

III.A MAATREGELEN VOOR MIEREN?

Bram Mabelis, april 2001

Deze tekst heeft Bram op verzoek geschreven in het kader van de inhaalslag OBN-Fauna.

In het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN) worden gegevens verzameld over effecten van vermesting, verontreiniging en verdroging op het voorkomen van soorten. Op grond van deze gegevens worden maatregelen genomen om negatieve effecten zoveel mogelijk tegen te gaan (Regeling Effectgerichte Maatregelen). Tot dusverre zijn voornamelijk ervaringen opgedaan met de terugkeer van zeldzame plantensoorten in verschillende terreintypen (zie: De levende Natuur 99, 6). Wat de fauna betreft wordt momenteel een inhaalslag geleverd. Voor het beoordelen van effecten van maatregelen op de fauna van een terrein zijn gegevens nodig over het voorkomen van zeldzame en kwetsbare soorten. In het kader van een OBN-project werd mij gevraagd om aan de hand van een vragenlijst het een en ander op schrift te willen stellen over miersoorten van de kustduinen. De vragen hebben betrekking op:

- Karakteristieke duinsoorten
- Referentiegebieden
- Effecten van vermesting, verontreiniging en verdroging
- Te verwachten effecten herstelmaatregelen
- Kennishiaten

1. Karakteristieke duinsoorten

De meeste miersoorten van de duinen komen tevens voor in de zandgebieden in het oosten van ons land en in het heuvelland van Zuid-Limburg. Slechts enkele soorten zijn tot dusverre (vrijwel) uitsluitend in de duinen gevonden (Boomsma & de Vries 1980, Boomsma et al. 1982, Haeseler 1983, Mabelis 1983, van Boven & Mabelis 1986). Tabel 1 geeft een overzicht van de soorten die in de kustduinen voorkomen (+), alsmede hun optimale biotoop (++). De soorten waarvan >33% van het aantal uurhokken in de duinen ligt, zouden als karakteristiek voor de duinen kunnen worden aangemerkt (deze zijn vet gedrukt in de kolom % duin). Het betreft drie soorten:

Leptothorax albipennis (Stengelslankmier). In Nederland was deze soort lange tijd bekend onder de naam *L. tuberum*. Volgens onderzoek aan chromosoomaantallen zou het echter om twee aparte soorten gaan (Seifert 1993). De Stengelslankmier is tot dusverre alleen met zekerheid bekend van de duinen van Zuid- en Noord-Holland, zowel van de kalkarme, als van de kalkrijke duinen. Op de Waddeneilanden is hij niet gevonden. De nesten die (sporadisch) in Brabant en Zuid-Limburg zijn gevonden zouden van *L. tuberum* kunnen zijn. De Stengelslankmier komt vrijwel uitsluitend in open vegetaties voor, waar hij nestelt in plantestengels (o.a. van Hondstong), in takjes (o.a. van Struikheide, Duindoorn) en eikels (Boer 2001).

soort	1	2	3	4	5	6	P	T	hok Ned.	Hok duin	% duin
<i>Anergatus atratulus</i>			+	+			P	T	9	2	22
<i>Diplorhoptrum fugax</i>			+					T	13	1	8
<i>Formica cunicularia</i>			+	+				T	73	17	23
<i>F. exsecta</i>			+	+	+				47	12	26
<i>F. fusca</i>	+	+	++	++	+	+			262	37	14
<i>F. lusatica</i>			+	+				T	6	2	33
<i>F. polyetena</i>						+	P		174	16	9
<i>F. pratensis</i>			+				P	T	134	1	1
<i>F. pressilabris</i>		+	+	+	+				16	8	50
<i>F. rufa</i>				+	+	+	P		202	36	18
<i>F. rufibarbis</i>			+	+				T	87	5	6
<i>F. sanguinea</i>			+	+			P	T	176	5	3
<i>Formicoxenus nitidulus</i>			+	+	+	+	P		46	10	22
<i>Lasius brunneus</i>						+			60	1	2
<i>L. flavus</i>			++	+					183	40	22
<i>L. fuliginosus</i>					+	++			241	50	21
<i>L. meridionalis</i>			++	+			P	T	31	6	19
<i>L. mixtus</i>			+	+			P	T	33	9	27
<i>L. niger</i> + <i>L. platythorax</i>	+	+	+	+	+	+			428	54	13
<i>L. psammophilus</i>			+	+		+		T	100	32	32
<i>L. umbratus</i>					+	++	P		146	19	13
<i>Leptothorax acervorum</i>				+	+	+			128	22	17
			+	++	+				15	15	100
<i>L. albipennis</i>	+	+	+						32	5	16
<i>Myrmica rubra</i>	++	+		+	+	+			257	38	15
<i>M. ruginodis</i>	+				+	++			251	37	15
<i>M. rugulosa</i>			+	+					65	3	5
<i>M. sabuleti</i>			+	+	+			T	185	34	18
<i>M. scabrinodis</i>	++	+							215	27	13
<i>M. schencki</i>			+	+				T	103	17	17
<i>M. speciosus</i>			+	+				T	9	7	78
<i>Stenamma debile</i>						+			55	4	7
<i>Tetramorium caespitum</i>			++	+				T	193	42	22

