Invasieve exoten

Afstudeeronderzoek naar de invasieve exoten duizendknoop (Fallopia spec.), reuzenbalsemien (Impatiens glandulifera) en de reuzenberenklauw (Heracleum mantegazzianum) in de gemeente Arnhem (Gelderland,Nederland)

N.L. Brouwer en T.F.J. De Gooijer
Afstudeeropdracht Hogeschool Van Hall Larenstein

Invasieve exoten

Afstudeeronderzoek naar de invasieve exoten duizendknoop (Fallopia spec.), reuzenbalsemien (Impatiens glandulifera) en de reuzenberenklauw (Heracleum mantegazzianum) in de gemeente Arnhem (Gelderland, Nederland)

Auteurs:
N.L. Brouwer
T.F.J. De Gooijer

Opdrachtgever:
Nederlandse Expertise Centrum Exoten

Begeleider Bargerveen:
H. van Kleef

Hogeschool:
van Hall Larenstein

Studie:
Natuur- en landschapstechniek

Begeleidend docent:
A. Zemmelink

Datum: 20 december 2012

Omslagfoto:Een woekerende Fallopia, weerspiegeld symbolisch de complexiteit van de exoten problematiek (foto door P. Graham).

Inhoud

Inhoud 3
Samenvatting 5
Voorwoord 6
Inleiding 7
1.1 Kader 7
1.2 Aanleiding 7
1.3 Probleemstelling 8
1.4 Doelstelling 8
1.5 Leeswijzer 9
2. Soortenbeschrijving 10
2.1 Japanse duizendknoop *Fallopia japonica* 10
2.2 Reuzenbalsemien *Impatiens glandulifera* 11
2.3 Reuzenberenklauw *Heracleum mantegazzianum* 12
3. Onderzoeksgebied 14
3.1 Meinerswijk 14
3.2 Arnhem- Zuid 15
3.3 Arnhem- Noord 15
4.Methode 16
4.1 Verspreiding 16
4.2 Bodemchemie 17
4.3 Macro- invertebraten 19
Veldwerk 19
Determinatie en analyse 21
4.4 Vegetatiestructuur 21
4.5 Beheer 21
5. Resultaten 22
5.1 Verspreiding 22
5.2 Bodemchemie 23
5.3 Macro- invertebraten 35
5.4 Vegetatiestructuur 40
5.5 Beheer 40
6. Discussie 42
6.1 Verspreiding 42

6.2 Bodemchemie 43
6.3 Macro- invertebraten 44
6.4 Vegetatiestructuur 45
6.5 Beheer 45
7. Conclusie 46
7.1 Verspreiding.....46
7.2 Bodemchemie 46
7.3 Macro- invertebraten 47
7.4 Vegetatiestructuur 47
7.5 Beheer 47
8. Aanbevelingen 48
8.1 Verspreiding.....48
8.2 Bodemchemie 48
8.3 Macro- invertebraten 48
8.4 Vegetatie 49
Literatuurlijst 50
Bijlagen.....52
Bijlage A Kaarten verspreiding exoten 53
Bijlage B Kruisingsschema duizendknoop 61
Bijlage C Overzicht meetwaarden bodemgegevens 62
Bijlage D Overzicht meetwaarden macro- invertebraten 66

Samenvatting

Invasieve exoten vormen nog wel eens problemen. Een aantal van de uitheemse planten die in Nederland zijn gevestigd zijn moeilijk te bestrijden en kunnen de inheemse vegetatie verdringen. In het kader van een afstudeeropdracht voor de studie bos en natuurbeheer is een pilot onderzoek opgezet naar de duizendknoop, reuzenbalsemien en de reuzenberenklauw. Het doel van dit onderzoek was het verkrijgen van meer informatie over omstandigheden waaronder ze voorkomen en uitbreiden en de impact van deze planten op de omgeving. Tijdens dit onderzoek is gefocust op twee van deze invasieve exoten, dit zijn: de duizendknoop en de reuzenbalsemien. Drie onderzoeksgebieden binnen de gemeente Arnhem zijn volledig geïnventariseerd op het voorkomen van deze planten. Naast enkel de verspreiding is ook onderzoek gedaan naar de planten, bodemcondities, macro- invertebraten, omliggende vegetatie en het beheer.

Van de verspreiding van deze soorten zijn GIS bestanden gemaakt, deze kunnen gebruikt worden voor vervolgonderzoek naar de verspreiding en uitbreiding van de groeiplaatsen. Twee exemplaren van Japanse duizendknoop bleken onverwachts kiemkrachtige zaden te dragen. Uit DNA onderzoek zijn opmerkelijke resultaten gekomen waarbij de vaderplant onbekend is gebleven. Hier zijn wel mogelijke soorten voor, zoals een aantal tuinplanten waaronder de Chinese bruidssluier.

Uit de bodemcondities lijken de exoten in staat hun eigen groeiplaats te beïnvloeden. De duizendknoop heeft voor een aantal variabelen binnen hogere waarden dan buiten de groeiplaats, bij de reuzenbalsemien is dit meer verdeeld. Er zijn zowel waarden die binnen hoger zijn maar ook nutriënten die buiten een hogere concentratie hebben. Ook blijkt dat de verandering van de bodemcondities sterker is op nutriënten arme standplaatsen. Dit is merkbaar voor fosfaat en nitraat gehalten bij de duizendknoop, voor beide geldt dat de concentratie binnen hoger is dan buiten de groeiplaats. Bij reuzenbalsemien geldt dit voor kalium waarbij de concentratie buiten hoger ligt dan binnen.

Macro- invertebraten komt in kleinere aantallen voor binnen monoculturen van de duizendknoop dan daarbuiten. Groeiplaatsen van deze plant lijken dus minder aantrekkelijk voor kleine beesten dan de natuurlijke begroeiing. Bij de reuzenbalsemien zijn de resultaten wat meer verdeeld waarbij ook van een aantal soortgroepen binnen de monocultuur juist meer soorten voorkomen. Voor de mijten is dit verschil ook significant. Door de beperkte omvang van het macro-invertebraten onderzoek zijn de gevonden verschillen ondanks een duidelijke trend niet significant.

Het beheer dat wordt toegepast lijkt een sterke invloed te hebben op de exoten. Wanneer er gericht bestrijdingsbeheer wordt toegepast worden de groeiplaatsen stabiel gehouden en breiden deze nauwelijks uit, in tegenstelling tot plekken waar geen bestrijdingsbeheer wordt toegepast.

Uit het vegetatie onderzoek blijkt voor beide exoten dat deze vaak in combinatie voorkomen met de grote brandnetel en de gewone braam. De reuzenbalsemien stond vaak in combinatie of nabij de rompgemeenschap *Epilobium hirsutum*.

Voorwoord

Voor u ligt de rapportage van een pilot onderzoek naar de verspreiding van de reuzenbalsemien, duizendknoop en de reuzenberenklauw. Voor de reuzenbalsemien en de duizendknoop is ook onderzoek gedaan naar de impact van deze soorten op de ecologie. Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het expertise centrum exoten. Het veldwerk is uitgevoerd in de gemeente Arnhem.

Graag zouden wij Hein van Kleef van Stichting Bargerveen en Ruud Beringen van Stichting Floron willen bedanken voor hun begeleiding bij dit onderzoek. Jan Floor van de gemeente Arnhem zouden wij graag willen bedanken voor zijn hulp bij het inzichtelijk krijgen van het beheer van de gemeente. Leni Duistermaat en Ben Zonneveld van Naturalis zouden wij graag willen bedanken voor hun hulp bij het analyseren van het DNA van het plantenmateriaal. Ook de medewerkers van Stichting Bargerveen willen wij bedanken voor hun advies. Alle andere mensen die betrokken zijn geweest bij dit onderzoek willen wij bij deze ook graag bedanken.

Nienke Brouwer en Tomas De Gooijer
19 december 2012, Velp

Inleiding

Dit onderzoek is uitgevoerd naar drie invasieve exoten in Nederland. Het gaat om de duizendknoop complex *Fallopia spec*, reuzenbalsemien *Impatiens glandulifera* en de reuzenberenklauw *Heracleum mantegazzianum*. Voor de duizendknoop is er gekeken naar de Japanse duizendknoop *Fallopia japonica*, Sachalinse duizendknoop *Fallopia sachalinensis* en de bastaard duizendknoop *Fallopia x bohemica*. Hiervoor is een onderzoeksgebied binnen de gemeente Arnhem gekozen. Het onderzoek is gericht op de ecologie, verspreiding en invloed op de omgeving van de reuzenbalsemien en de duizendknoop. Voor de reuzenberenklauw is er alleen gekeken naar de verspreiding. In hoofdstuk 2 staat een uitgebreide beschrijving van deze soorten. In dit hoofdstuk wordt het kader en de aanleiding van dit onderzoek beschreven en vervolgens de leeswijzer.

1.1 Kader

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van een afstudeeropdracht van de opleiding bos- en natuurbeheer te van Hall Larenstein in Velp. De opdrachtgever is het Nederlandse Expertise Centrum Exoten. Dit is een samenwerkingsverband van verschillende partijen in Nederland die met exoten te maken hebben waaronder Natuurplaza. Vanuit deze organisatie zijn Stichting Bargerveen en Floron betrokken bij dit onderzoek.

1.2 Aanleiding

De duizendknoop, reuzenberenklauw en de reuzenbalsemien zijn invasieve exoten in Nederland. Invasieve exoten zijn volgens de definitie van de Nederlandse voedsel en warenautoriteit: *Een plant, dier, of ander organisme, die van nature niet in Nederland voorkomt. Deze exoten komen door menselijk handelen in ons land terecht. Het gaat hierbij niet om soorten die elders in Europa inheems zijn en door klimaatsverandering oprukken naar Nederland. Een klein deel van de exoten voelt zich prima thuis in z'n nieuwe omgeving. Deze soorten kunnen zich vestigen in onze natuur en zich snel vermeerderen. Dit zijn de zogenaamde invasieve exoten.* (www.vwa.nl)

De negatieve gevolgen voor de ecologie komen voort uit het feit dat deze drie exoten de inheemse vegetatie kunnen verdringen en op lokale plekken monoculturen kunnen vormen. Doordat voor elk van deze soorten geldt dat ze in de winter afsterven ontstaan bij monoculturen kale plekken in de winter, waardoor erosie kan ontstaan. Dit kan leiden tot economische schade, denk hierbij aan taluds, dijken en oevers (Kesters, 2010). De bestrijding gaat vaak over langere termijn en is arbeidsintensief, wat hoge kosten met zich meebrengt.

Al jarenlang wordt er aan gewerkt om deze planten te bestrijden. De bestrijdingsmethodes zijn echter duur, arbeidsintensief en niet altijd succesvol. Daarnaast kunnen deze planten terugkeren vanuit plekken waar deze niet wordt bestreden. Er zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd naar de bestrijdingsmethodes. Er is echter nog relatief weinig bekend over de ecologie van deze soorten in Nederland en welke invloeden en relaties zij hebben op de standplaatsen en omgeving, betreffende de macro- invertebraten en bodemcondities.

Dit onderzoek is interessant voor het Nederlandse expertisecentrum exoten, terreinbeheerders zoals gemeentes, waterschappen en overige partijen die te maken hebben met duizendknoop, reuzenberenklauw en reuzenbalsemien. Zij hebben behoefte naar kennis over deze soorten, met name over de biotische en abiotische condities en mechanismen welke invloed hebben op de vestiging en uitbreiding van deze soorten.

1.3 Probleemstelling

Voor dit onderzoek is de volgende hoofdvraag opgesteld:

Onder welke omstandigheden komen duizendknoop (Fallopia spec.), reuzenberenklauw (Heracleum mantegazzianum) en reuzenbalsemien (Impatiens glandulifera) voor, door welke factoren wordt hun abundantie gestuurd en hoe kunnen deze soorten in de volgende jaren goed gemonitord worden?

Deze hoofdvraag is opgedeeld in de volgende zeven deelvragen. Deze zijn onder te verdelen in zes verschillende onderwerpen namelijk: verspreiding, bodemchemie, macro- invertebraten, vegetatiestructuur, beheer en aanbevelingen.

Verspreiding

Waar komen duizendknoop complex, reuzenberenklauw en reuzenbalsemien voor binnen de drie verschillende af gekaderde gebieden?

Hoe groot zijn de oppervlaktes waar deze soorten voorkomen en/of in welke aantallen komen deze per locatie voor?

Bodemchemie

Is er een relatie tussen de bodemchemie en de vestiging en uitbreiding van de soorten?

Macro- invertebraten

Is er een relatie tussen activiteit van het bodemleven en het voorkomen van invasieve soorten?

Vegetatiestructuur

Is er een relatie waarneembaar tussen de vegetatiestructuur en het voorkomen van de soorten

Beheer

Is er een relatie tussen toegepast beheer binnen de drie af gekaderde gebieden en het voorkomen van de soorten?

Aanbevelingen

Welke parameters kunnen het beste gemeten worden bij monitoring van deze soorten om relaties te kunnen leggen met uitbreiding van deze soorten?

1.4 Doelstelling

Dit afstudeeronderzoek is de start van een meerjarig onderzoek. Er is verkend welke factoren invloed kunnen hebben op de uitbreiding van duizendknoop *Fallopia spec.* en reuzenbalsemien *Impatiens glandulifera,* en welke impact ze hebben op de ecologie. Hiervan zijn ook data verzameld welke de basis vormen voor verdere monitoring. Voor de reuzenberenklauw is gekeken naar de verspreiding van deze soort binnen de onderzochte gebieden.

Daarnaast worden aanbevelingen gegeven voor vervolgonderzoek naar de verspreiding en ecologie van deze exoten.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk twee worden de drie exoten beschreven. Hierbij wordt ingegaan op de herkomst en de bestrijding van de soorten. In dit onderzoek is onderscheid gemaakt tussen de Japanse duizendknoop, de boheemse duizendknoop en de Sachalinse duizendknoop. Wanneer niet specifiek een van de complexsoorten van de duizendknoop wordt bedoeld, wordt dit aangeduid met enkel duizendknoop. Bij specificatie is de soortnaam toegevoegd.

Hoofdstuk drie gaat in op de deelgebieden die zijn gebruikt voor het onderzoek, namelijk Meinerswijk, Arnhem- Zuid en Arnhem- Noord.

Hoe het onderzoek is uitgevoerd wordt in hoofdstuk 4 beschreven. Om de methode overzichtelijk te houden is dit hoofdstuk opgedeeld in vier subhoofdstukken. Het gaat om verspreiding, bodemchemie, macro- invertebraten en de vegetatiestructuur. Deze opdeling is gebaseerd op de deelvragen van dit onderzoek.

In hoofdstuk vijf worden de resultaten van het onderzoek besproken. Wederom is voor dit hoofdstuk de subhoofdstuk- indeling gebaseerd op de deelvragen. Als eerste worden de resultaten van de verspreiding besproken. Daaropvolgend komen de resultaten van de bodemchemie, de macro- invertebraten en van de vegetatiestructuur. De subhoofdstukken zijn opgedeeld per exoot soort. Per subhoofdstuk wordt eerst het duizendknoop complex behandeld, daarop volgend de reuzenbalsemien. In het geval van de verspreiding komt als laatste de reuzenberenklauw aan bod.

Na hoofdstuk vijf de resultaten wordt in hoofdstuk zes de discussie behandeld.

In hoofdstuk zeven worden conclusies getrokken aan de hand van de resultaten. Ook hierbij is de opbouw volgens de deelvragen. Eerst de verspreiding dan de veldcondities en de macro-invertebraten en als laatste de vegetatiestructuur. De deelvraag over de monitoring wordt in het hoofdstuk aanbevelingen behandeld. Dit hoofdstuk is tevens opgedeeld per deelvraag, als eerst de verspreiding met daarop volgend de bodemchemie, macro- invertebraten en vegetatiestructuur. Er wordt ingegaan op de methode en welke onderzoeken interessant zijn om verder uit te werken.

In dit rapport worden een aantal woorden en termen veel gebruikt. Deze worden nu toegelicht zodat de betekenis ervan duidelijk is.

Binnen buiten / in out:	Met binnen en in wordt binnen de groeiplaats van een monocultuur bedoeld. Buiten of out duiden op buiten de groeiplaats van een exoot
Groeiplaats:	De plek waar een exoot groeit
Natuurlijke begroeiing:	De (vaak natuurlijkere) begroeiing buiten de groeiplaats van een exoot. Hier is naast vegetatie ook soms sprake van beplanting
Plot:	Een groeiplaats waar extra onderzoek is gedaan naar de bodemcondities of macro- invertebraten

2. Soortenbeschrijving

Dit onderzoek draait om drie invasieve exoten. In dit hoofdstuk worden deze drie soorten behandeld, waar ze voorkomen, de bestrijding en de groeiplaatsen in de gemeente Arnhem.

2.1 Japanse duizendknoop *Fallopia japonica*

Figuur 1, 2 en 3 Japanse duizendknoop (T.F.J. De Gooijer)

Herkomst: Japan
Levensduur: overblijvende plant
Bloeimaanden: augustus- september
Voortplantingswijze (in Europa): voornamelijk vegetatieve voortplanting

In Europa komt de Japanse duizendknoop op uiteenlopende plaatsen voor. Zolang de omstandigheden niet te voedselarm en te droog zijn (SynBioSys, 2012). De duizendknoop verdraagt niet veel schaduw. De groeiplaatsen zijn vaak sterk beïnvloed door menselijk handelen. Hoofdzakelijk heeft de plant zich in Europa verspreid zonder zaadproductie maar met wortelstokken (Alberternst en Böhmer, 2011)

Soorten

Voor Nederland zijn er twee inheemse *Fallopia* soorten, namelijk de zwaluwtong *Fallopia convolvulus* en de heggenduizendknoop *Fallopia dumetorum*, beide zijn windende soorten. Daarnaast komt in Nederland nog een uitheemse *Fallopia* voor: de Chinese bruidsluier *F. baldschuanica,* deze plant komt oorspronkelijk uit Midden Azië (Duistermaat, 2012). Voor dit onderzoek is er onder andere gekeken naar de Japanse duizendknoop, naast de Japanse komt er in Nederland ook de Sachalinse duizendknoop *Fallopia sachalinensis* voor en de kruising tussen deze twee soorten, de boheemse duizendknoop *Fallopia x bohemica*. Deze twee soorten en ondersoorten zijn ook meegenomen in het onderzoek. In bijlage B staat een kruisingsschema, om de kruisingen en variëteiten overzichtelijk weer te geven.

Van de *F. japonica* worden weer twee variëteiten onderscheiden. Zo komt in Nederland de *F. japonica* var. *japonica* voor, deze ondersoort heeft enkel vrouwelijk bloemen, als er pollen worden geproduceerd dan zijn deze steriel. Voortplanting is geheel vegetatief. Een andere variëteit is de *F. japonica* var. *compacta*, deze heeft in tegenstelling tot de variëteit japonica rode bloemen. De planten zijn of vrouwelijk of mannelijk. De *var. compacta* is afkomstig uit de bergen van oostelijk Azië en is een dwergvorm. In Nederland is een hybride aangetroffen tussen deze twee variëteiten namelijk de *F. japonica* var. *japonica* x var. *compacta*. Deze hybride heeft witte mannelijk functionele bloemen. Bij bestuiving van de mannelijke fertiele planten met de vrouwelijke fertiele planten komen zaden voort welke in enkele gevallen kiemkrachtig blijken te zijn. Dit is onder andere in Duitsland en de Verenigde Staten gevonden (Alberternst en Böhmer, 2011). Ook in Nederland zijn in laboratoria kiemkrachtige zaden ontdekt welke zich voorbij het kiemlob stadium ontwikkelen. Het is echter nog niet duidelijk in welke mate dit type groeikrachtig is in de vrije natuur (L. Duistermaat, 2012).

De Sachalinse duizendknoop is afkomstig uit het noorden van Japan, rond 1850 is deze soort in Europa gekomen (Bailey, 2007).

De duizendknopen zijn als tuinplanten in onder andere Europa geïntroduceerd en verspreid. Later zijn deze verwilderd in de natuur waarbij ze zich uitsluitend vegetatief hebben verspreid. De

Japanse en Sachalinse duizendknoop zijn in hun oorspronkelijke verspreidingsgebied vooral pionier planten welke dus alleen op kale gronden kiemen. Tussen andere begroeiingen zijn de kiemplanten niet concurrentiekrachtig genoeg om door te groeien. Hierdoor zijn deze planten in het natuurlijke verspreidingsgebied niet zo invasief. Wanneer deze zich wel ergens hebben gevestigd kunnen ze wel een tijd dominant aanwezig zijn aldus R. Beringen.

