

# MILIEU-DETECTOR: Expertsysteem voor verlaging van N-overschot met behoud van inkomen

**ir. W.H.G.J. Hennen**  
**ir. D.W. De Hoop**

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)  
Conradkade 175  
Postbus 29703, 2502 LS Den Haag  
telefoon 070-3308330, telefax 070-3615624

## Referaat

Het expertsysteem MILIEU-DETECTOR ondersteunt het mineralenmanagement op individuele bedrijven op basis van gegevens van de mineralenboekhouding en de technisch-economische administratie. Het is een 'intelligente front-end' voor simulatie: de meest relevante pakketten van maatregelen (adviezen) worden opgespoord, doorgerekend en getoond. Dit kan tevens als startpunt dienen om eigen wensen door te rekenen. Het systeem geeft bovendien de positie van het bedrijf t.o.v. vergelijkbare bedrijven weer.

MILIEU-DETECTOR is momenteel een prototype voor de melkveehouderij, gericht op verlaging van het N-overschot bij zoveel mogelijk behoud van inkomen. Uitbreidingen naar andere milieufactoren en andere takken liggen in het verschiet.

## Inleiding

Om tot een meer structurele en bron-gerichte aanpak van de mineralenproblematiek te komen wordt intensief gezocht naar mogelijkheden om het mineralenmanagement op landbouwbedrijven te verbeteren. Hierbij speelt de mineralenboekhouding een cruciale rol. Hiermee kan niet alleen het totale mineralenoverschot per bedrijf of per ha worden vastgesteld, maar het bijhouden ervan geeft de boer inzicht in de mineralenstroom op het bedrijf en de efficiëntie van het mineralengebruik. Een mineralenboekhouding zou zich daarom in eerste instantie goed kunnen lenen als hulpmiddel in de

bedrijfsvoering en bij de voorlichting voor verbetering van het mineralenmanagement, teneinde de mineralenhuishouding beter te beheersen. Daatselaar (1989) pleit in dit kader voor de ontwikkeling van een managementinformatiesysteem, aangezien een advisering omtrent het optimale bemestingsniveau meer en meer zal moeten plaatsvinden op basis van de bedrijfsspecifieke situatie om tot een milieu-technisch-economisch optimale bemesting te komen voor elk bedrijf. Niet alleen de bedrijfsstructuur, maar ook het uitgevoerde management is van belang om te komen tot een individuele advisering. Zo kan

FIGUUR 1 STIKSTOFBALANS VAN BEDRIJF X (OUTPUT MILIEU-DETECTOR)

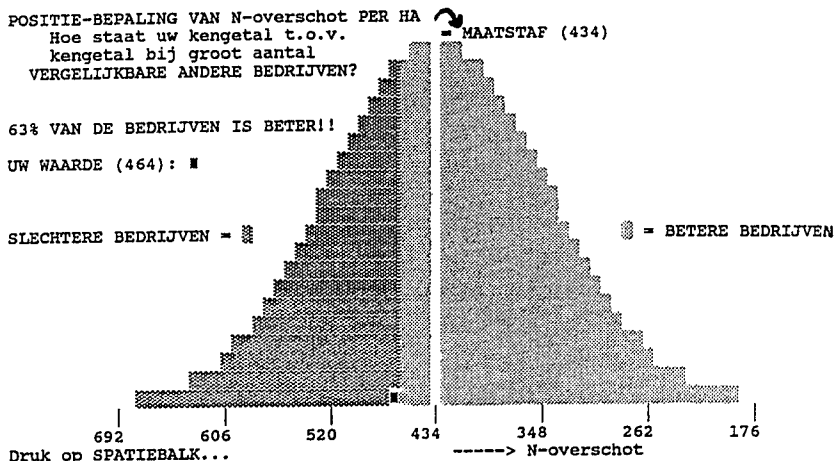
DETECTOR (L.E.I.)			
STIKSTOFBALANS PER HA CULTUURGROND			
AANVOER		AFVOER	
N-kunstmest	413	verkoop melk	66
aankoop org.mest	0	verkoop org. mest	0
depos.+miner.+N-bind	47	verkoop rundvee	10
krachtvoer	75	diversen	0
structuurrijk ruwvoer	2		
structuurarm ruwvoer	0		
melkprodukten	2		
diversen	1		
TOTALE AANVOER		TOTALE AFVOER	77
541		OVERSCHOT PER HA:	464

