

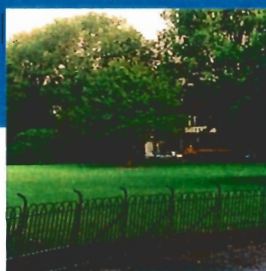
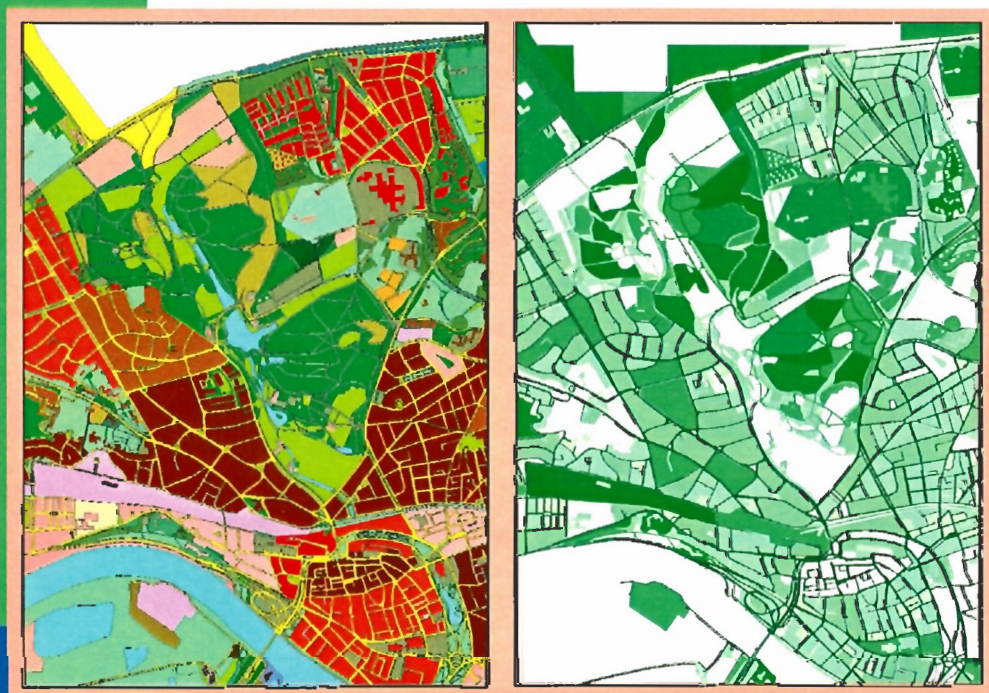


ALTERRA

Populatie-netwerken in de stad Arnhem

Een pilotstudie aan de hand van een tweetal vogelsoorten

R.P.H. Snep, H. Timmermans & W. Timmermans



Alterra-rapport 152, ISSN 1566-7197

Populatie-netwerken in de stad Arnhem

Een pilotstudie aan de hand van een tweetal vogelsoorten

R.P.H. Snep

H. Timmermans

W. Timmermans

Alterra rapport 152

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2000

REFERAAT

Snep, R.P.H., H. Timmermans en W. Timmermans, 2000. *Populatiernetwerken in de stad Arnhem; een pilotstudie aan de hand van een tweetal vogelsoorten*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra rapport 152. 46 blz. 20 fig.; 5 tab.; 40 ref.

Alterra voerde in samenwerking met de gemeente Arnhem een studie uit naar de groenstructuren in het geheel van het bebouwde gebied van de gemeente Arnhem. Daarbij werd de variatie aan stedelijke begroeiingen en beplantingen vertaald naar een vaste set van begroeiingstypering. Aan de hand daarvan werd met behulp van het ruimtelijk expertsysteem LARCH de ecologische kwaliteit van de groengebieden en verbindingstroken in en door het stedelijk gebied van Arnhem beoordeeld voor twee vogelsoorten. Zowel voor de gemeente Arnhem als voor het expertsysteem LARCH werden punten ter verbetering aangewezen.

Trefwoorden: stedelijke ecologie, groenstructuren, expertsysteem, biodiversiteit, netwerken, meta-populaties, duurzaamheid

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 61,25 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 152. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2000 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veeleelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

INHOUD

Inhoud		3
Voorwoord		5
1. Inleiding		
1.1	Stedelijke ecologie	7
1.2	De stad Arnhem	9
	Arnhem en natuur in de regio	9
	Natuur in de stad Arnhem	10
1.3	Het ecologisch concept: denken in netwerken	13
	Metapopulatie-theorie	14
	Intermezzo versnippering	15
2. Methodiek		
2.1	De analysemethode LARCH	15
	De mogelijkheden van LARCH	16
2.2	Basisbestanden en voorbereiding	17
	Begroeiingstypenkaart	17
	Vertaalslag van plaatselijke informatie naar LARCH-indeling	18
	Controle vertaalslag	18
	Soortselectie	21
2.3	De rekenmethode LARCH	23
3. Resultaten		
3.1	Begroeiingstypenkaart Arnhem	25
3.2	Ecologie van de soorten	26
	Boomklever (<i>Sitta europaea</i>)	26
	Zwartkop (<i>Sylvia atricapilla</i>)	27
3.3	Ruimtelijke analyses	28
	Boomklever (<i>Sitta europaea</i>)	
	Ligging potentieel habitat	28
	Draagkracht van het Arnhems groen	29
	Vergelijking met daadwerkelijk voorkomen	29
	Lokale en metapopulaties	30
	Zwartkop (<i>Sylvia atricapilla</i>)	
	Ligging potentieel habitat	31
	Draagkracht van het Arnhems groen	32
	Vergelijking met daadwerkelijk voorkomen	33
	Lokale en metapopulaties	33

4	Conclusie en discussie	
4.1	Wat betreft de soorten...	35
	Boomklever (<i>Sitta europaea</i>)	35
	Zwartkop (<i>Sylvia atricapilla</i>)	35
	Verschil in potentie en daadwerkelijk voorkomen van beide soorten	36
	Intermezzo: Straatbomen en boomklevers	36
4.2	Bos en struweel in Arnhem	38
4.3	Het gebruik van ruimtelijke expertsystemen voor de stedelijke ecologie	39
	Aanbevelingen	40
5	Vooruitblik	43
	Literatuur	45

Voorwoord

In het kader van het landelijk onderzoek naar biodiversiteit heeft Alterra, Researchinstituut voor de Groene Ruimte, opdracht gekregen van de Dienst Wetenschap en Kennis (DWK-LNV) een modelinstrumentarium te ontwikkelen voor het beoordelen van biodiversiteit in de stedelijke omgeving. Dit onderzoek is getiteld: LARCHstad. De aanpak hiervan op basis van duurzaamheidsberekeningen van de ruimtelijke kwaliteit van het stedelijk groen voor met name fauna wordt in dit rapport beschreven. Voor het verkrijgen van gegevens over het stedelijk groen, die noodzakelijk zijn bij de ontwikkeling van het modelinstrumentarium, is samenwerking gezocht met de gemeente Arnhem. Naast algemene richtlijnen voor aanpassingen en het gebruik van het reeds bestaande modelinstrumentarium (LARCH) wordt ook voor een beperkt aantal soorten de ecologische kwaliteit van het stedelijk groen van Arnhem en directe omgeving uitgebreid toegelicht. In deze voorbeeldstudie wordt aandacht besteed aan de habitatkwaliteit van de groenstructuur, de mogelijkheden voor uitwisseling van individuen tussen de stad en het buitengebied, de ruimtelijke configuratie van populatienetwerken op verschillende schaalniveaus en de duurzaamheid van die netwerken. De analyses die hieraan ten grondslag liggen hebben bijgedragen aan de beoordeling van het bestaande instrumentarium voor gebruik in de stedelijke omgeving. Dit heeft geresulteerd in een aantal aanbevelingen voor verdergaande aanpassingen van het modelinstrumentarium en het doen van empirisch onderzoek aan fauna in het stedelijk gebied.

Samenwerking met gemeente Arnhem

Vanaf 1998 onderhoudt Alterra contacten met de gemeente Arnhem, aanvankelijk binnen het project Stadslandschappen, later in het vervolgproject LARCHstad. De samenwerking met de gemeente Arnhem is begonnen met de selectie van mogelijke soorten die voor een ruimtelijke analyse van het Arnhemse groen in aanmerking kwamen. Het gaat daarbij om soorten die indicatief zijn voor biotopen die (ook) in het stedelijk gebied voorkomen. Verder dienen die soorten in zekere mate gevoelig zijn voor de ruimtelijke configuratie van hun leefgebied en moeten er verspreidingsgegevens uit het gekozen studiegebied beschikbaar zijn.

De gemeente Arnhem stelde vervolgens verspreidingsgegevens van de geselecteerde soorten beschikbaar en leverde gegevens aan over de ligging en het beheer van het openbaar groen, de bebouwing, industrie en infrastructuur. Deze gegevens zijn als uitgangspunt gebruikt bij de ruimtelijke analyses.

Vanwege de prettige samenwerking met de gemeente Arnhem willen we de volgende personen bedanken: C. Paris, coördinator Ruimte en Ecologie bij de dienst Stadsbeheer en Openbare Werken (SBOW), zij heeft als contactpersoon vanuit de gemeente Arnhem opgetreden, daarnaast R. Driessen en A. van der Sluis (ecologische gegevens) en P. Elbers, R. Koenders en J. van der Heide (geografische gegevens). Binnen Alterra droegen R. Bugter, B. Mabelis, T. van der Sluis, R. Kwak en J. Dirksen bij aan dit onderzoek en/of het proces eromheen, waarvoor dank.

1. INLEIDING

1.1 Stedelijke ecologie

De belangstelling voor natuur in de stad groeit bij burgers, overheid en bedrijfsleven. Naarmate de steden uitbreiden en het resterende landelijk gebied verder wordt ingesloten door die steden, neemt de behoefte om de natuurwaarden binnen de stad te behouden en toegankelijk te maken voor burgers verder toe. Ook binnen de bestaande wijken is stadsnatuur aanwezig, en deze natuur dient een sleutelpositie te krijgen in het nastreven van dit doel (Schulte *et al*, 1993). Alterra, als onderzoeksinstituut voor de Groene Ruimte, doet onderzoek aan die stedelijke natuur. Eén van de invalshoeken die daarbij gehanteerd worden is die vanuit de landschapsecologie, waarbij vooral gekeken wordt naar groenstructuren in de stad. Het gaat daarbij om de ruimtelijke configuratie van het groen en de mate waarin dit groen intern en met de omgeving verbonden is. De verbondenheid van groengebieden wordt hierbij als een voorwaarde gezien voor de overleving van plant- en dierpapulaties op lange termijn.

Voor een goede beoordeling van deze 'groene netwerken' maakt men gebruik van een ruimtelijk expertsysteem. Alterra heeft dit expertsysteem enkele jaren geleden ontwikkeld, maar past het expertsysteem nog 'dagelijks' aan op basis van nieuwe inzichten. Het expertsysteem doet op basis van normen en richtlijnen uitspraken over de (potentiële) kwaliteit van de aanwezige netwerken.

Op dit moment blijkt er in de maatschappij behoefte te bestaan aan een betere onderbouwing van uitspraken over de effecten van inrichtings- en beheervarianten van bijvoorbeeld stedelijke uitbreidingen of industrieterreinen. Het genoemde ruimtelijk expertsysteem is tot voor kort echter vooral toegepast in natuurgebieden en het landelijk gebied. Het hier beschreven onderzoek is onderdeel van een studie om het ruimtelijk expertsysteem beter op de stedelijke omgeving te laten aansluiten (Snep *et al*, 2000a). Om de modelontwikkelingen aan de praktijk te kunnen toetsen is samenwerking gezocht met enkele gemeenten.

Doel & vraagstelling onderzoek

Dit onderzoek wil inzichtelijk maken wat de mogelijkheden van ruimtelijke expertsystemen zijn om te bepalen of plant- en dierpapulaties in de stedelijke omgeving kunnen functioneren. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de lokale ecologische kennis die bij de gemeente Arnhem aanwezig is om deze mogelijkheden te verkennen. Er wordt bij wijze van voorbeeldstudie getracht antwoord te geven op vragen over de draagkracht van het Arnhemse groen voor de gekozen soorten, de mogelijkheden tot uitwisseling van individuen tussen stad en buitengebied en de ruimtelijke configuratie van dierpapulaties.

Leeswijzer

In dit rapport is het onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden voor modelstudies binnen het stedelijk gebied beschreven aan de hand van een voorbeeldstudie in Arnhem. In dit hoofdstuk Inleiding wordt een beknopte landschapsecologische beschrijving van de stad Arnhem gegeven en wordt vervolgens nader ingegaan op het achterliggende ruimtelijke concept van dit onderzoek. Het hoofdstuk Methodiek beschrijft de ecologische principes van het gebruikte expertsysteem, de vereiste basisbestanden inclusief de voorbereidende werkzaamheden en de rekenkundige analysestappen die het expertsysteem doorloopt. Bij Resultaten wordt vermeld tot welke produkten en keuzes de voorbereidende werkzaamheden hebben geleid en vervolgens welke resultaten de daaropvolgende modelanalyses hebben opgeleverd. De conclusies over de gekozen soorten en bijbehorende biotopen die hieruit getrokken kunnen worden worden gegeven in het hoofdstuk Conclusie en Discussie. Dit geldt ook voor een evaluatie van de gekozen methoden en het gebruik van ruimtelijke expertsystemen in het stedelijk gebied. Die evaluatie heeft ook tot een aantal aanbevelingen geleid, waar uitvoerig bij wordt stilgestaan. In het afsluitende hoofdstuk Vooruitblik wordt gekeken naar de toekomstige mogelijkheden wanneer de aanbevelingen verder worden uitgewerkt. Deze mogelijkheden zijn toegespitst op de situatie in Arnhem.

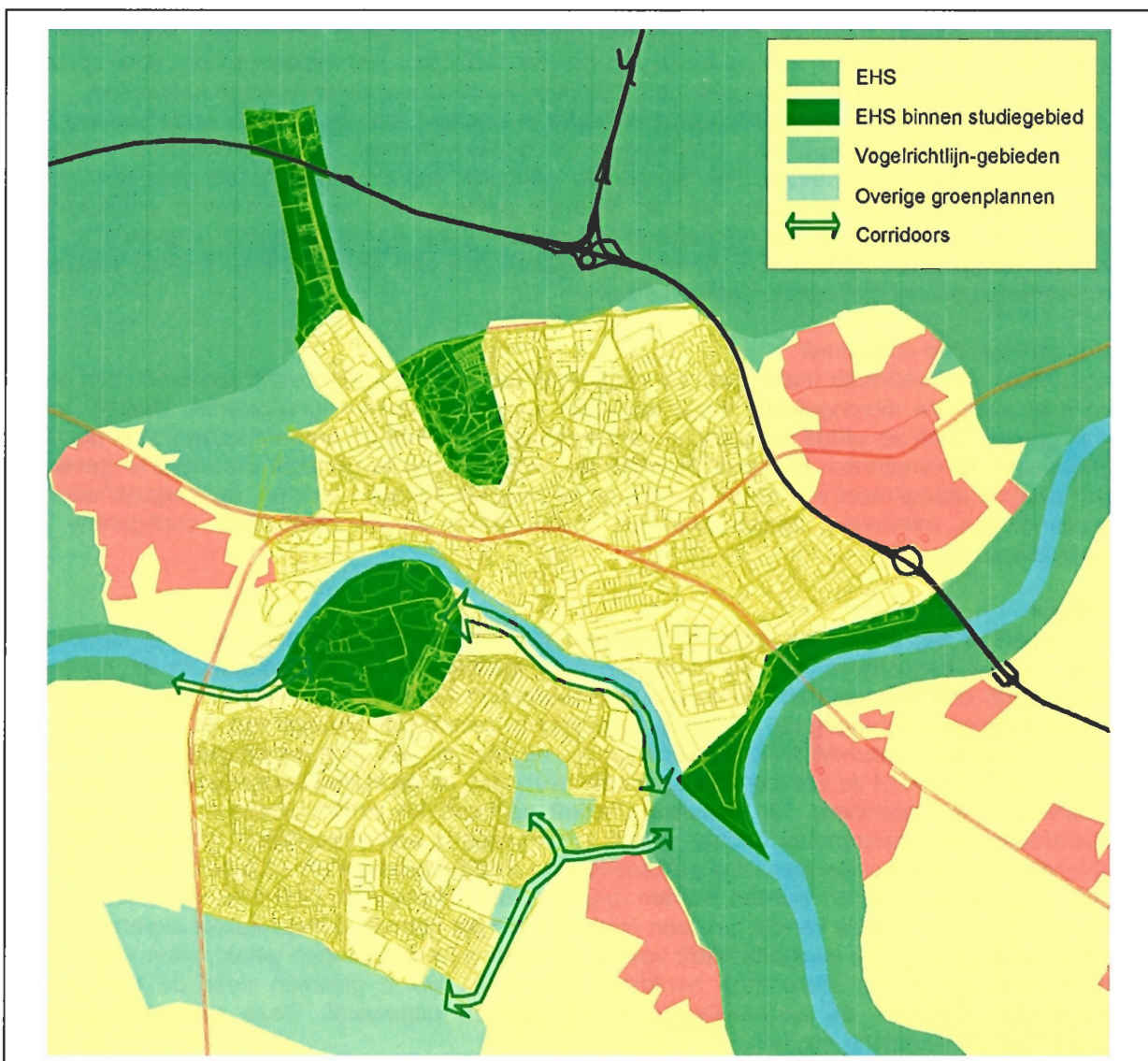
1.2 De stad Arnhem

Arnhem en natuur in de regio

Arnhem is een gemeente met veel binnen- en buitenstedelijk groen. Deze studie beperkt zich echter tot de stedelijke omgeving. Vandaar dat als studiegebied alleen de bebouwde kom van de stad Arnhem (zie figuur 1) gekozen is.

Planten en dieren leven in populaties die zich niet beperken tot de stadszone en er is dan ook regelmatig sprake van uitwisseling van individuen tussen de stad en haar omgeving. Wanneer gezocht wordt naar netwerken van plant- en dierpopulaties is daarom kennis van de stad alleen onvoldoende. Gegevens uit de omgeving van de stad zijn in dat geval van groot belang.