Bestrijding

Bestrijding met herbiciden wordt gezien als de meest kosten efficiënte methode. Een succesvolle werking hiervan duurt echter lang. Maaien als bestrijding wordt afgeraden doordat de plant zich gemakkelijk via het maaisel weer kan verspreiden. De Engelse organisatie CABI (Centre for Agricultural Bioscience International) heeft een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar mogelijk natuurlijke vijanden van deze soort in Japan. Hieruit zijn een schimmelsoort en een bladvlo geschikt bevonden. Deze benadelen enkel de Japanse duizendknoop en niet de Engels inheemse flora. Daarnaast kunnen deze natuurlijke vijanden zich handhaven in het Engelse klimaat. Uit het onderzoek is later gebleken dat volledige bestrijding van de plant met deze natuurlijke vijanden niet haalbaar is maar enkel het in toom houden van uitbreiding. (Groot, de en Oldenburger 2011)en (www.cabi.org)

2.2 Reuzenbalsemien *Impatiens glandulifera*

Figuur 4, 5 en 6 Reuzenbalsemien (J. Lehmuskallio)

Herkomst: Himalaya
Levensduur: eenjarig
Bloeimaanden: juli t/m oktober
Voortplantingswijze: zaadverspreiding

De reuzenbalsemien kan ongeveer overal groeien maar gedijt het beste op vochtige, voedselrijke en stikstofrijke groeiplaatsen (SynBioSys, 2012). De reuzenbalsemien komt met name voor op kruidenrijke oevers en in biotopen die door menselijk handelen zijn beïnvloed of gecreëerd zoals bermen, weides en braakliggende gronden. De zaden hebben een sterke kiemkracht (80%) maar kunnen echter vaak maar één winter overleven, waardoor deze soort geen zaadbank ontwikkeld.

De reuzenbalsemien is een laatbloeier waardoor deze plant voor veel insecten interessant is. Om deze reden is de reuzenbalsemien bij imkers populair, imkers hebben bijgedragen aan de verspreiding van deze soort (de Groot en Oldenburger 2011). Tevens geven de bloemen kleur aan het landschap wanneer de herfst begint wat over het algemeen gewaardeerd wordt. Net als het feit dat de zaden van de reuzenbalsemien interessant zijn voor kinderen doordat deze openspringen wanneer je er tegen aan tikt.

Bestrijding

Machinaal maaien en uittrekken zijn effectieve methoden om deze soort te bestrijden, mits deze maatregelen regelmatig worden uitgevoerd. Het wortelstelsel van de reuzenbalsemien is oppervlakkig en beperkt van omvang wat het uittrekken gemakkelijk maakt. Daarnaast kan er ook voor chemische bestrijding worden gekozen met glyfosaat (RoundUp). Behandeling met glyfosaat wordt afgeraden, omdat de reuzenbalsemien vaak bij open water voorkomt. Voor fauna kan glyfosaat acuut toxisch zijn, de toxiciteit is wel laag, (de Groot en Olderburger, 2011)

Begrazing is minder effectief als bestrijdingsmaatregel, doordat er vaak aantrekkelijkere soorten aanwezig zijn voor de grazers wat voedingswaarde betreft. Bovendien groeit de reuzenbalsemien vaak op plekken waar runderen en schapen moeilijk bij kunnen. Op een natuurlijke manier kan de *Impatiens glandulifera* bestreden worden door eutrofiëring van oevervegetaties tegen te gaan en door overstroming in het groeiseizoen. Het tegengaan van de eutrofiëring zorgt ervoor dat de inheemse vegetatie, welke beter is aangepast aan de omstandigheden, de kans krijgt om de reuzenbalsemien weg te concurreren. Dit is echter een lastige maatregel om uit te voeren en vaak niet effectief. (Groot, de en Oldenburger, 2011)

2.3 Reuzenberenklauw *Heracleum mantegazzianum*

Figuur 7 (P. Pysek) 8 (W. Woyke) en 9 (T.F.J. De Gooijer) Reuzenberenklauw

Herkomst: Westelijke Kaukasus
Levensduur: twee- of meerjarige plant
Bloeimaanden: juni en juli
Voortplantingswijze: zaadverspreiding

Op bijna alle voedselrijke, niet te droge gronden met een intensief beheer kan de berenklauw groeien. De soort groeit het beste op humeuze, vochtige gronden (SynBioSys, 2012) in de volle zon. Het gaat, net als bij de duizendknoop, vaak om terreinen die sterk zijn beïnvloed door de mens. Ondanks dat het zaad zeven jaar oud kan worden, zal het grootste deel (90%) het eerste jaar ontkiemen of vergaan na één winter. De reuzenberenklauw lijkt op de gewone berenklauw welke inheems is in Nederland. De gewone berenklauw is echter kleiner (max. 1,5 meter) tegenover 4 meter die de reuzenberenklauw kan bereiken.

Het sap van de reuzenberenklauw en de brandharen van de plant kunnen bij aanraking met de huid en in combinatie met zonlicht (UV- straling) brandwonden veroorzaken.

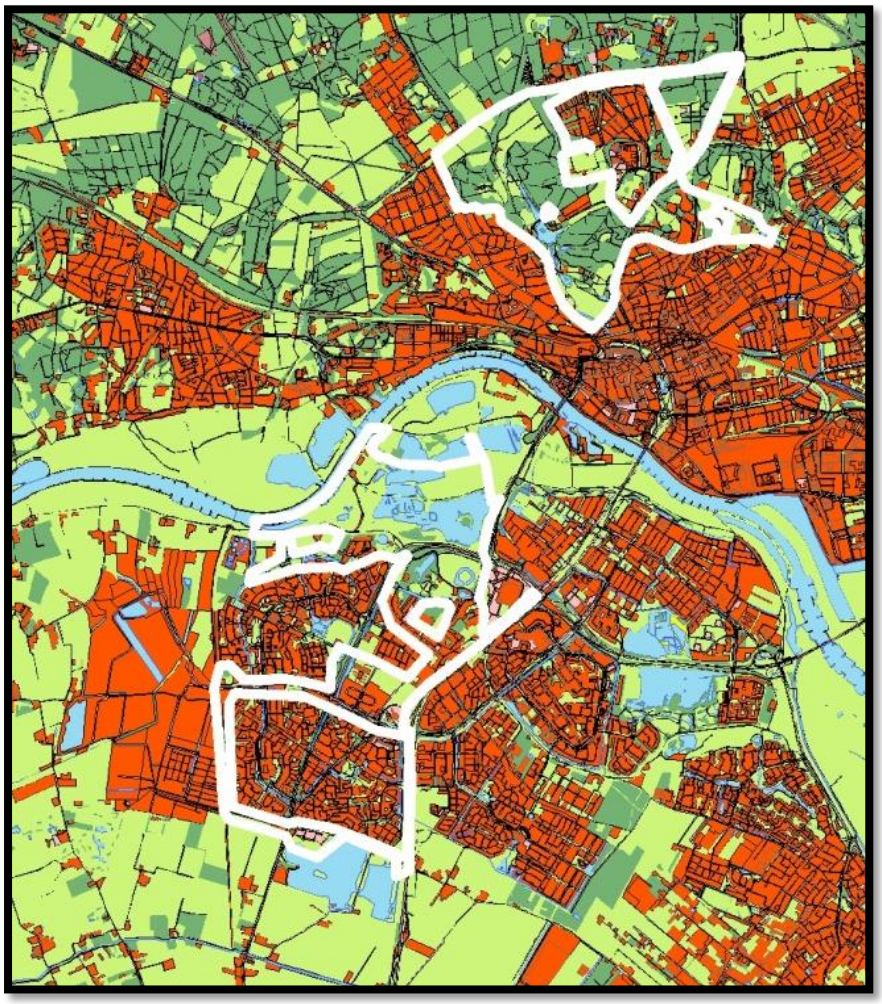
Bestrijding

Bestrijding van de reuzenberenklauw is een langdurig proces. Er zijn verschillende methodes mogelijk, namelijk: uitsteken van de planten, maaien, begrazen en chemische bestrijding. Een combinatie van deze methoden is het meeste effectief. Bij bestrijding door te maaien dient er op te worden gelet dat het maaisel wordt afgevoerd, dit om verspreiding van zaden te voorkomen. Bij het uitsteken van de plant zal de plant niet in een keer verdwijnen. Het uitsteken houdt in dat de wortel

op ongeveer 10 cm diepte wordt afgesneden, met bijvoorbeeld een spade. Pas na 2-3 keer uitsteken zal de plant door uitputting afsterven. De ideale tijd voor het afsteken van de wortel is in het vroege voorjaar met herhaling in de zomer. Het afsteken is een goed werkende methode, echter wel arbeidsintensief. Het wordt aangeraden deze methode alleen toe te passen op alleen staande planten of kleine invasies. Maaien is een effectieve methode voor grote opstanden. Het maaien dient 2 á 3 keer per groeiseizoen te gebeuren om de planten goed uit te putten. Bestrijding met behulp van begrazing is net zo effectief als intensief maaien. Wanneer er voor begrazing word gekozen dient er op te worden gelet dat hiermee vroeg in het seizoen wordt gestart. Grazers verkiezen jong plant boven oudere bladeren. Doordat de grazer de bovengrondse delen verwijderd wordt hiermee fotosynthese voorkomen, wat de plant uitput. Grazers met pigment zijn niet gevoelig voor het fototoxische sap van de reuzenberenklauw. Schapen worden als beste begrazers gezien. (Nielsen, 2005).

3. Onderzoeksgebied

Er zijn drie gebieden (figuur 10) in Arnhem onderzocht op het voorkomen van de duizendknoop, reuzenbalsemien en reuzenberenklauw. Het gaat hier om Meinerswijk, Arnhem- Zuid en Arnhem-Noord. In dit hoofdstuk worden deze gebieden uitgebreider beschreven.



Figuur 10 Overzicht Arnhem en de onderzoeksgebieden

3.1 Meinerswijk

Meinerswijk is gelegen in de uiterwaarden van de Neder-Rijn. Het gebied bestaat hoofdzakelijk uit kleigronden en deels zandgronden welke afzettingen zijn vanuit de rivier. In de 19de en 20ste eeuw is in Meinerswijk veel klei gewonnen door drie fabrieken welke hier actief geweest zijn van 1874 tot 1980. De kleigaten die daarbij zijn ontstaan zijn rond 1930 deels gevuld met afval. In 1991 is er bodemonderzoek gedaan, hieruit is gebleken dat ongeveer 35 ha aan vervuilde grond aanwezig is. Eén van de plassen is ontstaan door zandwinning voor de wegenbouw.

Vanaf 1991 wordt Meinerswijk beheerd als een uiterwaardenpark met een belangrijke waterbergende functie. Wanneer de IJssel grote hoeveelheden water moet afvoeren worden de doorlaatbruggen bij Driel en Malburgen opengezet. Meinerswijk verandert dan tijdelijk in een spaarbekken. Om het gebied open te houden, zodat de waterbergende functie behouden blijft, worden er grazers ingezet. Galloway runderen en Konikpaarden houden het gebied open, de paarden verblijven jaarrond in het gebied. De grauwe gans houdt de waterrijke delen open. Aanvullend wordt boomopslag verwijderd op plekken welke belangrijke zijn voor de hoogwaterdoorstroming. Hedendaags bestaat het gebied uit waterrijke gedeeltes, ruigtes en wilgenbosjes. (www.ivnarnhem.nl en www.natuurlandschap.nl)

3.2 Arnhem- Zuid

Arnhem- zuid is een uitbreiding van de stad Arnhem aan de zuidzijde van de Neder-Rijn. De bodem bestaat oorspronkelijk vooral uit kleirijke riviergronden maar binnen de woonwijken zijn ook veel zandbodems aangevoerd. Voor de verspreiding van de drie exoten is binnen de wijken Elden, Elderveld en de Laar onderzoek gedaan. Hierbij zijn vooral de groenstroken en parken tussen de woonwijken geïnventariseerd en zijn de woonwijken zelf buiten beschouwing gelaten. (zie verspreidingskaart bijlage A) Ten opzichte van Arnhem- Noord, zijn er geen grote parken in dit gedeelte van Arnhem.

3.3 Arnhem- Noord

In de parken Zijpendaal, Sonsbeek, Klarenbeek en de Gulden bodem is gezocht naar het voorkomen van de drie exoten. De parken liggen op de droge zandgronden op rand van de stuwwal ten noorden van Arnhem.

De parken bestaan voor het grootste deel uit beukenbos, de overige delen bestaan vooral uit graslanden en vijvers. Het oppervlakte van de parken samen is ongeveer 200 ha. Aan de rand van park Klarenbeek en park Zijpendaal zijn volkstuinen aanwezig, in de omgeving hiervan is de verstoring door het storten van tuinafval in openbaar terrein groter.

4.Methode

In dit hoofdstuk is er per deelvraag beschreven op welke de gegevens zijn verkregen. Dit geeft een duidelijk overzicht welke methoden zijn gebruikt.

4.1 Verspreiding

De verspreiding van de drie soorten is in kaart gebracht door middel van kaartonderzoek en veldwerk. Via de gemeente Arnhem is kaartmateriaal verzameld wat betreft het voorkomen van deze soorten binnen de gemeente. In het veld is gekeken naar de reeds bekende groeiplekken maar ook naar nieuwe groeiplekken. Het natuurgebied en tevens stadspark Meinerswijk is volledig onderzocht. In Arnhem- Zuid is bewust gekeken aan de rand van woonwijken en stadsparken. De parken in Arnhem- Noord zijn net als Meinerswijk volledig onderzocht, daarnaast is er in het bebouwd gebied tussen de parken ook gekeken naar het voorkomen van deze exoten. In het veld zijn de gevonden groeiplaatsen ter plekke ingemeten met behulp van een Global Positioning System, kortweg GPS. Hiervoor is gebruik gemaakt van de Garmin 60CX. Afhankelijk van de grootte van de groeiplekken is de locatie ingemeten als een vast punt of reeks metingen welke het oppervlakte vastleggen in de vorm van een zogenoemde “track”. Op plaatsen waar de GPS een verlaagd ontvangst had is als aanvulling groeiplaats ook handmatig ingetekend. Groeiplekken kleiner dan een geschatte 5m^2 zijn als één punt ingemeten. Daarnaast zijn de coördinaten genoteerd als back- up. Ter plekke zijn er naast de coördinaten de soort (in geval van de duizendknoop), datum, manier van inmeten, terreingebruik en bedekkingsgraad genoteerd. Bij groeiplaatsen waarvan niet het oppervlakte is ingemeten zijn het aantal individuen genoteerd. Na het veldwerk zijn de GPS gegevens verwerkt met het programma DNR Garmin. Voor het gebruik van dit programma is de handleiding Using DNRGarmin – A Quick Start Guide van Carl Beyerhelm (2008) geraadpleegd. Hiermee zijn de coördinaten geïmporteerd in de computer met het Nederlandse coördinaten stelsel Amersfoort ook wel bekend als Rijksdriehoekstelsel new, kortweg RD new. Vanuit DNR Garmin zijn de punten en vlakken als shapefiles opgeslagen zodat ze in het programma Arc GIS bruikbaar zijn. In GIS zijn deze verspreidingsgegevens over een basiskaart gelegd waarbij met behulp van een transformatie (transform 84 to Amersfoort using 4X) beide coördinaatsystemen gelijk zijn gezet.

In GIS zijn vervolgens de groeiplaatsen gecontroleerd en aan de hand van de getekende groeiplaatsen en de onderliggende kaart aangepast. De afbakening van het onderzoeksgebied is in een extra ‘layer’ toegevoegd.

Er is voor deze methode met GPS gekozen omdat hiermee gemakkelijk veel verschillende groeiplaatsen ingemeten kunnen worden zonder veel voorbereiding en is goed te gebruiken om herhaalde metingen te doen. Als deze metingen in de loop der jaren worden herhaald kan gemakkelijk een duidelijk beeld van de uitbreiding verkregen worden. Deze methode is vaker gebruikt (Nielsen e.a., 2005). De afwijking is acceptabel vooral doordat grote afwijkingen in de meetgegevens zijn gecorrigeerd en er is benoemd waar nog afwijkingen verwacht kunnen worden.

Bij de inventarisatie zijn een aantal bloemdragende *Fallopia* planten gevonden. Daarnaast bleken twee planten ook zaden te dragen. Aangezien alle *Fallopia* planten nauwelijks zaden vormen wat bovendien in maar enkele gevallen kiemkrachtig blijkt te zijn (Alberternst en Böhmer, 2011) (Duistermaat, 2012) zijn hiervan zaden verzameld. Deze zijn in potgrond uitgezaaid en op een lichte warme plek vochtig gehouden om ze goede kiemomstandigheden te bieden. Daarnaast zijn er ook een aantal zaden na het uitzaaien een periode van twee weken in een koelkast geplaatst om zo een winter na te bootsen (koude zaadstratificatie) om een eventuele zaad rust te doorbreken (van Kleef, 2012) (tuinadvies.nl).

Doordat er sprake van kieming was is het onderzoek verder uitgebreid en is getracht te achterhalen welke variëteit van de *Fallopia japonica* ze betroffen. Het DNA is onderzoek met een flowcytometer uitgevoerd. Hiermee zijn door Ben Zonneveld specialist bij Naturalis met de propidium-iodide methode de 2C values van het plantmateriaal gemeten.

4.2 Bodemchemie

Om inzicht te verkrijgen in de bodemomstandigheden van de groeiplaatsen en de mogelijke effecten van de planten zijn bodemgegevens verzameld. De bodemwaarden zijn bepaald per groeiplaats waarvan ook het oppervlakte is ingemeten. Hier zijn 3 of meer bodemmonsters gestoken om een goed gemiddelde te krijgen van deze plek. Daarnaast zijn er op dezelfde wijze ook monsters genomen net naast de groeiplaats. Hierbij is gelet dat de terreinkenmerken overeenkomen zodat het wel of niet voorkomen van de exoot de enige variabele factor is. De gestoken bodemmonsters zijn bewaard in een diepvrieszakje met zip-lock. Tot de analyse zijn deze in de diepvries bewaard om verandering ervan te voorkomen. Twee dagen voor de analyse zijn de monsters weer uit de vriezer gehaald om te ontdooien.

Van de bodemsamenstelling zijn van de volgende variabelen de waarden gemeten:

- Vochtgehalte
- Organisch stofgehalte
- Ionenconcentratie
- Zuurgraad

Vochtgehalte

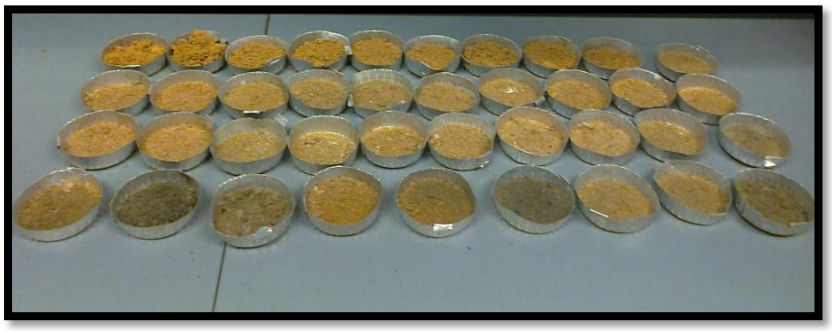
Het vochtgehalte van de bodem wordt bepaald om de ionenconcentratie te kunnen bepalen. Als eerste is een aluminiumbakje gewogen (waarde C). Daarna wordt dit bakje gevuld met het bodemmonster en opnieuw gewogen (waarde A). Het bakje met bodemmonster is één dag bij 105°C (zand en klei bodem) in een stoof gedroogd. Het bakje wordt daarna opnieuw gewogen (waarde B). De waarden zijn op de centigram precies afgewogen. Om het uiteindelijke vochtpercentage te bepalen is de volgende formule toegepast:

$$\text{Vochtgehalte (\%)} = \frac{(A-C)-(B-C)}{(A-C)} \times 100 = \frac{\text{gewicht bodem nat- gewicht bodem droog}}{\text{gewicht bodem nat}} \times 100$$

Organische stofgehalte

De bepaling van het gloeiverlies wordt gedaan door het aluminiumbakje met het gedroogde bodemmonster, zie voorgaande paragraaf vochtgehalte, opnieuw in een oven te zetten. Dit keer is het bodemmonster 4 uur lang verhit bij een temperatuur van 550°C, bij dit uitgloeien wordt de organische stof verbrand (zie figuur 11). Het uitgegloeide monster is vervolgens weer gewogen (waarde D).