Tabel 1. Mieren van de duinen

Legenda : 1 = vochtig duingrasland, 2 = vochtige dwergstruikvegetatie (heide), 3 = droog duingrasland, 4 = droge dwergstruikvegetatie (heide), 5 = duinstruweel, 6 = duinbos. P = (temporaal of obligaat) sociaal parasiet; T = thermofiel, hok Ned. = aantal uurhokken (5x5 km) waar de soort is gevonden in de periode 1970-2000; hok duin = aantal uurhokken in kustduinen waar de soort is gevonden in de periode 1970-2000; % duin = % van het aantal uurhokken in de kustduinen van het totaal aantal hokken waar de soort is gevonden.

Myrmica specioidea (Duinsteekmier). Deze steekmier is tot dusverre vooral in de duinen gevonden (Haeseler 1983, Boomsma et al. 1987). In de duinen bij Schoorl komt de soort vooral voor in open, zandige gebieden nabij de kust (Boer, 2001).

Formica lusatica (Duinrenmier). De status van deze soort is nog niet duidelijk. De uiterlijke kenmerken komen deels overeen met *F. rufibarbis* en deels met *F. cunicularia*. Aanvankelijk werd *F. lusatica* dan ook als een hybride van laatstgenoemde twee soorten beschouwd, maar op grond van een taxonomische studie, kwam Seifert (1997) tot de conclusie dat het om een aparte soort gaat (= *F. glauca*, Seifert 1996).

2. Referentiegebieden

Als beste Nederlandse referentiegebieden komen Terschelling en Boswachterij Schoorl in aanmerking. Op het grootste waddeneiland Terschelling komen vrijwel alle kenmerkende vegetaties van het kustgebied voor: kwelder, jonge duintjes, duingrasland, heide, struweel en bos. Het meeste bos is aangeplant. Goed ontwikkeld duin(rand)bos ontbreekt. Boswachterij Schoorl is eveneens een goed referentiegebied: dwars op de kustlijn loopt hier de grens tussen het kalkarme (noordelijke) duingebied en het kalkrijkere en meer ijzerhoudende duingebied in het zuiden. Sinds in dit gebied een kerf in de zeereep is gemaakt (in 1997) kan de zee hier regelmatig binnenstromen, waardoor de dynamiek plaatselijk sterk is toegenomen. Net als op de waddeneilanden vinden we hier overgangen tussen nat en droog, zout en zoet. Aan de binnenduintrand komt plaatselijk oud loofbos voor. In dit bos komen echter geen mieresoorten voor die kenmerkend zijn voor de duinen. Elders in het duingebied zijn eveneens goede referentiegebieden te vinden, zoals het Noord-Hollands Duinreservaat (Boer & de Gruyter 1999) en het duingebied ten

noorden van Den Haag, maar daar zijn duingraslanden en duinheiden deels vergraven (voornamelijk ten behoeve van de duinwaterwinning) of verdwenen door een zich sterk uitbreidend mosdek en opslag van struiken. Ook in de duinen van Voorne is het areaal duingrasland sterk ingekrompen door oprukkend struikgewas (o.a. duindoorn). Als buitenlandse referentiegebieden komen het Duitse waddeneiland Norderney en het Poolse duinreservaat Słowiński in aanmerking.