Druk op SPATIEBALK...

bijvoorbeeld de hoogte van de stikstofbemesting ook afhankelijk zijn van de efficiëntie van het voer- en graslandmanagement. Om het mineralenmanagement op individuele melkveebedrijven te ondersteunen, is het Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) zeer recentelijk gestart met de ontwikkeling van MILIEU-DETECTOR. Dit expertsysteem op de PC verricht op globale wijze analyses, bepaalt de positie van het bedrijf t.o.v. andere vergelijkbare bedrijven en geeft adviezen met betrekking tot een verlaging van het stikstofoverschot (N-overschot) met zoveel mogelijk behoud van inkomen. Het systeem is gebaseerd op gegevens van de mineralenboekhouding, relevante

technische en economische data (eerst vanuit LEI-boekhouding, in een later stadium andere bronnen zoals de Deeladministratie voor de Rundveehouderij (DELAR)), berekende relaties (bijv. regressievergelijkingen), overig uitgevoerd onderzoek en de aanwezige (gebundelde) kennis van personen werkzaam op dit terrein (bijv. LEI-onderzoekers). MILIEU-DETECTOR biedt ook de mogelijkheid om allerlei wensen en behoeften van individuele veehouders door te rekenen om daarmee inzicht te krijgen in de problematiek op het bedrijf. Dit artikel geeft de beschrijving van het prototype expertsysteem MILIEU-DETECTOR voor rundveehouderijbedrijven zoals dat

FIGUUR 2 POSITIE VAN N-OVERSCHOT PER HA VAN BEDRIJF X T.O.V. EEN GROOT AANTAL VERGELIJKBARE BEDRIJVEN (OUTPUT MILIEU-DETECTOR)



medio 1992 is gerealiseerd en is getest door een aantal veehouders.

## MILIEU-DETECTOR

Het expertsysteem MILIEU-DETECTOR bestaat globaal uit de volgende onderdelen: Positionering, Advisering, Gestuurde simulatie en presentatie en Eigen simulatie.