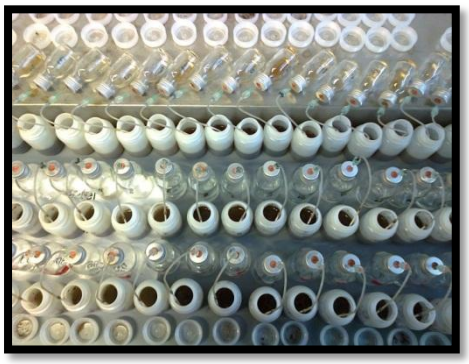
$$\text{Gloeiverlies (\%)} = \frac{(B-C)-(D-C)}{(B-C)} \times 100 = \frac{\text{gewicht bodem droog- gewicht bodem gegloeid}}{\text{gewicht bodem droog}} \times 100$$



Figuur 11 Uitgegloeide bodemmonsters (N.L. Brouwer)

Ionenconcentratie

Voor de chemische analyse van het bodemwater is met Milliq water , een NaCl- oplossing en met $NaHCO_3$ (olsen) een uitschud monster gemaakt. Voor de Milliq oplossingen is 17,5 gr afgewogen in een 125 ml HDPE pot, hierbij is 50ml MilliQ toegevoegd. Voor de oplossing met zout is ook 17,5 gr afgewogen maar bij dit monster is 50 ml 0.2M NaCl-oplossing toegevoegd. Voor de olsen oplossing is 3,0 gr afgewogen waarbij 60 ml $NaHCO_3$ is toegevoegd. De potten zijn een uur geschud op de schudmachine met een snelheid van ±100rpm. In alle potten zijn lysi meters geplaatst welke aan een vacuüm 100ml infuusflesje zijn verbonden, deze hebben voor minstens twaalf uur in het geschudde monster gestaan (zie figuur 12 en 13). De volgende stap is het vullen van een ICP- buis van 10ml met een deel van het bodemextract en 0,1 ml salpeterzuur, deze wordt in de koelcel bewaard. De rest van het monster wordt in een polyethleenpotje. Dit geldt wederom alleen voor de bodemmonsters met Milliq en met NaCl. Van de oplossingen met olsen wordt alleen 10ml in een reageerbuisje gedaan. Aan de waterextracten worden met de AutoAnalyser: Na, K, Cl, o-P04, NO3 en NH4 gemeten met de ICP-oes wordt: Al, Ca, Mg, Mn, Fe, Si, t-P, t-S en Zn gemeten. Aan de zoutextracten worden met de AutoAnalyser: K en NH4 gemeten. Op de ICP-oes worden de volgende metingen gedaan: Al, Ca, Mg, Mn, Fe, t-P, t-S en Zn. Al deze metingen zijn in µmol/l en moeten worden omgerekend naar µmol/gram droge bodem. Hiervoor wordt het reeds gemeten vochtgehalte gebruikt.



Figuur 12 en 13, Het maken van Bodemextracten met lysimeters aan vacuüm infuuspotjes (T.F.J. De Gooijer)

Zuurgraad

In het proces van het meten van de Ionenconcentraties is ook de zuurgraad bepaald. Na het schudden van de bodemmonsters is de pH gemeten voordat de extracten met de lysimeters zijn getrokken. Van de geschudde monsters met Milliq en met NaCl is de pH gemeten, de gemiddelden van deze twee metingen zijn bij verdere analyses gebruikt.

Analyse

Uit alle metingen aan de bodem is een overzicht met gegevens voort gekomen. Om inzicht te verkrijgen in deze gegevens zijn deze geanalyseerd met het statistische programma SPSS van IBM. Met een statistische toets is gecontroleerd of de verschillen niet op toeval berusten, oftewel of een statistisch verschil is. De eigenschappen van de gegevens bepalen welk soort toets hiervoor geschikt is.

Alle gegevens zijn gepaard, er zijn waarden van binnen de groeiplaatsen van de exoten en waarden van daarbuiten. Een waarde van een variabele binnen een plot vormt samen met de waarde van buiten een paartje. Omdat het aantal verschillende groeiplaatsen waarvan de waarden zijn gemeten minder dan dertig is kan er bij het gebruik van statistische toetsen niet worden uitgegaan dat de gegevens een normale verdeling betreffen. De gegevensreeks betreft dus gepaarde waarnemingen met een niet normale verdeling, een bijpassende statistische toets hiervoor is de Wilcoxon toets.

De Wilcoxon toets berekend per paartje de som oftewel het verschil tussen, in dit geval, de waarde binnen en buiten de plot. De eerste uitkomst van deze toets is een tabel met een samenvatting van deze gegevens. Hierin staan onder andere het aantal negatieve en positieve uitkomsten.

Aan de hand van deze gegevens berekent de toets uiteindelijk de significantie welke in de tweede uitkomst van de toets wordt weergeven. Door bij de opties van de test voor een extra exacte berekening te kiezen worden in de uitkomst naast de 2-tailed significantie ook de exacte 2-tailed en 1-tailed significanties getoond. Als van te voren zeker is dat alle waarden of hoger of lager liggen kan van naar de eenzijdige (1-tailed) significantie gekeken worden. In andere gevallen moet de tweezijdige gekozen worden. Voor de bodemgegevens geld dus de tweezijdige significantie. Er wordt van een significant verschil gesproken wanneer dit verschil met minstens 95% zekerheid aangetoond kan worden. Dit houdt in dat de toets uitkomst lager moet zijn dan 0.05.

Met deze Wilcoxon test zijn de significanties van de verschillen tussen binnen en buiten berekend.

Daarnaast is er een test gedaan waarbij onderscheid is gemaakt tussen nutriënten rijke en nutriënten arme bodems. Dit onderscheid is gemaakt naar aanleiding van een onderzoek van Nicolas Dassonville et al. uit 2008. Uit dit onderzoek blijkt het verschil in nutriëntenrijkdom in de bodem binnen en buiten groeiplaatsen van verschillende invasieve exoten vooral voorkomt bij de bodems met lage nutriënten concentraties.

De gegevens zijn in twee groepen verdeeld, plots met lage en plots met hoge nutriëntenconcentraties. Deze verdeling is gebaseerd op de gemeten waarden fosfaat, ammonium, nitraat en fosfor, welke een goede maat zijn voor het nutriëntengehalte (A. de Vries-Brock, 2012). Aan de hand van deze waarden is een splitsing gemaakt in de nutriënten rijkere helft van de plots en de nutriënten armere helft. Dit is gedaan door de plots welke voor minstens drie van deze variabelen hogere waarden dan het gemiddelde of voor twee variabelen waarden bij de hoogste 25% hebben zijn ingedeeld zijn bij hoge nutriëntenwaarden. De overige plots vormen die met lage nutriëntenwaarden. Vervolgens zijn deze twee aparte groepen weer met de Wilcoxon test geanalyseerd.

Naast het onderscheid in nutriënten is er ook een verdeling gemaakt op basis van de zuurgraad. Dit is gedaan om te verkennen of de verschillen niet alleen sterker zijn op nutriënten arme bodems maar ook zuurdere bodems. De plots zijn hierbij ingedeeld in zure bodems (pH buiten <6) en neutrale bodems (pH buiten > 6). Ook deze twee aparte groepen zijn met de Wilcoxon test geanalyseerd.

4.3 Macro- invertebraten

Om een beeld te krijgen van de activiteit van macro- invertebraten binnen de monocultuur groeiplekken is hier onderzoek naar gedaan. Dit is gedaan met behulp van potvallen, hiermee worden gedurende een periode actieve macro- invertebraten gevangen. Dit is gedaan binnen vijf groeiplekken van zowel de duizendknoop als van de reuzenbalsemien.

Alle soorten macro- invertebraten, ongewervelde dieren die nog met het blote oog waarneembaar zijn, hebben elk een eigen functie in het systeem. Door het voorkomen van de soorten te meten kan uiteindelijk inzicht verkregen worden over het functioneren van dit systeem. Hierbij is het vooral interessant om te weten of er verschillen zijn tussen de huidige situatie met begroeiing van een exoot en de natuurlijke begroeiing voordat deze geïnvaseerd werd.

Veldwerk

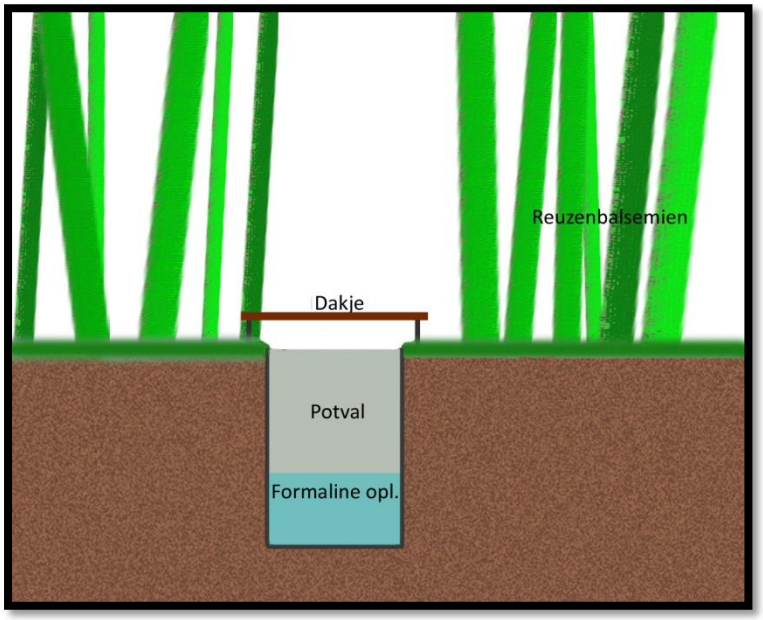
Voor het plaatsen van de vallen zijn van de duizendknoop en de reuzenbalsemien vijf verschillende groeiplaatsen geselecteerd. Hiervoor zijn relatief grote monoculturen en mengingen geselecteerd. De macro- invertebraten is met behulp van potvallen gevangen. Per groeiplek zijn er totaal zes potvallen geplaatst om een representatief beeld te verkrijgen (Boer, 2008). Er zijn drie potvallen binnen en drie potvallen buiten de groeiplek geplaatst. Bij het plaatsen van de vallen buiten de groeiplek is er op gelet dat hier de overige terreinkenmerken zo min mogelijk verschillen

met die van binnen de groeiplaats. Hierdoor zal enkel het voorkomen van de exoot de variabele factor zijn en wordt ook aangenomen dat de vegetatie buiten de oorspronkelijke vegetatie is voordat deze werd geïnvaseerd. Daarnaast zijn de potvallen minimaal drie meter uit elkaar geplaatst.

De vallen zijn per groeiplek op hetzelfde tijdstip geplaatst. Elke potval heeft drie weken gestaan, dit was voor alle potvallen in de maanden september en oktober. De potvallen zijn zo geplaatst dat de rand net onder het maaiveld valt. Op deze manier vallen verschillende passerende soorten macro-invertebraten zoals kevers en mieren gemakkelijk in de pot. Nadat de val geplaatst werd is deze gevuld voor een derde met een oplossing van 4% formaline wat dient als fixatievloeistof. Hierdoor zullen de vangsten geconserveerd blijven. Uiteindelijk is er een deksel geplaatst boven de potval. Door het deksel ongeveer 2 centimeter boven het maaiveld te plaatsen worden ongewenste bijvangsten zoals muizen en kikkers beperkt. Tevens voorkomt het deksel dat bij regenval de val overstroomt, zie figuur 14. Er is ingetekend waar de vallen zijn geplaatst zodat deze gemakkelijker terug te vinden waren.

Nadat de potvallen drie weken hebben gestaan, zijn deze opgehaald. Hierbij zijn de vangsten zorgvuldig uitgezeefd en in verzamelpotten gedaan.

De vangsten van de drie verschillende potten die binnen of buiten de groeiplaats stonden zijn samengevoegd in een verzamelpot. Zo is er van vijf duizendknoop en vijf reuzenbalsemien groeiplaatsen een pot met vangsten van binnen en een van buiten de monocultuur (of menging) verkregen.



Figuur 14 Opstelling potval in het veld, schematische weergave

Determinatie en analyse

Nadat alle potvallen zijn verzameld zijn deze op het laboratorium van de Radboud Universiteit Nijmegen uitgezocht. Het uitzoeken van de macro- invertebraten is per pot uitgevoerd. Hiervoor is de verzamelpot gezeefd waarbij de formaline apart is opgevangen. De zeef met de gevangen macro-invertebraten is daarna in een bak geleegd met een laagje water om gedetermineerd en geteld te worden, zie figuur 15. Vervolgens zijn de vangsten in een klein gelabeld potje met alcohol verzameld om ze te kunnen bewaren voor eventueel vervolgonderzoek.

De verzamelde gegevens zijn uitgewerkt in een Excel bestand. Voor de analyse van de gegevens van de potvallen is gebruik gemaakt van de Wilcoxon toets. Deze toets is ook voor de analyse van de bodemgegevens gebruikt. De werking en interpretatie van deze toets wordt in hoofdstuk 3.2 Bodemchemie onder het kopje analyse nader uitgelegd.

Figuur 15 Uitgezochte macro- invertebraten op petrischaal (T.F.J. De Gooijer

4.4 Vegetatiestructuur

Tijdens het veldwerk is er bij de opname van de groeilocaties van de exoten ook naar de omliggende vegetatie gekeken. Om een globaal beeld hiervan te verkrijgen is gekeken naar de dominante soorten. Hierbij is de bedekkingsgraad per soort opgenomen. Er is voor deze methode gekozen om een beeld te krijgen van de vegetatiestructuur rondom en in de groeiplaats van de duizendknoop en de reuzenbalsemien. Er is bewust niet gekozen voor de Braun- Blanquet methode doordat deze methode te uitgebreid is voor dit pilot onderzoek, gekeken naar onder andere het tijdsbestek. De verzamelde veldgegevens zijn in het programma Excel verwerkt.

4.5 Beheer

Naast de standplaats factoren is het beheer een erg belangrijke factor op de uitbreiding van exoten. Tijdens het veldwerk is voor zover het duidelijk was genoteerd welk beheer wordt toegepast per groeiplaats. Dit geeft slechts een indicatie van het soort beheer en geeft geen inzicht in de frequentie. Daarom is als aanvulling hierop een overleg met Jan Floor gehouden, beheerder bij de gemeente Arnhem.

5. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de bevonden resultaten van het onderzoek beschreven per deelonderwerp.

5.1 Verspreiding

In de bijlage zijn de kaarten opgenomen waarop te zien is waar de groeiplaatsen van de drie exoten zijn. De kaarten zijn onderverdeeld per gebied en voorkomen van de soorten. Voor een overzicht en de kaarten zie bijlage A.

Duizendknoop

De groeiplaats van de duizendknoop in Meinerswijk bevindt zich aan de oever tussen de Nederrijn en de steenfabriek. Op deze locatie bevinden zich over een lange strook meerdere kleine groeiplaatsen. Tevens is er een kleine groeiplaats ten noordoosten van de zuidelijke plas.

Ook in Arnhem- Zuid komt de duizendknoop op verschillende plekken voor. Langs de westkant van de dijk aan de Nijmeegseweg bevinden zich verschillende duizendknoop groeiplekken. In Arnhem- Noord komt de Japanse en de boheemse duizendknoop op verschillende plaatsen voor. In park Sonsbeek staat de plant nabij de witte watermolen langs de st. Jansbeek en aan de rand van het openluchttheater. In Zijpendaal bevindt de plant zich aan de rand van de volkstuinen en aan de Zijpendaalseweg. Op een aantal plekken waar de plant voorkomt is te zien dat hier sprake is van tuinafval storting.

De duizendknoop bij de watermolen in park Sonsbeek en die langs de Zijpendaalse weg bleken beide zaad te dragen. De zaden van deze Japanse duizendknoop *Fallopia japonica* planten zijn verzameld en in goede kiemomstandigheden geplaatst, zie paragraaf 4.1 methode verspreiding. Na enkele weken bleken de zaden te kiemen. Van beide moederplanten is ongeveer 10% uitgekomen, zowel de zaden met, als de zaden zonder koude zaadstratificatie.

Omdat het kiemkrachtig zaad van een Japanse duizendknoop betreft is het erg interessant om te achterhalen van welke kruising hier sprake is. Dit is gedaan door middel van onderzoek naar het DNA kerngewicht, methode zie paragraaf 4.1. Uit dit onderzoek is gebleken dat beide kiemplantjes een DNA-kerngewicht van 6.32 picogram hebben. De moederplant bij de watermolen in Sonsbeek (Fj31) heeft een kerngewicht van 9,26 en de moederplant langs de Zijpendaalse weg (Fj38) een kerngewicht van 9,37 picogram. Tot voor deze metingen waren enkel waarden bekend bij meerdere exemplaren van duizendknoop variërend van 7.2 tot 9.6 met een enkele plant welke een waarde van 6,2 had. Van twee duizendknopen welke mogelijke vaderplanten konden zijn, bleek het DNA kerngewicht 9,10 en 9,30.

Reuzenbalsemien

In Meinerswijk komt de reuzenbalsemien veelvuldig voor. Op sommige plekken vormt de plant een monocultuur. In Arnhem- Zuid komt deze exoot voor nabij de volkstuinen aan de zuidzijde van de Drielsedijk. Ook op deze locatie vindt geen bestrijding van de soort plaats. De plant is hier verspreid aanwezig, op enkele plekken vormt deze hier een monocultuur.

In Arnhem- Noord komt de soort voor langs de stadsparken en volkstuinen in wegbermen en op oevers. Op geen enkele locatie vormt de plant dichte monoculturen zoals in Meinerswijk. Bij de volkstuinen aan de rand van park Zijpendaal is deze *Impatiens* in grotere aantallen aanwezig, de verspreiding is echter breder en bestaat uit verschillende individuele groeiplekken rondom en in de volkstuinen. De overige groeiplekken in Arnhem- Zuid bestaan uit enkele individuen.

Reuzenberenklauw

In de gemeente Arnhem wordt de reuzenberenklauw sterk bestreden. Dit heeft voornamelijk te maken met het feit dat deze plantensoorten een gevaar vormt voor de volksgezondheid. Door de sterke bestrijding is de reuzenberenklauw niet of slecht waarneembaar geweest tijdens de inventarisaties. Om deze reden is er een GIS kaart gemaakt met mogelijke groeiplekken van deze exoot. De plekken waarvan wel duidelijk was dat hier berenklauw staat zijn op de algemene verspreidingskaart aangegeven. Zie de kaarten mogelijke verspreiding reuzenberenklauw in bijlage A. De locaties waarvan zeker is dat deze exoot voorkomt is in Meinerswijk, waar zich enkele individuen bevinden in het noordoostelijke puntje aan de Uitweg. In Arnhem- Zuid bevinden zich enkele potentiële plekken, waarvan door de gemeente is aangeduid dat hier deze soort voorkomt. Daarnaast is tijdens het veldonderzoek deze exoot waargenomen nabij de volkstuinen aan de Hannesstraatje en nabij de Rijkerswoerdse plassen.

Door de sterke bestrijding heeft de reuzenberenklauw geen kans om zich uit te breiden en of monoculturen te vormen. Hierdoor is er voor deze exoot geen onderzoek gedaan naar de bodem en het bodemleven doordat hiervoor geen onderzoeksmogelijkheid voor was binnen de gemeente Arnhem.

5.2 Bodemchemie

Binnen en buiten de groeiplaatsen van de reuzenbalsemien en Japanse duizendknoop zijn bodemmonsters genomen welke vervolgens zijn geanalyseerd. Na de analyse met een aantal verschillende methodes zijn een aantal variabelen gemeten, zie hoofdstuk 4.2 methode bodemchemie. De uitkomsten van de Wilcoxon tests in SPSS worden hieronder besproken. Er is ook een verdeling gemaakt in de nutriëntenrijkdom en een verdeling in de pH. De verdeling op nutriënten is gebaseerd op een onderzoek van Nicolas Dassonville et al. uit 2008. Uit dit onderzoek blijkt het verschil in nutriëntenrijkdom in de bodem binnen en buiten groeiplaatsen van verschillende invasieve exoten vooral voorkomt bij de bodems met lage nutriënten concentraties. Naast het onderscheid in nutriënten is er ook een verdeling gemaakt op basis van de zuurgraad. Dit is gedaan om te verkennen of de verschillen niet alleen sterker zijn op nutriënten arme bodems maar ook zuurdere bodems. De resultaten van het bodemonderzoek staan in bijlage C.

Duizendknoop

Uit de analyse van de duizendknoop blijkt dat er voor aluminium een significant verschil is tussen de gemeten bodems binnen de groeiplaats van deze exoot en net daarbuiten. In dertien van de negentien gevallen ligt de aluminium waarden binnen hoger dan buiten. In zes gevallen ligt de waarden buiten hoger. De significantie is 0,036 (tabel 1). Voor de overige gemeten waarden is geen significant verschil aangetoond.

Tabel 1 resultaten analyse bodemgegevens duizendknoop

Fallopia	Verschillen bodemwaarden		
	in >	out >	significantie
pH	9	11	0,906
Org. stof	10	10	0,231
No3	15	5	0,133
NH4	9	11	0,898
o-Po4	13	7	0,409
Na	7	13	0,452
K	13	7	0,143
Cl	11	9	0,622
Mg	11	9	0,571
Mn	11	9	0,498
Fe	13	7	0,388
Si	13	7	0,522
Zn	14	6	0,009
P	13	7	0,498
S	10	10	0,784
Al	13	6	0,036

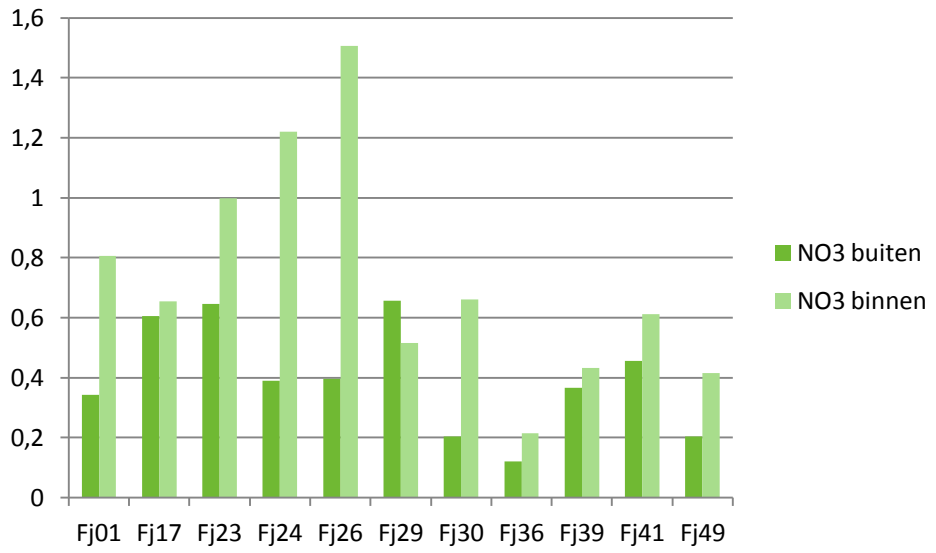
Nutriëntenrijkdom

Er is een indeling gemaakt op de nutriëntenrijkdom. Uit de nutriëntenrijkdom analyse blijkt dat er voor nitraat en fosfaat een significant verschil zit tussen binnen en buiten per plot. Voor nitraat is dit verschil 0,0068. Waarbij in tien van de elf gevallen de nitraat binnen hoger was dan buiten. Voor fosfaat is het significante verschil 0,0244 waarbij in negen van de elf gevallen de fosfaat waarde binnen hoger lag dan buiten. De significante verschillen zitten in de lage nutriënten groep, geen enkele meetwaarde in de hoge nutriënten groep heeft een significant verschil waardoor een trend aantoonbaar is, tabel 2.