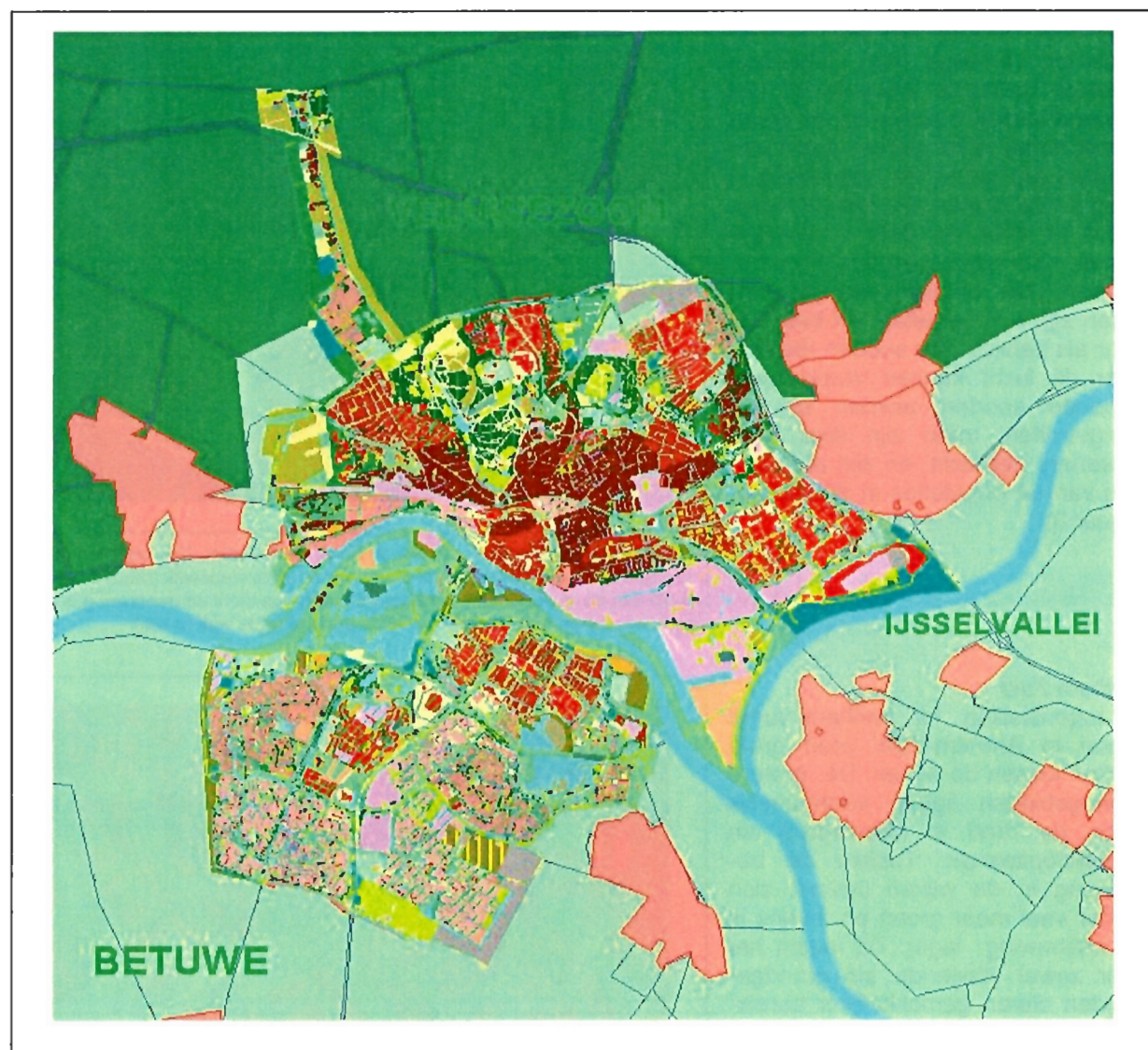
Arnhem heeft in dit opzicht een vrij unieke positie. Het is gelegen op de grens van de Veluwe en de het dal van de Nederrijn en IJssel (Gelderse Poort). Beide gebieden hebben een hoge natuurwaarde en diensgevolge is de Ecologische Hoofd Structuur (EHS) duidelijk in de directe omgeving van Arnhem aanwezig (zie figuur 1). Er liggen zelfs onderdelen van de EHS binnen het studiegebied (Schaarsbergen, Zijpendaal/Sonsbeek, Meinerswijk en IJsseloord).



Figuur 1. De begrenzing van het studiegebied en de ligging van natuurgebieden (EHS) op regionale schaal. De bruine lijnen geven het studiegebied aan, de groentinten geven (globaal) de gebieden aan die zijn betrokken in nationale (EHS), internationale (EU Vogelrichtlijn) of regionale groenplannen. EHS en Vogelrichtlijn-gebieden overlappen grotendeels.

Natuur in de stad Arnhem

Wanneer het studiegebied nader bekeken wordt, valt onmiddellijk op dat de bebouwde kom van Arnhem zich gemakkelijk laat indelen in Arnhem-Noord en Arnhem-Zuid. (figuur 2). Niet alleen worden deze twee gebieden fysiek gescheiden door de Nederrijn, ook in de stedenbouwkundige opzet en in landschapsecologisch opzicht zijn er grote verschillen.



Figuur 2. Groenstructuur en bebouwing in de stad Arnhem. Binnen het studiegebied wordt bebouwing door roodtinten aangegeven. Donkere kleuren duiden op oude bebouwing, jongere bebouwing is lichter gekleurd. Industriegebied is lichtpaars gekleurd. Met de overige kleuren worden de verschillende groentypen aangeduid.

Wanneer het gaat om de groenstructuur van Arnhem-Noord kan gezegd worden dat hier de stad een vrij klassieke opbouw heeft. Rond het compacte oude centrum, waarin weinig ruimte is voor groen, ligt een ring van oude wijken, waarbinnen de voornaamste groenvoorziening bestaat uit particulier groen in binnentuinen. In de ring daaromheen zijn in de eerste plaats grote parken opgenomen. Deze parken zijn van oorsprong oude buitenplaatsen, die tijdens stedelijke uitbreidingen gespaard bleven en zodoende in en tussen de bebouwing kwamen te liggen. Verder is in die wijken ook duidelijk ruimte in de planning opgenomen voor het aanleggen van groenvoorziening.

De bebouwing van Arnhem-Zuid is, op een enkele boerderij of bedrijfsgebouw na, na-oorlogs. In de bouwstijlen van de verschillende wijken weerspiegelt zich de benadering van de woonomgeving en stedelijke ontwerpprincipes in de loop der tijd. Verder hebben deze wijken met elkaar gemeen dat in plaats van een enkele grote parken tussen de wijken het openbaar groen vooral in de wijken zelf is gebracht (zie figuur 4). Dit komt tot uitdrukking in de vorm van veel lijnvormige plantsoenelementen, die tot een netwerk verweven zijn. De basis wordt gevormd door singels, die rondom en dwars door de wijken lopen.

Arnhem Noord

Het noordelijk deel van Arnhem wordt gekenmerkt door een gordel van parken die om het centrum heenloopt. Enkele van deze parken genieten vanwege hun historisch karakter landelijke bekendheid. Het contrast tussen bebouwing en groen is met name in de oudere delen van de stad erg groot: de bebouwing is hoog en de straten zijn relatief nauw, zodat er voor de daar aanwezige bomen nauwelijks ruimte is om uit te groeien. De binnentuinen daarentegen zijn ruimbemeten, en beschikbaar als habitat voor soorten die zich door de lucht kunnen verplaatsen. Lopende soorten worden er wel aangetroffen, maar zijn daar door bewoners gebracht, en zijn afgesneden van de populaties in de parken. (figuur 3)



Figuur 3. Westelijk Park Sonsbeek en Sonsbeekkwartier. Donkergroen het bos van Sonsbeek, lichtgroen de graspartijen. In de woonwijk (rood) is met behulp van de lijnstructuren zichtbaar gemaakt hoe dicht de bebouwing is. Ook is de laanbomenstructuur (middels punten) in de wijk te zien.

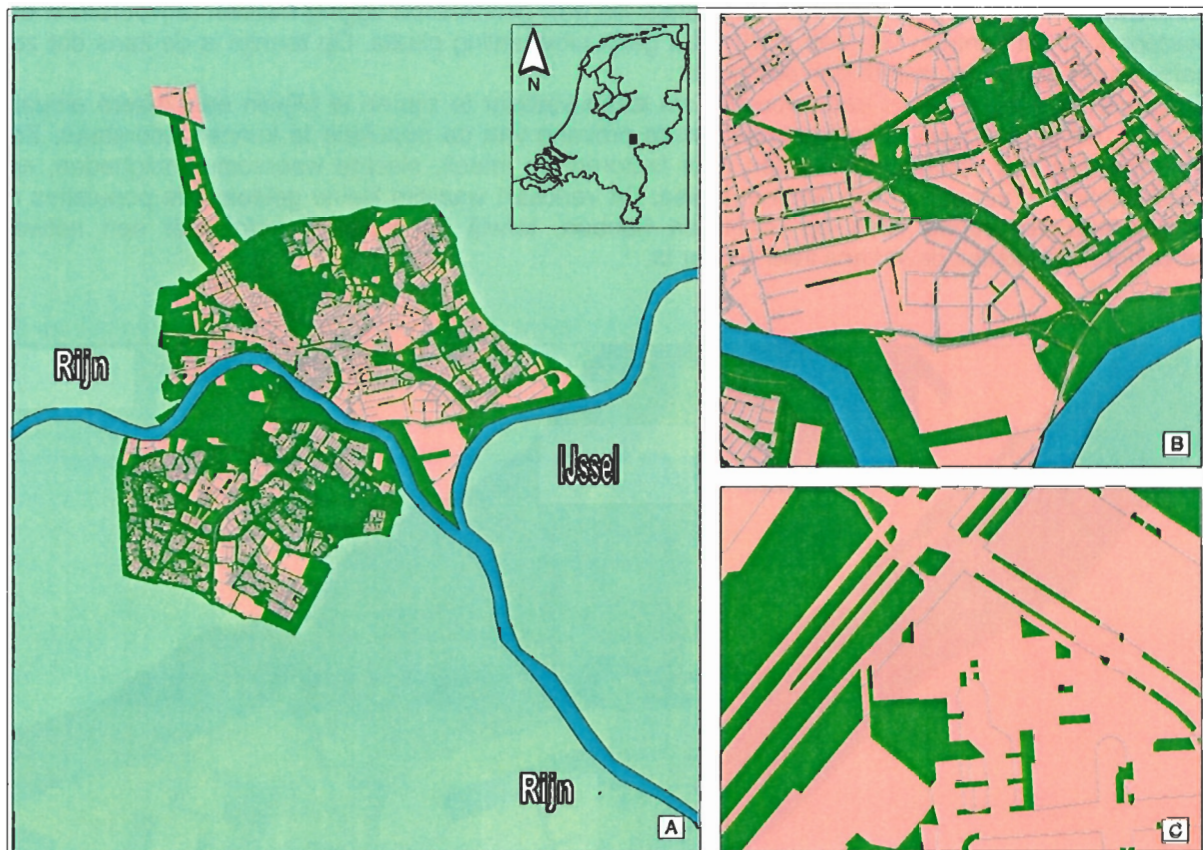
Arnhem Zuid

In tegenstelling tot Arnhem-Noord liggen in Arnhem-Zuid geen grote parken tussen de wijken. De grotere groengebieden liggen voornamelijk langs de rand in Meinerswijk en Immerloopspark. Tussen de bebouwing in de wijken bevindt zich echter veel meer groen en tevens is de bebouwing lager. Dit maakt het voor zowel vliegende als grondgebonden dieren gemakkelijker bereikbaar en lijkt er zowel op straat als in de tuinen veel meer ruimte te zijn. De tuinen zijn veelal direct verbonden met de openbare groenstructuren en waar mogelijk ook met het water in de wijk. (figuur 4)



Figuur 4. Wijk De Laar West. In lichtgroen staan de wijkgazons aangegeven, donkergroen de boomgroepen. De grijspearse tint staat voor struweelstructuren, en bruin duidt ruigtes aan. De lichtrode kleur is gereserveerd voor jonge bebouwing, maar met de gedetailleerde lijnvormige gegevens is zichtbaar gemaakt dat deze bouwstructuur veel meer 'open' is dan in de oude wijken van de binnenstad.

Behalve het vergelijken van groen op basis van verschillende patronen kan ook gekeken worden naar het groen op verschillende schaalniveau's. Deze benadering wordt vooral toegepast als het gaat om het vergelijken van soorten met een verschillende actie-radius. In een stad als Arnhem zijn verschillende schaalniveau's te onderscheiden: op het straatniveau tellen afzonderlijke bermen, straatbomen en kleinschalige plantsoenen mee (figuur 5C), op wijkniveau gaat het om lokale parkjes en bredere groenstructuren (5B), op stadsniveau vallen met name de meer robuuste structuren als uiterwaarden, grote parken en spoorbermen op (5A). Het straatniveau is relevant voor soorten als sprinkhanen en dagvlinders, het wijkniveau juist voor amfibieën en struweelvogels. Het stadsniveau kan worden gezien als beste benadering voor diergroepen als roofvogels en grotere zoogdieren (bijvoorbeeld vos).

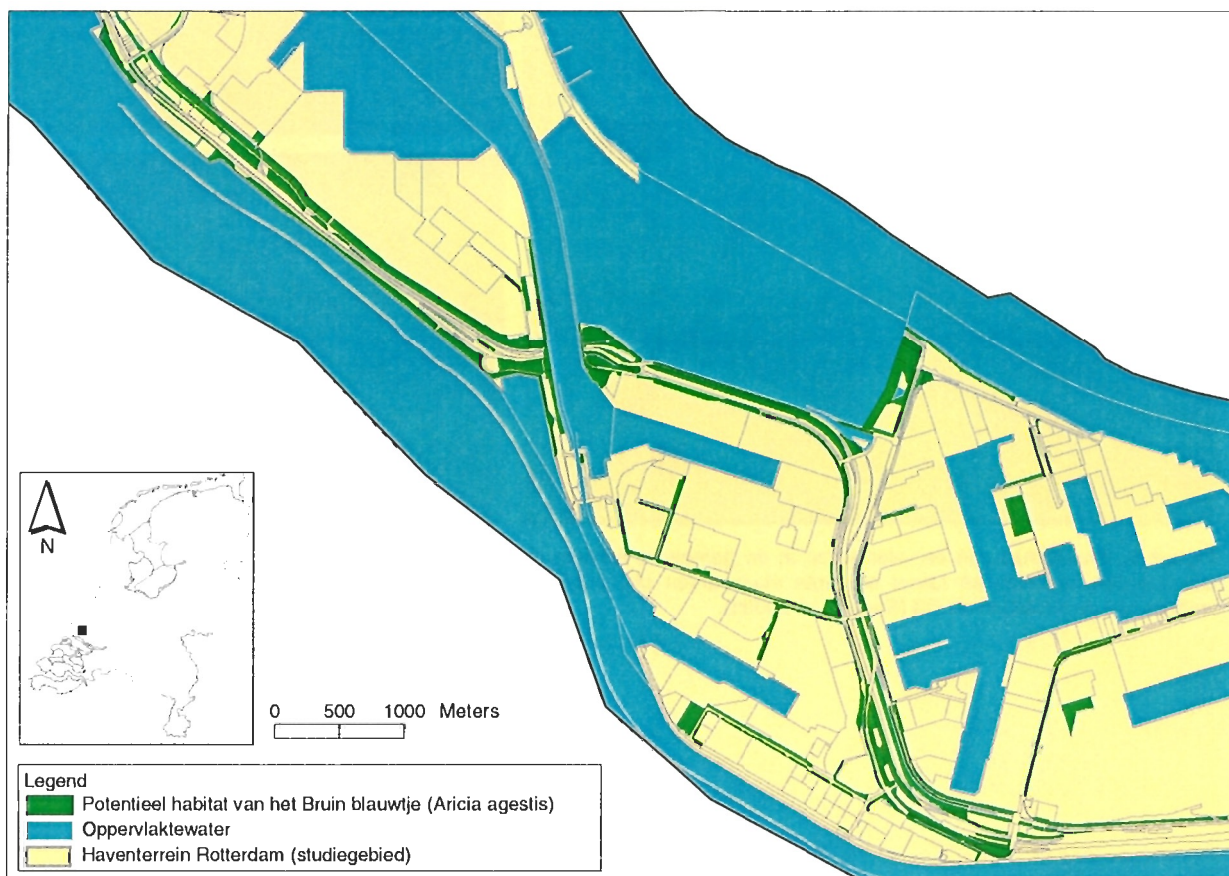


Figuur 5. Groenstructuren en -elementen in de gemeente Arnhem ingedeeld naar verschillende schaalniveaus. Stadsniveau: uiterwaarden van Rijn en IJssel en grote stadsparken (A), wijkniveau: lokale parken en plantsoenen (B) en straatniveau: wegbermen en straatbomen (C) (Snep *et al*, 2000b).

1.3 Het ecologisch concept: denken in netwerken

Het groen in de stad staat niet op zich, maar is (in ecologisch opzicht) vaak zowel onderling als met natuur in het buitengebied verbonden. Ecologische verbindingzones bieden individuen van plant- en diersoorten de mogelijkheid zich van het ene leefgebied (bijvoorbeeld parken, ruigte of grasland) naar het andere verplaatsen (zie figuur 6). Deze verbindingen zijn essentieel voor de instandhouding van de totale populatie. De omvang van een levensvatbare populatie is over het algemeen veel groter dan de capaciteit van een enkel park of plantsoen. Doordat de dieren zich kunnen verplaatsen tussen verschillende geschikte locaties (plantsoenen, bosjes, tuinen enz.) vindt gemakkelijk (genetische) uitwisseling plaats. Alle individuen die in een dergelijk goed verbonden stelsel van locaties leven vormen tezamen één populatie. Met populaties die een geïsoleerde ligging hebben (bijvoorbeeld een stadspark in het centrum van een stad) vindt geen uitwisseling plaats. Op termijn is de kans dat zo'n geïsoleerde populatie uitsterft dan ook groter.

Zoals eerder gesteld moet een populatie om levensvatbaar te zijn en te blijven een zekere omvang hebben. Dit is nodig om schommelingen in de omvang van de populatie te kunnen doorstaan. Zo'n schommeling kan veroorzaakt worden door factoren als inteelt, slechte weersomstandigheden, een voedseltekort of verstoring van het leefgebied. Dit verklaart waarom kleine geïsoleerde populaties op termijn een verhoogde kans op uitsterven hebben, terwijl bij grote(re) en/of met een netwerk verbonden populaties deze kans veel kleiner is.



Figuur 6. Een voorbeeld van een mogelijke ecologische verbinding door het stedelijk gebied: het voorkomen van potentieel habitat van het Bruin blauwtje (*Aricia agestis*) in het Rotterdamse havengebied. Deze figuur is afkomstig uit een eerdere studie, die Alterra in het havengebied van Rotterdam verrichtte. Het laat de mogelijkheden zien die ontstaan als wegbermen op een ecologische manier beheerd worden. De wegbermen kunnen dan een belangrijke rol spelen bij het koloniseren van het havengebied door een dagvlindersoort als het Bruin blauwtje.