3. Effecten van vermessing, verontreiniging en verdroging

Effecten van vermessing, verontreiniging en verdroging op de mierenfauna kunnen het gemakkelijkst worden bepaald door veranderingen van nestdichtheden van soorten in de loop van de tijd te volgen (monitoring).

De effecten van vermisting, verontreiniging en verdroging, zal successievelijk worden nagegaan voor alle miersoorten die in de duinen voorkomen. Indien bekend is dat een der genoemde factoren een negatieve invloed heeft op de overlevingskans van een bepaalde mierenkaste (man, koningin, werkster) of van een bepaald stadium van de ontwikkelingscyclus van de mieren (ei, larve, pop, adult) zal dit worden vermeld.

3.1. Abiotische factoren

Toename beschikbaarheid voedingsstoffen:

Verzuring (middels depositie) en vermisting hebben een gecombineerd effect op de mierenfauna middels verrijking van de bodem met nutriënten en de daarmee samenhangende veranderingen van de vegetatie: toename van het mosdek, versneld dichtgroeien van open plekken met struweel (zie onder vegetatie). De nestdichtheid van soorten van droge, schrale duingraslanden en duinheiden neemt hierdoor af. Verhuizing van nestpopulaties is alleen mogelijk als er geschikte plekken in de buurt van de nesten beschikbaar zijn. De uitsterfkans van lokale populaties neemt toe naarmate het aantal geschikte plekken afneemt. Bij toename van het nutriëntengehalte van de bodem verschuift de samenstelling van de mierenfauna in de richting van meer algemene soorten, die doorgaans eurytoop zijn. Volgens correlatief onderzoek zouden de mieren bij sterke verontreiniging van de bodem met nitraat lichter wegen en zouden de nestpopulaties en de nestdichtheid kleiner zijn dan onder normale omstandigheden (Puszkarski 1978, Pétal 1978, 1980). Ook het aantal soorten neemt af. Dit is echter mede als gevolg van een sterke verandering van de vegetatie (i.c. bossterfte).

Toename concentraties zware metalen:

Accumulatie van zware metalen is vastgesteld bij verschillende miersoorten als gevolg van het verzamelen van met zware metalen verontreinigde honingdauw van bladluizen en het slepen van allerlei prooien (met zware metalen) naar het nest (Starý & Kubizňáková 1987, Rabitsch 1997). Mieren blijken hoge concentraties van zware metalen (Pb, Cd, Cu, Zn) echter vrij goed te kunnen doorstaan (Starý & Kubizňáková 1987, Krzystofiak 1991), al is (bij *Lasius niger*) wel een afname van de reproductie en de grootte van de nestpopulaties geconstateerd (Krzystofiak, 1991). Het is echter nog niet duidelijk in hoeverre de overlevingskans van soorten hierdoor negatief wordt beïnvloed (van Loon & Mabelis 1996). Van Eekelen (1999) vond dat het aantal in vangpotten gevangen werksters van de Zwartrugbosmier (*Formica pratensis*) en de Zandsteekmier (*Myrmica sabuleti*) negatief was gecorreleerd met het loodgehalte van de bodem. Relatief ongevoelige (eurytope) soorten kunnen daarentegen positief op bodemverontreiniging reageren door het wegvallen van concurrenten (Pétal 1980, Puszkarski 1980, van Eekelen 1999). Negatieve fysiologische effecten van zware metalen zijn aangetoond bij *Formica aquilonia*, een soort die verwant aan de in de duinen voorkomende rode bosmiersoorten (Migula et al. 1993). Volgens Starý and

Kubizňáková (1987) zouden rode bosmieren goede indicatoren zijn voor verontreiniging van de bodem met zware metalen.