Tabel 2 resultaten nutriënten indeling duizendknoop

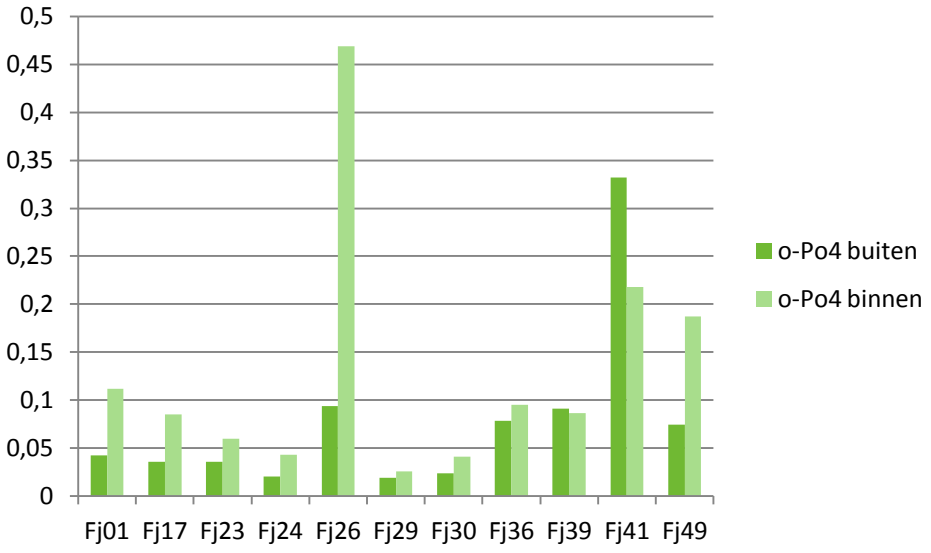
	lage nutriëntenwaarde			hoge nutriëntenwaarde		
	in>	uit>	significantie	in>	uit>	significantie
No3	10	1	0,007	5	4	1
Nh4	4	7	0,831	5	4	0,496
Po4	9	2	0,054	4	5	1
Na	3	8	0,206	5	4	0,652
K	6	5	0,638	7	2	0,074
Cl	5	6	1,000	6	3	0,359
Mg	5	6	0,831	5	4	0,359
Mn	4	7	0,638	6	3	0,129
Fe	7	4	0,240	5	4	0,910
Si	6	5	0,465	7	2	0,203
Zn	7	4	0,175	7	2	0,164
Po4	9	2	0,024	4	5	0,734
Si	5	6	0,700	5	4	0,652
Al	7	4	0,175	6	2	0,195
Al-Ca	6	5	0,413	6	2	0,250
pH	3	8	0,102	5	4	0,652
org. stof	5	6	0,519	5	4	0,426

In grafiek 1 nitraat duizendknoop is te zien dat in de meeste gevallen het nitraat gehalte binnen hoger is dan buiten de groeiplaats van de duizendknoop.



Grafiek 1 nitraat waarden, indeling lage nutriënten duizendknoop

In grafiek 2 zijn de gevonden waarden voor fosfaat weergegeven voor de duizendknoop, welke vallen onder de lage nutriënten groep.



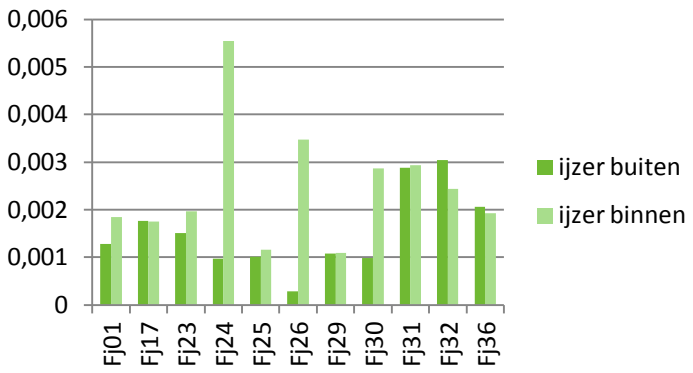
Grafiek 2 fosfaat waarden, indeling lage nutriënten duizendknoop

pH

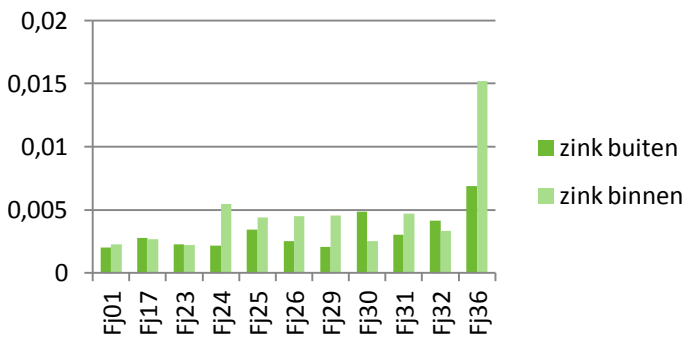
Er is ook een analyse gemaakt op de zure en de neutrale bodems. Uit deze analyse blijkt dat voor de neutrale bodems een significant verschil is bij ijzer (0,024) en zink (0,032), zie tabel 3 resultaten analyse pH duizendknoop. Voor ijzer is in negen van de elf gevallen het ijzer gehalte binnen de groeiplaats hoger dan er buiten. Voor de zink geldt dat in acht van de elf gevallen de waarden binnen hoger ligt dan buiten. In grafiek 3 staan de gemeten waarden voor ijzergehalte. Hierin is te zien dat bij Fj24, Fj26 en Fj30 beduidend meer ijzer in de bodem aanwezig is binnen de groeiplaats dan buiten. In grafiek 4 zijn de gemeten waarden weergegeven die gemeten zijn in de plots die vallen onder de groep neutrale bodem.

Tabel 3 resultaten analyse pH duizendknoop

Fallopia	Verschillen neutrale bodems			Verschillen zure bodems		
	in >	out >	significantie	in >	out >	significantie
pH	5	6	0,894	4	5	1
Org. stof	5	6	0,966	5	4	0,203
No3	9	2	0,067	6	3	0,734
NH4	4	7	0,529	5	4	0,426
o-Po4	8	3	0,638	5	4	0,570
Na	2	9	0,083	5	4	0,652
K	5	6	0,765	8	1	0,008
Cl	4	7	0,320	7	2	0,098
Mg	6	5	0,700	5	4	0,570
Mn	6	5	0,700	6	3	0,098
Fe	9	2	0,024	4	5	0,652
Si	7	4	0,898	6	3	0,301
Zn	8	3	0,032	7	2	0,203
P	7	4	0,765	6	3	0,359
S	5	6	0,320	5	4	0,570
Al	7	4	0,123	6	2	0,109

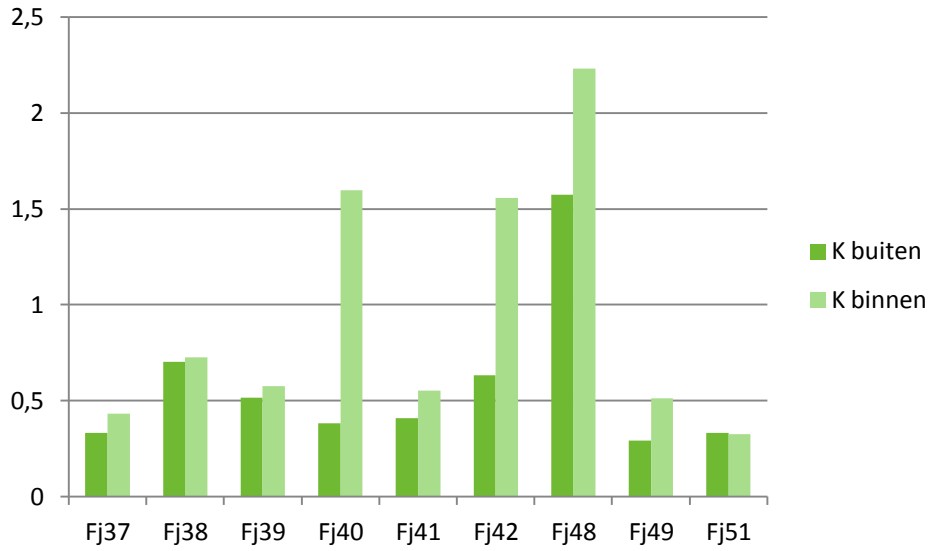


Grafiek 3 ijzer gehalte, indeling neutrale bodem duizendknoop



Grafiek 4 zink gehalte, indeling neutrale bodem duizendknoop

Bij de zure bodems is het kalium gehalte significant verschillend tussen binnen en buiten. Namelijk 0,008 waarbij in acht van de negen gevallen de kalium waarden binnen hoger ligt dan buiten. De waarden per plot (met een pH onder 6) staan in grafiek 5.



Grafiek 5 Kalium, indeling zure bodem duizendknoop

Voor de overige gegevens zijn geen significante verschillen aangetoond. Opvallend is wel dat voor de meeste gegevens binnen meer hogere waarden zijn gevonden dan buiten. Dit geldt voor alle meetgegevens behalve voor ammonium, pH en natrium. Zie tabel 1 resultaten analyse bodemgegevens duizendknoop.

Reuzenbalsemien

Uit de analyse blijkt dat de magnesium waarden binnen de groeiplaats van de reuzenbalsemien hoger ligt dan buiten de groeiplaats. Dit is aangetoond met een significant verschil van 0,023 (tabel 4).

Tabel 4 Resultaten analyse bodemgegevens reuzenbalsemien

Impatiens	verschillen bodemwaarden		
	in >	out >	significantie
pH	14	8	0,093
Org. stof	12	10	0,371
No3	10	12	0,775
NH4	10	12	0,775
o-Po4	9	13	0,750
Na	11	11	0,726
K	7	15	0,063
Cl	9	13	0,406
Mg	17	5	0,023
Mn	13	9	0,443
Fe	10	12	0,750
Si	15	7	0,290
Zn	13	9	0,305
P	10	12	0,100
S	16	6	0,337
Al	10	11	0,585

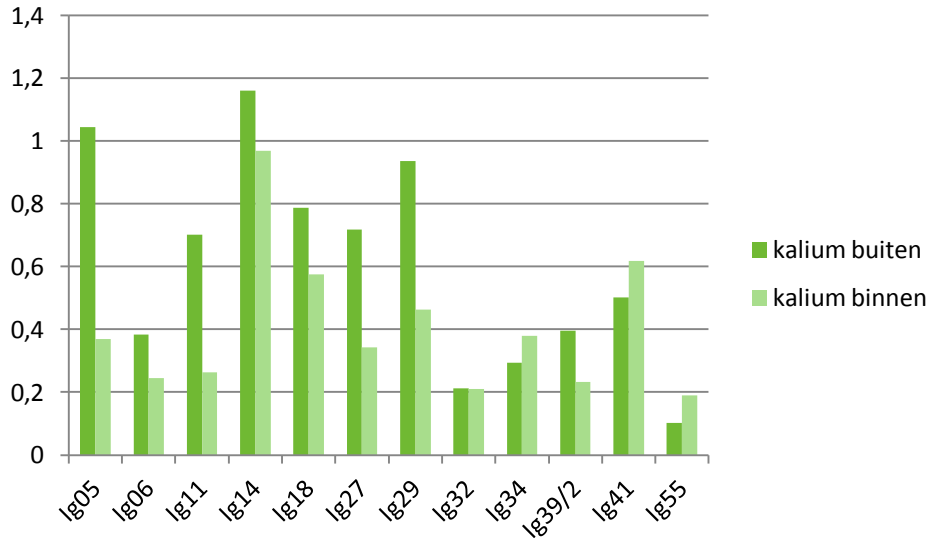
Nutriëntenrijkdom

Er is een verdeling gemaakt in de bodemmonsters aan de hand van de nutriëntenrijkdom, zie paragraaf 4.2 methode bodemchemie analyse. Uit de analyse van de relatief lage en hoge nutriëntenwaarde blijkt dat er voor drie nutriënten een significant verschil is. Voor de groep lage nutriënten is de kalium waarde verschillend met een significantie van 0,0161. Terwijl voor de groep met de hogere nutriëntenwaarden de magnesium en de silicium significant verschillend zijn tussen de gemeten bodems binnen de groeiplaatsen van de reuzenbalsemien en erbuiten. De significantie van magnesium is 0,0098 en van silicium 0,0371 (zie tabel 5).

Tabel 5 resultaten nutriëntenindeling reuzenbalsemien

	lage nutriëntenwaarde			hoge nutriëntenwaarde		
	in>	uit>	significantie	in>	uit>	significantie
No3	5	7	,4697	5	5	,9219
Nh4	8	4	,2036	2	8	,1055
Po4	4	8	,4697	5	5	,9219
Na	8	4	,1763	3	7	,2324
K	3	9	,0161	4	6	,6250
Cl	5	7	,6221	4	6	,4922
Mg	8	4	,4238	9	1	,0098
Mn	8	4	,3804	5	5	,7695
Fe	6	6	,6772	4	6	,4316
Si	7	5	,6772	8	2	,0371
Zn	7	5	,3804	6	4	,4922
P	5	7	1,0000	5	5	1,0000
S	9	3	,4697	7	3	,6250
Al	6	6	,7910	4	5	,7344
Al-Ca	4	8	,1099	4	5	,5703
pH	8	4	,2139	6	4	,3359
org. stof	6	6	1,0000	6	4	,2754

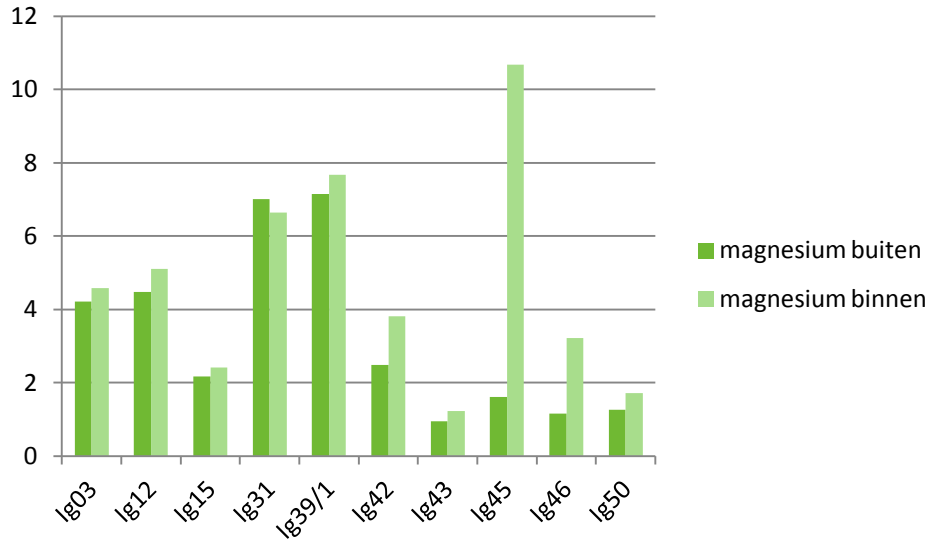
Uit de gemeten bodemmonsters blijkt dat de kalium waarden buiten gemiddeld hoger ligt dan binnen de groeiplaats van de reuzenbalsemien, zie grafiek 6. Dit geldt voor de waarden die zijn ingedeeld in de lage nutriëntengroep. In sommige gevallen zijn er sterke verschillen in de totale kalium gehalte.



Grafiek 6 Kalium, indeling lage nutriëntenwaarde reuzenbalsemien

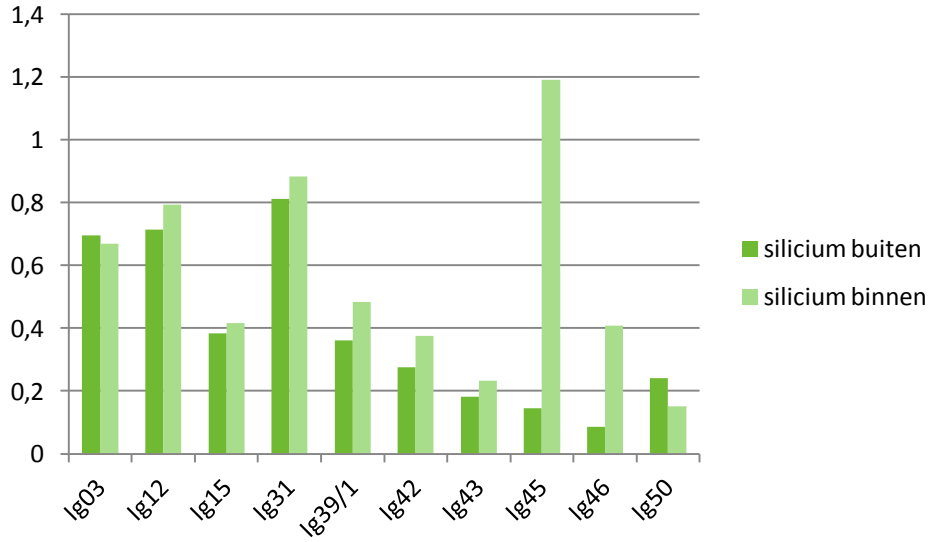
In de nutriëntenrijke groep is er een trend waarneembaar voor magnesium en silicium. Voor beide geldt dat de waarden binnen gemiddeld hoger ligt dan in de bodemmonsters die buiten de groeiplaats zijn genomen.

In grafiek 7 is te zien dat voor Ig45 een sterk verschil zit in de magnesium waarden binnen en buiten de groeiplaats. Met name voor Ig45 is dit verschil groot. Voor de overige plots zijn de verschillen klein maar wel aanwezig. Alleen bij Ig31 is er buiten meer magnesium gemeten dan binnen de groeiplaats.



Grafiek 7 magnesium, indeling nutriënten rijke bodems reuzenbalsemien

Ook voor silicium is er een verband tussen de waarden binnen en buiten de groeiplaats. Tevens is er bij Ig45 een duidelijke uitschieter zichtbaar voor de waarden binnen de groeiplaats. Voor de meeste plots geldt dat de silicium waarden binnen hoger ligt dan buiten, op twee na, zie grafiek 8.



Grafiek 8 silicium, indeling nutriënten rijke bodems reuzenbalsemien

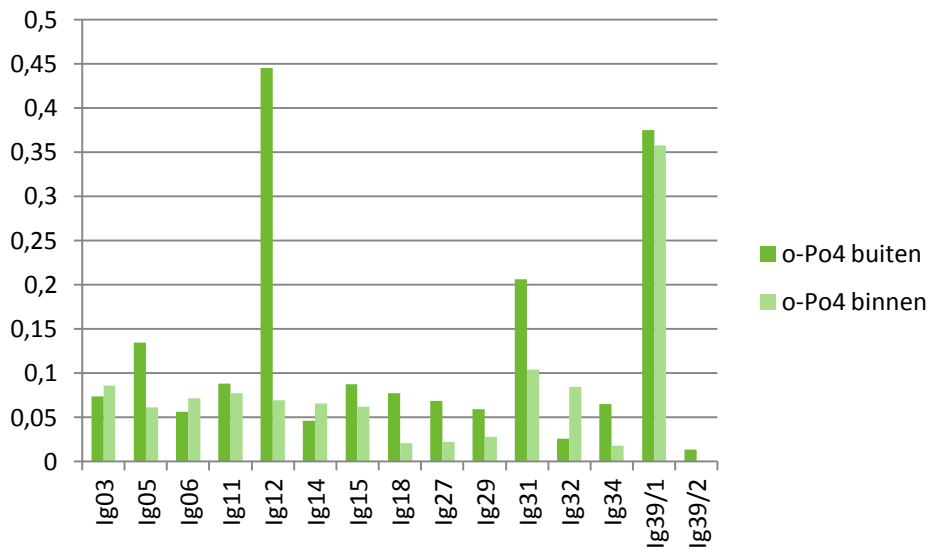
pH

Bij de analyse tussen de zure en de neutrale bodems blijkt dat voor de neutrale bodems een significant verschil is voor fosfaat (0,041) en kalium (0,018). Voor kalium geldt dat in twaalf van de vijftien gevallen de waarden buiten hoger ligt dan binnen. In elf van de vijftien gevallen lag voor de fosfaat de waarden buiten hoger dan binnen. Voor de zure bodems is er een significant verschil aangetoond voor de pH. Dit significante verschil is 0,031 waarbij in zes van de zeven gevallen de pH binnen hoger ligt dan buiten. Zie tabel 6 resultaten analyse pH reuzenbalsemien.