Metapopulatie-theorie (Opdam, 1987)

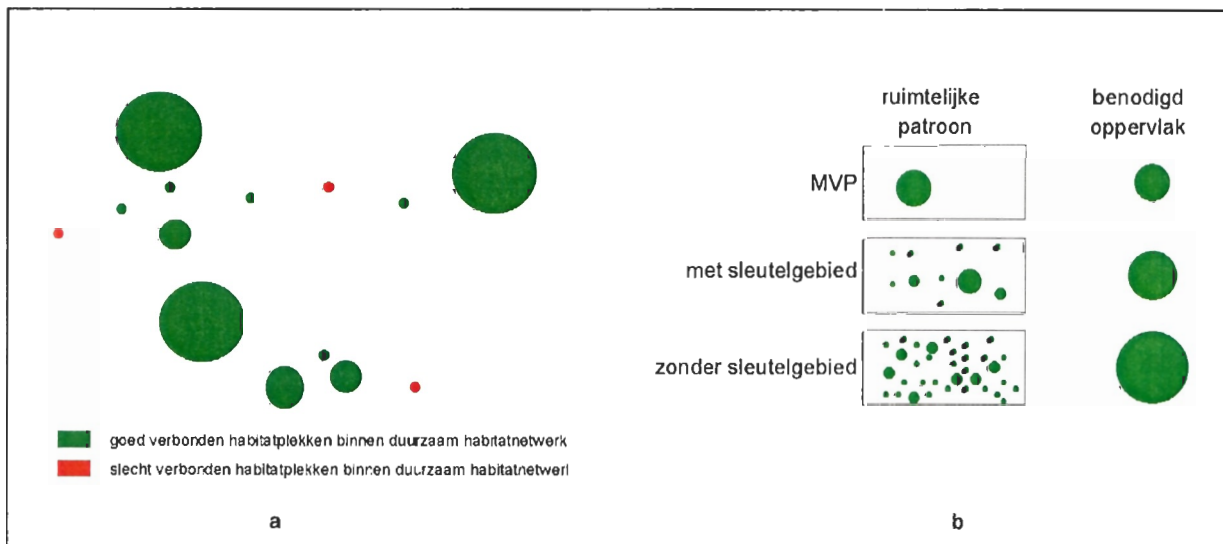
Dier- en plantpopulaties op lokaal niveau

Het voorkomen van individuen van een plant- of diersoort is gestructureerd in populaties. Een populatie is een groep individuen waarbinnen genetische uitwisseling plaatsvindt. De meeste genetische uitwisseling vindt plaats tussen individuen die zich ophouden binnen een bepaalde afstand van elkaar. Deze afstand wordt bepaald door de 'dagelijkse' verplaatsingen van een individu en komt min of meer overeen met het begrip 'actie-radius'. Het oppervlak waarbinnen deze verplaatsingen plaatsvinden wordt de home-range van een individu genoemd. Vaak grenzen home-ranges van verschillende individuen aan elkaar of is er zelfs sprake van overlap. Hierdoor ontstaat er een netwerk, waarbinnen dieren met een zekere regelmaat soortgenoten tegenkomen. Daar waar er in een bepaalde richting geen geschikte leefomgeving (habitat) aanwezig is, houdt de regelmatige uitwisseling op. Eventueel verderop liggend habitat waarmee geen uitwisseling plaatsvindt, behoort tot een andere populatie. Ter onderscheiding worden deze verschillende populaties 'lokale populaties' genoemd. Lokale populaties kunnen, als ze omvangrijk genoeg zijn, zelfstandig duurzaam voortbestaan. Naarmate de populatie kleiner is neemt de kans op inteelt echter toe, en daarmee de genetische variatie af. De genetische variatie wordt als een sleutelfactor gezien voor een populatie om wisselende omstandigheden het hoofd te kunnen bieden.

Netwerken van lokale populaties

Lokale populaties worden van elkaar gescheiden door het ontbreken van habitat over een grotere afstand. Sommige individuen van een soort slagen er desondanks in om toch een nieuwe habitatplek te bereiken die buiten de eigen lokale populatie ligt. Zo'n individu is hierbij bereid extra risico's (het oversteken van wegen bijvoorbeeld) te nemen om toch dit nieuwe leefgebied koloniseren. Dit verschijnsel wordt 'dispersie' genoemd en kan onder andere het gevolg zijn van overbevolking, genetische aanleg of voedseltekort. Het spreekt vanzelf dat veel van deze pioniers het nieuwe gebied uiteindelijk niet halen. De individuen die het wel redden zorgen met hun komst voor vers bloed in de bestaande populatie of zelfs voor de (her)kolonisatie van een 'lege' habitatplek.

Deze individuen kunnen van de ene lokale populatie naar de andere komen door de aanwezigheid van tussenliggende corridors of stapstenen. Corridors zijn lijnvormige zones met geschikt habitat. Doordat ze te klein, te smal of te sterk verstoord zijn voldoen ze niet als permanent leefomgeving, maar zijn ze wel geschikt om zwerfende dieren voedsel, dekking en doorgang te geven. Stapstenen zijn kleine habitatplekken, die doordat ze niet tever uit elkaar liggen op dezelfde manier fungeren als een corridor.



Figuur 7. Netwerken van een meta-populatie: a. ruimtelijk structuur. b. relatie tussen omvang en versnippering.

A. Een netwerk bestaat uit grotere en kleinere lokale populaties. Kleine populaties kunnen blijven bestaan als de afstand tot een grotere populatie (waarbinnen een reproductie-overschot bestaat) niet te groot is. Hoe verder weg van zo'n populatie, hoe kleiner de kans is op een duurzaam voortbestaan.

B. Boven een bepaalde omvang is een lokale populatie in staat zelfstandig duurzaam te overleven. Die omvang wordt een MVP (minimum viable population) genoemd. Wordt een MVP doorsneden dan gaat de duurzaamheid verloren. Om die duurzaamheid te herstellen moeten verbindingen met andere deelpopulaties worden gelegd. Als daar gebieden bij zijn die met beperkte uitwisseling aan de duurzaamheidsnorm kunnen voldoen spreekt men van sleutelgebieden, zijn die er niet dan is duurzaamheid alleen te bereiken via enorme uitbreiding van het totaal areaal (Pouwels, 2000)

Door het beschreven dispersie-gedrag vormen de lokale populaties, klein en groot, één grote zogeheten 'meta-populatie' (Opdam, 1987). Behalve uitwisseling van genenmateriaal is de getalsmatige aanvulling en herkolonisatie zeker voor de kleinere deelpopulaties een essentieel effect van de dispersie. Afhankelijk van de aanwezigheid van grotere lokale populaties (MVP's of sleutelpopulaties) is meer of minder habitat nodig voor een levensvatbare meta-populatie (figuur 7).

Intermezzo: Versnippering van de leefomgeving

In de natuurlijke situatie leven soorten niet in aaneengesloten gebieden. Het landschap wordt opgedeeld in geschikte en minder geschikte biotopen. Dat kan voor bossoorten oppervlakten van gras- of heidevelden zijn, die de verschillende bossen van elkaar scheiden. Omgekeerd zijn voor de soorten van de open vlakte die bossen een sta-in-de-weg. Maar ook binnen een bos kunnen er voor een bepaalde soort stukken zijn die te arm, te dicht, te vochtig zijn voor het specifieke biotoop waarin het habitat wordt gevonden. De natuurlijke situatie levert een mozaïk van biotopen.

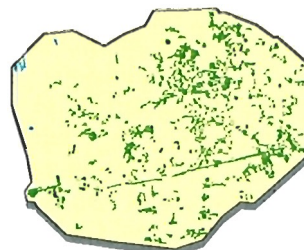
Zwervende dieren verplaatsen zich op zoek naar een vestigingsplaats zich bij voorkeur binnen voor de soort geschikt biotoop. Een vestigingsplek betekent geschikt habitat dat niet bezet is. Dat is lang niet altijd aanwezig, en dan moet minder geschikt biotoop worden overgestoken. In hoeverre een individu daartoe bereid en in staat is is sterk soortafhankelijk, en wordt uitgedrukt in een zogeheten "dispersie-afstand", dat is de maximale afstand die een soort kan overbruggen op zoek naar geschikt habitat.

Bij het oversteken van zo'n stuk ongeschikt leefgebied neemt zo'n individu een enorm risico: de kans dat de oversteek wordt overleefd neemt af met de afstand (predatie, verkeer, voedseltekort). Onder de pionierende dieren treedt jaarlijks een grote sterfte op, maar er zijn altijd dieren die de overkant halen en zich er met succes vestigen, en zich mengen met de leden van de aldaar gevestigde lokale populatie.

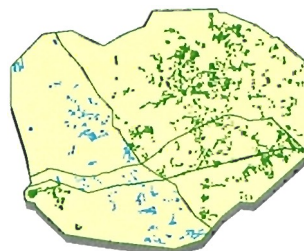
Ongeschikt habitat vormt dus een natuurlijke barrière. De mens heeft door de aanleg van wegen en de vernietiging van habitat door ruilverkaveling, stedelijke uitbreiding en industrie het landschap drastisch veranderd. Het aantal barrières is enorm gestegen, terwijl een groot oppervlak aan leefomgeving verdwenen is. Het verschijnsel 'versnippering' speelt dan ook een belangrijke rol bij de achteruitgang van veel plant- en diersoorten. Naast de isolatie en verkleining van de leefomgeving hebben effecten als sterfte, barrièrewerking en verstoring daartoe in belangrijke mate aan bijgedragen. De omvang van het effect van barrières wordt in de bijbehorende figuur treffend in beeld gebracht.

Het effect van versnippering voor de eekhoorn

zonder barrières



en met barrières



■ habitat in niet duurzaam netwerk
■ habitat in duurzaam netwerk

Duurzame populatie-netwerken

Lokale populaties vormen tezamen een meta-populatie. Door de verbindingen binnen zo'n netwerk wordt de overlevingskans van een lokale populatie vergroot. Dit wil niet altijd zeggen dat zo'n meta-populatie ook op de lange termijn levensvatbaar is. De overlevingskans op de lange termijn, ook wel duurzaamheid genoemd, is afhankelijk van de capaciteit van de totale meta-populatie en van de ruimtelijke configuratie van alle habitatplekken (zie figuur 7a). Onder duurzaamheid wordt verstaan dat de kans dat een populatie uitsterft kleiner is dan 5 procent in de komende 100 jaar (Bergers & Opdam, 1996). De duurzaamheid van een habitatnetwerk wordt dus groter naarmate de betreffende metapopulatie meer individuen bevat en betere verbindingen kent tussen de verschillende habitatplekken. Zo is bijvoorbeeld proefondervindelijk vastgesteld dat naarmate de gemiddelde omvang van de deelpopulaties in een meta-structuur kleiner is het aantal benodigde individuen binnen de meta-populatie groter moet zijn om aan dezelfde norm van duurzaamheid te kunnen voldoen (figuur 7b).

2. METHODIEK

2.1 De analysemethode LARCH

Bij dit onderzoek is gebruik gemaakt van het ruimtelijk expertsysteem LARCH, een afkorting die staat voor Landschapsecologische Analyse en Ruimtelijke Configuratie van Habitat¹. LARCH is gebaseerd op het concept van metapopulaties en berekent voor versnipperingsgevoelige diersoorten de duurzaamheid van hun habitatnetwerken². LARCH bepaalt daarbij de levensvatbaarheid van metapopulaties op basis van zowel de draagkracht als de ruimtelijke configuratie van leefgebieden.

LARCH is al bij veel landschapsecologisch onderzoek ingezet. Analyse van het stedelijk landschap is echter nieuw en dit onderzoek dient dan ook om de toepassingsmogelijkheden van LARCH voor de stedelijke ecologie te onderzoeken. Wellicht zijn aanpassingen aan het expertsysteem noodzakelijk. Het stadslandschap verschilt nu eenmaal in meerdere opzichten (schaal, biodiversiteit, versnippering, verstoring e.d.) nogal sterk van andere landschappen.

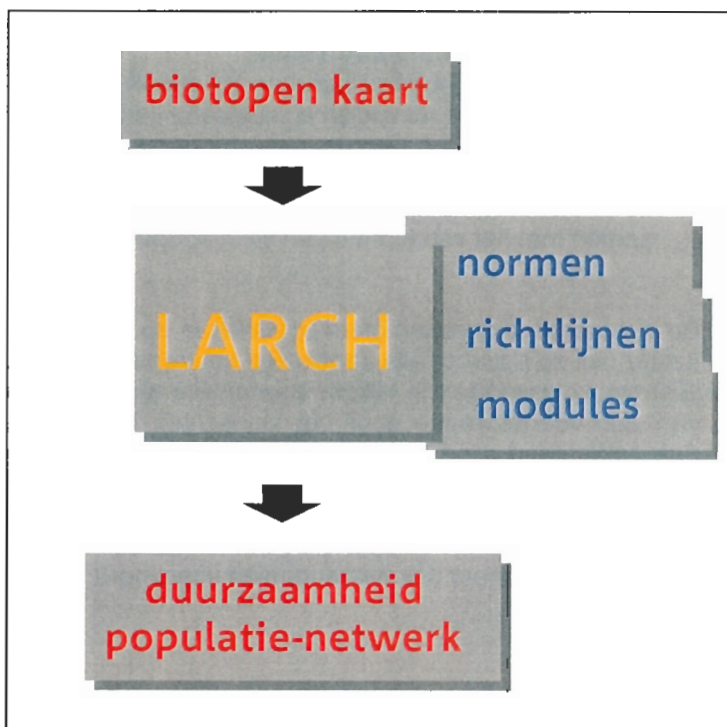
LARCH heeft de volgende kenmerken (Foppen & Chardon, 1998):

- Het bepaalt de potentie van habitatplekken voor het vormen van netwerken zodat levensvatbare (meta)populaties kunnen worden geherbergd. Het is daarom gebaseerd op habitat en niet op het al dan niet voorkomen van de betreffende soort (Opdam *et al.*, *in prep.*).
- Het is gebaseerd op een selectie van soorten, welke gevoelig zijn voor versnippering van habitatnetwerken (Vos *et al.*, *in press.*).
- Het gaat uit van normen voor sleutelgebieden, corridors en stapstenen, en de afstanden daartussen, welke gebaseerd zijn zowel op empirische studies als op modelsimulaties (Verboom *et al.*, 1997, Foppen *et al.*, 1998, Verboom *et al.*, *in press.*).
- Het is gebaseerd op expert judgement en literatuurgegevens over dispersieafstanden.

LARCH maakt het mogelijk diverse ruimtelijke analyses van een landschap uit te voeren. Hierbij wordt "door de ogen van een diersoort" naar een landschap gekeken en kunnen verschillende uitspraken over de geschiktheid van een landschap voor een soort of soortgroep worden gedaan.

LARCH bepaalt de duurzaamheid van habitatnetwerken. Een habitatnetwerk is een gebied waarin de habitatplekken op dusdanige afstand van elkaar liggen dat ze voor de betreffende soort als onderling verbonden kunnen worden beschouwd. Hierdoor vormen de individuele paartjes van die soort samen een meta- (of netwerk-) populatie.

Een analyse van de aanwezige groenstructuur geeft informatie over de ligging van potentieel belangrijke habitatplekken binnen en buiten het studiegebied. Deze informatie kan een belangrijke rol spelen bij de vraag op welke plaatsen het beste geïnvesteerd kan worden in aankoop, inrichting en beheer van terreinen ten behoeve van het behoud van een specifieke soort en zijn karakteristieke leefomgeving.



Figuur 8. Schema LARCH inclusief input en output.

¹ Voor een uitgebreide beschrijving van de methodiek van het modelinstrumentarium LARCH wordt verwezen naar Pouwels (2000).

² Begrippen als versnipperingsgevoeligheid, duurzaamheid, dispersie, habitat en netwerken worden toegelicht in de paragraaf Landschapsanalyse. Voor verdere toelichting wordt verwezen naar Bergers & Opdam (1996)

De mogelijkheden van LARCH

LARCH is een ruimtelijk expertsysteem dat vooral naar populatiestructuren van soorten kijkt. Het type uitspraken dat van LARCH verwacht mag worden gaat dan ook vooral in op de ruimtelijke structuur van het stedelijk groen. Het geeft daarmee een belangrijk inzicht in de potentie van het stedelijk groen als zodanig. Concrete uitspraken van LARCH geven inzicht in:

1. De ligging van potentiële leefgebieden voor een soort in het gebied.

Welke plaatsen in de stad en de directe omgeving kunnen (in potentie) als leefgebied worden aangemerkt? LARCH maakt inzichtelijk of het gaat om een soort wiens habitat slechts op enkele lokaties aanwezig is (bijvoorbeeld een bosuil) of om een soort waarvan het habitat in bijna het gehele stedelijke gebied aanwezig is (bijvoorbeeld de gewone pad).

2. De verschillen in kwaliteit van deze leefgebieden.

Welke plaatsen in de stad zijn van groot belang van de soort? Het geeft een beeld van de 'hot spots' voor een soort. Deze plaatsen zijn erg belangrijk voor de bescherming van de betreffende soort.

3. De positie van lokale populaties.

Welke habitatplekken behoren tot eenzelfde populatie? Uit hoeveel individuen kan deze lokale populatie bestaan? Waar zijn knelpunten aanwezig in de populatiestructuur en wat zijn de effecten van het opheffen van die knelpunten?

4. De mogelijkheden tot uitwisseling van individuen tussen stad en land.

Op welke plaatsen in de stadsrandzone zijn mogelijkheden tot uitwisseling van individuen of tot kolonisatie van de stad door soorten vanuit het landelijk gebied? Welke kansen en knelpunten zijn hierbij aanwezig?

5. De ligging van meta-populaties.

Welke lokale populaties behoren tot dezelfde metapopulatie? Hoe groot is een dergelijke meta-populatie? Welke rol spelen ecologische verbindingzones in de metapopulatiestructuur?

6. De duurzaamheid van metapopulaties.

In welke mate zijn de berekende metapopulaties duurzaam? Hoe hangt deze duurzaamheid samen met het voorkomen van sleutelpopulaties?

Bovenstaande uitspraken gaan specifiek in op de populatiestructuur van een enkele diersoort. Het is echter niet zo dat voor alle aanwezige soorten een dergelijke analyse noodzakelijk is. Bedoeling is om juist naar gidssoorten te kijken; soorten die wijzen op een bepaald biotoop en een bepaalde manier van zich voortbewegen door het landschap. Door de analyse voor een aantal gidssoorten toe te passen kan een goed beeld worden verkregen van de potentie van de aanwezige groenstructuur. Ook kunnen kansen en knelpunten snel worden opgespoord. LARCH-analyses zijn tenslotte bij uitstek geschikt voor scenario-studies. De effecten van verschillende inrichtings- en beheersvarianten kunnen op gestandaardiseerde wijze vergeleken worden. Dergelijke scenario-studies zijn met LARCH al eerder in onder meer het rivierengebied uitgevoerd.

2.2 Basisbestanden & voorbereiding

In deze paragraaf is nader uitgewerkt welke stappen genomen dienen te worden alvorens met een LARCH-analyse begonnen kan worden. Tevens wordt besproken welke basisbestanden hiervoor noodzakelijk zijn. Zoals figuur 8 (paragraaf 2.1) laat zien werkt LARCH met een biotopenkaart als basis. Deze biotopenkaart wordt ook wel begroeiingstypenkaart genoemd. Het gaat daarbij uit van een eigen indeling. Veel gegevens zijn echter niet in de voor het model begrijpelijke vorm aanwezig, zodat eerst een vertaalslag naar deze LARCH-indeling gemaakt dient te worden. In het geval van deze analyse bleek het zelfs noodzakelijk eerst een vlakdekkende kaart van het gehele studiegebied te maken.