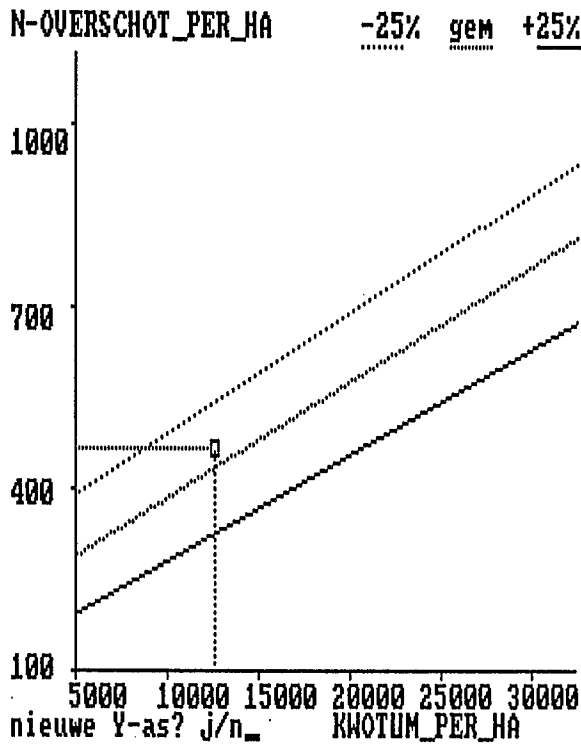
### Positionering

Van een bepaald willeurig bedrijf staat de stikstofbalans in figuur 1 weergegeven. Links staat de aanvoer in kg N per ha cultuurgrond, rechts staat de afvoer en het overschot. De opzet van deze stikstofbalans is voorlopig, er zal worden aangesloten bij de meest gangbare balans(en). Uit figuur 1 blijkt het overschot 464 kg te zijn. Is dit nu meer dan het overschot van vergelijkbare bedrijven? Om dit te beoordelen staat in figuur 2 een uitdraai van MILIEU-DETECTOR, waarin de positie van dit bedrijf vergeleken wordt met een groot aantal andere vergelijkbare bedrijven (gelijk quotum per ha, aantal dieren en aandeel voedergrassen). Uit figuur 2 blijkt dat een gemiddeld bedrijf in dezelfde situatie een overschot zou hebben van 434 kg N (= maatstaf, zie De Haan, 1991) en dat ongeveer 60% van bedrijven met een gelijk quotum etc. een lager overschot hebben gerealiseerd dan het te analyseren bedrijf. Ondanks dat figuur 2 de positie slechts benadert (vanwege de veronderstelling van normale verdeling), krijgt de veehouder toch inzicht in zijn situatie. Figuur 3 geeft de gebruiker een indruk hoe het N-overschot op bedrijven met hetzelfde aantal dieren en aandeel voedergrassen toeneemt wanneer de intensiteit (quotum per ha) toeneemt. Deze grafiek toont eveneens het gemiddelde overschot van het beste (onderste lijn) en slechtste (bovenste lijn) kwart van de bedrijven t.a.v. het N-overschot. Op welke wijze kan de veehouder nu het overschot terugdringen, waarbij het verlies aan inkomen minimaal blijft? Deze vraag wordt beantwoord in het volgende onderdeel.

### Advisering

De adviezen in MILIEU-DETECTOR zijn niet alleen bedoeld om het N-overschot te laten dalen, ze kunnen in het algemeen ook een gunstig effect op het inkomen (in casu het saldo per ha) hebben. Daarnaast geven de adviezen slechts richtingen aan waar een

FIGUUR 3 SAMENHANG TUSSEN HET MELKQUOTUM PER HA EN HET N-OVERSCHOT PER HA; EN DE POSITIE VAN BEDRIJF X (KLEIN BLOKJE) (OUTPUT MILIEU-DETECTOR)



Deze figuur toont uw positie m.b.t. het N-overschot per ha (blokje). De bedrijfsvergelijkende maatstaf voor N-overschot houdt rekening met het quotum/ha, aandeel voedergewassen en aantal GVE. Alle overige omstandigheden zijn hierbij gemiddeld verondersteld.

De middelste lijn geeft het verband tussen het quotum/ha en het gecorrigeerde N-overschot per ha voor alle bedrijven. De bovenste lijn geldt voor 25% van de bedrijven met het hoogste overschot. De onderste lijn geldt voor de 25% bedrijven met laagste overschot.

veehouder het moet gaan zoeken om dat doel te bereiken, geheel in lijn met het globale karakter van het systeem. In het tweede onderdeel worden zowel afzonderlijke adviezen als pakketten van maatregelen afgeleid. Van het bedrijf worden een twintigtal adviezen gescreend naar relevantie. Deze screening is gebaseerd op:

- de afwijking van het huidige N-overschot t.o.v. een door de boer opgegeven streefwaarde;
  - de structuur van het bedrijf;
  - het gerealiseerde management en vooral de kennis van de experts.
- Voor de screening wordt de methode IMAGINE gebruikt (Hennen, 1991). Het

resultaat is dat elk advies een mate van relevantie bevat. Belangrijk aandachtspunt bij de ontwikkeling van het systeem is geweest dat de gebruiker van MILIEU-DETECTOR het systeem uitleg kan vragen op welke wijze de expert tot de relevantie van deze adviezen is gekomen. Deze uitleg staat in een gemakkelijk leesbare tekst

FIGUUR 4 DRIE PAKKETTEN VAN MAATREGELLEN VAN BEDRIJF X EN DE EFFECTEN OP N-OVERSCHOT EN SALDO (OUTPUT MILIEU-DETECTOR)