Toename sulfide:

Een hoge SO₂ concentratie van de lucht, zoals in Polen voorkomt, schaadt de gezondheid van het bos. In delen van Polen waar het bos het sterkst is aangetast is een sterke achteruitgang geconstateerd van het aantal nesten van de rode bosmier (80% in 13 jaar), terwijl de achteruitgang minder was in minder sterk aangetaste bossen (Szczepański 1984). Verder is gebleken dat de grootte van de nestpopulaties en de nestdichtheid van verscheidene miersoorten (*Lasius niger*, *Myrmica rubra*, *M. ruginodis*) geringer is in gebieden die met zwavel verontreinigd zijn (0,29 mg/m³), dan in soortgelijke gebieden zonder zwavelverontreiniging (Petal 1978, 1980). In Nederland komen dergelijke hoge SO₂ concentraties echter niet (meer) voor.

Verandering in microklimaat (temperatuur):

Hoewel mieren de temperatuur tot op zekere hoogte in het nest kunnen regelen, zijn de meeste soorten sterk afhankelijk van de stralingswarmte van de zon. Als open plekken dichtgroeien verdwijnen de meeste miersoorten: nestpopulaties verhuizen naar zonnigere plekken of sterven uit.

3.2. Vegetatie

Toename primaire productie (toename snelheid vegetatiesuccessie)

Het dichter en schaduwrijker worden van de vegetatie beïnvloedt niet alleen het microklimaat binnen het habitat van de mieren, maar ook hun prooidichtheid. Deze tendens is nadelig voor miersoorten van schrale (duin)graslanden en duinheiden. Zonder tegenmaatregelen zullen lokale populaties van deze soorten op den duur verdwijnen.

Ophoping organisch materiaal (strooisellaag)

Een losse strooisellaag is ongunstig voor het tot stand brengen van een goede temperatuur- en vochtgradiënt in het nest. Dit geldt ook voor soorten die strooisel gebruiken voor de bouw van een nestkoepel. Op plaatsen waar los organisch materiaal zich heeft opgehoopt komen vrijwel geen nesten voor. Een compacte humuslaag is daarentegen wel geschikt voor veel miersoorten, aangezien het warmte en vocht lang kan vast houden.

Toename van nitrofiële planten

Vergrassing van duingraslanden (met Zandzegge en Duinriet) leidt tot een afname van de nestdichtheid van thermofiele miersoorten van droog duingrasland en duinheide (tabel 1). Dit is te verklaren door verslechtering van het microklimaat en door het ontoegankelijker worden van het vegetatiedek voor predatoren met een

prooi. Verruiging van de vegetatie met braam en brandnetel heeft eveneens een verslechtering van het microklimaat voor mieren tot gevolg (meer schaduw).

Toename nitrofiële en zuurtolerante mossoorten:

Bij vermossing van het vegetatiedek zal de nestdichtheid van ongeveer de helft van het aantal in tabel 1 genoemde soorten afnemen. Slechts enkele soorten, die vaak onder mos nestelen, zoals *F. fusca* en *Leptothorax muscorum*, zouden van deze ontwikkeling kunnen profiteren.

3.3. Fauna

Toename concurrentie

Bij het dichtgroeien van open vegetaties neemt het aantal geschikte nestplaatsen voor soorten van schrale graslanden en heide af. Hierdoor zou de concurrentie tussen de soorten zo sterk kunnen toenemen dat de meest kwetsbare soorten plaatselijk uitsterven. Liquidatie van nestpopulaties door concurrentie is waargenomen bij territoriale soorten, i.c. *Lasius fuliginosus* door *Formica polyctena* (Mabelis 1984, 1993), maar deze zijn geen van beiden kenmerkend voor de duinen.

3.4. Landschapsstructuur

Afname oppervlakte open/kaal zand

Bij afname van de oppervlakte kaal zand zal ruim 25% van de in tabel 1 genoemde soorten achteruitgaan. Onder hen bevindt zich de Duinsteekmier (*M. specioides*), die kenmerkend is voor de duinen.

Afname variatie in verticale vegetatiestructuur

Afname van de biotoopvariatie leidt tot een afname van het aantal mieresoorten (Boomsma & van Loon 1982).

Afname van kleinschalige mozaïekpatronen in de vegetatie.