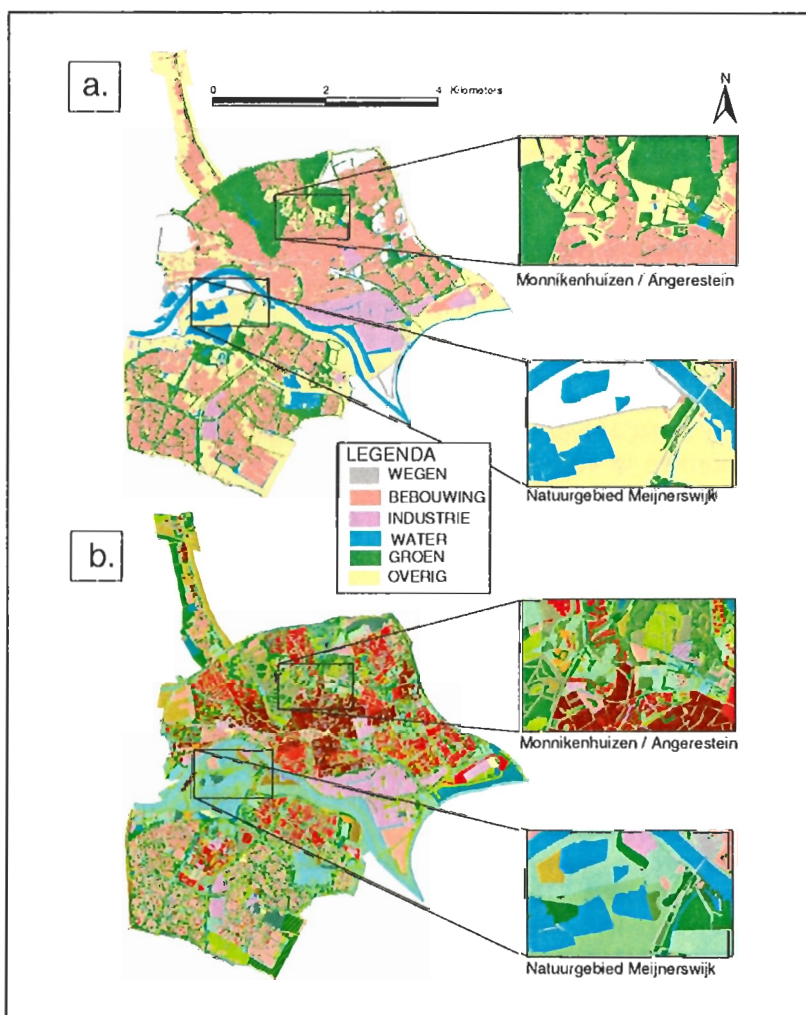
Behalve een biotopenkaart dient ook een keuze te worden gemaakt ten aanzien van de te analyseren soorten. Hiertoe zijn plaatselijke waarnemingsgegevens noodzakelijk. Deze gegevens worden ook gebruikt bij het maken van de vertaalslag naar de LARCH-indeling en uiteraard bij het beoordelen van de resultaten van de ruimtelijke analyse.

Begroeiingstypenkaart

De analyses binnen het LARCH-systeem worden gemaakt met behulp van een GIS-systeem. Basisbestanden dienen daarom in digitale vorm aanwezig te zijn. Dit geldt zeker voor de biotopen- of begroeiingstypenkaart. Een dergelijke kaart bleek echter niet beschikbaar bij de gemeente, zodat besloten is op basis van de aanwezige gegevens zelf zo'n kaart te maken.

Daartoe is op basis van het wegennet de bebouwde kom van Arnhem (het studiegebied) digitaal in kaart gebracht. Binnen het studiegebied gelden vier hoofdgroepen: bebouwd oppervlak, industrie, openbaar groen en oppervlaktewater. Na verwerking van gemeentelijke gegevens van deze vier hoofdgroepen bleek ongeveer één derde van het studiegebied onbenoemd (figuur 9A). De ontbrekende informatie is op basis van gesprekken met medewerkers van de gemeente Arnhem grotendeels achterhaald. Overige informatie is uit landelijke bronnen gehaald.

Interpretatie van alle bronnen leverde uiteindelijk een vlakdekkende digitale 'groenkaart' van Arnhem (figuur 9B). Uiteraard werden de gebruikte gegevens gecontroleerd op nauwkeurigheid, volledigheid en betrouwbaarheid. Het uiteindelijke resultaat is een digitaal kaartbeeld dat, behalve de toepassing voor LARCH, ook verschillende typen analyses bij de gemeente Arnhem zelf kan ondersteunen.



Figuur 9. Begroeiingstypenkaart van de stad Arnhem

- De uitgangssituatie aan het begin van het project: de globale ligging van openbaar groen, wegen, bebouwing en water is wel zichtbaar, maar van grote oppervlakten (geel en wit) ontbreekt informatie.
- De uiteindelijke 'groenkaart' van de stad Arnhem. Duidelijk opvallend zijn de vlakdekkendheid, de sterke mate van detail en de vergaande indeling in groen- en bebouwingstypen.

Vertaalslag van plaatselijke informatie naar LARCH-indeling

De hiervoor beschreven werkzaamheden hebben tot een vlakdekkende 'groenkaart' geleid. Als basis voor de LARCH-analyse dient deze digitale 'groenkaart' omgezet te worden in een begroeiingstypenkaart. De indeling van de plaatselijke informatie wordt hiertoe geïnterpreteerd naar een voor LARCH begrijpelijke begroeiingstypering. Deze LARCH-typering is voor het eerst gebruikt in het project LARCH Vogels Nationaal (Reijnen *et al*, 2000). Een 'begroeiingstype' moet daarbij ruimer worden gezien dan enkel het begrip 'groen'. Bebouwing kan bijvoorbeeld worden beschouwd als artificiële rotswand en dient daarmee als habitat voor sommige van oorsprong rotsbewonende soorten. Bovendien gaat het type bebouwing en de periode van ontwerp gepaard met een bepaalde, relatief vaste, hoeveelheid groen, particulier en gemeenschappelijk. Het particulier groen wordt meestal niet op de kaart aangegeven. Ook op de digitale begroeiingstypenkaart staat het niet aangegeven. In de typering zit echter het groen opgesloten. Voor de interpretatie van de opgegeven groentypering naar de LARCH-begroeiingstypering is uitgegaan van een aantal belangrijke uitgangspunten:

- 1) Elke opgegeven begroeiingstypering is consistent en onderscheidend van andere gebezigde typeringen.
- 2) Voor semi-natuurlijke of agrarische begroeiingen (bos, weiland e.d.) is steeds uitgegaan van de natuurlijke ondergrond. Daarbij is als vuistregel gehanteerd: ten noorden van de spoorlijn Utrecht - Zutphen zand, ten zuiden daarvan rivierklei.
- 3) Voor begroeiing in de wijken (parken, sportterreinen e.d.) is overal uitgegaan van (opgespoten) zand.
- 4) Alle soorten verharding (infrastructuur, parkeerterrein, overig bodemgebruik enz) zijn, wegens ontbreken van een codering voor verharding in de LARCH-typologie, geïnterpreteerd als droog natuurlijk terrein. Spoorbaan is ondergebracht in de categorie industrie (grijs).

Verificatie vertaalslag

Om de kwaliteit en de potentie van aangegeven groenstructuren in de stad te kunnen toetsen dienen de legenda-eenheden van de groenkaart te worden geïnterpreteerd naar de LARCH-typologie. In deze typologie zijn normen in voor LARCH begrijpelijke termen per soort vastgelegd. Om te kunnen bepalen naar welke LARCH-typering een legenda-eenheid van de groenkaart het beste kan worden geïnterpreteerd, wordt het voorkomen van diverse 'groentypen' vergeleken met de verspreiding van een aantal relevante soorten.

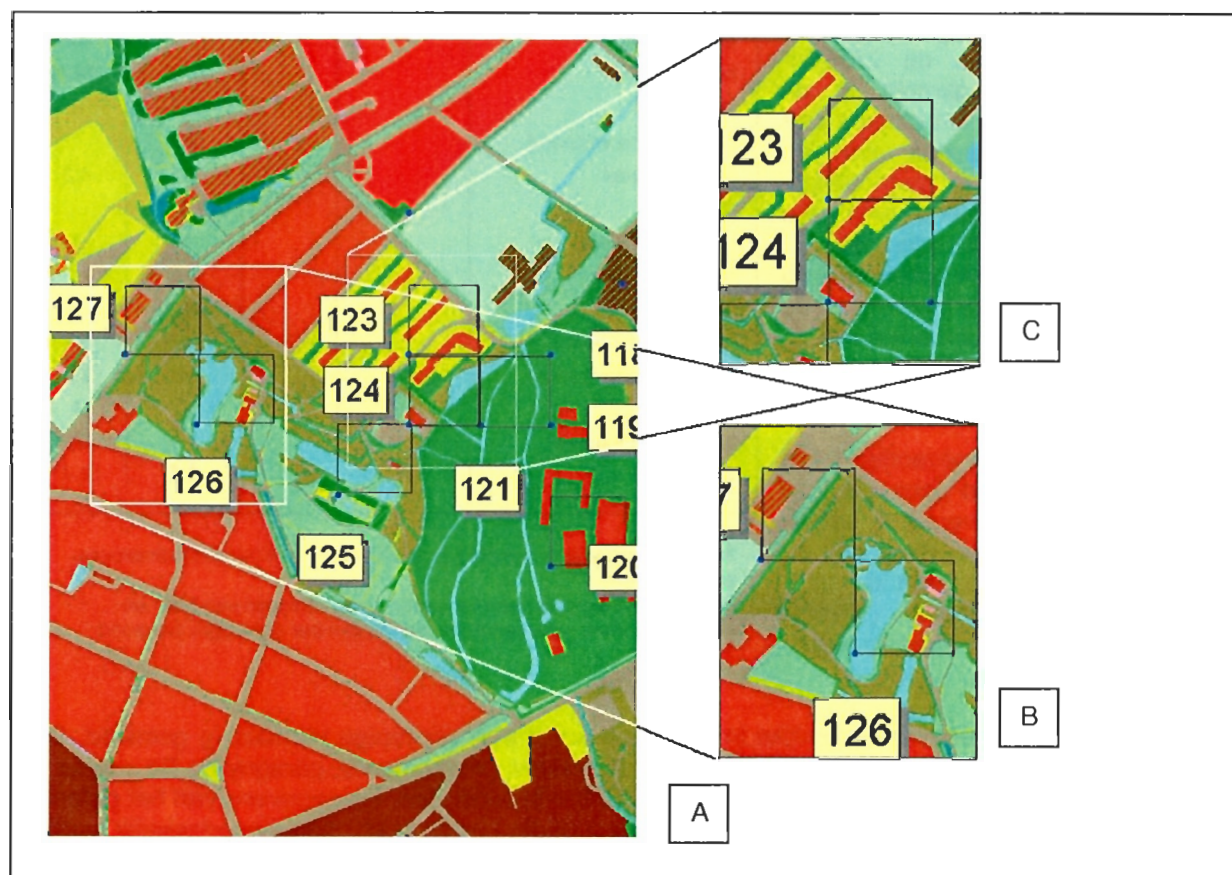
De gemeente Arnhem heeft hiervoor waarnemingsgegevens aangeleverd. Het betreft de resultaten van vogel-inventarisaties in verschillende wijken in de periode 1993-1999 (figuur 10). Daarnaast zijn ook inventarisatiegegevens van vlinders en vleermuizen aangeleverd. De meeste gegevens zijn zowel in rapport-vorm als digitaal aangeleverd.

Voor de verificatie van de gebruikte vertaalslag is gebruik gemaakt van de meest recente inventarisatie (1999). Aan de hand daarvan werd een interpretatie voorgesteld, om vervolgens te worden toegepast op alle waarnemingen. Door hiermee enkele "slagen" te maken wordt de ideale interpretatie zo dicht mogelijk benaderd. Het gebruik van de '99-gegevens, in plaats van bijvoorbeeld een deel van het gebied, had te maken met de onafhankelijkheid en het voorkomen van mis-interpretaties. De stad is een dynamisch systeem en dat geldt ook voor een deel van de groenstructuur en de daarin aanwezige soorten: de kans dat een waarneming is gedaan in een groenstructuur die inmiddels is verwijderd of drastisch is veranderd neemt toe met de jaren.



Figuur 10. Vogel-inventarisaties in Arnhem. In groen is aangegeven uit welke gebieden binnen het studiegebied vogelwaarnemingen zijn gerapporteerd.

Voor die controle dienen de waarnemingen te worden toegeschreven aan een specifieke groenstructuur: waarnemingen worden door vrijwilligers gedaan in groenstructuren, en vastgelegd in een coördinatenstelsel (Amersfoortcoördinaten) met een nauwkeurigheid van 100 meter. Alle waarnemingen die binnen hetzelfde 'hok' van 100 x 100m vallen, krijgen het coördinaat van de zuidwestelijke punt van het hok toebedeeld (figuur 11). De betreffende groenstructuur kan dus overal in dat 100m hok liggen.



Figuur 11. Notatie verspreidingsgegevens en gebruik voor controle van vertaalslag.

A. De waarneming is vastgelegd op de coördinaat linksonder (zuidwest) van het 100m hok (blauwe stip). De daadwerkelijke waarneming kan echter in het gehele hok zijn gedaan. Ter controle wordt een 100m hok vanuit het waarnemingspunt over de kaart gelegd. Vervolgens wordt gekeken welke begroeiingstype(n) binnen dat 100m-hok als mogelijk habitat voor de betreffende soort in aanmerking komen.

B. Voor de nummers 126 en 127 lijkt deze bewerking betrekkelijk eenvoudig. Grote delen van deze 100m hokken bestaan uit de begroeiingstypering "bos". Het mag echter niet worden uitgesloten dat de waarneming juist is gedaan in de kleine strookjes "loofbos" die in beide hokken ook voorkomen.

C. Bij waarneming 124 is de keus precies omgekeerd: daar is het merendeel "loofbos", maar ook een klein oppervlak "bos". Voor waarneming 123 is slechts een klein strookje "loofbos" als mogelijke waarnemingsplek aanwijsbaar. Grasland, gazon, bebouwing e.d. kunnen niet worden aangewezen als (broed)habitat voor een bosvogelsoort.

De verificatie van de vertaalslag is op basis van het verspreidingsbeeld van twee bos- en twee struweelvogelsoorten verricht. Bij iedere waarneming is een 'hok' van 100 x 100m ingetekend. Binnen deze hokken is een soort "vegetatie-opname" gedaan op de kaart. Er is genoteerd welke opgegeven begroeiingstypen binnen het hok zijn aangetroffen, inclusief het oppervlak van het betreffende vlak (figuur 11). Hierbij vallen een aantal waarnemingen af. Bijvoorbeeld omdat het ter plaatse opgegeven begroeiingstype op geen enkele wijze te rijmen is met de habitat-keuze van de soort (en ter plaatse kan dus worden geconcludeerd dat de begroeiingstypering niet klopt), of omdat het begroeiingstype een bebouwingstype betreft (dan wordt er dus gebroed in niet te achterhalen begroeiing van een particuliere tuin).

Vervolgens wordt per waarneming vastgesteld, met het oog op de ecologie van de soort, welke begroeiingstype(n) binnen de opname het waarschijnlijke habitat vormen.

De oppervlakken van die groenstructuren worden gesommeerd en gedeeld door het aantal waarnemingen in dat begroeiingstype. Indien meerdere waarnemingen worden toegeschreven aan één vlak dan wordt het oppervlak daarvan slechts één keer meegenomen.

De gebruikte waarnemingen zijn omgezet naar een tabel 'omschrijvingen van de begroeiing in relatie met het voorkomen van soorten' (Tabel 1).

De waarden uit deze tabel worden vervolgens vergeleken met normtabellen uit LARCH. Deze tabellen bevatten de draagkracht per begroeiingstypen van de LARCH-typologie. De draagkracht is de maximale dichtheid in optimale omstandigheden. Gegevens over de draagkracht van een begroeiingstype voor een bepaalde soort zijn afkomstig uit landelijk onderzoek.

De interpretatie wordt gebaseerd op het patroon: hoge dichtheden van de ene soort en lage dichtheden van de andere geeft een indicatie welke LARCH-typering hier het meest waarschijnlijk is.

Daadwerkelijke draagkrachten zijn echter niet uitsluitend gebaseerd op de eigenschappen van het betreffende begroeiingstype, maar ook op het ruimtelijk patroon van de aangrenzende begroeiingen (bijvoorbeeld vanwege het voedselleverend vermogen).

Opgegeven begroeiing	Gr.bonte specht	Boomklever	Tijltjaf	Zwartkop
Bomenlaag, loofbos riv.klei			3.5	2.5
boomgaarde	0		0.2	0
bos	1.4	1.75	1.4	1.3
bos, loofbos, zand	0.5	0.73	0.4	0.5
braakliggend				0.4
heesters >75			37.8	24.2
loofbos			4.5	3
moeraszone verbreed			1.2	
park, struweel			0.8	4.3
park, tuin			3	
poel en struweel	1		1	1
ruigte			0.2	
struweel			23.1	
struweel (driehoek)		2	0.7	0.9
struweel en lei/gevel	1.1		4	3.2
tuin				1
tuin verzorgingshuis			1.6	0.5
wilgenbos			2.7	2.7

Tabel 1. Begroeiingsomschrijvingen in relatie met het voorkomen van soorten.

Opgegeven begroeiingen met daarin waarnemingen van bos- en struweelsoorten: waargenomen dichtheden per groentype per soort.

Op basis van de meest waarschijnlijke interpretatie wordt een voorlopige vertaalslag gemaakt. Deze wordt vervolgens toegepast bij de LARCH habitat-analyse (zie volgende paragraaf). De output van deze analyse laat het potentiële habitat van de betreffende soort zien. De gegevens van het potentiële habitat worden vervolgens met de daadwerkelijk verspreiding vergeleken. Indien noodzakelijk wordt de vertaalslag aangepast. Deze werkwijze kan behoorlijk betrouwbaar worden geacht, omdat ten eerste de vertaalslag op basis van het voorkomen van verschillende (4) soorten wordt opgezet. Daarnaast wordt de controle voor wat betreft de verspreidingsgegevens slechts voor een beperkt deel van het studiegebied uitgevoerd ('calibratie') en getoetst op het gehele studiegebied ('validatie'). Zodoende wordt de vertaalslag niet onrechtmatig aangepast aan de verspreidingsgegevens en is daardoor onafhankelijk.

Soortselectie

Arnhem is een groene stad, niet alleen qua omgevingsgroen, doch ook met betrekking tot het groen in de stad zelf. Veel soorten die algemeen voorkomen in de nabijgelegen bos- en rivierlandschappen worden ook in de stad waargenomen. Tabel 2 geeft een overzicht van een aantal prominente soorten uit verschillende soortgroepen in relatie met de hoofdbiotopen in Arnhem. Dit overzicht is in samenwerking met de gemeente Arnhem tot stand gekomen.

Biotopen	Moeras & riet	Beken	Heide	Grasland	Bouwland	Half- open	Struweel	Loof- bos	Gemengd bos	Naald- bos	Stad- dorp	Ruigte nat	Ruigte droog
<i>Vogels</i>													
Tijftjaf							X	X	X				
Tuinflieter						X	X	X	X	X			
Zwartkop								X	X	X			
Kleine Kreeklief	X											X	
Boomklever								Oud	Oud				
Grote Bonte Specht								Oud	Oud	X			
IJsvogel	X	X											
<i>Amfibieën</i>													
Groene kikker	X	X											
Kleine watersalamander	X	X											
<i>Zoogdieren</i>													
Eekhoorn								Oud	Oud	Oud			
Egel				X		X	X				X		X
Bruine rat	X	X									X	X	
Dwergvleermuis						X					X		
<i>Insekten</i>													
Rode bosmier								X	X	X		X	X
Bruine vuurvlieg			X	X								X	X
Icarusblauwtje				X		X					X	X	X

Tabel 2. Overzicht van een aantal indicatieve soorten in Arnhem en de relatie met de aanwezige hoofdbiotopen. Voor sommige soorten is een biotoop alleen geschikt indien het verregaand ontwikkeld is, vandaar de toevoeging 'oud'.

Voor deze pilotstudie is vanwege de beperkte omvang alleen naar vogelsoorten gekeken. Gegevens voor deze faunagroep zijn ruim voorhanden, en ecologisch gezien is de ruimtelijke populatiestructuur minder complex dan voor grondgebonden soortgroepen als amfibieën en (de meeste) zoogdieren. De barrièrewerking die uitgaat van de bestaande verkeer-infrastructuur kan namelijk worden verwaarloosd in vergelijking met dezelfde werking op andere soortgroepen. Vogels vliegen nu eenmaal gemakkelijker een weg over, terwijl bijvoorbeeld padden en kikkers een weg als een forse hindernis kunnen ervaren. Over de effecten van wegen e.d. op grondgebonden dierpopsaties in stedelijke gebieden is daarnaast relatief nog weinig bekend. In het afsluitende hoofdstuk 'Vooruitblik' (Hoofdstuk 5) wordt hier nader op ingegaan.



