTIUS G. Onderhoudsbewust ontwerpen nu en in de toekomst. Alphen aan den Rijn: Samsom, 1987.

LIEVIN D, KRAWSKI G. Isolated work and safety, a sociotechnical analysis carried out in various industrial contexts. In: Quéinnec Y, Daniellou F, eds. Designing for everyone. Proceedings of the 11th Congress of the International Ergonomics Association; 1991 July 15-20; Paris. London (etc.): Taylor & Francis, 1991:1013-5.

MOSSINK JCM, ELLENS E, EVELEENS W. Ontwerpen van arbeidssituaties, een planmatige toepassing van ergonomie. Den Haag: Sdu, 1992.

MUTHER R. Systematic Layout Planning. Boston: Industrial Education Institute, 1961.

MUTHER R. Systematische Layout Planning. Zoetermeer: EVO, 1979.

NICOLAISEN P. Occupational safety and industrial robots. In: Bonney MC, Yong YF, eds. Robot safety. Bedford: IFS Publications, 1985:33-48.

NICOLAISEN P. Entwicklung von Planungshilfsmittlen für Arbeitsschutzaspekte in automatisierten Produktionssystemen. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz, 1992.

NOWLAN FS, HEAP HF. Reliability centered maintenance. Proceedings of the Annual Reliability and Maintainability Symposium; Los Angeles 1978. New York: IEEE, 1978:38-44.

OBORNE DJ. Ergonomics at work. New York: Wiley, 1982.

POT FD, PEETERS MHH, AMELSVOORT P van, MIDDENDORP J. Functieverbetering en integraal ontwerpen. Den Haag: Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1991. S 112.

SANDERSON LM, COLLINS JW, McGLOTHLIN JD. Robot-related fatality involving a U.S. manufacturing plant employee: case report and recommendations. J Occup Accidents 1986;8:13-28.

SATULAKSANA IZ, SISWANTO J. Incorporating ergonomic aspects in factory facilities layout design. Ergon Intern 1988;88:172-4.

SCHÖNBERGER R. Japanese manufacturing techniques. New York: The Free Press, 1982.

SHINGO S. A revolution in manufacturing: the SMED system. Cambridge: The Productivity Press, 1985.

SLATERUS WH. Onderhoudsmanagement en bedrijfsbeleid. Alphen aan den Rijn: Samsom, 1970.

SMIT HA. Gezondheidsaspecten van het werken met metaalbewerkingsvloeistoffen. Den Haag: Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1986. S-16.

VERHOEVEN W. Van knelpunt tot oplossing. Leiden: NIPG-TNO, 1992. Publ.nr. 92.029.

VOSKAMP P, red. Handboek ergonomie. Alphen aan den Rijn: Samsom, 1991.

WOODSON WE. Human factors design handbook. New York: McGraw-Hill, 1981.

BIJLAGE

pagina

BIJLAGE 1 Onderhoudsactiviteiten bij veel toegepaste machines 49

BIJLAGE 1

Onderhoudsactiviteiten bij veel toegepaste machines

Tabel 1 Onderhoudstaken voor draaibanken

Punt	Voorwaarde	Onderhoud
elektrische outillage	goede aarding	periodieke controle, bepaling weerstand (Meggeren)
	nulspanningsbeveiliging	periodieke test op juiste werking
	scheidingsschakelaar, vergrendelbaar in uitstand	periodieke controle van de vergrendelmogelijkheid
	werkschakelaar goed bedienbaar	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	noodschakelaar goed bedienbaar	bedienbaarheid: controle door operator tijdens normale functie-uitoefening, werking: periodieke test op functioneren
	bescherming tegen (vloei)stof	periodieke visuele controle, verzorgend onderhoud
veiligheidsmaatregel/-voorziening	afscherming bewegende delen	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	spaarbreker op beitel	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	klauwplaatsleutel met veeruitdrijver	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	doorzichtige schermen	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
koel-en snijvloeistof	juiste kwaliteit	periodieke controle op verontreinigingen en samenstelling, hou vloeistof schoon van metaalslijpsel, lekolie, andere soorten en andere verontreinigingen, controleer regelmatig de zuurgraad (indicatorpapier), bepaal wekelijks het kiemgetal (dipslides); periodiek verversen, afhankelijk van gebruiksintensiteit eens per 2 à 3 maanden in de winter en eens per 4 à 5 maanden in de zomer, meng op de juiste manier met de juiste ingrediënten, reinig vloeistofsysteem grondig, bewaar concentraat vorstvrij [1]
	doorzichtig spatscherm	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	afzuiging van damp/aerosol	periodieke controle op juiste (voldoende) werking
persoonlijke beschermingsmiddelen	het dragen van voetbescherming	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening
	het dragen van aansluitende oogbescherming	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening

Tabel 2 Onderhoudstaken voor handslijpmachines

Punt	Voorwaarde	Onderhoud
elektrische outillage	dubbel geïsoleerd	periodieke controle op vervuiling
	werkschakelaar goed bedienbaar	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	juiste leidingtype	controle op toestand kabel door operator tijdens normale functie-uitoefening
	bescherming tegen (slijp)stof	periodieke visuele controle, verzorgend onderhoud via een met petroleum bevochtigde doek
veiligheidsmaatregel/-voorziening	deugdelijke beschermkap	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	goed werkende dodemansknop (geen wettelijk voorschrift)	werking, periodieke test op functioneren
	beveiliging voor te hoog toerental (geen wettelijk voorschrift)	periodieke controle
	zelfstartbeveiliging	test op juiste werking van vergrendeling tijdens normaal gebruik
slijpschijf	juiste opslag (afhankelijk van samenstelling, vorm en afmetingen)	visuele controle en klankproef voor montage, periodieke controle op juiste wijze van opslag
klemschijf/drukflens	persoonlijke beschermingsmiddelen goed gebalanceerd	controle op beschadigingen
	het dragen van aansluitende oogbescherming (slijpbril)	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening
	gehoorbescherming indien geluidsniveau > 80 dB(A)	controle door operator op werking tijdens normale functie-uitoefening
	adembescherming d.m.v. stoffiltermasker	controle door operator op werking tijdens normale functie-uitoefening

Tabel 3 Onderhoudstaken voor kolomboormachines

Punt	Voorwaarde	Onderhoud
elektrische outillage	goede aarding	periodieke controle, bepaling weerstand (Meggeren)
	nulspanningsbeveiliging	periodieke test op juiste werking
	scheidingsschakelaar, vergrendelbaar in uitstand	periodieke controle van de vergrendelmogelijkheid
	werkschakelaar goed bedienbaar	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	bescherming tegen stof	periodieke visuele controle, verzorgend onderhoud
veiligheidsmaatregel/-voorziening	afscherming van bewegende delen	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	noodschakelaar goed bedienbaar (geen wettelijk voorschrift)	bedienbaarheid, controle door operator tijdens normaal bedrijf
	bij loslaten handwiel: boorkop automatisch in beginstand	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	juiste klemstukken	controle op beschadigingen door operator tijdens normale functie-uitoefening
	boorkopsleutel met veeruitdrijver	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	automatische afscherming van de boorkop (geen wettelijk voorschrift)	controle tijdens normaal bedrijf
persoonlijke beschermingsmiddelen	het dragen van aansluitende oogbescherming	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening
	het dragen van voetbescherming	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening

Tabel 4 Onderhoudstaken voor lasapparatuur (elektrisch)

Punt	Voorwaarde	Onderhoud
elektrische outillage	aarding	periodieke controle, bepaling weerstand (Meggeren)
	lastscheider	periodieke controle op elektrische scheiding primaire en secundaire wikkeling
lasketen	veiligheidsrelais en toelaatbare vertragingstijd	controle relais op juiste spanningsverlaging voor aanvang werkzaamheden
	isolatie van las- en werkstukkabels inclusief lastang	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening + maandelijkse controle
veiligheidsvoorziening/-maatregel	voldoende afzuiging (ter plaatse)	periodieke controle op voldoende werking
	schermen of gordijnen rondom lasplaats	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening, evt. periodieke controle op deugdelijkheid
gebruik/onderhoud	regelmatig onderhoud	correctief en preventief onderhoud door deskundigen
	reinig/vervang filters lasafzuigsysteem	periodieke reiniging/vervanging filters
	reiniging bevestigingscontacten elektrodehouder	periodiek verzorgend onderhoud
persoonlijke beschermingsmiddelen	in goede staat verkerende laskap	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening
	veiligheidsbril voor assisterend personeel en bij afbikken	controle door drager op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening
	lashandschoenen met boord	controle door operator op beschadigingen tijdens normale functie-uitoefening