Veel mieresoorten verkiezen warme zuidranden van begroeiingen voor de bouw van hun nest. Ook voor het verzamelen van voedsel is deze ligging gunstig: mieren kunnen enerzijds profiteren van de bladluizen die op de planten voorkomen en anderzijds van de prooien die in het open veld zijn te vinden.

3.5. Vergelijking met heidelandschap

Effecten van vermessing, verontreiniging, verdroging en beheersmaatregelen op de mierenfauna van duinvegetaties gelden in grote lijnen ook voor de mierenfauna van heideterreinen (zie: Mabelis 1976, 1987b). In heideterreinen komen echter een aantal miersoorten voor die in de kustduinen ontbreken, zoals de Veenmier (*Formica transkaucasica*), die uitsluitend voorkomt in hoogvenen en vochtige heidevegetaties, en de zeldzame heidesteekmier (*Myrmica sulcinodis*), die alleen gevonden is in rijk gestructureerde, min of meer vochtige, heidevegetaties, waar lange tijd (vele tientallen jaren) geen beheersmaatregelen zijn toegepast (Mabelis 1987b).

Opmerking:

Hoewel bepaalde stadia in de ontwikkeling van een mier gevoeliger voor bepaalde factoren zijn dan andere, kunnen de effecten van vermessing, verontreiniging en verdroging het beste worden beoordeeld op het niveau van de nestpopulatie. Door bovengenoemde factoren kan de extinctie van nestpopulaties zo sterk toenemen dat de soort regionaal uitsterft. Nestpopulaties kunnen verhuizen naar betere plekken, als die tenminste aanwezig zijn, maar de meeste in tabel 1 genoemde soorten leggen daarbij slechts korte afstanden af (maximaal 10 m). Slechts enkele soorten, zoals de rode bosmieren, kunnen over afstanden van 100 meter verhuizen. De aanwezigheid van barrières, zoals wegen of druk belopen paden, kunnen de verhuismogelijkheden beperken.

Verbreiding vindt doorgaans plaats via vliegende koninginnen. Voor de kolonisatie van een habitatplek is zowel de vliegafstand als de vestigingskans van de (bevruchte) koningin van belang. De vestigingskans hangt af van het aantal potentiële nestplaatsen. Voor de sociale parasieten onder de mieren (tabel 1) is de nestdichtheid van de gastheersoort bepalend voor de vestigingskans.

4. Te verwachten effecten herstelmaatregelen

Begrazing

Begrazing van duingraslanden en duinheiden is gunstig voor alle miersoorten die in de duinen voorkomen, mits de dichtheid van de grote grazers niet te groot is. In een deel van een grasland (van landgoed Broekhuizen) dat extensief met runderen werd begraasd kwamen na verloop van 20 jaar meer miersoorten voor dan het andere deel dat jaarlijks werd gemaaid. Het voorgaande neemt niet weg dat het aantal mieren-volken plaatselijk kan afnemen. Zo is de afname van het aantal bosmieren-nesten in de duinen bij Den Haag (de Bierlap) hoogstwaarschijnlijk een gevolg van een plaatselijk te sterke betreding door Galloway-runderen en Noorse Fjordenpaarden (Nederlof 1997).

Maaien

Het maaien van grote oppervlakten leidt tot eenvormigheid van de vegetatiestructuur waardoor het aantal miersoorten zal afnemen. Pleksgewijs maaien kan de structuurdiversiteit van grasland daarentegen verhogen, waardoor de habitatkwaliteit van kenmerkende duingraslandsoorten zal toenemen. Soorten die een nestkoepel bouwen ondervinden nadeel van het maaien doordat de nestkoepel wordt geëgaliseerd. Het betreft ongeveer de helft van het aantal in tabel 1 genoemde soorten. Alleen soorten die in geringe dichtheden voorkomen zouden hierdoor kunnen verdwijnen. Maaien met zware machines leidt (plaatselijk) tot bodemverdichting, hetgeen ongunstig is voor mieren. Voor zover er voldoende geschikte plekken overblijven kunnen nestpopulaties zich redden door te verhuizen.