Figuur 12. Tijftjafs (*Phylloscopus colobyta*) in en om Park Angeresteijn. Waarnemingen zijn in blauw aangegeven.

Welke voorwaarden worden er voor deze ruimtelijke analyse gesteld aan de geselecteerde diersoorten? Het gaat daarbij om:

1. Een indicatieve waarde voor biotopen in het stedelijk gebied
2. Daadwerkelijk voorkomen in (de directe omgeving van) het studiegebied (figuur 12)
3. Gevoelig voor effecten van versnippering (intermezzo, paragraaf 2.1).

Een zekere mate van versnipperingsgevoeligheid is van belang bij het evalueren van ecologische verbindingen. Daarnaast zijn zaken als 'aaibaarheid' en 'communi-ceerbaarheid' van belang, zowel voor het creëren van draagvlak als om educatieve redenen (Sukopp & Weiler, 1988). In tabel 2 is al een overzicht gegeven van de soorten die indicatief zijn voor biotopen in de gemeente Arnhem. De aanwezigheid van de genoemde soorten blijkt uit diverse inventarisaties (zie Huitema 1996, van Moll 1999,

Schoppers 1995, 1996, 1997, 1999 en 2000 en Sosefs en Zwarts 1995 en 1998).

De indicatieve waarde voor (stedelijke) begroeiingstypen is één van de genoemde criteria. Mabelis (1998) geeft in zijn studie een overzicht van de biodiversiteit in de stedelijke omgeving. In een vervolgonderzoek heeft Van der Sluis (1999) op grond van een aantal parameters gidssoorten van het urbane habitat onderscheiden. Vertaald naar de situatie in het Arnhemse stedelijk gebied komt dit neer op een keuze voor karakteristieke soorten van de omgeving die representatief zijn voor een bepaald habitat, dat kan worden gevonden in een begroeiingstype dat ook binnen de stedelijke bebouwing voorkomt en/of voldoende te realiseren is. Arnhem is gelegen tussen de loofbossen van de Veluwezoom en de ooibossen en –struwelen van het rivierengebied. Er is daarom gekozen voor soorten van de biotopen bos en struweel (figuur 13).



Figuur 13. Groenverdeling in Arnhem: te zien is dat de bostypen veelal geconcentreerd zijn in parken, met name in Arnhem Noord, terwijl struweel zich veel meer in en tussen de wijken bevindt. Ook is te zien dat de oude wijken veel minder groen hebben dan de nieuwe wijken in Arnhem Zuid

Een groot deel van Arnhem ten noorden van de spoorlijn Utrecht - Zutphen is gebouwd in voormalige bos, naast voormalig heideveld of landelijk gebied. De groenstructuren tussen de bebouwing zijn daardoor gemakkelijk af- of herleidbaar tot bos. Dat betekent dat dit gebied in potentie geschikt is voor bos- en bosrandsoorten. De groenstructuren zijn daarnaast via de parken min of meer verbonden met buitenstedelijke bosgebieden en de bijbehorende populaties.

Ten zuiden van de genoemde lijn ligt Arnhem in het rivierengebied. De oorspronkelijke groenstructuur bestaat hier uit moerassige- of ooibos-vegetatie, die vóór de stedelijke ontwikkeling al merendeels was vervangen door agrarisch polderlandschap. De mogelijkheden voor de oorspronkelijke vegetatie zijn daardoor beperkt. Typische moerassoorten als karekiet of watersalamander kunnen daarom in Arnhem Zuid in beperkte mate voorkomen, maar struweelsoorten kunnen doordringen in heel Arnhem. Zij vormen daarom een betere maat voor de algemene ruimtelijke kwaliteit van de groenstructuren.

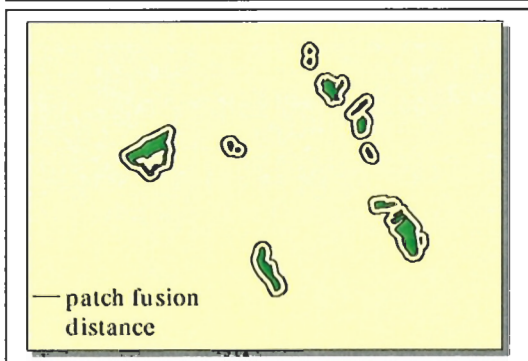
2.3 Rekenmethode LARCH

Het modelleren van soorten in LARCH vergt een goed inzicht in de (populatie-)ecologie van een soort. Naast habitateisen zijn ook gegevens over home-range, dispersie-afstand, normen voor duurzaamheid e.d. noodzakelijk. De ruimtelijke analyses die door het expertsysteem LARCH worden uitgevoerd zijn dan ook vrij complex. Er zijn vier analysestappen te onderscheiden, te weten: (1) bepalen van (potentiële) leefgebieden van soorten daarin, (2) bepalen van lokale populaties, (3) bepalen van habitatnetwerken, en (4) bepalen van de duurzaamheid van habitatnetwerken. Om de werking zo duidelijk mogelijk toe te lichten, wordt in onderstaande figuren de stappen middels een illustratie verder toegelicht.



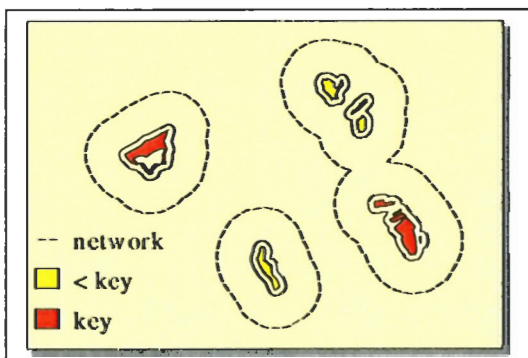
Stap 1: de habitatkaart

De begroeiingstypenkaart wordt voor iedere soort omgezet in een habitatkaart. Van ieder begroeiingstype is bekend of en in welke mate de soort het als habitat kan gebruiken: van preferent habitat is minder oppervlak nodig om een paartje te huisvesten dan van marginaal habitat. Op basis van het oppervlak per begroeiingstype kunnen dus potentiële leefgebieden (habitatplekken) van de soort worden aangegeven (ongeacht of ze bezet of onbezet zijn). Per habitatplek wordt de draagkracht van die plek voor de soort bepaald. De draagkracht is de maximale dichtheid die een soort in een begroeiingstype kan bereiken. De kwaliteit van de habitatplek is dus gerelateerd aan zowel het begroeiingstype als de afmetingen van het oppervlak en wordt in klassen aangegeven van marginaal, via sub-optimaal, naar optimaal habitat.



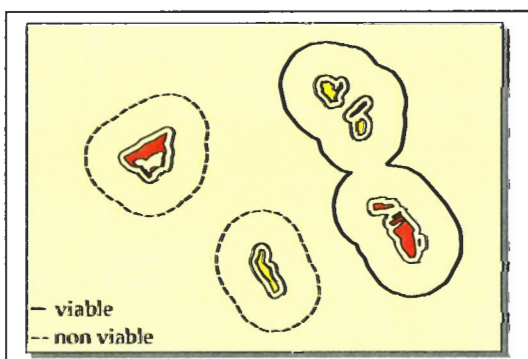
Stap 2: bepalen van lokale populaties

Dieren verplaatsen zich voor het uitvoeren van hun dagelijkse activiteiten (foerageren, rusten, slapen e.d.), binnen een bepaald gebied. Het gebied waarbinnen die verplaatsingen zich voltrekken wordt home-range genoemd. De verplaatsingen binnen de home-range bepalen welke soortgenoten geregeld contact hebben en dus tot dezelfde lokale populatie behoren. De aan elkaar grenzende home-ranges vormen dan een netwerk van habitatplekken die bij een lokale populatie horen. De maximaal binnen een home-range afgelegde afstand is hierbij een maat voor de potentiële uitwisseling tussen habitatplekken. Individuen van een soort waarvan de home-ranges overlappen, worden tot dezelfde lokale populatie gerekend.



Stap 3: bepalen van habitatnetwerken

LARCH bepaalt van de lokale populaties of ze groot genoeg zijn voor een paartje van de betreffende soort. Ook wordt gekeken in hoeverre lokale populaties fungeren als sleutel (key)-populatie. Sommige individuen leggen een grotere bereidheid aan de dag om afstanden te overbruggen of hindernissen te nemen om een nieuwe habitatplek te koloniseren (dispersie, zie paragraaf 2.1). Via dispersie kan een dier dus in een andere lokale populatie terecht komen. En zoals een lokale populatie een netwerk is van habitatplekken, maximaal gescheiden door de afstand die de home-range aangeeft, zo zijn de lokale populaties op hun beurt in een netwerk- of metapopulatie verbonden binnen die dispersie-afstand. Via dispersie vindt uitwisseling tussen lokale populaties binnen het netwerk plaats.



Stap 4: bepalen van de duurzaamheid van habitatnetwerken

De duurzaamheid van de habitatnetwerken voor de soort wordt bepaald op basis van inzichten in de metapopulatie-dynamiek van de betreffende soort. Afhankelijk van de omvang van het netwerk en de ruimtelijke configuratie (onderlinge afstand, verbindingen) en grootte van de afzonderlijke habitatplekken wordt een netwerk ingedeeld naar 'niet duurzaam', 'zwak duurzaam' of 'sterk duurzaam'.

3. RESULTATEN

3.1 Begroeiingstypenkaart Arnhem

Bij dit rapport is aan de Gemeente Arnhem een CD-rom geleverd, met daarop de volledige digitale overzichtskaart van het bebouwde gebied van Arnhem (zie figuur 14). Dit betekent inclusief de door de bebouwing ingesloten parken en natuurgebieden, met daarin de nadruk op de typering van de groenstructuren binnen de stad. De kaart is door Alterra samengesteld, en is het resultaat van de aanlevering van gegevens, en vele aanvullingen en herzieningen door de Gemeente Arnhem.

Bij het maken van de kaart is gebruik gemaakt van het GIS-softwarepakket ArcView (ESRI). De kaart bestaat uit zogeheten 'polygonen', veelhoekige vlakken met een oppervlakte, een omtrek, een positie ten opzichte van de Amersfoort-coördinaten, en een label.

De kaart is volledig vlakdekkend, dat wil zeggen, iedere vierkante meter binnen de bebouwde kom van Arnhem is benoemd. Voor het overgrote deel is de labelling van de vlakken die van de door de Gemeente Arnhem opgegeven begroeiing cq bebouwing. Daar waar geen uitsluitel werd gegeven is de labelling van de Topografische Kaart van Nederland (1997) gevolgd.

De bebouwing is onderscheiden in woonbebouwing en bedrijfs/industriebebouwing, en de woonwijken zijn zowel naar bouwjaar als naar type bebouwing (open of gesloten) ingedeeld. Dit is gedaan met het oog op de groenstructuren in de wijken: ruimte tussen de bebouwing, ouderdom van de beplantingen en hoogte van de bebouwing zijn voorbeelden van aspecten die invloed hebben op de mogelijkheden en de kwaliteit van de groenstructuur van de wijk.

Voor de groentypering is uitgegaan van de beschrijving van de gemeente Arnhem. De veelheid van beschrijvingen is teruggebracht tot 14 bostypen, een aantal stadia in de successie van moerasvegetatie, 10 typen open terrein en een klein aantal typen gebruiksgroen.

Deze kaart is vanwege de vlakdekkendheid en de indeling in begroeiingstypen direct bruikbaar voor beleidsondersteuning in het groen- en natuurbeheer. Het kan als basis worden gebruikt om de effecten van inrichtings- en beheersveranderingen, herstructurering van wijk of buurt en stedelijke uitbreidingsplannen voor de ruimtelijke verdeling van het groen in te schatten.



Figuur 14. CD-rom Groenkaart Arnhem

3.2 Ecologie van de soorten

Bij de soortselectie (paragraaf 2.2) is gekozen voor vogels en voor de biotopen bos en struweel. De hierbij behorende vogelsoorten zijn weergegeven in tabel 3. Vanwege de beperkte omvang van deze pilotstudie is gekozen om alleen de Boomklever en de Zwartkop verder uit te werken. Deze soorten geven het meest complete overzicht over de groenstructuren van de hele stad. Bij deze afweging kan erkend worden dat daarmee de specifieke informatie van respectievelijk grondgebondenheid en

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Begroeiingstype / habitat
<i>Bosvogels</i> Boomklever	<i>Sitta europaea</i>	Oude loofbossen en -lanen (voorkeur voor hardhout: eik en beuk)
Grote Bonte Specht	<i>Dendrocopos major</i>	Bossen boomgroepen en laanbomen
<i>Struweelvogels</i> Tijftjaf	<i>Phylloscopus collybita</i>	Hoog opgaande bosranden of bosschages met open ondergroei
Zwartkop	<i>Sylvia atricapilla</i>	Open groen met boom- en struiklaag

Tabel 3. Overzicht van de geselecteerde soorten en het bijbehorende karakteristieke begroeiingstype.

water- en oeverhabitat wordt gemist. Maar het is een pilot-studie, die bij goed resultaat aanleiding geeft tot het doen van nader en meer specifiek onderzoek. De waarnemingsgegevens van de Grote Bonte Specht en de Tijftjaf zijn slechts gebruikt bij de verificatie van de vertaalslag (paragraaf 2.2).

Voor de geselecteerde soorten, Boomklever en Zwartkop, is een beperkt literatuuronderzoek verricht. Dit resulteert in een beschrijving van de algemene ecologie met bijzondere aandacht voor verwijzingen naar stedelijke biotopen en dichtheden afkomstig uit de regio Arnhem.

Boomklever (*Sitta europaea*)

De Boomklever is zeer plaatstrouw, dus moet er jaarrond voedselaanbod zijn: insecten, larven, cocons en evt boomzaden zoals eikels, beukenootjes en hazelnoten (Maréchal en Veenhuizen, 1997). De aantallen fluctueren sterk als gevolg van strenge en zachte winters, maar daar waar in de winter wordt bijgevoerd zijn de aantallen veel meer stabiel (Teixeira, 1979). De Boomklever voelt zich thuis in gebieden met oude



Boomklever (*Sitta europaea*). Foto Alterra.

hoge bomen, bij voorkeur ruwe schors. Voor de stad vertaalt zich dat in oude parken en begraafplaatsen (Melchers en Daalder, 1996), maar ook in oude bosopstanden en laanbomen (Lensink, 1993). Als nestbomen is er een voorkeur voor oude exemplaren van de eik of beuk. Mits niet te ver van het aaneengesloten bos wordt ook gebroed in geïsoleerde bosjes en oude laanbomen. (Lensink, 1993). Als fourageerplek is de schors van de eik favoriet: in de ruwe schors, maar ook op de takken en twijgen zijn veel meer rupsen en larven te vinden dan op bijvoorbeeld de beuk. Ook de aanwezigheid van dood hout is, vanwege het insecten- en larven-leverend vermogen, van groot belang voor de kwaliteit van het habitat (Van Dijk *et al*, 1981).

De Veluwezoom is een bolwerk voor de Boomklever: daar broeden zo'n 1000 paren, en in de aangrenzende oude villawijken nog eens zo'n 500 – 800. In het open landschap langs de rivieren, waar eiken en beuken, en zeker oude exemplaren, ontbreken, komt de soort niet voor (Lensink, 1993).

Zwartkop
(*Sylvia atricapilla*)

De Zwartkop broedt in open (loof)bos met een goed ontwikkelde struik-etage. De kleinschalige particuliere binnentuinen kunnen daar zelden aan voldoen. In stedelijke gebieden worden, behalve de grote tuinen en plantsoenen, met name de brede hagen en bossingels, en ook ingesloten natuurgebied zoals moerasbosopslag met uitgegroeide schietwilgen, goed bezet (Lensink, 1993; Melchers en Daalder, 1996). Ook de struweelranden rond sportvelden behoren tot het habitat. Er wordt gebroed op borsthoogte, in een bij voorkeur op het zuidoosten



Zwartkop (*Sylvia atricapilla*). Foto Alterra.

gerichte struik, die niet al te dicht mag zijn (Teixeira, 1979). Aangelegde parken en bospartijen zijn geschikt als broedgebied, mits de bomen ver genoeg zijn uitgegroeid (zangpositie) en voldoende struweelbegroeiing aanwezig is. Naarmate de groenstructuren ouder worden hebben ze de neiging voor Zwartkoppen steeds geschikter te worden (Melchers en Daalder, 1996). De soort broedt ook op kerkhoven en in grote villatuinen (Van Dijk *et al*, 1981). Favoriete nestelstruiken zijn bramen, sparren en thuja's. Door in groenblijvende struiken te broeden kan de broedperiode aanzienlijk worden vervroegd (Maréchal en Veenhuizen, 1997).

In de Veluwezoom is een broedbestand van zo'n 3000 paren aanwezig, in een dichtheid van bijna 30 paartjes/100ha. In aangrenzend stedelijk gebied kan een dichtheid boven de 20 paartjes/100ha worden bereikt. In het rivierengebied komt verspreid habitat voor in moerasbossen en bomenrijen, zodat daar de dichtheden variëren van 4.0 tot 0.1 paartjes/100ha (Lensink, 1993).