Tabel 6 resultaten analyse pH reuzenbalsemien

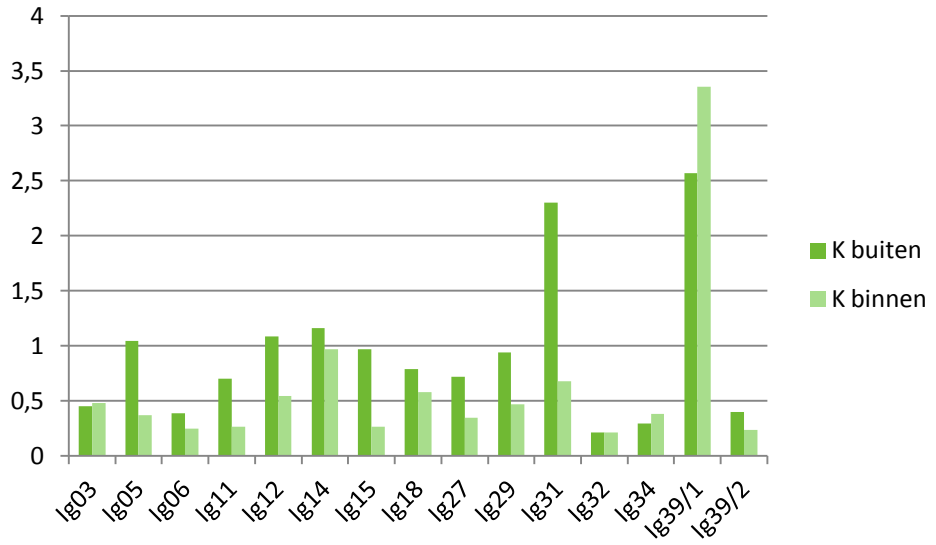
Impatiens	verschillen neutrale bodems			verschillen zure bodems		
	in >	out >	significantie	in >	out >	significantie
pH	8	7	1	6	1	0,031
Org. stof	7	8	0,910	5	2	0,219
No3	7	8	0,639	3	4	0,938
NH4	7	8	0,762	3	4	0,813
o-Po4	4	11	0,041	5	2	0,219
Na	8	7	0,524	3	4	0,813
K	3	12	0,018	4	3	0,100
Cl	5	10	0,169	4	3	0,813
Mg	11	4	0,151	6	1	0,109
Mn	9	6	0,454	4	3	0,813
Fe	9	6	0,277	1	6	0,297
Si	9	6	0,934	6	1	0,109
Zn	8	7	0,890	5	2	0,469
P	7	8	0,890	3	4	0,938
S	11	4	0,524	5	2	0,469
Al	6	9	0,188	4	2	0,688

Grafiek 9 laat zien dat de waarde voor fosfaat in de meeste gevallen buiten hoger lag dan binnen. De fosfaat waarden buiten in verhouding tot de waarden binnen zijn soms flink verschillend. In de meeste gevallen is het fosfaatgehalte buiten ruim hoger dan binnen. Terwijl bij de plots waarbij het fosfaatgehalte binnen hoger lag dan buiten de verschillen klein waren.



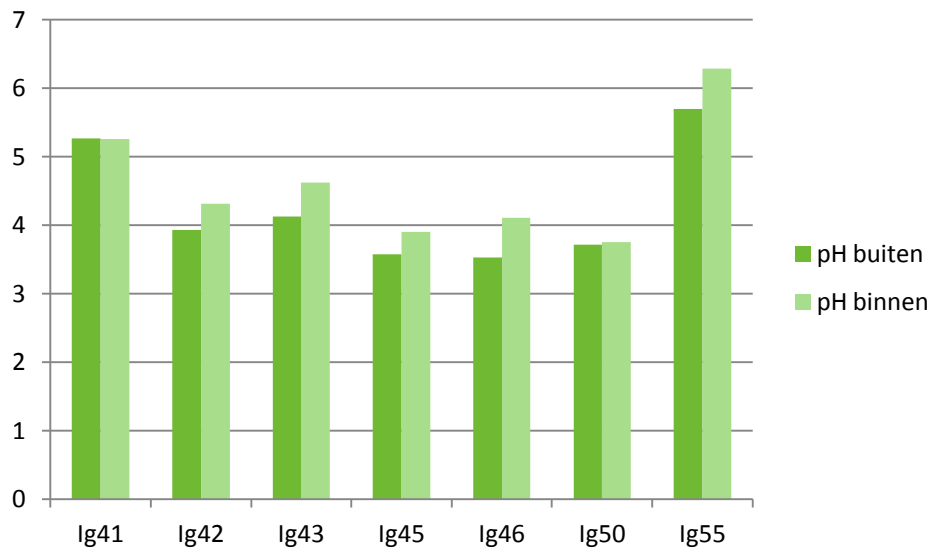
Grafiek 9 fosfaat, indeling neutrale bodem reuzenbalsemien

Net als voor fosfaat geldt voor kalium ook dat de waarden buiten gemiddeld hoger lagen dan de waarden binnen de groeiplaats van de reuzenbalsemien. Opvallend aan grafiek 10 zijn de uitschieters van het kaliumgehalte buiten de groeiplaats van de reuzenbalsemien.



Grafiek 10 kalium, indeling neutrale bodem reuzenbalsemien

Bij de splitsing van de relatief zure bodems en neutrale bodems blijkt dat er een significant verschil is in de pH waarden voor de zure bodem. De pH binnen de groeiplaats van de reuzenbalsemien ligt hoger dan daarbuiten. De groeiplekken van de reuzenbalsemien zijn minder zuur dan de omgeving.



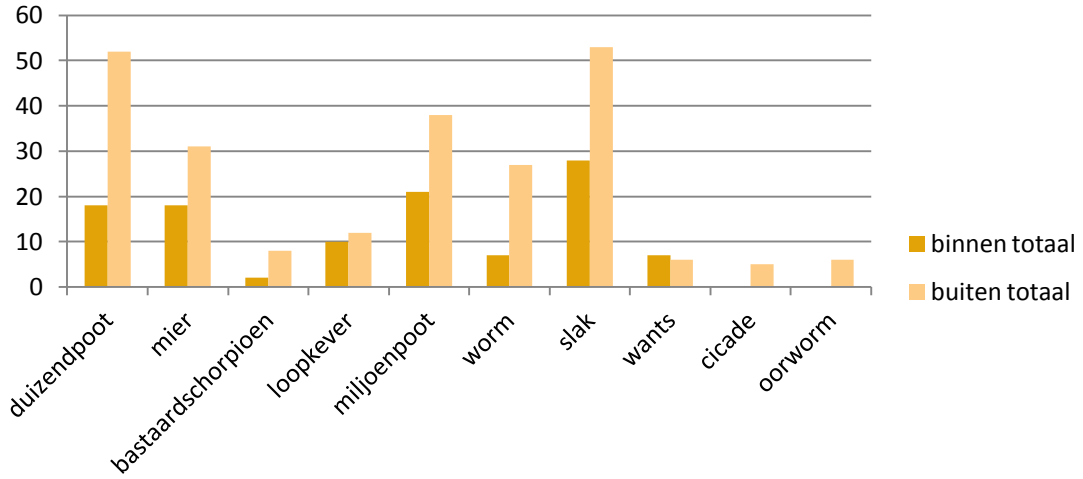
Grafiek 11 pH, indeling zure bodem reuzenbalsemien

5.3 Macro- invertebraten

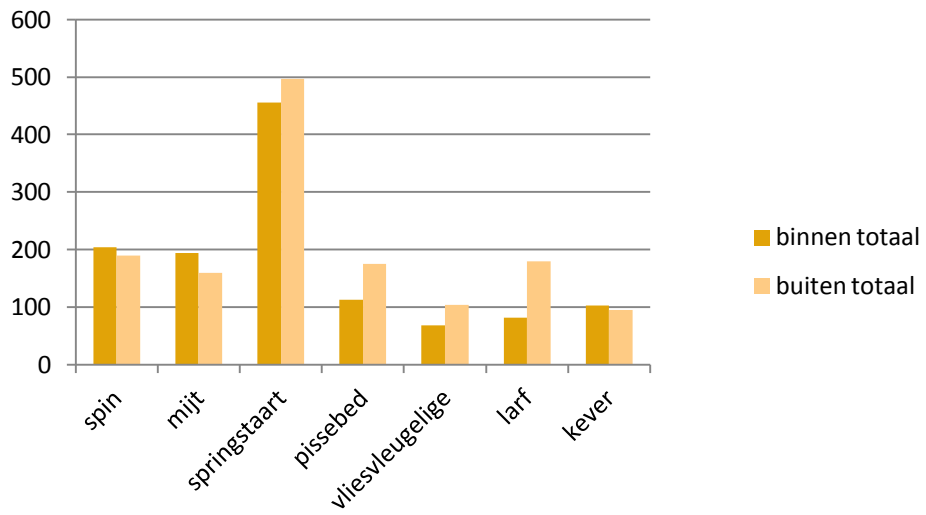
Binnen en buiten de groeiplaatsen van de duizendknoop en de reuzenbalsemien is onderzoek gedaan naar het voorkomen en de activiteit van macro- invertebraten. Voor de duizendknoop zijn er potvallen geplaatst binnen monoculturen van zowel de Japanse duizendknoop als de boheemse duizendknoop. In dit hoofdstuk worden de resultaten daarvan besproken per plantensoort. Doordat de monoculturen veel minder gevarieerd zijn in structuur en plantensoorten dan de natuurlijke vegetatie is de verwachting dat er een lagere diversiteit en activiteit van macro- invertebraten is. Om tot een antwoord op de deelvraag *"hebben invasies van deze soorten invloed op macro-invertebraten?"* te komen, zijn de gegevens van de potvallen uitgezocht en vervolgens geanalyseerd in SPSS, zie paragraaf 4.3 methode macro- invertebraten. De verwachting is dat zowel de taxonomische diversiteit als de aantallen minder zijn binnen de monoculturen ten opzichte van de oorspronkelijke vegetatie. Voor de analyse is gekeken naar de verschillen in aantallen van elke soortgroep tussen binnen en buiten de groeiplaatsen. Het overzicht van de meetwaarden van macro-invertebraten staan in bijlage D.

Duizendknoop

Uit de analyse blijkt dat er voor geen enkele soortgroep een significant verschil is aangetoond tussen de potval vangsten binnen de monocultuur van de duizendknoop en daar buiten. Uit de totale uitkomsten blijkt dat er voor de larven groep en de pissebedden groep in de potvallen buiten de monoculturen meer individuen zijn geteld dan in de potvallen binnen. Voor de larven was het verschil 97 en voor de pissebedden 62 (grafiek 13 macro- invertebraten duizendknoop 2). In grafiek 12 macro- invertebraten duizendknoop 1 is te zien dat er meer mieren, duizendpoten, miljoenpoten, wormen en slakken in de potvallen buiten zijn gedetermineerd dan in de potvallen die binnen de monocultuur van de duizendknoop hebben gestaan.



Grafiek 12: macro- invertebraten duizendknoop deel 1/2



Grafiek 13: macro- invertebraten duizendknoop deel 2/2

Voor de totale uitkomsten geldt voor dertien van de zeventien groepen dat er buiten in totaal meer individuen zijn waargenomen dan in de potvallen binnen de monocultuur van de duizendknoop. Voor de spinnen, mijten, wantsen en kevers zijn er binnen de monoculturen meer individuen waargenomen, dit is in tegenstrijd met de hypothese. De miljoenpoten en de wormengroep zijn de twee groepen met de sterkste significantie. Echter van geen enkele groep is deze lager dan de vereiste 0,050 waarbij het verschil voor 95% zeker is. Statistisch gezien zijn de verschillen niet significant. Er is ook geen duidelijk verband tussen de totale aantallen van de groepen en de verschillen in binnen de groeiplaats en er buiten. Zoals tabel 7 aangeeft blijkt dat de verdeling tussen ´uit´ en ´in´ redelijk gelijk is, behalve voor de wormen groep. Hierbij zijn er vier potvallen waarbij buiten meer individuen zijn geteld en 1 groep waarbij de aantallen gelijk zijn.

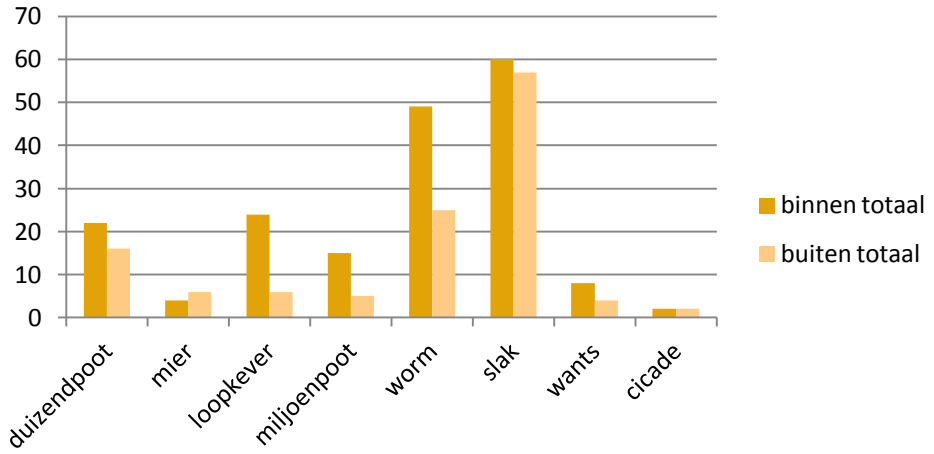
Tabel 7: macro- invertebraten duizendknoop

soortnaam	uit[1]	in[2]	gelijk[3]	sig.[4]
duizendpoot	2	2	1	0,625
mier	3	2	0	0,313
spin	3	2	0	1
bastaardschorpioen	2	1	2	0,75
loopkever	1	1	0	1
mijt	2	3	0	0,625
springstaart	3	2	0	0,813
miljoenpoot	4	1	0	0,188
worm	4	0	1	0,125
slak	3	1	1	0,25
wants	1	1	3	1
cicade	1	0	4	1
pissebed	3	2	0	0,813
oorworm	2	0	3	0,5
vliesvleugelige	3	2	0	0,625
larf	3	1	1	0,25
kever	2	3	0	0,5

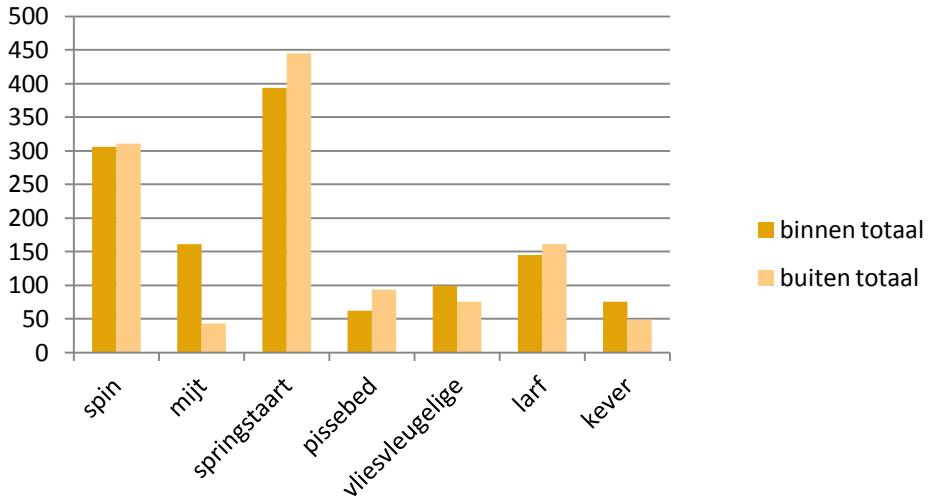
[1]Aantal groeiplaatsen waar er buiten meer individuen zijn waargenomen
[2]Aantal groeiplaatsen waar binnen meer individuen zijn waargenomen
[3]Aantal groeiplaatsen waarvan binnen evenveel individuen zijn waargenomen als buiten
[4]Significantie

Reuzenbalsemien

In vergelijking met het potvallen onderzoek bij de duizendknoop valt bij de reuzenbalsemien op dat de verschillen in totale aantallen (grafiek 14 en 15) tegen de verwachting in zijn. Hier lijkt het er op dat er meer macro- invertebraten is gevonden binnen de monocultuur dan daarbuiten. De groepen zijn verdeeld over twee grafieken, een met grote aantallen en een met de lagere. Hierdoor zijn de relatieve verschillende beter te interpreteren. De waarden van de y-as zijn verschillend. Voor de mijten is er een opvallend verschil, 118 waarnemingen meer in de binnen potvallen tegenover de potvallen (totaal 43) die buiten de groeiplaats hebben gestaan (grafiek 15). Voor zowel de loopkevers en de overige kevers zijn er binnen meer geteld. Net als voor de wormen groep waarbij er 24 meer geteld zijn in de binnen potvallen. Daarentegen zijn er 51 meer springstaarten en 31 meer pissebedden geteld in de potvallen buiten dan in de potvallen binnen de monocultuur.



Grafiek 14: macro- invertebraten reuzenbalsemien 1/2



Grafiek 15: macro- invertebraten reuzenbalsemien 2/2

Naast de totale aantallen is er ook gekeken naar significante verschillen in de uitkomsten, zie tabel 8. Per soortgroep is er een analyse gemaakt op de aantallen per potval. Alleen voor de mijten kan met een significant verschil worden gezegd dat er in de potvallen binnen de monocultuur meer mijten zijn geteld dan in de potvallen buiten, dit geld voor alle vijf onderzoeksplekken (tabel 8). In grafiek 15 is te zien dat het totale verschil tussen de aantal mijten binnen de groeiplaats en erbuiten relatief groot is. Bij de miljoenpoten zijn er in vier van de vijf gevallen in de potvallen buiten meer individuen geteld, het totale verschil is 17 (grafiek 14).

Tabel 8: macro- invertebraten reuzenbalsemien

soortnaam	uit[1]	in[2]	gelijk[3]	sig.[4]
duizendpoot	1	3	1	0,500
mier	3	1	1	1
spin	2	3	0	0,813
bastaardschorpioen	nvt	nvt	nvt	nvt
loopkever	0	2	0	0,500
mijt	0	5	0	0,043
springstaart	2	3	0	0,686
miljoenpoot	1	4	0	0,104
worm	2	3	0	0,416
slak	2	3	0	0,684
wants	2	1	2	1
cicade	0	0	5	1
pissebed	4	1	0	0,104
oorworm	nvt	nvt	nvt	nvt
vliesvleugelige	2	3	0	0,500
larf	3	1	1	0,625
kever	2	3	0	0,438

[1]Aantal groeiplaatsen waar er buiten meer individuen zijn waargenomen
[2]Aantal groeiplaatsen waar binnen meer individuen zijn waargenomen
[3]Aantal groeiplaatsen waarvan binnen evenveel individuen zijn waargenomen als buiten
[4]Significantie

5.4 Vegetatiestructuur

Er is ook gekeken naar de vegetatiestructuur rondom de groeiplaatsen van de exoten. De resultaten hiervan worden in dit hoofdstuk beschreven.

Duizendknoop

De duizendknoop is voornamelijk aangetroffen op locaties waar ook planten groeide van onder andere voedselrijke bodems. Zoals de gewone braam *Rubus fruticosus* en de grote brandnetel *Urtica dioica*. Daarnaast was deze exoot ook voornamelijk te vinden op grasrijke plekken. Maar ook tussen de pontische rododendron *Rhododendron ponticum*.

Reuzenbalsemien

Soorten zoals de grote brandnetel *Urtica dioica* en Gewone braam *Rubus fruticosus* zijn regelmatig aanwezig rondom de groeiplaatsen. Beide zijn soorten van voedselrijke bodems. In Meinerswijk was de omliggende vegetatie typisch voor een uiterwaarden. De reuzenbalsemien staat voornamelijk in Meinerswijk, hier vormt deze exoot op enkele locaties grote monoculturen. In Arnhem- Noord groeit de plant niet op de droge zure zandgronden. Er is een verband te zien tussen de groeiplaats van deze plant en verrijking. De reuzenbalsemien kan profiteren van volkstuinen. Bij verwijdering van de plant kan deze zich makkelijk uitbreiden. Rondom de volkstuinen nabij Zijpendaal was een duidelijk trend te zien tussen het tuinafval en de groeiplaats van de reuzenbalsemien. In Meinerswijk is er rondom de groeiplaats van de reuzenbalsemien naast de grote brandnetel en de gewone braam ook vaak het harig wilgenroosje *Epilobium hirsutum* te vinden. Het harig wilgenroosje, zwarte els, grote brandnetel en gewone braam zijn kenmerkende soorten voor deze rompgemeenschap. De rompgemeenschap *Epilobium hirsutum* is een soortenarme rompgemeenschap voorkomend op stikstof- en fosfaatrijke plekken (SynBioSys).