Plaggen

Het plaggen van de vegetatie over grote oppervlakten kan leiden tot het plaatselijk uitsterven van miersoorten: nesten verdwijnen met de vegetatie of worden te sterk ingedrukt door de zware machines. Kleinschalig plaggen leidt daarentegen tot een toename van de structuurdiversiteit van de vegetatie, waardoor meer habitat voor de miersoorten beschikbaar komt.

Verstuiven/grondroeren

Hoewel nestpopulaties kunnen uitsterven als gevolg van een zandverstuiving of grondroering, dragen verstuivingen bij aan het in stand houden van pioniervegetaties, die als habitat voor thermofiele miersoorten van belang zijn. Indien zandverstuivingen (en grondroering) alleen plaatselijk optreden hebben ze een positief effect op het duurzaam voortbestaan van een aantal karakteristieke miersoorten van de duinen.

Bekalken

Over het effect van bekalken van vegetaties op de mierenfauna zijn geen gegevens beschikbaar. Er zijn geen argumenten op grond waarvan een negatief effect te verwachten valt.

Opslag verwijderen

Het verwijderen van schaduwgevende opslag is gunstig voor thermofiele miersoorten. Anderzijds kunnen struiken en bomen bladluizen bevatten: een belangrijke voedselbron voor veel miersoorten.

Opstuwen grondwaterstand

De meeste van de in tabel 1 genoemde soorten gedijen niet in een omgeving met een hoge grondwaterstand. De soorten die er van zouden kunnen profiteren zijn in Nederland algemeen tot zeer algemeen.

5. Kennishiaten

De effecten van begrazing van duinvegetaties op de mierenfauna is nog onvoldoende onderzocht. Het is denkbaar dat ook bij extensieve begrazing van de duinen met runderen (en/of paarden) de mierenfauna lokaal sterk verarmd door een te sterke betreding van de hoefdieren. Dit zou zich bij voorbeeld voor kunnen doen in een duinvallei waar ze graag grazen.

6. Publicaties

Er is nog weinig gepubliceerd naar de effecten van vermesting, verontreiniging en verdroging op mieren. In vrijwel alle gevallen gaat het om correlatief veldonderzoek. Voor het beantwoorden van de vragen is gebruik gemaakt van de volgende publicaties (belangrijke referenties die effecten van bemesting, verontreiniging en beheer behandelen zijn voorzien van een *):

- Boer, P. & Th. de Gruyter, 1999. Mieren in de Noord-Hollandse duinen, Verspreidingsatlas. BOO-rapport 1999-3.
- Boer, P., 2001. Mieren van Boswachterij Schoorl. Verslag.
- Boomsma, J.J. & A. de Vries, 1980. Ant species distribution in a sandy coastal plain. *Ecological Entomology* 5: 189-204.
- Boomsma, J.J. & A.J. van Loon, 1982. Structure and diversity of ant communities in successive coastal dune valleys. *Journal of Animal Ecology* 51:
- Boomsma, J.J., A.A. Mabelis, M.G.M. Verbeek & E.C. Los, 1987. Insular biogeography and distribution ecology of ants on the Frisian islands. *Journal of Biogeography* 14: 21-37.
- Boven, J.K.A. van Boven & A.A. Mabelis, 1986. De mierenfauna van de Benelux (*Hymenoptera: Formicidae*). Wet. Med. KNNV, Hoogwoud.
- Eekelen, R. van, 1999. Abundance of macro-invertebrates in relation to heavy metal pollution in soil. Report Wageningen University, Soil Biology Group.
- Haeseler, V., 1983. Zur heutigen Besiedlung der Ostfriesischen Inseln durch Ameisen. *Abh. Naturw. Verein Bremen*. 40: 23-38.
- Krzysztofiak, L., 1991. The effect of habitat pollution with heavy metals on ant populations and ant-hill soil. *Ekologia Polska* 39 (2): 181-202.*
- Loon, A.J. van & A.A. Mabelis, 1996. Flora en Fauna 2030 - Fase III. Deelrapport mieren. Ministerie van VROM, Den Haag. *
- Mabelis, A.A., 1976. Invloed van maaien, branden en grazen op de mierenfauna van de Strabrechtse heide. RIN-Rapport, Leersum.
- Mabelis, A.A., 1983. Mieren. In: RIN, Natuurbeheer in Nederland, Dieren. Pudoc, Wageningen: 399-410.