Typisch habitat voor de Zwartkop in het stedelijk gebied: struweel bij sportvelden. Foto H. Timmermans

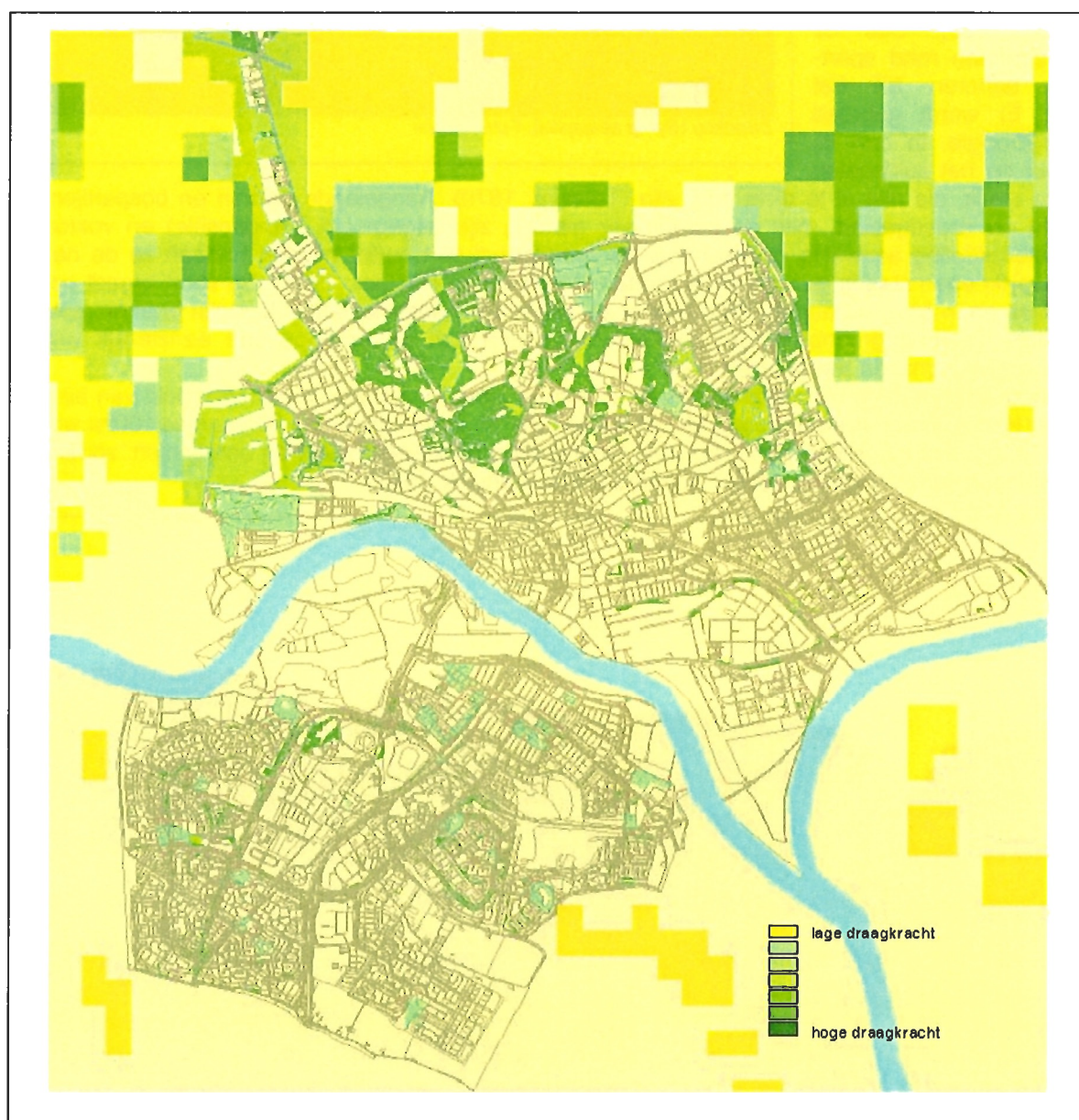
3.3 Ruimtelijke analyse van populaties

Voor twee soorten, de Boomklever (*Sitta europaea*) als bossoort en de Zwartkop (*Sylvia atricapilla*) als struweelsoort is een complete LARCH-analyse verricht. Hieronder wordt het resultaat daarvan beschreven. Allereerst wordt per soort de ruimtelijke configuratie van het potentieel habitat (*waar?*) binnen en buiten het studiegebied aangegeven. Vervolgens wordt van de gevonden habitatplekken de draagkracht (*hoeveel paartjes?*) berekend. Deze wordt hierna vergeleken met de waarnemingen aan deze soort over de afgelopen jaren (*controle*). Tenslotte wordt de verbinding van de stadspopulatie met de met de omliggende lokale populatie(s) geduidt, waarin wordt aangegeven of de populatie daarmee is verbonden met een netwerk en wat dit inhoudt voor de duurzaamheid van de populatie.

Boomklever (*Sitta europaea*)

Ligging van potentieel habitat

Potentieel habitat voor de Boomklever wordt in de omgeving van Arnhem voornamelijk gevonden in de Veluwezoom. Dit habitat maakt nauw contact met de groenstructuren in het studiegebied (zie figuur 15). Belangrijke gebieden binnen het studiegebied zijn het Landgoed Mariëndaal, dat langs de



Figuur 15. Verdeling van het (potentieel) habitat van de Boomklever in Arnhem en omgeving, met een indicatie van de draagkracht (aantal paartjes per oppervlakte-eenheid) van de gevonden habitatplekken.

spoorlijn aansluit op het habitat bij Oosterbeek en Renkum. Mariëndaal zelf sluit aan op het Kema-terrein, waarvandaan de groenzone bij het Museum voor Moderne Kunst bereikbaar is. De Kemperbergerweg ligt middenin het habitat van de Veluwezoom. Tussen de Kemperbergerweg en Burgers Zoo ligt langs de Schelmseweg een duidelijke aansluiting van het Landgoed Schaarsbergen met de parkengordel, waar habitat wordt gevonden in Gulden Bodem en Zijpendaal, in Sonsbeek, en verder via Klarenbeek naar Angerenstein. Ook het groen in de wijken 't Cranenveld en Alteveer heeft een hoge potentie, en verbindt de noordelijk gelegen populatie(s) met Park Klarenbeek. Een andere verbinding tussen Klarenbeek en de Schelmseweg loopt via de begraafplaats Moscowa. Klarenbeek zelf vormt dus een dubbele schakel in de verbinding van de noordrand met Park Angerestein, en verder tot aan Park Presikhaaf. De aansluiting van het studiegebied op Park Rosendaal tussen de Schelmseweg en Park Paasberg lijkt weinig op te leveren: het habitat in Park Paasberg maakt geen contact met de parkengordel, en verder ligt de wijk Geitenkamp als blokkade tussen Rosendaal en de parkengordel.

De stukjes habitat in Arnhem Zuid zijn verspreid, en gelegen in Park Westerveld en verder vooral langs de doorgaande wegen. Deze liggen enigszins geïsoleerd van zowel het habitat in Arnhem Noord als van habitatplekken in het rivierengebied buiten het studiegebied. De enige uitzondering daarop is mogelijk een tuinpark in Holthuizen, waar potentieel habitat aansluit op potentieel habitat in Park Holthuizen aan de andere kant van de dijk (Gemeente Huissen).

Draagkracht van het Arnhemse groen

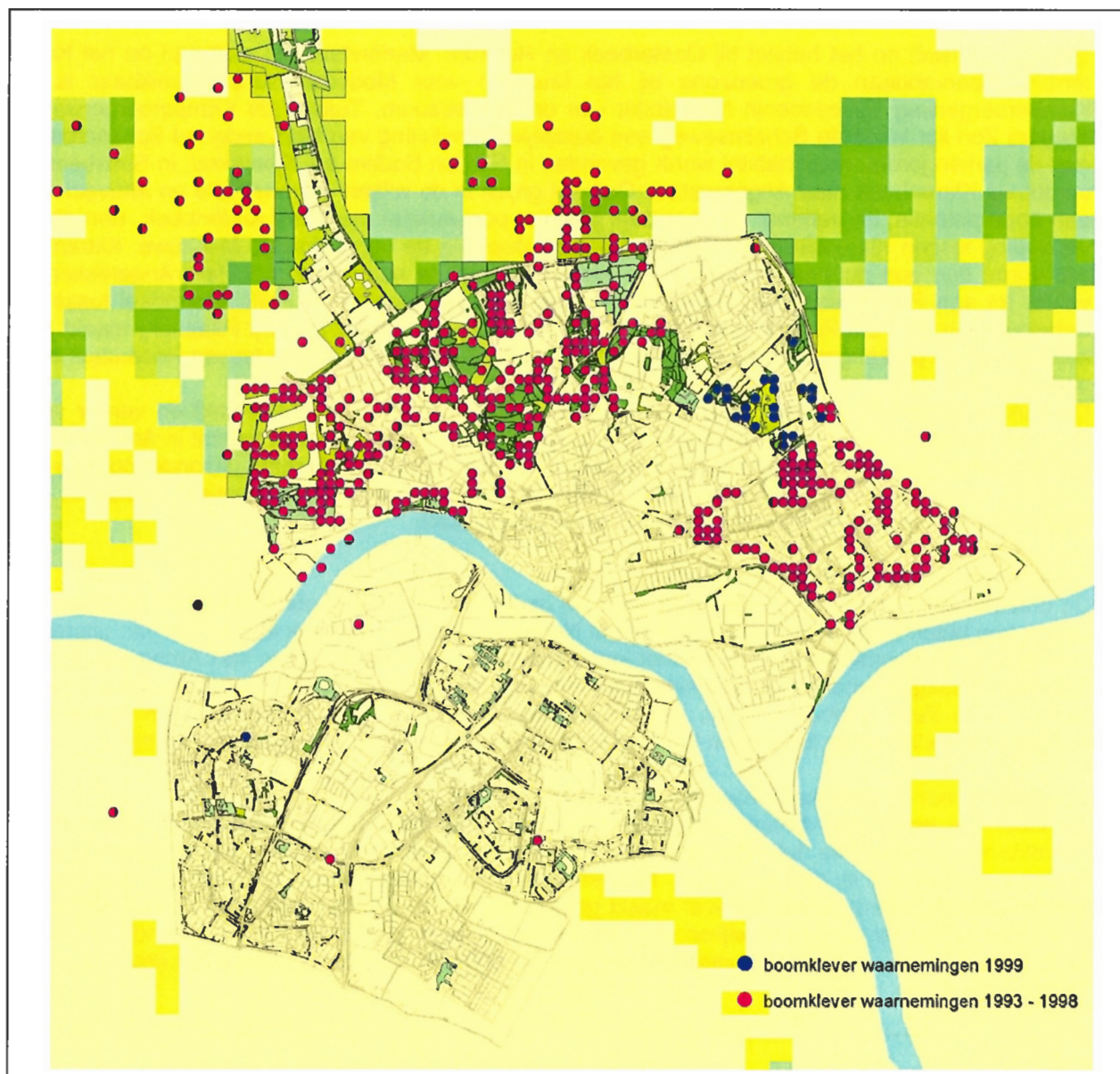
De draagkracht van de bomen voor een soort als de boomklever hangt sterk af van de kwaliteit. Hoe ouder, hoe beter. In de oude parken in Arnhem Noord bevindt zich dan ook een gordel van uitstekend habitat voor de boomklever. In het relatief jonge groen van de nieuwe wijken van Arnhem Zuid is de draagkracht laag, en met name gepositioneerd langs de doorgaande wegen. De woonwijken, zowel in Noord als in Zuid, hebben volgens de berekeningen weinig of geen draagkracht. In figuur 15 is aangegeven welke gebieden binnen het studiegebied een hoge of lage draagkracht bezitten.

Vergelijking met daadwerkelijk voorkomen

Wanneer we echter de draagkracht gaan vergelijken met de daadwerkelijke waarnemingen van boomklevers dan zien we dat inderdaad gebruik wordt gemaakt van die parkengordel (figuur 16). Wat echter vooral opvalt is dat de wijken, hoewel daar geen habitat wordt aangewezen, wel degelijk worden gekoloniseerd: de boomklever maakt gebruik van de laanbomen (zie tabel 4). Het betreft hier met name de ruimer opgezette wijken van direct na de oorlog: daar is kennelijk voldoende ruimte, en de bomen zijn van voldoende ouderdom om voor de boomklever interessant te zijn (zie intermezzo "laanbomen en boomklevers").

<i>Boomklever</i>	heel arnhem	arnhem-zuid	arnhem-noord	parken-gordel
<i>draagkracht</i>	146.3	13	133.2	59.5
<i>draagkr. geïnv. wijken</i>	123.3	12.5	110.8	59.5
<i>waarnemingen</i>	485	4	481	126

Tabel 4. Vergelijking van de berekende draagkracht (= totaal aantal broedpaartjes in het aangegeven gebied) voor de Boomklever (*Sitta europaea*) met de waarnemingen. Voor uitleg zie tekst.



Figuur 16. Waarnemingen van de Boomklever in en om Arnhem

Lokale en metapopulaties

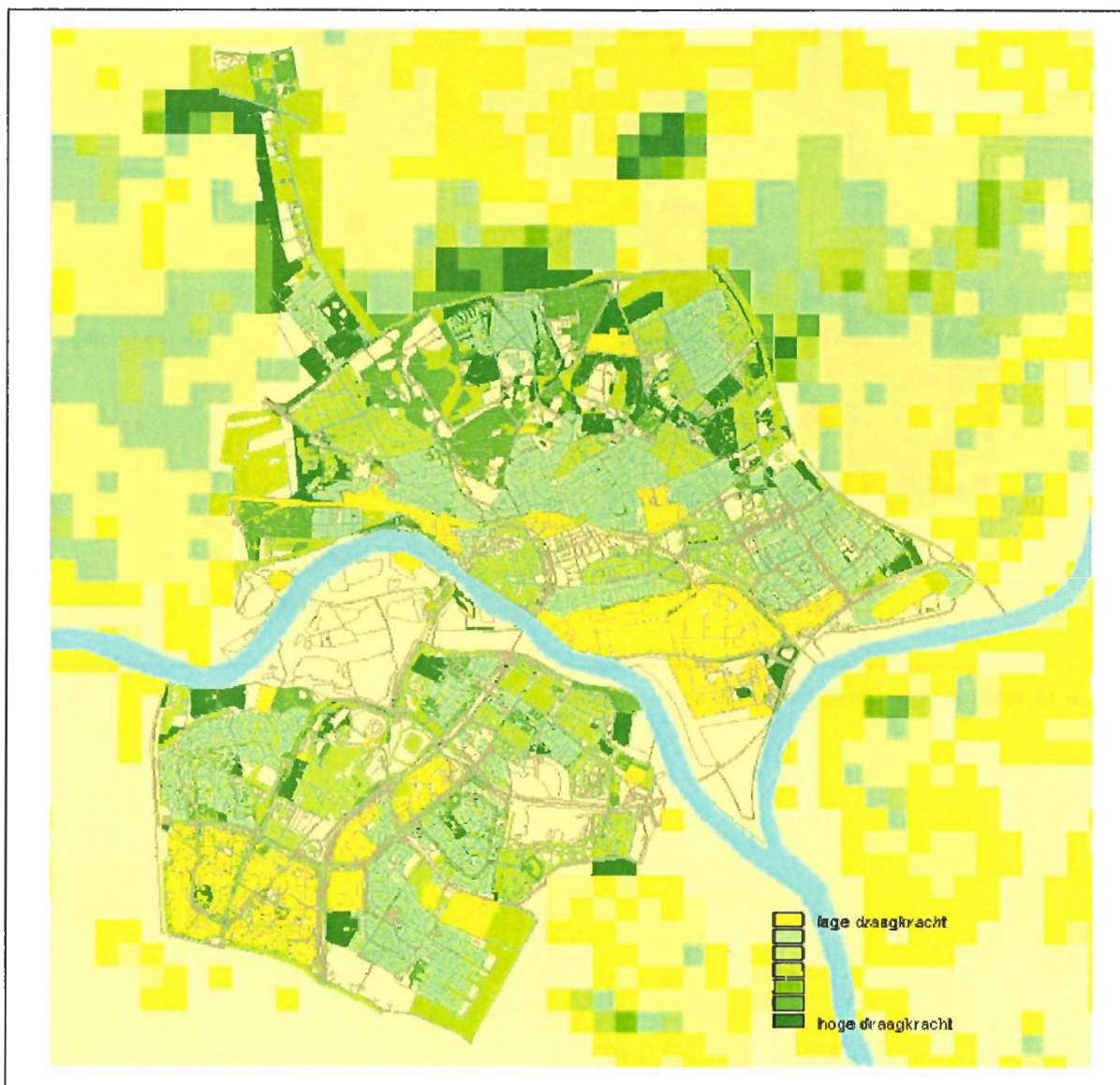
In hoeverre kan nu verwacht worden dat de Boomklever duurzaam in Arnhem zal voorkomen? Dat hangt, naast de kwaliteit van de verbindingen ook af van de duurzaamheid van de populaties buiten Arnhem. Maar wat dat betreft hoeven we ons geen zorgen te maken: de Boomklever maakt deel uit van een lokale populatie die de hele Veluwe bestrijkt en een berekende draagkracht heeft van zo'n 5.500 broedparen. Duurzaamheid van die populatie is dus niet in het geding, temeer daar deze populatie in verbinding staat met andere grote populaties en zodoende in een zeer grote metapopulatie is opgenomen.

Het potentieel habitat ten zuiden van Arnhem (in Huissen is ruimte voor 4 broedparen, en in het Recreatiegebied Rijkerswoerd zouden 2 paartjes kunnen broeden) kan via de bomen langs de wegen en eventueel ook door de wijken vanuit de noordelijk gelegen populatie bereikt worden.

Zwartkop (*Sylvia atricapilla*)

Ligging van potentieel habitat

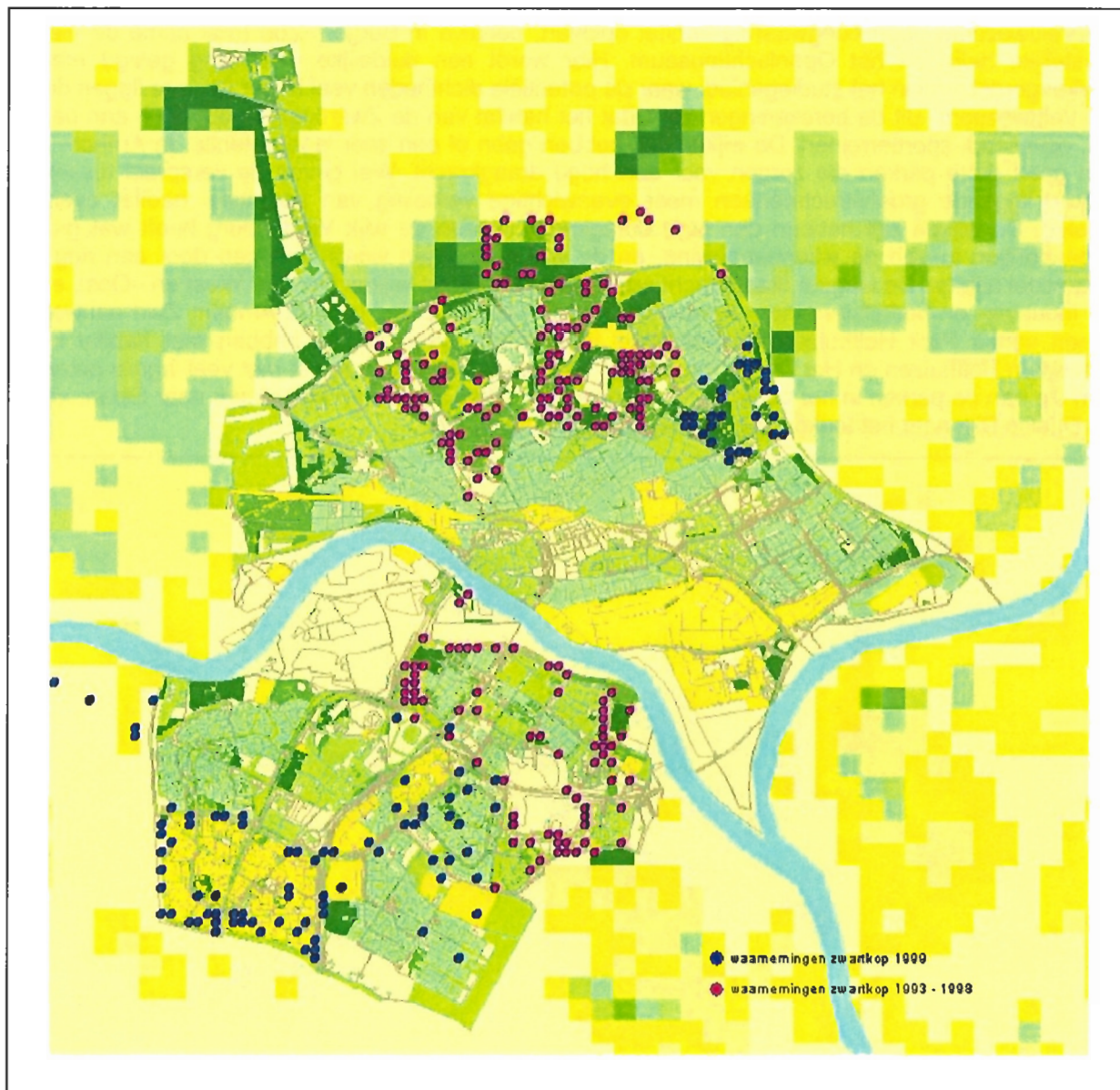
Buiten de bebouwde kom wordt Arnhem ten noorden van de Rijn vrijwel geheel omvat door potentieel habitat, dat ook langs bijna de volledig noordgrens van het studiegebied, op het stuk bij het Hooge Erf tussen Mariëndaal en Bakenberg na, contact maakt tussen binnen- en buitengebied. Opvallend is dat de Veluwezoom geen hoogwaardig habitat oplevert, behalve in Burgers Zoo (met name de nieuwe westelijke helft) en het Openluchtmuseum. Hier wordt een duidelijke verbinding gelegd met de parkengordel binnen het studiegebied, waar de potentiële dichtheden veel hoger lijken te liggen dan in de Veluwezoom. Uit de berekeningen blijkt dat het habitat van de Zwartkop is gebonden aan parken en, opvallend, sportterreinen. De wijken zelf hebben geen of een zeer lage potentie. In Arnhem Zuid zijn geen grote parken die zorgen voor een hoge draagkracht. Wel geven de verspreid tussen de wijken liggende groenstructuren een meer evenwichtige verdeling van potentieel habitat over het gebied. De wijken zelf hebben een lage draagkracht. Alleen de wijk Vredenburg heeft wat grotere groenpartijen tussen de woonbebouwing, en de wijk Malburgen wordt omsloten door een ring van potentieel habitat. De laagste draagkracht wordt gevonden in de wijken De Laar West en -Oost, en op de industrie- en bedrijfsterreinen. Aansluiting met het buitengebied is er in Arnhem Zuid nauwelijks, alleen vanuit Park Holthuizen lijkt potentieel habitat een verbinding te hebben met habitat in de tuinvijken Holthuizen en Het Duifje. Vandaaruit is een gordel te zien, zij het met veel lagere potenties dan die van de parken in het noorden, die loopt via de uiterwaarden en Malburgen naar Elden, en via de Drielse Dijk naar het toekomstige Schuytgraaf (zie figuur 17).