DETECTOR (L.E.I.)		MILIEU-DETECTOR: Stikstof en Saldobalans bij alternatieve pakketten			16:23
		96	90	90	
		*N-gift: LAGER *Eff. voer: BETER	*N-gift: LAGER	*N-gift: LAGER *Melkg. (gen): MEER	
	NU	PAKKET1	PAKKET2	PAKKET3	EIGEN
TOTALE AANVOER	541	352	369	364	
TOTALE AFVOER	77	77	77	76	
OVERSCHOT/ha:	464	275	292	288	
TOTALE OPBRENGST	10375	10375	10375	10357	
TOTALE KOSTEN	3096	2891	3145	3034	
SALDO PER HA:	7279	7483	7230	7324	
Effect op N-overschot (en saldo) bij pakketten:					
		-189(204)	-172(-49)	-176(45)	0(0)

PAKKET1    PAKKET2    PAKKET3    EIGEN    NIEUW    INFO    DEFAULT    EINDE!

→→→F1    F2    F3    F4    F5    F7    F8    F10

FIGUUR 5 GEDETAILEERDE INHOUD VAN PAKKET 1 VAN BEDRIJF X

P A K K E T: 1		AANVOER N/ha		AFVOER N/ha			
*N-gift: LAGER		NU	no.1	NU	no.1		
*Eff. voer: BETER		kunstmest	413	223	afv.melk	66	66
		org. mest	0	0	org. mest	0	0
		depos.min.	47	47	rundvee	10	10
		krachtv.	75	77	diversen	0	0
		strr.ruwv.	2	2			
		stra.ruwv.	0	0			
		melkprod.	2	2			
		diversen	1	1			
		TOT. AANVOE	541	352	TOT. AFVOER	77	77
		OVERSCHOT	464	275			
		MILIEU-DETECTOR					
		OPBRENGST/ha	NU	no.1	KOSTEN/ha	NU	no.1
		Melkgeld	9275	9275	Krachtv.	1272	1299
		Omz&Aanw	934	934	Strr.ruwv	22	13
		Overige	166	166	Stra.ruwv	0	0
					Melkprod.	106	106
					Dierkost	1041	1041
					Bemesting	471	249
					Overige	184	184
					KOSTEN/HA	3096	2891
		OPBR./HA	10375	10375			
		SALDO/HA	7279	7483			

DETECTOR (L.E.I.)	
Verander waarden (+=Toe -=Afn)	
+/- bemestingsniveau N	-200
# ha gras scheuren	0
+/- melkgift/koe	0
+/- ruwv.aank.kVEM/ha	-30
+/- krachtv./koe/jaar	40
+/- grond in ha(gras)	0
+/- quotum/ha	0
+/- jongvee GVE/koe	0
+/- eiwitgeh. voer	0
+ werkingscoeff.mest	0

HELP INFO	END	RULE	DEF	SHOW	
F1	F2	F10	F7	F8	F9
Aantal koeien (103) wordt:103					
Melkproduktie (7453) wordt:7453					
Veebezetting (1.69) wordt:1.69					
Melkquotum (12584) wordt:12584					

Links de waarden van door te rekenen variabelen, rechts de verwachte wijzigingen op N-balans en saldo-balans (output MILIEU-DETECTOR)

(kwalitatieve informatie). Tevens is het mogelijk kwantitatieve uitleg te krijgen. Getracht is het systeem zeer informatief (inzichtverhogend) i.p.v. prescriptief (voorschrijvend) te maken. Dit sluit goed aan bij de wens van veehouders (De Hoop et al., 1988).

Nadat van elk advies de relevantie voor het betreffende bedrijf bekend is, worden adviezen gecombineerd tot pakketten van maatregelen. In elk pakket zitten een, twee of drie adviezen. De relevanties van de adviezen binnen zo'n pakket bepalen m.b.v. tien heuristische de uiteindelijke relevantie van het pakket zelf. Ondanks het feit dat er maar liefst 160 verschillende pakketten worden samengesteld en van een relevantie worden voorzien, is de rekentijd beperkt tot enkele seconden. Nadat alle pakketten van maatregelen zijn gesorteerd naar afnemende relevantie, wordt de gebruiker gevraagd hoe groot de maximale saldodaling mag zijn (financieel offer) wanneer het N-overschot met een bepaalde waarde daalt. De drie meest interessante pakketten worden getoond aan de gebruiker (zie hieronder).