Tabel 5 Onderhoudstaken voor las-/snij-apparatuur (acetyleen, verplaatsbaar)

Punt	Voorwaarde	Onderhoud
gasflessen	herkeuringsdatum niet verstreken	periodieke herkeuring (Stoomwezen)
brander- en reduceerapparatuur plus slangen	hoge en lage druk aangegeven via manometers voorzien van maximum druk opgave	controle op werking door operator tijdens normale functie-uitoefening, periodieke test op aangegeven juiste waarde
gebruik	nooit onderdelen zuurstofapparatuur met olie of vet insmeren	controle van aanwezigheid door operator tijdens normale functie-uitoefening
	nooit zelf reparaties verrichten	correctief onderhoud uit te voeren door deskundigen
onderhoud	controle slangen op beschadigingen en lekken	periodieke controle (bv. wekelijks)
	bij vervanging acetyleenfles controle op aanwezigheid onbeschadigde pakkingring	controle bij vervanging fles
	brander reinigen met specifiek onderhoudsmateriaal	regelmatig verzorgend onderhoud, periodieke controle zuigwerking lagedrukbrander, in ieder geval voor ingebruikname en indien een ander voorstuk is geplaatst
	brander vervangen bij ovaal of kegelvormige boring	controle vorm brander door operator tijdens normale functie-uitoefening, reparatie door vakman
	opsporen lekken via zeepsop of water, nooit via een vlam	controle op lek door operator tijdens normale functie-uitoefening, periodieke controle via o.a. onderdompeling in waterbak
	indien van toepassing: reinig/vervang regelmatig filters lasafzuigsysteem	periodieke vervanging/reiniging
veiligheidsvoorziening/-maatregel	voldoende afzuiging ter plaatse	periodieke controle op voldoende werking
	vacuumventiel toepassen bij besloten ruimten	periodieke controle op werking
	vlamdover, antiterugslagbeveiliging	vervanging na · 3 à 4 jaar · optreden vlamterugslag
persoonlijke beschermingsmiddelen	het dragen van lasbril/laskap	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening
	lashandschoenen met boord	controle door operator op beschadigingen tijdens normale functie-uitoefening
	schermen of gordijnen rondom lasplaats	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening

Tabel 6 Las- en snij-apparatuur (propaan, verplaatsbaar)

Punt	Voorwaarde	Onderhoud
gasflessen	herkeuringsdatum niet verstreken	periodieke herkeuring (Stoomwezen)
reduceerapparatuur plus slangen	instelbare drukregelaar voorzien van in goede staat verkerende manometer	controle op werking door operator tijdens normale functie-uitoefening, periodieke test op aangegeven juiste waarde
	slang in goede staat en voldoet aan norm	periodieke controle (bv. wekelijks) op (verouderings)scheurtjes, lekken e.d.
gebruik	opsporen lekken via zeepverdunning	controle op lek door operator tijdens normale functie-uitoefening, periodieke test met behulp van zeepsop
veiligheidsvoorziening/-maatregel	vacuumventiel bij lage drukbrander	periodieke controle op werking
	terugstroomklepje bij toepassing meerdere flessen	periodieke controle op werking
	brander reinigen met specifiek onderhoudsmateriaal	regelmatig verzorgend onderhoud
	brander vervangen bij ovaal of kegelvormige boring	controle vorm brander door operator tijdens normale functie-uitoefening, reparatie door vakman
	doorstroombegrenzer bij werken met volledige gasdruk	periodieke controle op juiste werking, bij lage temperatuur controle bij elk gebruik
	indien van toepassing: voldoende afzuiging ter plaatse, reinig/vervang regelmatig filters lasafzuigsysteem	periodieke controle voldoende werking, periodieke vervanging/reiniging filters
persoonlijke beschermingsmiddelen	juiste soort en onbeschadigde handschoenen	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening
	indien van toepassing: het dragen van een lasbril	controle door operator op beschadigingen tijdens normale functie-uitoefening
	indien van toepassing: schermen of gordijnen rondom lasplaats	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening

Tabel 7 Metaalbeugelzaagmachine

Punt	Voorwaarde	Onderhoud
elektrische outillage	goede aarding	periodieke controle, bepaling weerstand (Meggeren)
	nulspanningsbeveiliging	periodieke test op juiste werking
	scheidingsschakelaar, vergrendelbaar in uitstand	periodieke controle van de vergrendelmogelijkheid
	werkschakelaar goed bedienbaar	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	noodschakelaar goed bedienbaar	bedienbaarheid: controle door operator tijdens normale functie-uitoefening, werking: periodieke test op functioneren
	bescherming tegen stof	periodieke visuele controle, verzorgend onderhoud
veiligheidsmaatregel/-voorziening	afscherming van bewegende delen	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	automatisch stoppen van de motor in onderste en bovenste stand	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	blokkering van zaagblad in bovenste stand	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
koelvloeistof	juiste kwaliteit	periodieke controle op verontreinigingen en samenstelling, hou vloeistof schoon van metaalslijpsel, lekolie, andere soorten en andere verontreinigingen, controleer regelmatig de zuurgraad (indicatorpapier), bepaal wekelijks het kiemgetal (dipslides); periodiek verversen, afhankelijk van gebruiksintensiteit eens per 2 à 3 maanden in de winter en eens per 4 à 5 maanden in de zomer, meng op de juiste manier met de juiste ingrediënten, reinig vloeistofsysteem grondig, bewaar concentraat vorstvrij
	automatisch koelsysteem	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
gebruik	het dragen van aansluitende oogbescherming	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening
	geschikte handschoenen dragen bij vervanging van koelvloeistof en bij snijdende werkstukken	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening

Tabel 8 Metaalcirkelzaagmachine

Punt	Voorwaarde	Onderhoud
elektrische outillage	goede aarding	periodieke controle, bepaling weerstand (Meggeren)
	nulspanningsbeveiliging	periodieke test op juiste werking
	scheidingsschakelaar, vergrendelbaar in uitstand	periodieke controle van de vergrendelmogelijkheid
	werkschakelaar goed bedienbaar	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	noodschakelaar goed bedienbaar	bedienbaarheid: controle door operator tijdens normale functie-uitoefening, werking: periodieke test op functioneren
	bescherming tegen stof	periodieke visuele controle, verzorgend onderhoud
veiligheidsmaatregel/-voorziening	afscherming van bewegende delen	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	vast of beweegbaar scherm of blokkering van de zaag in geheven stand	controle op deugdelijkheid of werking blokkering (knop, schakelhandgreep, schakelhefboom) door operator tijdens normale functie-uitoefening
koelvloeistof	juiste kwaliteit	periodieke controle op verontreinigingen en samenstelling, hou vloeistof schoon van metaalslijpsel, lekolie, andere soorten en andere verontreinigingen, controleer regelmatig de zuurgraad (indicatorpapier), bepaal wekelijks het kiemgetal (dipslides); periodiek verversen, afhankelijk van gebruiksintensiteit eens per 2 à 3 maanden in de winter en eens per 4 à 5 maanden in de zomer, meng op de juiste manier met de juiste ingrediënten, reinig vloeistofsysteem grondig, bewaar concentraat vorstvrij
	automatisch koelsysteem	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
gebruik	het dragen van aansluitende oogbescherming	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening
	geschikte handschoenen dragen bij vervanging van koelvloeistof en bij snijdende werkstukken (mits het zaagblad onbereikbaar is)	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening

Tabel 9 Metaallintzaagmachine

Punt	Voorwaarde	Onderhoud
elektrische outillage	goede aarding	periodieke controle, bepaling weerstand (Meggeren)
	nulspanningsbeveiliging	periodieke test op juiste werking
	scheidingsschakelaar, vergrendelbaar in uitstand	periodieke controle van de vergrendelmogelijkheid
	werkschakelaar goed bedienbaar	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	noodschakelaar goed bedienbaar	bedienbaarheid: controle door operator tijdens normale functie-uitoefening, werking: periodieke test op functioneren
	bescherming tegen stof	periodieke visuele controle, verzorgend onderhoud
veiligheidsmaatregel/-voorziening	afscherming van bewegende delen	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	afscherming zaaglint met verstelbare werkopening	controle op deugdelijkheid door operator tijdens normale functie-uitoefening
	goede conditie zaaglint	controle op goede staat, scheuren, door operator tijdens normale functie-uitoefening
koelvloeistof	juiste kwaliteit	periodieke controle op verontreinigingen en samenstelling, hou vloeistof schoon van metaalslijpsel, lekolie, andere soorten en andere verontreinigingen, controleer regelmatig de zuurgraad (indicatorpapier), bepaal wekelijks het kiemgetal (dipslides); periodiek verversen, afhankelijk van gebruiksintensiteit eens per 2 à 3 maanden in de winter en eens per 4 à 5 maanden in de zomer, meng op de juiste manier met de juiste ingrediënten, reinig vloeistofsysteem grondig, bewaar concentraat vorstvrij
	automatisch koelsysteem	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	afzuiging van damp/aerosol	periodieke controle op goede werking
gebruik	het dragen van aansluitende oogbescherming	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening
	geschikte handschoenen dragen bij vervanging van koelvloeistof en bij snijdende werkstukken, bij behandeling zaaglint en legen spaanbak	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening

Tabel 10 Slijpmachine (vast opgesteld)

Punt	Voorwaarde	Onderhoud
elektrische outillage	goede aarding	periodieke controle, bepaling weerstand (Meggeren)
	nulspanningsbeveiliging	periodieke test op juiste werking
	scheidingsschakelaar, vergrendelbaar in uitstand	periodieke controle van de vergrendelmogelijkheid
	werkschakelaar goed bedienbaar	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	noodschakelaar goed bedienbaar	bedienbaarheid: controle door operator tijdens normale functie-uitoefening, werking: periodieke test op functioneren
	bescherming tegen (slijp)stof	periodieke visuele controle, verzorgend onderhoud via een met petroleum bevochtigde doek
veiligheidsmaatregel/-voorziening	verstelbare beschermkap of kap voorzien van regelplaat	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	stofafzuig-/opvanginstallatie	periodieke controle op juiste mate van functioneren en regelmatige verwisseling van filter
	juist afgestelde werkstuksteun	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	slijpruitje/vonkenscherm	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
	beveiliging te hoog toerental	periodieke controle op het functioneren van de vergrendelinrichting
	trillingsvrije opstelling	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
koelvloeistof	juiste kwaliteit	periodieke controle op verontreinigingen en samenstelling, hou vloeistof schoon van metaalslijpsel, lekolie, andere soorten en andere verontreinigingen, controleer regelmatig de zuurgraad (indicatorpapier), bepaal wekelijks het kiemgetal (dipslides); periodiek verversen, afhankelijk van gebruiksintensiteit eens per 2 à 3 maanden in de winter en eens per 4 à 5 maanden in de zomer, meng op de juiste manier met de juiste ingrediënten, reinig vloeistofsysteem grondig, bewaar concentraat vorstvrij
	doorzichtig spatscherm	controle door operator tijdens normale functie-uitoefening
slijpsteen/-schijf	juiste opslag (afhankelijk van samenstelling, vorm en afmetingen)	visuele controle en klankproef plus balanceren voor montage, periodieke controle op juiste wijze van opslag
klemschijf/drukflens	goed gebalanceerd	controle op juiste balans en beschadigingen voor gebruik
persoonlijke beschermingsmiddelen	het dragen van aansluitende oogbescherming (slijpbril)	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening
	geschikte handschoenen dragen bij vervanging van koelvloeistof	controle door operator op deugdelijkheid tijdens normale functie-uitoefening

Reprografie: NIPG-TNO
Projectnummer: 5371