Figuur 17. Verdeling van potentieel habitat voor de Zwartkop in Arnhem en omgeving, met een indicatie van de draagkracht (aantal paartjes per oppervlakte-eenheid) van de gevonden habitatplekken.

Draagkracht van het Arnhemse groen

Zoals in de groenverdeling binnen Arnhem (figuur 13) te zien is bevindt zich, met name in Arnhem Zuid, het struweel zich veel meer verspreid in en tussen de wijken. Dat weerspiegelt zich in de draagkracht van de Zwartkop zoals die zich over de verschillende wijken verdeelt (figuur 17). Bijna alle wijken hebben wel enige draagkracht. Alleen de oude, dichtbebouwde wijken hebben weinig struweel en bosschages, en daarom weinig draagkracht voor deze vogelsoort.



Figuur 18. Waarnemingen van de Zwartkop in en om Arnhem

Vergelijking met daadwerkelijk voorkomen

In tabel 5 is aangegeven hoeveel ruimte Arnhem biedt aan broedpaartjes van de Zwartkop. Die berekende draagkracht is vergeleken met de daadwerkelijke waarnemingen (figuur 18) en deze blijken erg goed op elkaar aan te sluiten. Voor de vergelijking is de draagkracht van het geïnventariseerde gebied apart berekend.

Zwartkop	heel arnhem	arnhem- zuid	arnhem- noord	parken- gordel
draagkracht	325.2	107.3	218.3	65.2
draagkr. geïnv. wijken	258.9	89.2	165	65.2
waarnemingen	296	154	142	105

Tabel 5. Vergelijking van de berekende draagkracht (= totaal aantal broedpaartjes in het aangegeven gebied) voor de Zwartkop (*Sylvia atricapilla*) met de waarnemingen. Voor uitleg zie tekst.

Maar ook de specifieke locaties waar de waarnemingen zijn gedaan komen overeen met de verwachtingen. In Arnhem Noord wordt de zwartkop uitsluitend waargenomen in de parken. De wijken daar hebben heel weinig struweel, en daarom ook een lage draagkracht. Het is opvallend dat de soort ontbreekt in Landgoed Mariëndal met aansluitend Het Dorp, het KEMA-terrein en de Rijnsoever. In Arnhem Zuid wordt de Zwartkop aangetroffen in de ringvormige groenstructuur rond Malburgen, en in een opvallend smalle ring rond De Laar. De struweelsoorten zijn nauwelijks in de wijk doorgedrongen, en waar dat wel het geval is, is steeds een duidelijke lijn van habitat met de buitenrand te zien (figuur 19). Het groen rond de wijken (en in het geval De Laar zijn dat betrekkelijk smalle stroken) is kennelijk voldoende voor de Zwartkop.

Lokale en metapopulaties

Alle habitatplekken binnen het studiegebied blijken verbonden met het habitat van de populatie buiten Arnhem. De populatie van de Zwartkop in Arnhem maakt daarmee deel uit van een grote lokale populatie. Deze lokale populatie staat in contact met de Veluwezoom en delen van De Liemers. Duurzaamheid van die populatie is niet in het geding.



Figuur 19. De Zwartkop wordt in Malburgen (figuur boven) en De Laar (figuur beneden) vrijwel alleen in de groene ring rond de wijk aangetroffen. In het Bingelradepark, middenin De Laar Oost, waar voor struweelsoorten ruim een halve hectare preferent habitat klaarligt, wordt de soort niet waargenomen. Het ontbreken van goede verbindingen met de 'groene ring' zou een oorzaak kunnen zijn.

4.CONCLUSIES EN DISCUSSIE

4.1 Wat betreft de soorten

Boomklever (*Sitta europaea*)

Dat de Veluwezoom voor de Boomklever een belangrijke populatie herbergt was reeds bekend. Dat geeft een ijkpunt voor de berekeningen: ook de berekeningen van het expertsysteem LARCH wijzen in de Veluwe en de Veluwezoom een hoeveelheid potentieel habitat voldoende voor zo'n 5.500 broedparen aan. Dat daarnaast Arnhem een uitstekend boomklever-habitat levert is op te maken uit het feit dat de parken zelfs twee keer zoveel boomklevers herbergen dan op grond van de op landelijke normen gebaseerde berekeningen verwacht mocht worden. De Kemperbergerweg ligt binnen het studiegebied en vormt een uitstekend habitat. De ligging in de Veluwezoom en de aanwezigheid van de juiste begroeiing zorgt voor goed habitat met een hoge kans op bezetting. Verder zijn de aaneengesloten gebieden van potentieel habitat voor de Boomklever voornamelijk gelegen in de parkengordel, waar de hoogste potentiële dichtheden met name worden gevonden in de parken Gulden Bodem, Zijpendaal, Sonsbeek en Klarenbeek.

In Arnhem-Zuid zijn geen grote aaneengesloten gebieden die als potentieel habitat kunnen worden aangewezen. Wel ligt er potentieel habitat langs de doorgaande wegen, en hier en daar in kleine groengebiedjes in en langs de rand van de wijken. De potentiële draagkrachten van die gebieden zijn in vergelijking met de draagkrachten van de noordelijke parken laag. De enige uitzondering daarop is Park Westerveld, dat zich niet in uitgestrektheid, maar wel in habitatkwaliteit kan meten met een park als Sonsbeek.

De populatiestructuur op het gebied van lokale en meta-populaties lijkt geen probleem. Arnhem is over het algemeen goed 'dooraderd' met uitstekend habitat en er is een goede aansluiting met populaties in het buitengebied. De enige beperking in het verspreidingsbeeld van de soort wordt gevormd door de aanwezigheid van 'jonge wijken' in Arnhem Zuid. Als het groen in deze wijken in de loop van de tijd de kans krijgt verder uit te groeien zal ook dit stadsdeel uiteindelijk goed gekoloniseerd worden. De groene dooradering van de wijken speelt daarbij zeker een positieve rol. Malburgen kan wat dat betreft verwacht worden "aan de beurt" te zijn: de leeftijd lijkt goed, en als de isolatie wordt opgeheven staat het open voor kolonisatie.

Zwartkop (*Sylvia atricapilla*)

Ook voor de Zwartkop zijn de oude buitenplaatsen van de Veluwezoom een gordel van betrekkelijk goed habitat, en dat is terug te zien in de berekeningen. Er is een lijn van habitat zichtbaar die aan de

noordrand van Arnhem raakt en die zich eigenlijk binnen het studiegebied gewoon doorzet. Een opmerkelijke aanwijzing dat de Zwartkop zich met name als een parkensoort manifesteert wordt gevonden in de berekende hoge potentiële dichtheid in en om de wandel- en gebruiksparken Burgers Zoo en Openluchtmuseum. De potentiële habitats hier staan in directe verbinding met gebieden van hoge potentiële dichtheid binnen het studiegebied (zie figuur 20). De belangrijkste gebieden zijn wederom gelegen ter hoogte van de parkengordel, die een hogere potentiële dichtheid hebben dan de Veluwezoom zelf. De vergelijking met de Boomklever dringt zich op: in de parken lijkt de struweelsoort Zwartkop min of meer complementair te zijn aan de bossoort Boomklever. Daar waar de Zwartkop binnen de parken hoog scoort liggen lagere potenties voor de Boomklever, en andersom. De wijken zelf vertegenwoordigen ook wat potentieel habitat, maar dat is beduidend minder dan in de parken.



Figuur 20. Waarnemingen van de Zwartkop in Burgers Zoo en het Openluchtmuseum.

Ook de in de literatuur aangegeven lagere dichtheden van de Zwartkop in het rivierengebied laat zich uit de berekeningen aflezen. Wederom zet die lagere potentiële dichtheid zich in Arnhem-Zuid binnen het studiegebied voort: de groenstructuren rond de Immerloo-plas maakt contact met potentieel habitat bij Huissen, en via de groenstructuren rond Malburgen, Elden en langs de Drielse Dijk wordt contact gelegd met potentieel habitat ten westen van het studiegebied. Dit echter in veel lagere potentiële dichtheden dan in de Veluwezoom/Parkengordel. Deze lage draagkracht binnen het studiegebied kan mogelijk worden verklaard door de relatief jonge leeftijd van de beplanting, en zal zich, bij ongestoorde ontwikkeling, naar verwachting positief ontwikkelen. De wijken zelf hebben een lage draagkracht, die voortkomt uit veel (laag) wijkgroen in de wat ruimer opgezette wijken. Alleen de wijken De Laar heeft met de compacte negentigerjaren-bouw, en daar is slechts draagkracht in een smalle groengordel rond de wijk en langs de doorgaande wegen.

Verskil in potentie en daadwerkelijk voorkomen van beide soorten

In Arnhem-Noord is het habitat van de Boomklever goed getroffen. De aaneengesloten potentiële habitats in de parken zijn ook precies de plekken waar de waarnemingen worden gedaan. Daarnaast wordt de Boomklever aangetroffen in wijken waar geen habitat verwacht werd. Met behulp van gedetailleerde gegevens is zichtbaar gemaakt dat dit wijken zijn waar veel straat- en laanbomen staan. Vanuit de literatuur is bekend dat de Boomklever daarvan gebruik kan maken. Dat de wijkkolonisatie door boomklevers niet voorzien was heeft twee oorzaken:

1) de toegepaste LARCH-typologie herkent laanbomen niet, vanwege het lage schaalniveau. Deze typologie maakt een koppeling tussen bouwjaar en type bebouwing van een wijk, en wijst op grond daarvan, gebaseerd op landelijke gegevens, een vaste hoeveelheid groen toe van een type en ouderdom dat overeenkomt met het in die tijd gebruikelijke. In de wijken Hoogkamp/Sterrenberg en Presikhaaf heeft men in die tijd kennelijk ruimer gebouwd dan gebruikelijk, en zijn er meer bomen aangeplant of zelfs blijven staan langs gehandhaafde wegen.

2) de laanbomen waren, in ieder geval in Arnhem Noord niet aangegeven. In Arnhem Zuid is in de groentyping "loofbos" langs de wegen aangegeven, en daar is dan ook direct potentieel habitat voor de boomklever aangewezen.



Presikhaaf

● Boomklever

● Straatboom

De Laar

Intermezzo: Straatbomen en boomklevers

Met betrekking tot het voorkomen van boomklevers in de stad is het voorspellend vermogen van deze LARCH bewerking te gering gebleven. In Presikhaaf zijn wel degelijk boomklevers waargenomen, hoewel het habitat voor deze soort niet door LARCH wordt aangetoond. Op gedetailleerde kaarten is te zien (zie boven) dat in Presikhaaf relatief veel bomen langs lanen, wegen en straten staan. Die straatbomen zijn in de opgave niet naar voren gekomen. Tesaamen zijn zij wel degelijk in staat een hoog kwalitatief habitat voor de boomklever te leveren.

Waarom komen er dan in De Laar geen boomklevers voor, terwijl daar ook bomen staan en er in de aangrenzende wijken boomklevers zijn waargenomen? In de eerste plaats is de ruimte voor de bomen, en daardoor ook het aantal bomen per oppervlakte-eenheid, in De Laar belangrijk minder dan in Presikhaaf. Maar bovendien is De Laar neergezet in de negentiger jaren. De bomen daar zijn dus maximaal tien jaar oud, en dat is voor een boomklever te jong. De bomen in Presikhaaf staan er voor een groot gedeelte sinds de bouw in de zestiger jaren, en die zijn dus zo'n dertig jaar ouder. Boomklevers zullen mettertijd zeker ook in De Laar opduiken, maar vanwege de ruimte en het aantal bomen zullen het er nooit zoveel zijn als in Presikhaaf.

Het ontbreken van de Zwartkop in Mariëndal, Het Dorp en het KEMA-terrein is lastig te verklaren. Mogelijk is het parkencomplex in west te veel bos, met te weinig ondergroei, en is de draagkracht dus te hoog ingeschat, of mogelijk wordt het door de wijkbebouwing van Hoogkamp tot de Burgemeesterswijk effectief afgesloten van de populaties in de parken Sonsbeek, Gulden Bodem en Zijpendaal.

De marge van ± 1.5 in de vergelijking draagkracht/waarneming lijkt hoog, maar deze laat zich verklaren door (een combinatie van) de volgende factoren:

- 1) de draagkrachten zijn berekend op basis van landelijke normen. Plaatselijke kwaliteitsverschillen zullen altijd afwijkingen van dit gemiddelde te zien geven (Reijnen *et al*, 2000)
- 2) er kunnen (zullen) stedelijke effecten optreden, die een afwijking geven met normen die gelden voor het buitengebied (Timmermans *et al*, in prep)
- 3) de gebruikte LARCH-typering houdt slechts in zeer beperkte mate rekening met de ouderdom van de groenstructuur
- 4) de positiebepaling van de waarneming is gedaan op 100m nauwkeurigheid, terwijl de Amersfoort-coördinaten een nauwkeurigheid van 1m toelaten
- 5) er is mogelijk onnauwkeurigheid in de opgegeven begroeiingstypen

4.2 Bos en struweel in Arnhem

Op basis van dit onderzoek kan gesteld worden dat de huidige Arnhemse groenstructuren voor bos- en struweelvogels over het algemeen voldoende op elkaar aansluiten. Er zijn binnen het studiegebied geen plekken van potentieel habitat aangetroffen die indien ze bezet zouden zijn een geïsoleerde lokale populatie zouden vormen.

Dat wil niet zeggen dat Arnhem goed 'doorlaatbaar' is voor deze soorten. De parkengordel staat garant voor een goede oostwest-verbinding tussen het centrum en de noordelijk gelegen wijken als Alteveer en Geitenkamp door. Maar de noord-zuid verbinding tussen de bossen van de Veluwe en de bomen en struwelen in de uiterwaarden is nu niet aangetoond. Voor zover nu bekend kan de Boomklever via Arnhem-oost en Velp de uiterwaarden van de IJsselvallei niet bereiken. Als verrassing blijken via de laanbomen de uiterwaarden van de Rijn wel te kunnen worden bereikt, maar of dat voor andere bossoorten ook geldt is nog een open vraag. Voor struweelsoorten lijkt de wijkengordel van Hoogkamp via het Centrum tot aan Presikhaaf een absolute barrière, hoewel dat kan liggen aan de keuze van de struweelsoort, die zich niet of nauwelijks in binnentuinen kan handhaven.

Voor bossoorten is er in Arnhem Zuid nu nog nauwelijks biotoop aanwezig. De bossoorten die hierin werden aangetroffen lijken het contact met de grote Veluwe populaties voornamelijk "buitenom" te maken via zuidelijk gelegen biotopen. En de verbinding tussen de kleine bospercelen in Arnhem Zuid wordt voornamelijk gemaakt via smalle, en dus kwetsbare, boombeplantingen langs de grote wegen. Mogelijk zal deze situatie zich verbeteren met het ouder worden van de wijken en de daarin aanwezige beplanting.

Het biotoop voor struweelsoorten is in Arnhem Zuid in veel ruimere mate voorhanden. Het is ook veel meer vervlochten met de wijkstructuur dan in Arnhem Noord. Dit is enerzijds omdat struweelsoorten habitat vinden in begroeiingen die te typeren zijn als successiefasen richting bos. De wijken zijn nog jong, en het bij de bouw aangeplante bos is in veel gevallen de struweelfase nog niet geheel voorbij. Anderzijds vinden struweelsoorten habitat in bosschages die veel makkelijker in een woonwijk zijn in te brengen dan uitgebreide struwelen of bossen. Het habitat voor struweelsoorten is dus nauw verbonden met de opbouw van de wijken, en dientengevolge blijvend. Bovendien is het via het rivierenlandschap veel beter met de buitenwereld verbonden dan het habitat voor bossoorten.



4.3 Het gebruik van ruimtelijke expertsystemen voor de stedelijke ecologie

Het toepassen van ruimtelijke expertsystemen als LARCH in het stedelijk gebied is vrij nieuw. Veel ervaring met deze expertsystemen is opgedaan in het landelijk gebied en veel normen en richtlijnen zijn dan ook op niet-stedelijke onderzoeken gebaseerd. Er lijken echter ook allerlei toepassingen mogelijk in het stedelijk gebied. In het kader daarvan is deze pilotstudie verricht, met als concreet doel het bestaande modelinstrumentarium te testen. Dit onderzoek heeft wat dat betreft ook voldoende aanwijzingen opgeleverd.

De ruimtelijke analyse van het expertsysteem LARCH rekent begroeiingstypen om naar de mogelijkheid van een soort om in die begroeiing habitat te vinden. Daarbij wordt de kwaliteit van het habitat uitgedrukt in de maximale hoeveelheid broedparen per oppervlakte-eenheid van dat begroeiingstype (draagkracht). Daarnaast doet LARCH een ruimtelijke analyse waarbij bepaald wordt of de habitatplekken zodanig gepositioneerd zijn ten opzichte van elkaar dat eventuele individuen elkaar kunnen bereiken en zo lokale populaties en netwerk-populaties kunnen vormen. Deze kwaliteits- en netwerkberekeningen zijn voor de stedelijke ecologie interessant: de stad is een dynamisch systeem, en met de kennis van kwaliteit van habitat en de verdeling over de stad kan gestuurd worden om knelpunten op te heffen of te voorkomen. Want aanpassingen in de groenstructuur kosten geld, ruimte en tijd. En bij de beslissing of dit moet worden ingezet voor het maken van verbindingen, voor het uitbreiden van het areaal of voor verbetering van de habitatskwaliteit is de beleidsondersteuning van een expertsysteem van grote waarde.