Het deelsysteem van MILIEU-DETECTOR dat de pakketten van maatregelen afleidt, moet gezien worden als een 'intelligente front-end' voor simulatie.

#### Gestuurde simulatie en presentatie

In figuur 4 worden de drie meest relevante pakketten van maatregelen getoond. Tevens staan onder elk pakket de simulatieresultaten vermeld. Het eerste pakket (\*N-gift: LAGER en \*Efficiëntie voer: BETER) geeft een verwacht N-overschot van 275 kg. Ten opzichte van de huidige situatie (464 kg N) is dit dus een verbetering van 189 kg N. Tevens is te zien dat het saldo eveneens verbetert met ruim 200 gulden per ha. Dit laatste moet vooral worden toegeschreven aan het advies \*Efficiëntie voer: BETER. Ondanks dat het voor het bedrijf geen eenvoudige opgave zal zijn dit advies op te volgen, zijn er sterke aanwijzingen dat net hier een belangrijk zwak punt van de huidige bedrijfsvoering ligt. Door verbetering van het management op dit punt is kostenreductie mogelijk.

De gebruiker van het systeem kan vervolgens gedetailleerde informatie van een bepaald pakket opvragen. Figuur 5 toont dit voor pakket 1. Aan de linkerzijde van deze figuur staat een tabel met allerlei variabelen die als invoer voor het simulatieprogramma dient. De ingevulde waarden zijn specifiek voor het betreffende pakket en zijn afgeleid m.b.v. enkele defaultwaarden en rekenregels.

Na simulatie verschijnen de resultaten aan de rechterzijde van figuur 5. Rechtsboven staat de huidige en te verwachten (verkorte) mineralenbalans. Rechtsonder de huidige en te verwachten saldobalans. Opgemerkt moet worden dat door gebruik van kleuren, etc., het gepresenteerde scherm op de monitor duidelijker en vriendelijker uitziet dan de output in figuur 5.

Momenteel wordt gewerkt aan de uitgebreide uitlegfaciliteiten in de vorm van grafieken en gebruikte rekenregels. Zulke faciliteiten zijn van groot belang voor het verkrijgen van inzicht in de problematiek.

Tot nu toe is de simulatie volledig door MILIEU-DETECTOR gestuurd. De gebruiker weet nu de richting waar deze het moet zoeken. Dit kan als startpunt dienen om eigen wensen in te brengen.

#### Eigen simulatie

Het laatste onderdeel van MILIEU-DETECTOR is de mogelijkheid de gebruiker zijn eigen wensen te laten 'doorrekenen'. Dit kan door (een combinatie van) vier mogelijkheden:

- Verandering van defaultwaarden (indirect). In het voorbeeld van figuur 5 is de defaultwaarde -200 voor verandering van het bemestingsniveau N. De gebruiker kan deze

waarde via een ander scherm op bijvoorbeeld -180 zetten, waarna m.b.v. de rekenregels de waarden -30 en 40 in deze tabel automatisch worden vervangen door nieuwe waarden. De aangepaste waarden kunnen vervolgens worden doorgerekend.

- Verandering van door te rekenen waarden (direct). Wanneer de gebruiker waarden direct in de linkertabel van figuur 5 aanpast (bijvoorbeeld -180 i.p.v. -200), dan blijven de overige waarden ongewijzigd. Deze moeten dan, indien nodig, afzonderlijk worden aangepast.
- Aanpassing rekenregels. Momenteel wordt onderzocht op welke punten de gebruiker zelf enige invloed op de rekenregels kan uitoefenen. Op korte termijn zal deze mogelijkheid in MILIEU-DETECTOR worden ingebouwd.
- Het maken van eigen pakketten. De door MILIEU-DETECTOR afgeleide pakketten zijn volgens het systeem het meest relevant voor het betreffende bedrijf. De veehouder kan daarnaast op zeer eenvoudige wijze ook zelf pakketten uit afzonderlijke adviezen samenstellen, om vervolgens te bekijken wat de mogelijke effecten zijn.