In Meinerswijk voor de reuzenbalsemien bestond de resterende vegetatie naast de eerder genoemde drie soorten uit riet *Phragmites australis* en haagwinde *Convolvulus sepium* de resterende soorten vormen geen trend.

5.5 Beheer

De gemeente Arnhem heeft een speciaal beheer voor exoten. Dit wordt enkel voor een aantal plekken en soorten uitgevoerd. Over het algemeen is het beheer van de verschillende groeiplaatsen het reguliere beheer wat daar wordt uitgevoerd. Dit komt neer op 2 á 3 keer per jaar maaien in het geval van bijvoorbeeld wegbermen.

Voor de meeste duizendknoop groeiplaatsen wordt geen extra beheer toegepast. In Meinerswijk wordt de duizendknoop wel extra beheerd. De plant wordt 4 á 5 keer per jaar gemaaid. Dit gebeurd wanneer de planten rond de 30/40cm groot zijn, net voor ze bloemen vormen. Deze methode wordt zo toegepast om de planten zoveel mogelijk uit te putten. Het effect van deze beheermethode is positief, de groeiplaats van de *Fallopia* in Meinerswijk is al jaren stabiel. In Arnhem- Zuid wordt de groeiplaats van de duizendknoop kort gehouden door schapen. Een ander deel, aan de Molenweg, groeit in struikbeplanting. Net als de *Fallopia* langs de Brinksestraat. Deze groeiplaatsen worden deels mee gemaaid met het regulier beheer. Het andere deel, welke in de struiken groeit, wordt (vooralsnog) niet beheerd.

De strook achter de volkstuinen nabij Zijpendaal wordt 1 keer per jaar gemaaid. In Sonsbeek vindt geen regelmatig beheer plaats, wanneer er tijd en personeel beschikbaar is wordt hier de duizendknoop gemaaid. Er is een proef uitgevoerd met uitsteken op worteldiepte (80 cm). Dit eist echter dermate veel perfectie waardoor dit niet effectief is.

Bestrijding van de reuzenbalsemien wordt ondanks dat het vrij effectief kan zijn vooralsnog niet in het beheer opgenomen. Dit heeft te maken met het feit dat de reuzenbalsemien niet als een schadelijke soort wordt gezien. Het levert geen gevaar op voor de volksgezondheid en daarnaast vormen bijvoorbeeld de zaden van deze plant extra natuurbeleving voor o.a. kinderen. Met name in

Meinerswijk is dit het geval doordat de plant hier veelvoudig voorkomt. Naast de springzaden wordt ook de late bloei als voordeel gezien. Dit heeft als positief gevolg dat wanneer andere planten zijn uitgebloeid er voor insecten nog altijd nectar aanwezig is van de reuzenbalsemien.

Voor alle groeiplekken geldt dat de reuzenberenklauw sterk beheerd wordt, dit heeft te maken met de gezondheidsrisico's die deze plant met zich meeneemt. Dit sterke beheer houdt in dat de reuzenberenklauw minimaal twee keer per jaar wordt afgestoken. Dit wordt gedaan nadat de plant is opgekomen en net voor de bloei.

Het beheer van de exoten binnen de gemeente Arnhem zal waarschijnlijk de komende jaren hetzelfde zijn en niet in intensiviteit toenemen.
Volgend jaar zal er een proef worden uitgevoerd met ultima van ecostyle (www.ecostyle.nl/ultima) dit is een biologisch afbreekbaar bestrijdingsmiddel, welke sinds 2012 op de markt is.

Voor de gehele gemeente geldt dat er geen chemische bestrijdingsmiddelen worden gebruikt.

6. Discussie

In dit pilot onderzoek is van een aantal factoren onderzocht of deze invloed hebben of in relatie staan met het voorkomen en vooral de uitbreiding van de exoten duizendknoop, reuzenbalsemien en in mindere mate ook reuzenberenklauw. Deze staan hieronder per deelonderwerp uitgewerkt. Naast deze gemeten factoren kunnen ook andere factoren van invloed zijn. Tijdens het veldwerk is opgevallen dat er waarschijnlijk een sterke relatie is tussen mate van uitbreiding en de hoeveelheid beschikbaar licht. Voor zowel de duizendknoop als de reuzenbalsemien zijn er groeiplaatsen welke duidelijk begrensd worden door overschaduwende bomen. Daarnaast groeien alle monoculturen van deze soorten welke sterk uitgebreid lijken op zeer lichte standplaatsen. Al lijkt de reuzenbalsemien juist op vochtige en voedselrijke groeiplaatsen op de beschaduwde plekken makkelijker te concurreren met de oorspronkelijke vegetatie en een pure monocultuur te vormen.

De vestiging hangt sterk samen met menselijke activiteiten. Vooral in het geval van de Japanse duizendknoop welke geheel afhankelijk is van de mens voor de verspreiding. Grondverplaatsing met rhizomen, stort van tuinafval, tot stengel delen die met een maaier meeliften. De reuzenbalsemien kan ook zichzelf verspreiden al gaat dat ook vooral met hulp van de mens.

6.1 Verspreiding

Tijdens de inventarisaties voor de verspreiding van de drie verschillende exoten is het gehele afgekaderde gebied uitgezocht. Hierbij is erg nauwkeurig gewerkt en zijn nagenoeg alle groeiplaatsen ingemeten. Dit neemt niet weg dat er een aantal plekken over het hoofd kunnen zijn gezien waardoor ze niet zijn opgenomen in de kaarten.

De oppervlaktes en de locaties van de groeiplaatsen zijn met behulp van een GPS apparaat ingemeten. Bij het werken met deze gegevens dient rekening te worden gehouden met de afwijking van het GPS apparaat. In theorie is deze tot op 4 meter precies per meting, in de praktijk is de afwijking over het algemeen veel lager. De afwijking neemt vooral toe in situaties met verstoring van het ontvangst signaal door bomen of gebouwen. Vanwege de afwijking is ook gekozen om oppervlaktes onder een geschatte vijf vierkante meter enkel als een punt in te meten en het oppervlakte achterwege te laten. Op een aantal groeiplaatsen waren de omstandigheden niet ideaal voor een precieze meting. Vooral metingen onder bomen zijn minder nauwkeurig. Van de volgende ingemeten groeiplaatsen is de afwijking door zulke omstandigheden dermate groot of het oppervlakte zo klein dat hier een afwijking van enkele meters in kan zitten. Met deze afwijking moet rekening gehouden worden, vooral wanneer bij vervolgonderzoek deze oppervlaktes voor vergelijking worden gebruikt.

De reuzenbalsemien groeiplaatsen met grote afwijking in oppervlakte meting:
Ig10, Ig42, Ig43, Ig44, Ig45, Ig46, Ig47, Ig48, Ig50, Ig51, Ig52, Ig55
En de duizendknoop groeiplaatsen met grote afwijking in oppervlakte meting:
Fj01, Fj13, Fj17, Fj20, Fj23, Fj29, Fj36, Fj37, Fj38, Fj40, Fj41, Fj42, Fj45, Fj46, Fj47, Fj51, Fj52

Het vastleggen van de groeiplaatsen en de oppervlaktes daarvan krijgt vooral meerwaarde als dit verspreidingsonderzoek een aantal jaren herhaald wordt. Door de oppervlaktes van verschillende jaren achtereen 'over elkaar te leggen' ontstaat een duidelijk beeld van de uitbreiding. Deze uitbreiding kan vervolgens gekoppeld worden aan de omstandigheden zoals voedselrijkdom of beschikbaarheid van licht.

Van de twee Japanse duizendknoop planten welke zaad droegen is dit zaad ook kiemkrachtig gebleken. Het feit dat deze kiemkrachtig zijn is niet geheel uniek, dit is vaker in laboratoria opstellingen voorgekomen. Zaden van duizendknopen in Europa en de Verenigde staten zijn al eerder kiemkrachtig gebleken (Alberternst en Böhmer, 2011) (Duistermaat, 2012). Van deze gekiemde zaden is het erg interessant om te achterhalen welke kruising het betreft. Het is tot nu toe alleen bekend dat een kruising van een mannelijke en een vrouwelijke plant van de *Fallopia japonica var. Japonica x var. compacta* fertiel zaad produceert. De moederplanten zijn gedetermineerd, en

betreffen de Japanse duizendknoop *Fallopia japonica* of een variëteit die hieronder valt. Uit vergelijking van de DNA kerngewichten van de moederplant en de kiemplanten kan bepaald worden welke waarde de vaderplant zou moeten hebben. Hieruit blijkt dat de vaderplant een kerngewicht van 3.3 picogram zou moeten hebben. Dit is echter een opmerkelijke uitkomst aangezien dit veel lager is dan de tot nu toe bekende waarden van de Japanse, boheemse en Sachalinse duizendknoop in Nederland. Wel zijn er metingen bekend van 2.6 en 2.7 bij *de F. sachalinensis* en *F. Bohemica* in de DNA databank van de Royal Botanic Gardens, Kew (Zonneveld, 2012). Een andere logische vaderplant kan ook een tuinplant uit de *Fallopia* genus zijn. Zo is een andere logische vaderplant is de Chinese bruidssluier *Fallopia Baldschuanica* welke met een DNA kerngewicht van 3.3 precies zou kloppen. Nog een andere mogelijkheid is de Heggenduizendknoop *Fallopia dumetorum* welke ongeveer op 1.5 picogram zit. "een niet gereduceerde pollen 1.5 + ½ x 9.3 levert een triploide op met 6.2 picogram" Aldus Ben Zonneveld (2012).

Tijdens de inventarisaties is ook opgelet of er mogelijke bestuivers, oftewel vaderplanten in de omgeving van de moederplanten groeiden. Van beide moederplanten is een potentiële vaderplant gevonden waarvan ook het DNA kerngewicht is bepaald. Hieruit bleek dat deze met waarden van 9.10 en 9.30 veel hoger waren dan de 3.3 picogram welke de vaderplant van de kiemplantjes zou moeten hebben. Beide moederplanten staan in de omgeving van huizen met tuinen, de kans is groot dat de vaderplant in een van de tuinen staat. Doordat bij de inventarisaties de tuien niet zijn opgenomen zijn deze mogelijke vaderplanten ook niet gevonden.

Mogelijke soorten hiervoor zijn dus de Chinese bruidssluier *Fallopia baldschuanica,* de Heggenduizendknoop *Fallopia dumetorum* en ook de Zwaluwtong *Fallopia convolvulus.*

6.2 Bodemchemie

Voor de duizendknoop zijn alle waarden die significant verschillend zijn hoger in de gemeten bodems binnen de groeiplaats dan erbuiten. Dit kan te maken hebben met de worteldiepte van deze plant. De duizendknoop is in staat om nutriënten dieper uit de grond te halen dan gemiddelde andere planten, (Vanderhoeven, 2005). Uit dit onderzoek blijkt dat voor aluminium, nitraat, fosfaat, ijzer, kalium en zink de waarden binnen hoger ligt dat buiten de groeiplaats. Voor nitraat, fosfaat, zink en kalium is er een overeenkomstige uitkomst van beide onderzoeken. Uit een ander onderzoek blijkt dat bij Japanse duizendknoop groeiplaatsen hogere gehaltes aan mangaan, kalium, magnesium, fosfaat, zink en nitraat aanwezig zijn in de bodem, (Dassonville, 2008). Een verklaring hiervoor is de diepere worteling van de duizendknoop ten opzichte van de natuurlijke vegetatie. Waardoor de duizendknoop gebruik kan maken van nutriënten die voor andere planten niet bereikbaar zijn, (Dassonville, 2008). Andere mogelijke oorzaken voor de toename van deze nutriënten kunnen een snellere stikstofcyclus, toename van mineralisatie en toename van nutriënten mobilisatie in de wortelzone zijn (Vanderhoeven, 2005).

In tegenstelling tot de duizendknoop zijn er bij de bodemanalyse voor de reuzenbalsemien zowel nutriënten gevonden die een hogere waarden hadden binnen de groeiplaats als nutriënten die buiten de groeiplaats van de reuzenbalsemien een hogere waarden hadden. De reuzenbalsemien is een plant die in de winter afsterft. Een deel van de door de plant opgenomen nutriënten keert via afbraak van de planten in het najaar terug in de bodem door afstervend plantenmateriaal (Dassonville, 2008). Dit kan een reden zijn waarom de bodem binnen de groeiplaats van de reuzenbalsemien een hoger gehalte heeft aan bepaalde nutriënten dan daarbuiten. Fosfaat heeft hogere waarden buiten de groeiplaats dan binnen, dit zou kunnen komen doordat fosfaat bijvoorbeeld wordt opgenomen door de plant en wordt omgezet waardoor dit niet als fosfaat terug keert in de bodem wanneer de plant afsterft. De hogere pH gehalten binnen de groeiplaatsen op zure bodems (pH onder 6) kan veroorzaakt worden door een verandering in de bodemsamenstelling. Doordat de standplaats wordt beïnvloed door alleen de reuzenbalsemien zou door dit homogeen gebruik zoals voedselopname de bodemsamenstelling kunnen veranderen wat resulteert in een

andere zuurgraad(Dassonville, 2008). Het verschil in zuurgraad op de zuurdere bodems kan ook te maken hebben met de groeiplaats voorkeur van de plant, dit zou gecontroleerd kunnen worden door in vervolgonderzoek het verloop van de zuurgraad te volgen in uitbreidingen van de monoculturen.

6.3 Macro- invertebraten

Met het onderzoek naar de activiteit van macro- invertebraten zijn geen significante verschillen gevonden. Doordat de monoculturen van deze exoten minder variatie in plantensoorten en structuur bevatten werd verwacht dat binnen groeiplaatsen van de exoten minder soorten en aantallen macro-invertebraten zouden voorkomen tegenover de oorspronkelijke begroeiing. Deze verwachte verschillen zijn terug te zien in de resultaten, vooral bij de duizendknoop. Bij de reuzenbalsemien zijn er macro- invertebraten waarbij binnen hogere waarden zijn gemeten maar ook macro-invertebraten waarbij buiten hogere waarden zijn gemeten.

Het feit dat de gevonden verschillen niet significant zijn heeft vooral te maken met het aantal metingen. Van vijf verschillende groeiplaatsen van de duizendknoop en de reuzenbalsemien is de activiteit van de macro- invertebraten gemeten. Van een dataset met deze beperkte omvang is het lastig om aan te tonen dat een gevonden verschil niet op toeval berust, oftewel een significant verschil aantoont. De insteek van dit pilot onderzoek is ook niet het vinden van harde bewijzen maar juist verkennen wat de invloeden van de verschillende exoten zijn. De gegevens kunnen goed gebruikt worden voor het vinden van mogelijke verbanden.

Dat er bij de reuzenbalsemien ook uitkomsten zijn tegen de verwachte hypothese in kan verschillende oorzaken hebben. Het zou kunnen zijn dat binnen de groeiplaatsen van deze plant iets aantrekkelijk is voor veel soorten macro- invertebraten.

De mijten waren opvallend meer aanwezig binnen de groeiplaats van de reuzenbalsemien. Mijten leven van plantensappen welke zij met een zuigsnuit uit planten winnen en van andere macro- invertebraten soorten. Het vele voorkomen van deze soorten binnen reuzenbalsemien groeiplaatsen kan komen door een voorkeur van mijten om op reuzenbalsemien te foerageren. Het zou zo kunnen zijn dat voor de fytofage soortgroepen de reuzenbalsemien interessant is om te foerageren. Dit kan samen hangen met de periode waarin het potval onderzoek is uitgevoerd.

De toename van de loopkevers en de duizendpoten, beide rovers, zou kunnen samenhangen met de mijten hoeveelheid. Uit de resultaten blijkt niet dat er een duidelijke toename of afname is van de fytofage of rovende macro- invertebraten. Dit kan echter ook te maken hebben met de globale determinatie van de gevangen macro- invertebraten.

Deze gevonden verschillen in macro- invertebraten gelden enkel voor de periode waarin de vallen hebben gestaan tijdens dit onderzoek.

De onderzochte groeiplaatsen betroffen niet allemaal echte monoculturen. Er is een verschil in mate van invasie. Een aantal van de onderzochte groeiplaatsen bestaat volledig uit begroeiing van de invasieve exoot, hierbinnen komen geen andere soorten voor. Een aantal andere groeiplaatsen betreffen een menging waarbinnen ook nog planten van de 'oorspronkelijke' vegetatie voorkomen. Dit betekent dat in deze gevallen niet meteen sprake is van een sterk lagere soortenrijkdom of structuur van planten binnen deze groeiplaats. Uit de gegevens blijkt hier geen sprake van te zijn. De macro- invertebraten soorten welke meer binnen de groeiplaatsen voorkwamen dan erbuiten zijn niet in hogere aantallen vertegenwoordigd binnen de twee plots welke een menging waren tegenover de andere drie monocultuur plots. Dat er geen verschillen zijn gevonden in aantal soortgroepen kan te maken hebben met de manier van determinatie. Als voorbeeld is er bij de kever groep alleen onderscheid gemaakt tussen de loopkevers en de overige kevers, wanneer er binnen deze groep een onderverdeling wordt gemaakt kan er meer worden gezegd over de soortenverandering binnen en buiten monocultuur en of deze samenhangt met het voedselvoorkeur.

6.4 Vegetatiestructuur

De vegetatie rondom de duizendknoop bestond onder andere uit gewone braam en grote brandnetel. Dit zijn beide soorten van voedselrijke bodems. Ook in bermen is deze plant waargenomen, dit kan te maken hebben met het maaibeheer. De duizendpoot plant zich in Europa voort via wortelstokken. Door te maaien kunnen wortelstokken van deze plant door de maaimachine meegevoerd worden naar een andere locatie en daar verder groeien. In Meinerswijk is de reuzenbalsemien waargenomen op plekken waar ook de rompgemeenschap *Epilobium hirsutum* is waargenomen. De rompgemeenschap *Epilobium hirsutum* is een soortenarme rompgemeenschap voorkomend op stikstof- en fosfaatrijke plekken (SynBioSys). Uit de bodemanalyse blijkt dat fosfaat significant buiten de groeiplaats in hogere waarden is gemeten. Dit kan samenhangen met de rompgemeenschap. De duizendknoop is een plant die op veel plekken kan groeien, maar voornamelijk op vochtige en nutriëntenrijke plekken (Helmisaari, 2010). Dit hangt samen met het voorkomen van de rompgemeenschap. De reuzenbalsemien is ook waargenomen langs bosranden in Arnhem- Noord. Op deze plekken was echter duidelijk te zien dat hier tuinaarde was gestort, wat verhoging van nutriënten met zich meebrengt. De duizendknoop is wat betreft de groeiplaats nog minder selectief dan de reuzenbalsemien (Alberternst, Böhmer, 2011). Dit is te zien aan de gevonden groeiplaatsen. Tijdens het onderzoek is de plant waargenomen op kleiige gronden in uiterwaarden, wegbermen, onder struiken en in bosranden op zandige bodems.

6.5 Beheer

Van een aantal groeiplaatsen is duidelijk welk beheer er wordt toegepast en met welke intensiteit. Dit zijn vooral de groeiplaatsen waar bestrijdingsbeheer wordt toegepast. Van veel andere groeiplaatsen is niet geheel duidelijk hoe en vooral met welke intensiteit deze beheerd worden. Wel is duidelijk dat deze vaak onder regulier beheer vallen. Dit komt vaak neer op twee á drie keer per jaar maaien. In de praktijk blijkt echter dat dit vaak niet voor de gehele groeiplaats geld. Een duizendknoop groeit bijvoorbeeld vaak niet alleen in een beheerde wegberm maar ook daarbuiten wat net niet onder hetzelfde maaibeheer valt. Hierdoor heeft het een aantal keer per jaar maaien weinig effect tegen de plant en kan deze ook gemakkelijk uitlopen zonder veel energie te verliezen.

7. Conclusie

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste uitkomsten van dit onderzoek geconcludeerd. Hierbij is de indeling aangehouden welke is gebaseerd op de verschillende deelvragen.

7.1 Verspreiding

De invasieve exoten Japanse duizendknoop en reuzenbalsemien komen verspreid door het gehele onderzoeksgebied in Arnhem voor. De precieze groeiplaatsen en de oppervlaktes daarvan zijn op de kaarten in bijlage A te vinden. Daarnaast zijn de digitale bestanden met de Arc GIS shapefiles van de groeiplaatsen ook digitaal toegevoegd. Van de reuzenberenklauw is de verspreiding niet geheel duidelijk. De mogelijke verspreiding van deze plant (vooral gebaseerd op gegevens van gemeente Arnhem) is weergegeven op de kaart mogelijke verspreiding reuzenberenklauw in bijlage A.