- Mabelis, A.A., 1984. Interference between wood ants and other ant species (Hymenoptera, Formicidae). *Neth. J. Zool.* 34 (1): 1-20.
- Mabelis, A.A., 1987a. Mieren als toetssoorten voor het beheer van natuurgebieden. *Bosbouwvoorlichting* 26 (1): 6-8.
- Mabelis, A.A., 1987b. Heidefauna en heidebeheer. *De Levende Natuur* 88 (4): 130-141.
- Mabelis, A.A., 1993. Mieren in het duin. *Duin* 17: 10-12.
- Migula, P., S.L. Nuorteva, E. Głowacka & A. Oja, 1993. Physiological disturbances in ants (*Formica aquilonia*) from excess of cadmium and mercury in a Finnish forest. *Proc. III Congress on Ecotoxicology, Amsterdam. Science of the Total Environment, Supplement* 1993: 1305-1314.
- Nederlof, L.J., 1997. Rode bosmier en begrazing. *Holland's duinen* 31: 45-49.
- Petal, J.M., 1978. Adaptation of ants to industrial pollution. *Memorabilia Zoologica* 29: 99-108.*
- Petal, J.M., 1980. The effect of industrial pollution of Silesia on populations of ants. *Polish Ecological Studies* 6 (4): 665-672.*
- Puszkas, T., 1978. Les fourmis (*Formicidae*) de la zone polluée des établissements de l'azote de Puławy. *Memorabilia Zoologica* 29: 129-142.*
- Puszkas, T., 1980. Ants as a competitive group within the predatory epigenic fauna in agrocenoses subjected to intensive industrial pressure. *Insectes Sociaux* 27: 276-277.
- Rabitsch, W.B., 1997. Tissue-specific accumulation patterns of Pb, Cd, Cu, Zn, Fe, and Mn in workers of three ant species (*Formicidae*, *Hymenoptera*) from a metal-polluted site. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 32: 172-177.*
- Seifert, B., 1996. Ameisen - beobachten, bestimmen. *Naturbuch*, Augsburg.
- Seifert, B., 1997. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Goerlitz* 69 (5): 3-16.
- Starý, P. & J. Kubizňáková, 1987. Content of transfer of heavy metal air pollutants in populations of *Formica* spp. wood ants (*Hym.*, *Formicidae*).*
- Szczepański, W., 1984. Anthills of the *Formica rufa* group and the unfavourable impact of industry in the forest protective belt of the Upper Silesian industrial district. In: *IInd Symposium on the Protection of Forest Ecosystems. Warsaw Agricultural University, Warsaw*: 95-108.*

Opmerking over monitoring van soorten:

Een aantal van de in tabel 1 genoemde soorten zijn moeilijk van elkaar te onderscheiden of is de systematische status nog omstreken. Voor de monitoring van effecten van beheersmaatregelen op de mierenfauna kunnen soorten, waarvan verwacht mag worden dat ze op soortgelijke wijze op herstelmaatregelen reageren, worden samen gevoegd tot een groep, bijvoorbeeld *Lasius niger* + *L. platythorax* en *Formica lusatica* + *F. rufibarbis* + *F. cunicularia*. De volgende soorten lijken me

geschikt voor monitoring: ze indiceren een biotoopkwaliteit waar andere miere-soorten van kunnen profiteren. Bovendien zijn deze soorten gemakkelijk te vinden (Mabelis 1987a):

Voor schraal duingrasland: *Lasius psammophilus* en *Serviformica* groep
(*F. rufibarbis*, *F. cunicularia*, *F. lusatica*, *F. fusca*)

Voor beweide duingrasland: *Lasius flavus*

Voor duinbos: *Formica rufa* groep (*F. rufa*, *F. polychaeta*)

Voor droge heide: *F. pratensis*, *F. sanguinea*, *F. exsecta*, *F. pressilabris*