LARCH is van oudsher gericht op het berekenen van duurzaamheid. Duurzaamheidsberekeningen hebben voor de stad echter niet zo'n grote waarde als grote bronpopulaties zich met name buiten de stad bevinden. Veel belangrijker is het te weten welk type groenvoorziening voor welke soort habitat levert, en hoe groot zo'n groenplek moet zijn om voldoende habitat te leveren voor een broedpaartje. Uiteraard is, vanwege het feit dat de brongebieden voor de meeste soorten buiten het bebouwd gebied liggen, het ook belangrijk te weten hoe de verbindingen met deze brongebieden zijn. De uitwisseling van individuen tussen het buitengebied en de stad speelt waarschijnlijk een grote rol bij de potenties van de stedelijke natuur.

Voor wat betreft de studie in de gemeente Arnhem is het niet zo vreemd dat beide soorten in een zeer sterk duurzaam netwerk verkeren. Misschien is het zelfs wel voorwaarde voor een soort om stedelijk habitat te kunnen koloniseren dat er een zeer sterk duurzaam populatie(netwerk) achter staat. Het leven in de stad vergt aanpassingen, die niet bij een vluchtig of eenmalig contact worden gemaakt. Uit welk biotoop de soort ook komt, zo'n aanpassing vergt tijd, en in ieder geval in die periode is het stedelijk habitat voor de soort marginaal. En populaties die leven in marginaal habitat kunnen per definitie niet overleven zonder voortdurende aanvoer vanuit sleutelpopulaties in de omgeving: zonder zo'n duurzaam netwerk overleeft zo'n populatie die aanpassingsperiode dus niet.

Bij de keuze van de beide soorten was al bekend dat deze hoogstwaarschijnlijk in een duurzaam netwerk rond Arnhem voorkomen. Het doel van deze studie was te bepalen hoe het zit met de ruimtelijke kwaliteit van het habitat, in dit geval bos resp. struweel, in de stad. Tevens is onderzocht of er mogelijke barrières in de stad zijn die het voor struweel- en bossoorten lastig maken om habitat in de stad te koloniseren. Uit het achterwege blijven van geïsoleerde lokale populaties binnen het studiegebied kan worden afgeleid dat voor de gekozen soorten het habitatnetwerk voldoende aaneengesloten is en goede verbindingen kent. Van de Boomklever is bekend dat er sprake is van een geringe maximale afstand tussen verschillende habitatplekken. De groene dooradering in Arnhem en de hoge kwaliteit van het aanwezige groen zorgen er echter voor dat dergelijke situaties weinig voorkomen (uitgezonderd uiterwaarden). Voor bossoorten zoals eekhoorn en bosmuis die wel hinder ervaren van wegen en huizen geldt dit wellicht minder. De effecten van versnippering van habitat (bos) in het stedelijk gebied zou voor een dergelijke soort wel eens veel zwaardere beperkingen kunnen hebben. Vanwege de beperkte omvang van deze studie zijn dergelijke 'grondgebonden' soorten helaas niet meegenomen.

Aanbevelingen

LARCH is een ruimtelijk expertsysteem en als zodanig veelal afhankelijk van de ingevoerde normen en de gebruikte biotoop- of begroeiingstypenkaarten. Deze afhankelijkheid is ook uit deze analyses naar voren gekomen. Dit heeft geleid tot een aantal aanbevelingen over:

- 1] de begroeiingstypering van het stedelijk gebied.
- 2] de nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en volledigheid van begroeiingstypenkaarten en verspreidingsgegevens
- 3] de selectie van onderzoeksoorten
- 4] de ecologische principes in het stedelijk gebied
- 5] de configuratie populatienetwerken op regionale schaal
- 6] de interpretatie van de LARCH-resultaten

Toelichting:

1] *Begroeiingstypering van het stedelijk gebied*

De gebruikte LARCH-typologie biedt een beperkte keus in 'stedelijke begroeiingstypen'. Deze typologie kent een toepassing op voornamelijk landelijk schaal waarbij een verdere detaillering niet noodzakelijk is. Voor gebruik op regionale en zelfs gemeentelijk schaalniveau is dit onvoldoende. Veel details, zoals straatbomen, worden niet, niet nauwkeurig of onvolledig benoemd. Een verdergaande detaillering en onderverdeling (naar ondergrond, gebruik, beheer en functie) is dus nodig. Als eerste aanzet hiervoor is de 'stedelijke begroeiingstypologie' (Timmermans *et al*, in prep) geschreven. Dit is een nieuwe indeling, gebaseerd op ervaringen uit dit onderzoek en andere onderzoeken. De typologie is reeds in de praktijk getoetst, echter nog niet voor LARCH-analyses gebruikt.

2] *Nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en volledigheid van begroeiingstypenkaarten en verspreidingsgegevens*

Veel beslissingen in de LARCH-analyse worden genomen op basis van de (ruimtelijke configuratie van) gebruikte begroeiingstypen of biotopen. In de praktijk blijken veel begroeiingstypenkaarten en de bijbehorende legenda-indelingen onnauwkeurig, onbetrouwbaar en onvolledig. Wat betreft stedelijk groen ligt er vaak een accent op openbaar groen, waarbij functie en beheer een belangrijke rol spelen in de benoeming. De gebruikte indelingen zijn zeer versnipperd. Het beheerssysteem gaan uitvoerig in allerlei intensief beheerde beplantingen en sommeren 'natuurlijk' groen (bos, moeras, ruigte) tot één categorie, waarbij het moeite kost de verschillende verschillende begroeiingstypen uit elkaar te trekken. Grotere (semi-natuurlijke) groenstructuren zijn niet in het beheerssysteem opgenomen, en moeten apart worden benoemd. Daarnaast is particulier groen niet of nauwelijks meegenomen, terwijl het een essentiële rol kan spelen in het ecologisch functioneren van de stedelijke natuur. Bebouwing en industrie/bedrijvigheid worden niet of nauwelijks op hun ecologische (hoeveelheid groen) en ruimtelijke (configuratie groen) kwaliteiten benoemd, terwijl ook deze van belang zijn voor het ecologisch functioneren. Geconcludeerd mag worden dat veel gemeentelijke gegevens nog om een aantal bewerkingsstappen vragen alvorens ze gebruikt kunnen worden voor ruimtelijke analyses, en het aanmaken van een ecotopenkaart kan dan ook worden aanbevolen.

De verspreidingsgegevens laten een soortgelijk beeld zien: de informatie is niet vlakdekkend, soms onzeker en vooral op een te grove schaal (100 m) benoemd. Dergelijke gegevens bemoeilijken het controleren en interpreteren van modelresultaten.

3] *Selectie van onderzoeksoorten*

De geselecteerde soorten in deze studie betreffen uitsluitend één soortgroep en hebben betrekking op een beperkt aantal biotooptypen. Daarnaast betreft het, zoals eerder benoemd, soorten die weinig last ondervinden van barrières (wegen, huizen). Om een goede ruimtelijke analyse van het stedelijk groen te verrichten is een meer diverse selectie nodig. Hierbij dient rekening gehouden te worden met schaalniveau (vb. insect→ amfibie→ zoogdier→ vogel), versnipperingsgevoeligheid (vb. vogel→vlinder→zoogdier→amfibie) en representatie van alle voorkomende hoofd-biotooptypen.

4] *Ecologische principes in het stedelijk gebied*

De stedelijke omgeving is als landschap uniek voor wat betreft dynamiek, begroeiing (aandeel stenig oppervlak), menselijke activiteiten, multifunctionaliteit, abiotische omstandigheden, en versnippering van het groen. Veel gegevens over de ecologie van soorten zijn daarentegen afkomstig uit onderzoek van het landelijk gebied. Diverse parameters als dispersie, home-range, voortplanting, sterfte en voedselaanbod kunnen in het stedelijk gebied afwijken. Een voorbeeld is het verschil in reactie van vogels op verstoring door de mens. Stadsmerels bijvoorbeeld blijken een vele grotere tolerantie te hebben voor verstoring dan bosmerels. Dit soort verschillen zijn ook te vinden waar het gaat om verplaatsingen van dieren door het stedelijk milieu, de eisen aan nestgelegenheid, voedselaanbod etc. Het toepassen van normen en richtlijnen die afkomstig zijn uit het landelijk gebied is daarom niet per definitie mogelijk. Verder onderzoek aan soorten in het stedelijk gebied moet de verschillen kwantificeren en voor modeltoepassingen geschikt maken.

5] *Configuratie populatienetwerken op regionale schaal*

Met de huidige analysemethoden blijken voor soorten met een minder specifieke habitatvoorkeur (liefst in struweel, doch ook bos, ruigte, moeras, volkstuinen) een habitatbeeld te ontstaan dat aan de meeste begroeiingstypen wel enige draagkracht toekent. Hierdoor ontstaat een patroon van 'meer of minder' geschikt in plaats van 'wel of niet'. Bij berekening van de configuratie van lokale en meta-populaties kunnen gebieden met een lage draagkracht hierdoor een 'onwerkelijke' schakel te vormen tussen de echte habitatplekken. Het gevolg daarvan is dat veel habitatgebieden onterecht met elkaar worden verbonden. Zo worden habitatplekken van complete regio's 'aan elkaar gebreid', waardoor de duurzaamheidsnorm gemakkelijk gehaald wordt. Dit probleem is door de ontwerpers van LARCH herkend en er wordt momenteel gewerkt aan een oplossing.

6] *Interpretatie van de LARCH-resultaten*

De ruimtelijke analyses van het expertsysteem LARCH geven een beeld van de verspreiding van het potentieel habitat en de bijbehorende populatienetwerken voor een soort. Interpretatie van deze beelden is alleen mogelijk door combinatie van algemene landschapsecologische en populatie-dynamische kennis met lokale kennis van flora, fauna en landschap. Omdat het bij deze analyses om potenties gaat is het goed mogelijk dat de werkelijkheid hiervan afwijkt. Deze afwijkingen kunnen veroorzaakt worden door verstoringsfactoren (begroeiingstype: gras, functie: honden-uitlaatterrein), nadere 'verbijzondering' van het begroeiingstype, beheer van groen e.d.

Nu is het wel zo, dat 'potentie' niet betekent dat een individu van de soort ook aanwezig is. Dit is in natuurlijke populaties heel gewoon. Er is vaak sprake van een dynamisch evenwicht tussen het aantal bezette en onbezette habitatplekken. Echter, de interne of externe factoren die ervoor zorgen dat een habitatplek een fundamenteel lagere (of hogere!) draagkracht heeft dan verwacht mag worden, dienen wel in kaart gebracht te worden.

Stedelijk ecologen kunnen hierbij een grote rol spelen. Zij bezitten over het algemeen een goed overzicht over de natuurwaarde van het plaatselijk groen. Het is dan ook zaak om bij de interpretatie van de resultaten de lokale kennis erbij te betrekken.

5 VOORUITBLIK

Deze ruimtelijke analyse heeft naast een aantal aanwijzingen voor aanpassing van het expertsysteem LARCH ook een goed beeld van het bos en struweel in Arnhem opgeleverd. De ruimtelijke kwaliteit van bos en struweel is nu vooral voor soorten onderzocht die weinig tot geen barrières kennen. Het verdient aanbeveling om ook te kijken naar soorten die wel hinder ervaren van de ligging van wegen of huizenblokken. Dit zal waarschijnlijk een meer genuanceerd beeld geven, waardoor kansen en knelpunten in de groenstructuur voor wat betreft bos en struweel gemakkelijker naar voren komen.

Rivieren, beken, moeras en uiterwaard vormen eveneens een belangrijk onderdeel van de groenstructuur in Arnhem. Het is daarom zeker interessant om ook van moeras en graslandsoorten een beter beeld van de ruimtelijke kwaliteit te krijgen.

Tenslotte is een ruimtelijk expertsysteem als LARCH uitermate geschikt voor het vergelijken van verschillende beheers- of inrichtingsvarianten. In het landelijk gebied is het expertsysteem hier al vaker met succes voor toegepast. In het geval van Arnhem zouden de gevolgen van het aanleggen van de nieuwe wijk Schuytgraaf voor de plaatselijke natuur berekend kunnen worden. Het kan daarin een belangrijke doorwerking hebben in het ontwerp van het structuurplan. Het gaat daarbij niet zozeer om absolute aantallen maar om relatieve uitspraken over de effecten. Zo kan bekeken *hoeveel* individuen (kwalitatief) van *welke* soorten een verwacht effect laten zien bij het uitvoeren van deze stedelijke uitbreiding.

LITERATUUR-OVERZICHT

- Anonymus 2000. *Grootschalige Basis Kaart (GBK) Arnhem*. 04-04-2000. Gemeente Arnhem
- Bergers, P.J.M. en P.F.M. Opdam (red.) 1996. *Versnippering en populaties: een verklarende woordenlijst*. IBN-rapport nr 229, IBN-DLO, Wageningen
- Dijk, J. van, H. van der Kooij, M. Lok, P. Meininger, J. van der Straaten & J. Vink 1981. *Randstad en broedvogels*. Vogelwerkgroep Avifauna West-Nederland. Tilburg.
- Foppen, R.P.B. & J.P. Chardon. 1998. *LARCH-EUROPE a model to assess the biodiversity potential in fragmented European ecosystems*. IBN-rapport nr. 98/4, IBN-DLO, Wageningen
- Foppen R., J. Graveland, M. de Jong & A. Beintema. 1998. *Naar levensvatbare populaties moerasvogels; achtergrond document voor 'Bescherminingsplan Moerasvogels' van Vogelbescherming Nederland*. IBN-rapport nr. 393, IBN-DLO, Wageningen
- Huitema, J. 1996. *Vleermuizen in Hoogstede; wijken voor een woonwijk?*
- Klaassen, O. en F. Erhart, 2000. *Broedvogels van uiterwaardpark Meinerswijk in 1999. Met een overzicht van 1988-99*. Rapport Vogelwerkgroep Arnhem e.o. 2000-2
- Kwint, N., 1993. *Broedvogelinventarisatie park Holthuizen (Huissen) '93*. Vogelwerkgroep Arnhem e.o.
- Lenders, H.J.R., 1992. *De Herpetofauna van Arnhem en omgeving*. Herpetologische Studiegroep Gelderland.
- Mabelis, A. A. 1998. *Ruimtelijke samenhang van stedelijk groen voor biodiversiteit. Een synthese van literatuur*. IBN-rapport 373. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen.
- Maréchal P. & W. Veenhuizen 1997. *Vogels in het stedelijk milieu*. Inventarisatie in Eindhoven. Wetenschappelijke mededeling KNNV nr. 218.
- Melchers, M. en R. Daalder (eds), 1996. *Sijsjes en drijsijsjes. De vogels van Amsterdam* Schuyt & Co, Haarlem
- Moll, L. van 1999. *Vlinders kijken in het Spijkerkwartier*. Rapport Groengroep Spijkerkwartier
- Lensink, R., 1993. *Vogels in het hart van Gelderland*. KNNV/SOVON, Utrecht
- Opdam, P. 1987. *De metapopulatie: model van een populatie in een versnipperd landschap*. Landschap (4): 289-306.
- Opdam, P.F.M., J. Verboom & R. Reijnen. In prep. *Landscape cohesion assessment: an approach to assess the spatial quality of landscapes for biodiversity*.
- Pouwels, R. 2000. *LARCH: een toolbox voor ruimtelijke analyses van een landschap*. Alterra-rapport nr 043, Alterra Wageningen.
- Reijnen, R., R. Jochem, M. de Jong & M. de Heer. In prep. *LARCH Vogels Nationaal; Een expertsysteem voor het beoordelen van de ruimtelijke samenhang en de duurzaamheid van broedvogelpopulaties in Nederland*. IBN-rapport. Wageningen.
- Reumer, J.W.F. & M. J. Epe 1999. *Biotope mapping in the urban environment*. Proceedings of a symposium held on 9 october 1998. Deinsea 5, Jaarbericht van het Natuurmuseum Rotterdam.
- Schoppers, J. 1995. *Broedvogels van Arnhem-Noord in 1995 en Waterberg en Koningsheide in 1993*. Rapport Vogelwerkgroep Arnhem e.o. 95-4
- Schoppers, J. 1995. *Betekenis van Driel-Oost voor vogels*. Rapport Vogelwerkgroep Arnhem e.o. 1995/1

Schoppers, J. 1996. *Broedvogels van Malburgen en Immerloo in 1996*. Rapport Vogelwerkgroep Arnhem e.o. 96-1

Schoppers, J. 1997. *Broedvogels van Presikhaaf, Elden en Elderveld in 1997*. Rapport Vogelwerkgroep Arnhem e.o. 97-2

Schoppers, J. 1999. *Broedvogels van Arnhem-Noordwest en 't Craneveld in 1998*. Rapport Vogelwerkgroep Arnhem e.o. 99-1

Schoppers, J., 2000. *Broedvogels van Angerenstein, Paasberg, De Laar en Vredenburg in 1999*. Rapport Vogelwerkgroep Arnhem e.o. 2000-1

Schulte, W. , H. Sukopp und P. Werner (eds), (1993). *Flächendeckende Biotopkartierung in besiedelten Bereich als Grundlage einer am Naturschutz orientierte Planung (Programm für die Bestandsaufnahme, Gliederung und Bewertung des besiedelten Bereichs und dessen Randzonen)*. Natur und Landschaft 68 (10): 491 – 526

Sluis, T. van der 1999. *Gidssoorten voor steden. Een verkenning*. IBN-rapport 408. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen.

Snep, R.P.H., R. Kwak, W. Timmermans, G. Dirkse & H. Timmermans 2000a (in prep). *Natuur in de stad: Onderzoek naar groene netwerken in het stedelijk gebied*. Alterra-rapport.

Snep, R.P.H., P.F.M. Opdam & R. Kwak 2000b (in press). *Duurzaam functioneren van populatienetwerken in de stad*. De Levende Natuur.

Sosefs, M. en M. Zwarts 1995. *Floristische inventarisatie Driel-Oost*. KNNV afdeling Arnhem.

Sosefs, M. M. Zwarts en M. van Bergen 1998. *Floristische inventarisatie Zuidelijke Rijnsoever Arnhem*. KNNV afdeling Arnhem.

Steenwijk, H. en N. Kwint. 1996. *Broedvogels van Warnsborn, Arnhemse heide en Zweefvliegveld Terlet in 1995*. Rapport Vogelwerkgroep Arnhem e.o. 96-2, uitgevoerd i.o.v. de gemeente Arnhem, dienst MOW.

Sukopp, H. & S. Weiler, 1988. *Biotope mapping and nature conservation strategies in urban areas of the Federal Republic of Germany*. Landscape and Urban Planning 15 (1988): 39 - 58

Texeira, R. M. 1979. *Atlas van de Nederlandse broedvogels*. Vereniging Natuurmonumenten & SOVON Nederland.

Timmermans, H., R.P.H. Snep & G.M. Dirkse. In prep. *Begroeiingstypering in het stedelijk gebied*. Alterra-rapport.

Veling, K. 1999. *Korte analyse dagvlinders gemeente Arnhem*. De Vlinderstichting, rapportnr VS 99.22

Verboom, J., P.C. Luttikhuisen & J.T. Kalkhoven. 1997. *Minimumarealen voor dieren in duurzame populatienetwerken* (Minimum areas for animals in sustainable population networks). IBN-rapport nr. 259, IBN-DLO, Wageningen.

Verboom, J., P.F.M. Opdam, R. Foppen & P.C. Luttikhuisen. In press. *Setting standards for sustainable habitat networks for vertebrate populations: the key patch approach*. Accepted by Biological Conservation.

Verheggen, L. 1999. *Vleemuizen gemeente Arnhem*. Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming.

Vos, C.C., J. Verboom, P.F.M Opdam, C.J.F. Ter Braak, P. Bergers & R.C. van Apeldoorn. In press. *Towards ecologically scaled landscape indices*. Accepted by American Naturalist.