In Meinerswijk komt de reuzenbalsemien talrijk en op grote oppervlaktes voor. Dit lijkt te komen doordat de grazers in het gebied, welke het reguliere beheer vormen, er nauwelijks van eten. Daarnaast wordt de reuzenbalsemien hier niet extra beheerd. Hierdoor kan de reuzenbalsemien met zijn sterke concurrentiekracht tegenover de natuurlijke vegetatie (Helmisaari, 2010) zich ongestoord verder uitbreiden. Het beperkte voorkomen van de Japanse duizendknoop in dit gebied komt door het actieve beheer wat er tegen deze plant wordt gevoerd. De enkele planten die hier voorkomen krijgen niet de kans zich verder uit te breiden.

In de stedelijke gedeeltes van het onderzochte gebied komen de duizendknoop en reuzenbalsemien op veel verschillende plekken voor, variërend van de randen van stadsparken en volkstuinen tot wegbermen, bosjes en op oevers. Over het algemeen vaak net op de rand van bebouwd gebied naar een park of buitengebied. De mens lijkt een belangrijke rol te spelen in de verspreiding van de soorten, vooral rondom volkstuincomplexen lijkt deze invloed sterk te zijn.

7.2 Bodemchemie

In de bodem van de groeiplaatsen van de duizendknoop komen hogere concentraties aan nutriënten voor, zie tabel 9 nutriënten duizendknoop. Dit kan te maken hebben met de worteldiepte van deze exoot, welke gemiddeld dieper is dan de natuurlijke vegetatie. Hierdoor is deze plant in staat om nutriënten uit de bodem te halen welke voor andere planten onbeschikbaar zijn. Door afstervende plantendelen komen deze nutriënten in de toplaag van de bodem. De reuzenbalsemien heeft zowel een positieve als een negatieve invloed op de nutriënten verhouding in de bodem, zie tabel 10 nutriënten en pH reuzenbalsemien. Dit kan te maken hebben met het afsterven van deze plant in de winter waardoor op plaatsen waar deze exoot monoculturen vormt de bodem in de winter kaal is en de ongebruikte nutriënten terug in de bodem komen.

Tabel 9 nutriënten duizendknoop

Duizendknoop	significantie	type	hogere waarde
aluminium	0,036	algemeen	binnen
nitraat	0,0068	nutriënten laag	binnen
fosfaat	0,0244	nutriënten hoog	binnen
ijzer	0,024	neutraal	binnen
zink	0,032	neutraal	binnen
kalium	0,008	zuur	binnen

Tabel 10 nutriënten en pH reuzenbalsemien

Reuzenbalsemien	significantie	type	hogere waarde
magnesium	0,023	algemeen	binnen
kalium	0,0161	nutriënten arm	buiten
magnesium	0,0098	nutriënten rijk	binnen
silicium	0,0371	nutriënten rijk	binnen
fosfaat	0,041	neutraal	buiten
kalium	0,018	neutraal	buiten
pH	0,031	zuur	binnen

7.3 Macro- invertebraten

Voor de duizendknoop lijkt er minder macro- invertebraten voor te komen binnen de monocultuur van deze soort dan in de meer gevarieerde vegetatie daarbuiten. Echter dit gegeven is niet significant onderbouwd en vereist meer onderzoek om te weten te komen of dit klopt. In tegenstelling tot de uitkomsten van de duizendknoop lijkt het erop dat bij de reuzenbalsemien meer macro- invertebraten voorkomt in de monocultuur dan in de omliggende gemengde vegetatie. Alleen voor mijten is dit verschil ook significant. Uit de resultaten van dit pilot onderzoek lijkt het erop dat monoculturen van de duizendknoop niet interessant is voor macro- invertebraten. Dit kan te maken hebben met de eentonigheid hiervan. Dit bevestigd ook de hypothese voor dit onderzoek, namelijk dat er binnen de monocultuur minder activiteit van macro- invertebraten is dan er buiten.

Daarentegen lijken monoculturen van de reuzenbalsemien wel interessant voor de macro-invertebraten.

7.4 Vegetatiestructuur

Een van de kenmerken van de reuzenbalsemien is dat deze voorkomt op stikstofrijke groeiplaatsen (H2.2). Dit gegeven wordt ondersteund door het feit dat bij het veldonderzoek de reuzenbalsemien in Meinerswijk is waargenomen naast de rompgemeenschap *Epilobium hirsutum*. Deze rompgemeenschap komt voor op stikstof- en fosfaatrijke plekken.

Voor de Japanse duizendknoop is geen eenzijdig verband te leggen tussen het voorkomen van deze exoot en andere vegetatietype. Opvallend is wel dat de duizendknoop geen moeilijke plant is. De soort is waargenomen op zowel grasrijke vegetatietype als tussen de pontische rododendron.

7.5 Beheer

Uit dit onderzoek blijkt dat er zeker een duidelijke relatie is tussen beheer en het voorkomen (vooral de abundantie) van de drie onderzochte exoten.

Een sterk bestrijdingsbeheer heeft effect op uitbreiding welke hierdoor stabiel blijft. Bij ander beheer kunnen de soorten makkelijker uitbreiden, net als bij geen beheer.

Bestrijdingsbeheer wat nu wordt toegepast in de gemeente Arnhem is effectief waar het toegepast wordt. Wanneer met het bestrijdingsbeheer wordt gestopt is de kans groot dat de planten snel verder uitbreiden.

Naast het bestrijdingsbeheer zijn er ook veel groeiplaatsen welke onder het regulier beheer vallen. Dit beheer wat vaak een aantal keer per jaar maaien betreft heeft minder effect tegen de uitbreiding doordat dit beheer niet specifiek op de exoot is gericht.

8. Aanbevelingen

Aan de hand van dit pilot onderzoek is er gekeken naar de verschillende onderzoeksonderwerpen, welke van belang zijn en welke interessant zijn om verder uit te zoeken. Voor vervolgonderzoek dient in ieder geval de verspreiding van de drie exoten onderzocht te worden. Daarnaast kan er ook gekeken worden naar de macro- invertebraten en de bodemchemie. In dit hoofdstuk worden per onderzoeksonderwerp de aanbevelingen behandeld.

8.1 Verspreiding

Om een goed beeld te krijgen van de uitbreiding van de exoten dient er een vervolgopname te worden gemaakt met behulp van een GPS. Ter voorbereiding dient er te worden gekeken waar de exoten reeds zijn waargenomen. Deze locaties kunnen dan opnieuw worden ingemeten. Hierdoor ontstaat in de loop der jaren een duidelijk beeld waar de exoten zijn uitgebreid en in welke mate.

Naast de bekende locaties dient er ook te worden gekeken naar nieuwe groeiplekken om ook in te meten. Nadat alle veldgegevens zijn verzameld, worden deze in GIS verwerkt. Via dit programma kan de (eventuele) uitbreiding in kaart worden gebracht. Voor de beschrijving van de methode hiervoor zie H3.1. Met de gemeente kan overlegd worden wanneer de reuzenberenklauw wordt afgestoken, door hier rekening mee te houden kunnen ook de groeiplaatsen van deze exoot ingemeten worden. Voor de inventarisatie hiervan kunnen de kaarten met de mogelijke groeiplaatsen van deze plant geraadpleegd worden.

Voor het vergelijken van de oppervlaktes van verschillende jaren om de uitbreiding te bepalen moet rekening gehouden worden met de afwijking van het GPS apparaat. De groeiplaatsen waar dit vooral voor geld worden in paragraaf 6.1 discussie verspreiding genoemd.

De zaden van de twee fertiel gebleken Japanse duizendknoop planten zouden tot kieming kunnen komen in ‘de natuur’. De kans dat de plantjes ook het kiemstadium overleven en de duizendknoop zich dus ook via zaden kan verspreiden lijkt echter klein volgens L. Duistermaat. Ondanks de kleine kans is het bijzonder interessant om bij vervolg onderzoek hier wel op te letten. Als de Japanse duizendknoop zich ook via zaden kan voortplanten is het van belang nieuwe vestigingen snel te vinden en beheren.

8.2 Bodemchemie

Uit het onderzoek blijkt dat er zeker verschillen zijn in bodemcondities binnen en buiten de verschillende groeiplaatsen van de exoten duizendknoop en reuzenbalsemien. Niet alle verschillen zijn even groot en dus significant. Er lijkt wel een duidelijk verschil te zijn in de pH waarden binnen en buiten de groeiplaatsen op zure bodems (pH < 6). Dit verschil is zelfs bij de reuzenbalsemien significant. Voor een vervolg onderzoek is er zeer interessant om de oorzaak hiervan uit te zoeken. Wordt de zuurgraad daadwerkelijk door de planten beïnvloed en op welke manier, of wordt het toch door een externe factor veroorzaakt?

8.3 Macro- invertebraten

Met dit pilot onderzoek is er nog geen significant verschil aangetoond in de hoeveelheid individuen binnen een invasieve groeiplek van de duizendknoop of de reuzenbalsemien of daarbuiten. Echter door de gevonden gegevens is wel het vermoeden ontstaan dat de reuzenbalsemien misschien een positieve invloed heeft op de macro- invertebraten. Dit in tegenstelling tot de hypothese. Bij een vervolgonderzoek kan er voor worden gekozen om een uitgebreid onderzoek te doen naar de macro- invertebraten alleen voor de reuzenbalsemien. Voor de methode zie hoofdstuk 4.3. Er kan ook voor worden gekozen om een uitgebreid onderzoek uit te voeren voor de duizendknoop. Net als bij de reuzenbalsemien is voor deze exoot bij een plot aangetoond dat er een significant verschil is tussen binnen en buiten waarbij buiten de groeiplek

meer macro- invertebraten voorkomt. Om dit gegeven verder te onderbouwen of te verwaarlozen dient er verder onderzoek worden uitgevoerd.

Voor een vervolg onderzoek is het belangrijk dat er wordt gewerkt met een grotere reeks aan gegevens zodat gevonden verschillen ook statistisch bevestigd kunnen worden. Voor een betrouwbaar beeld van de activiteit van macro- invertebraten is het belangrijk om hier de invloed van te tijd in het jaar uit te sluiten. Daardoor kan duidelijk worden of een trend in de activiteit en het voorkomen altijd geld of in een bepaalde periode van het jaar. Hierbij kan er voor worden gekozen om het onderzoek te concentreren op één exoot om een grote omvang te behalen.

Bij het plaatsen van de potvallen wordt aanbevolen om de locaties zowel in te tekenen als de coördinaten te noteren. Hiermee wordt voorkomen dat bij verandering van de vegetatie de potvallen niet of moeilijk terug te vinden zijn. Zoals in Meinerswijk door begrazing/vertrapping van de paarden en runderen. De tekening dient als onderbouwing van de coördinaten omdat de GPS niet op de meter precies is. Ook zou met markeerstokjes gewerkt kunnen worden zodat de relatief onopvallende vallen makkelijker gevonden worden, dit kan vooral op plekken waar de kans op verstoring dan wel vernieling door mensen klein is.

Voor de determinatie dient een juiste balans gemaakt te worden tussen mate van precisie en het belang daarvan. Van te voren dient bepaald te worden welke groepen zeker onderscheiden moeten worden om de gewenste verschillen te kunnen aantonen. Bij dit pilot onderzoek zijn bijvoorbeeld de kevers alleen onderscheiden in *loopkevers* en *overige kevers*. Het is nuttig om makkelijk te onderscheiden groepen ook uit te zoeken, elke extra onderscheiden groep maar de data 'zuiverder'. Zo zijn voor dit onderzoek de spinnen en hooiwagens niet onderscheiden wat achteraf weinig extra tijd gekost zou hebben. Daarnaast zou er ook een indeling gemaakt kunnen worden op voedselvoorkeur, om te achterhalen of het voorkomen hiermee samenhangt. Het uitwerken van de potvallen heeft bij dit pilot onderzoek ongeveer twee weken in beslag genomen, er zijn per persoon ongeveer twee potvallen per dag uitgezocht.

8.4 Vegetatie

In dit pilot onderzoek is een globale vegetatie opname gemaakt. Er is enkel gekeken naar de meest dominante soorten. Hierbij is gebleken dat de exoten vaak voorkomen in combinatie met plantensoorten die een indicatie zijn voor verstoring en verrijkte omstandigheden. Als vervolgonderzoek kan er een uitgebreidere determinatie worden uitgevoerd met behulp van de Braun- Blanquet methode om de plantengemeenschappen vast te leggen. Vanwege de vele tijd dat deze methode kost dient wel goed bepaald te worden wat het doel en de toegevoegde waarde daarvan is voor het onderzoek.

Literatuurlijst

Rapporten

Alberternst, B. en Böhmer, H.J. (2011), *NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – Fallopia japonica.* –, Working Group Biodiversity and Landscape Ecology, Friedberg.

Bailey, J.P. en Bímová, K. (2007), *Asexual spread versus sexual reproduction and evolution in Japanese knotweed s.l. sets the stage for the 'battle of the clones'*, University of Leicester, Leicester.

Beyerhelm, C. (2008), Using DNRGarmin – A Quick Start Guide, Coconio National Forest, Flagstaff.

Boer, P. (2008), *Het inventariseren en monitoren van mieren (Hymenoptera formicidae)*, Naturalis, Leiden.

Dassonville, N. e.a. (2008), *Impacts of alien plants on soil nutriens are correlated with initial site conditons in NW Europe,* Université Libre de Bruxelles, Bruxelles.

Duistermaat, H. e.a. (2012), *actuele verspreiding en risico's van mannelijke fertiele Fallopia japonica planten*, team invasieve exoten, Wageningen.

Groot, C., de en Oldenburger, J. (2011), *de bestrijding van invasieve uitheemse plantensoorten*, Probos, Wageningen.

Helmisaari, H. (2010), *Invasive Alien Species Fact Sheet; Impatiens glandulifera,* Nobanis, Helsinki Finland

Kesters, E., Gorissen, A. (2010), *Bestrijding invasieve exoten, reuzenbalsemien [ervaringsrapport gebiedsdekkende bestrijding]*, watering de Dommelvallei, Peer.

Nielsen, C., e.a. (2005), *reuzenberenklauw, een praktische handleiding. Richtlijnen voor bestrijding en controle van een invasieve plant.* Forest & landscape Denmark, Hörsholm.

Vanderhoeven, S., Dassonville, N. en Meerts, P. (2004), *Increades topsoil mineral nutrient concentrations under exotic invasive plants in Belgium*, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles.

Internet

www.cabi.org	september2012
www.ecostyle.nl/ultima	oktober 2012
www.giant-alien.dk	oktober 2012
www.ivnarnhem.nl	oktober 2012
www.natuurlandschap.nl	oktober 2012
www.tuinadvies.nl/zaaien_succes	oktober 2012
www.vwa.nl	september 2012

Digitaal

Arc GIS 9.0
DNR Garmin 5.0
GPS Garmin 60CX

IBM SPSS Statistics 19
Microsoft office 2007
Photoshop elements 6.0
SynBioSys Nederland 2.0

Mondelinge mededelingen

R. Beringen, medewerker landelijk bureau, Stichting Floron, Nijmegen, september 2012 – december 2012

A. de Vries-Brock, analist, Stichting bargerveen, Nijmegen, november 2012

L. Duistermaat, Onderzoeker NL Flora / Curator Q-bank, Naturalis, Leiden december 2012

Dr. H. van Kleef, Senior onderzoeker, Stichting Bargerveen, Nijmegen, september 2012 - december 2012

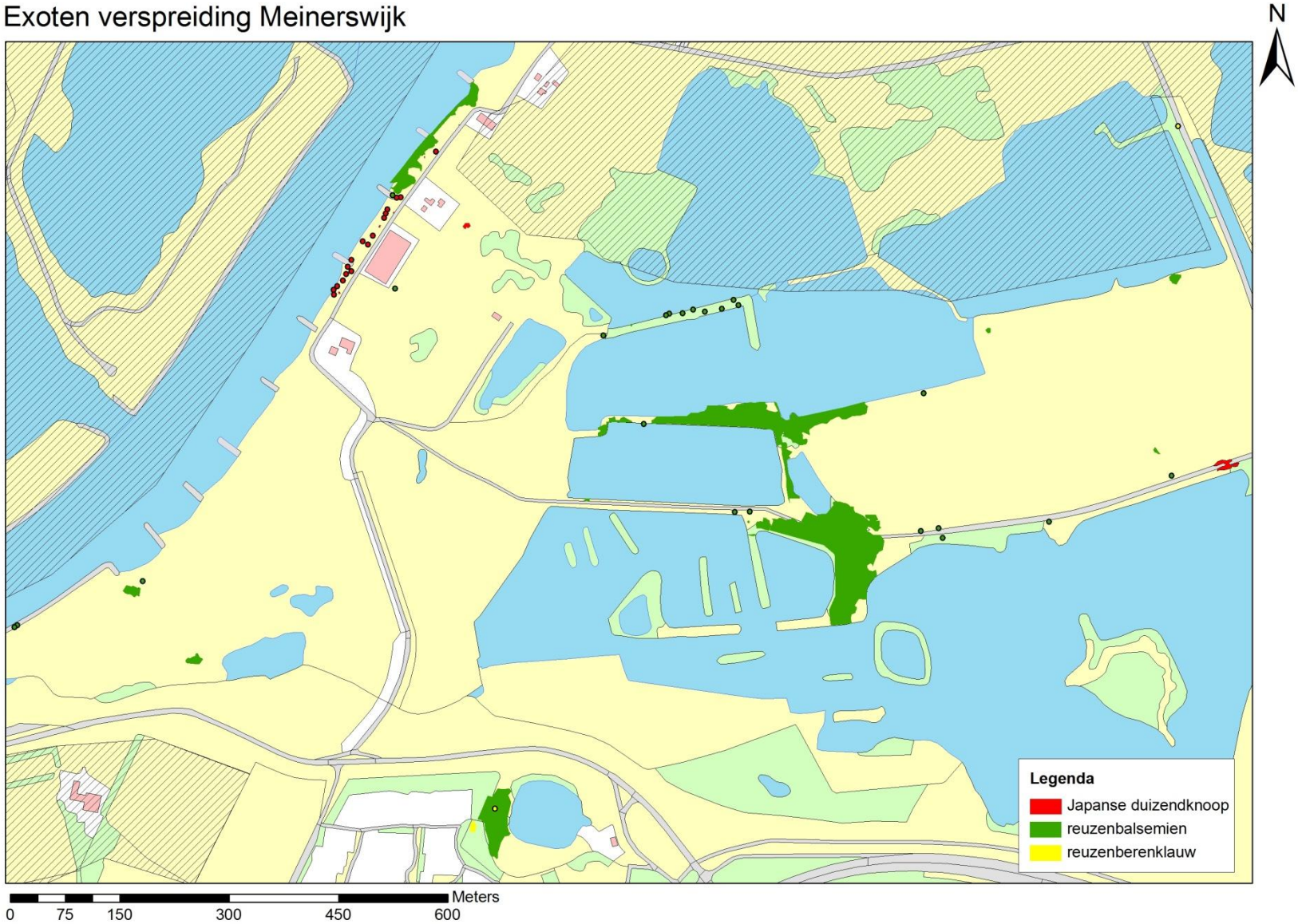
Bijlagen

Bijlage A: Kaarten verspreiding exoten
Bijlage B: Kruisingsschema duizendknoop
Bijlage C: Overzicht meetwaarden bodemgegevens
Bijlage D: Overzicht meetwaarden macro- invertebraten

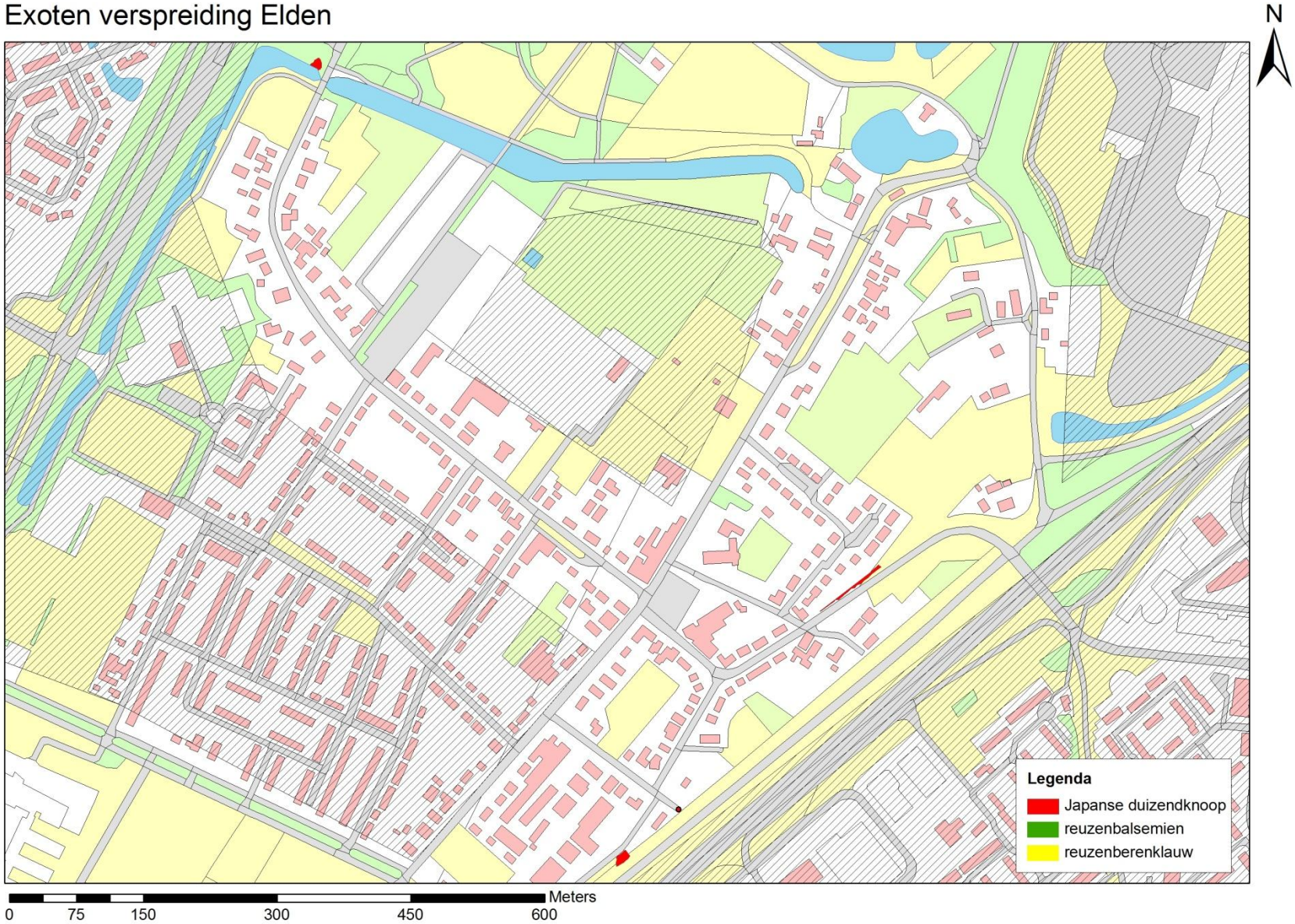
Bijlage A Kaarten verspreiding exoten

- Meinerswijk
- Elden
- Sonsbeek zuidzijde
- Sonsbeek/ Zijpendaal
- Sonsbeek/ Klarenbeek
- Mogelijke verspreiding reuzenberenklauw Arnhem- Zuid
- Mogelijke verspreiding reuzenberenklauw Arnhem Alteveer/ Craneveld