### Technische specificaties

MILIEU-DETECTOR is momenteel sterk gekoppeld aan een ander door LEI-DLO ontwikkeld expertsysteem (GLOBAL-DETECTOR, Hennen & De Hoop, 1991). Het kan worden geconsulteerd met een IBM PC of gelijksoortige computer. Ongeveer 400 kByte intern- en ongeveer 350 kByte extern geheugen is voldoende (incl. GLOBAL-DETECTOR). Het systeem is ontwikkeld 'from scratch' in muLISP, een snel en weinig geheugen vergend dialect van LISP (veel gebruikt in de Kunstmatige Intelligentie). Alle onderdelen zijn hiermee ontwikkeld, er is geen gebruik gemaakt van additionele software. MILIEU-DETECTOR kan gebruikt worden als 'tool' of 'shell' voor de ontwikkeling van systemen voor andere domeinen.

### Beschouwing

Momenteel is MILIEU-DETECTOR een systeem dat op basis van enkele gegevens op een globale wijze adviezen kan verstrekken om het N-overschot te

verlagen met zoveel mogelijk behoud van inkomen. Het geeft de gebruiker de richting aan hoe dit gerealiseerd zou kunnen worden en werkt zodoende als een 'intelligente front-end' voor simulatie. Hiermee wordt inzicht in de problematiek verkregen. Door het globale karakter van MILIEU-DETECTOR is het belangrijk om als vervolg hierop gedetailleerde analyses te maken. Dit kan de boer eventueel zelf doen, maar kan ook door inschakeling van de voorlichting. Tevens worden momenteel gedetailleerde systemen ontwikkeld die deze taak kunnen ondersteunen. MILIEU-DETECTOR geeft als het ware de globale richting aan, waarna op gedetailleerde wijze verder geanalyseerd kan worden.

MILIEU-DETECTOR is in een zeer vroeg stadium van de ontwikkeling op een zestal bedrijven als prototype getest. De opzet werd als zeer positief ervaren. In de loop van 1992 zal het systeem meer kennis en rekenregels gaan bevatten om de betrouwbaarheid van advies-afleidingen en simulaties te vergroten. Er zal dan rekening worden gehouden met effecten in de vaste kostensfeer. Eventueel zullen andere milieuproblemen (P-overschot, K-overschot, ammoniak, energie, bestrijdingsmiddelen, etc.) in het systeem worden opgenomen. Dit systeem kan niet alleen model staan, maar kan ook als 'tool' worden gebruikt voor de ontwikkeling van systemen in andere takken of combinaties van takken (gemengde bedrijven). Hiertoe is een projectvoorstel ingediend (De Hoop et al., 1992).

### Literatuur

DAATSELAAR, C.H.G. (1989)  
Verschillen in de mineralenbalans tussen melkveebedrijven. Een vergelijkend onderzoek. Den Haag, LEI-DLO.

HAAN, T. DE (1991)  
Het ontwikkelen van bedrijfsspecifieke vergelijkingsmaatstaven voor de analyse van het bedrijfsresultaat op melkveebedrijven. Den Haag, LEI-DLO.

HENNEN, W.H.G.J. (1991)  
IMAGINE: method for acquisition, representation and presentation of knowledge. Used in a system for economical performance on dairy farms. Proceedings of the 26th EAAE Seminar 'Economics and artificial intelligence in agriculture', Grignon, France, September 1991.

HENNEN, W.H.G.J. & D.W. DE HOOP (1991)  
GLOBAL-DETECTOR: Knowledge-based analysis and diagnosis of economical performance on dairy farms. Proceedings of the 26th EAAE Seminar 'Economics and artificial intelligence in agriculture', Grignon, France, September 1991

HOOP, D.W. DE, J. ENGELSMA & G.J. WISSELINK (1988)  
De tactische boer; het management en de informatiebehoefte van melkveehouders. LEI-DLO, Den Haag.

HOOP, D.W. DE, W.H.G.J. HENNEN & W.H.M. BALTUSSEN (1992)  
Ontwikkeling van milieu-detectoren voor gespecialiseerde en gemengde bedrijven in de land- en tuinbouw. Projectvoorstel, LEI-DLO, Den Haag.