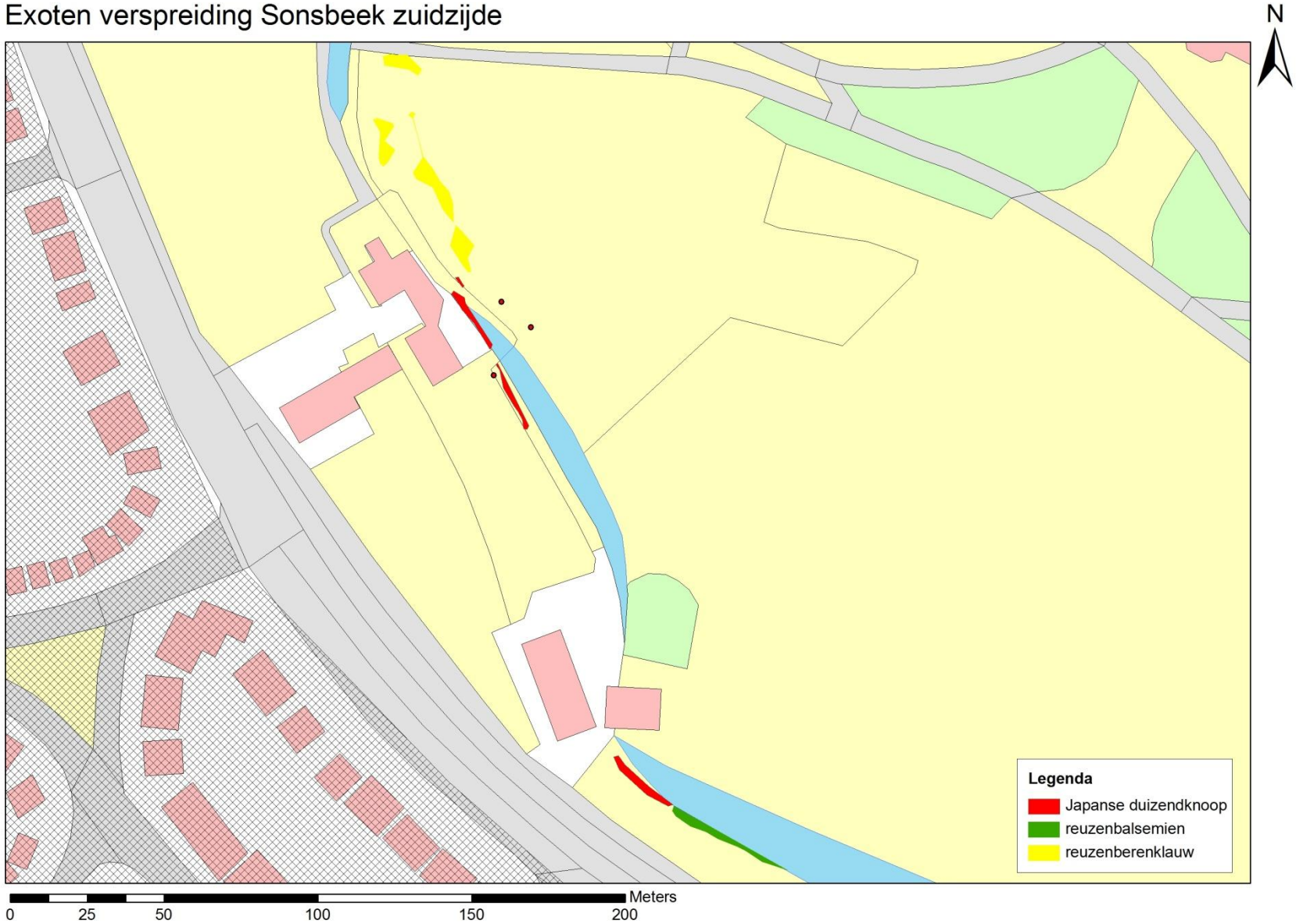
Exoten verspreiding Meinerswijk



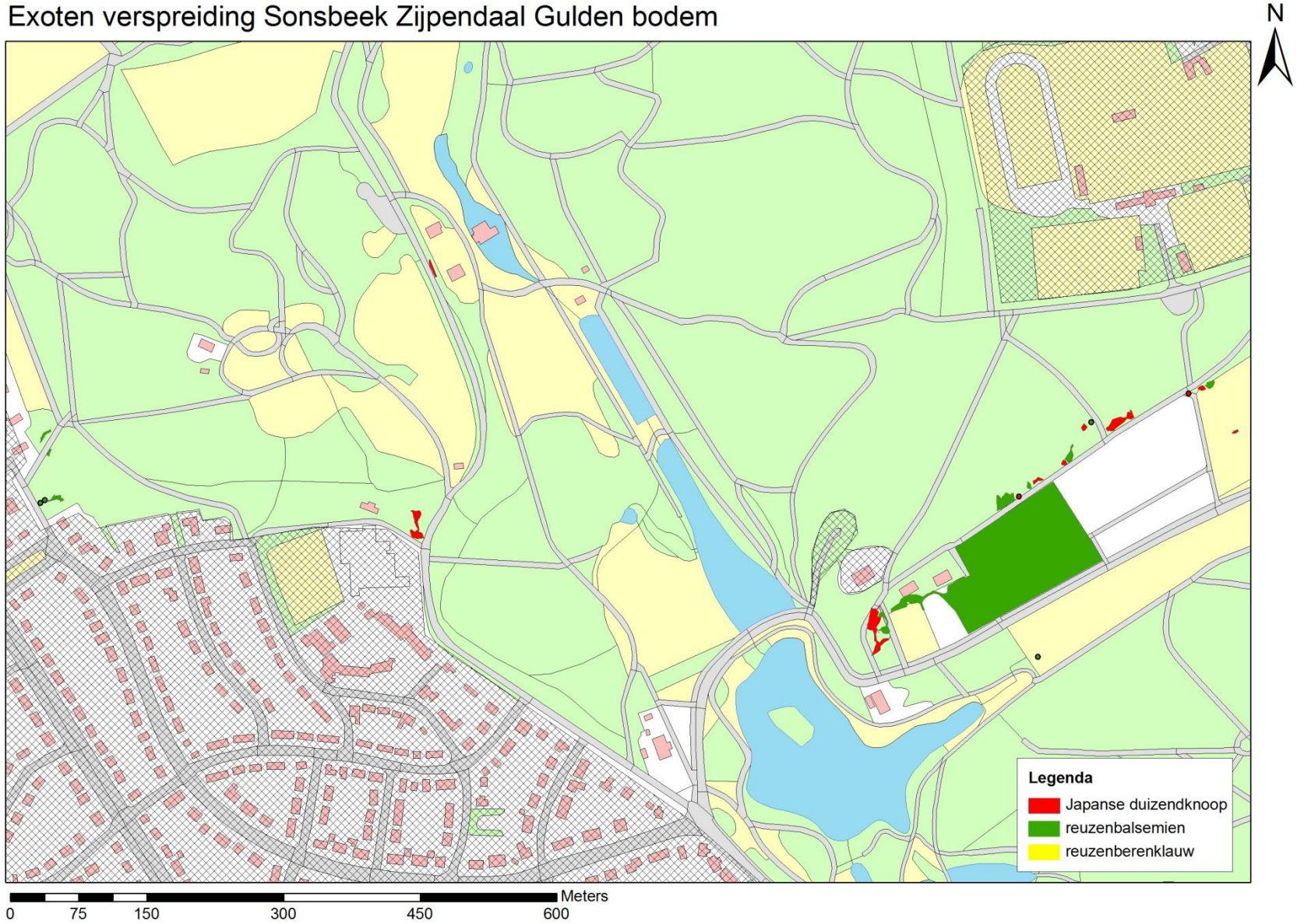
Exoten verspreiding Elden



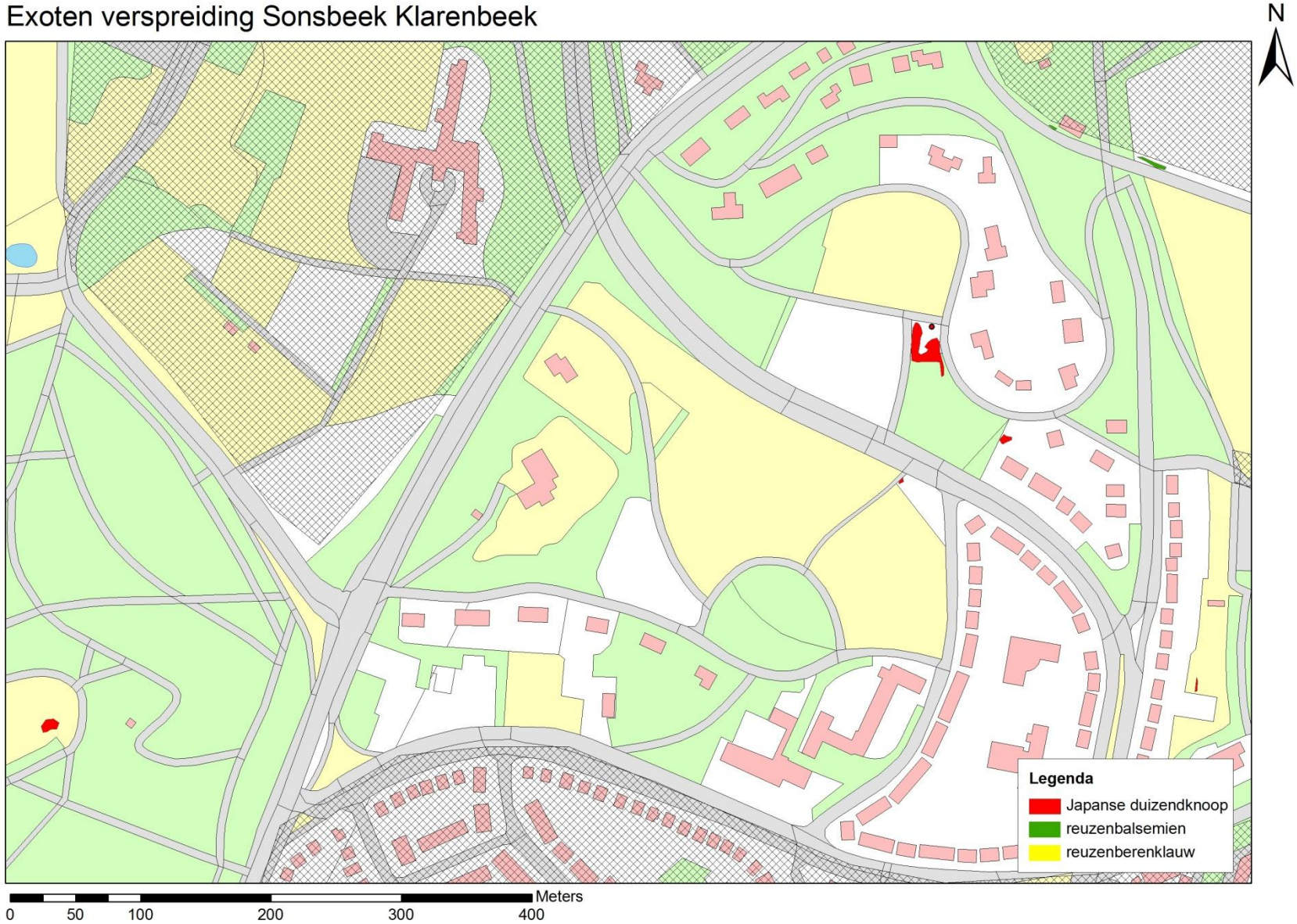
Exoten verspreiding Sonsbeek zuidzijde



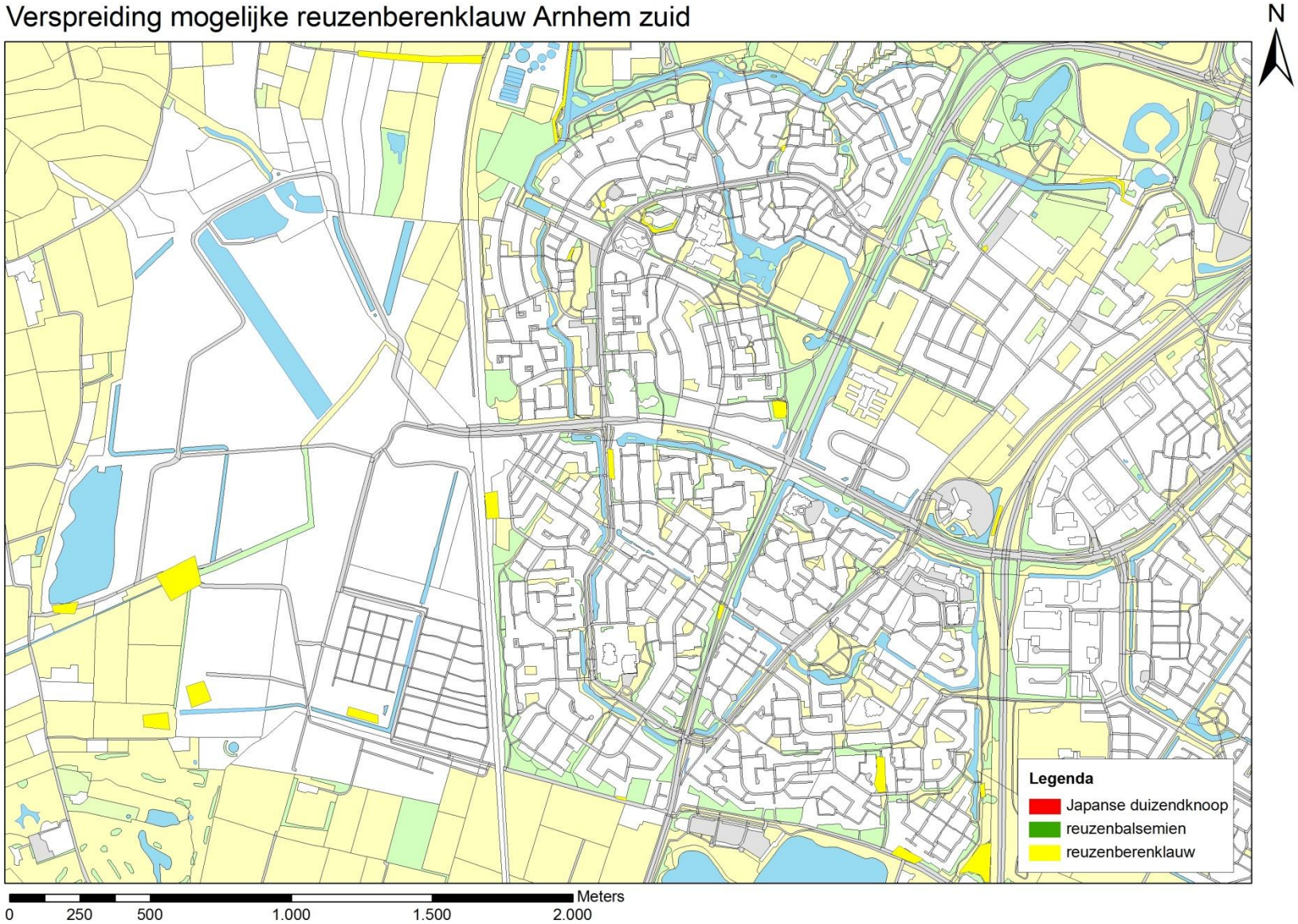
Exoten verspreiding Sonsbeek Zijpendaal Gulden bodem



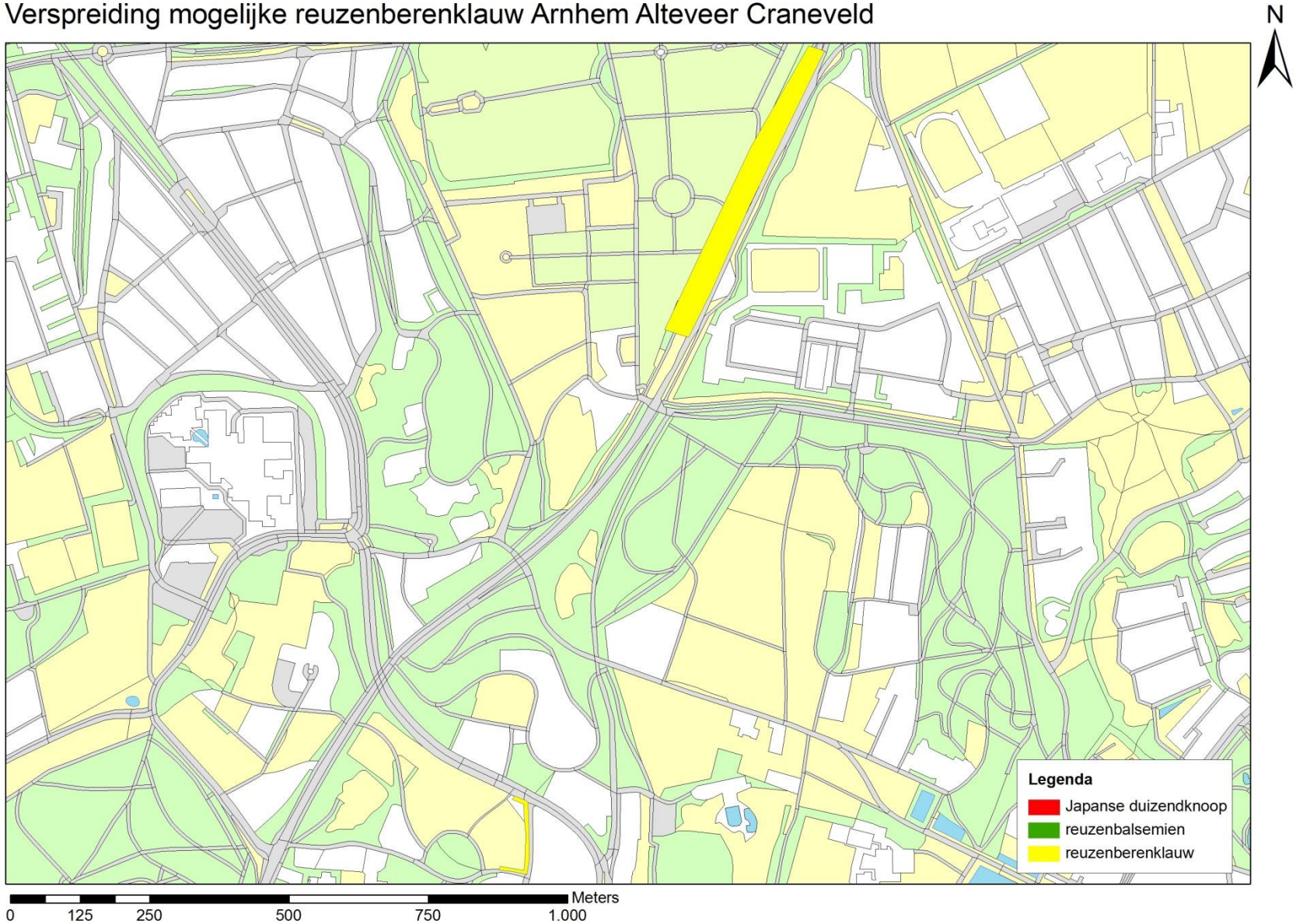
Exoten verspreiding Sonsbeek Klarenbeek



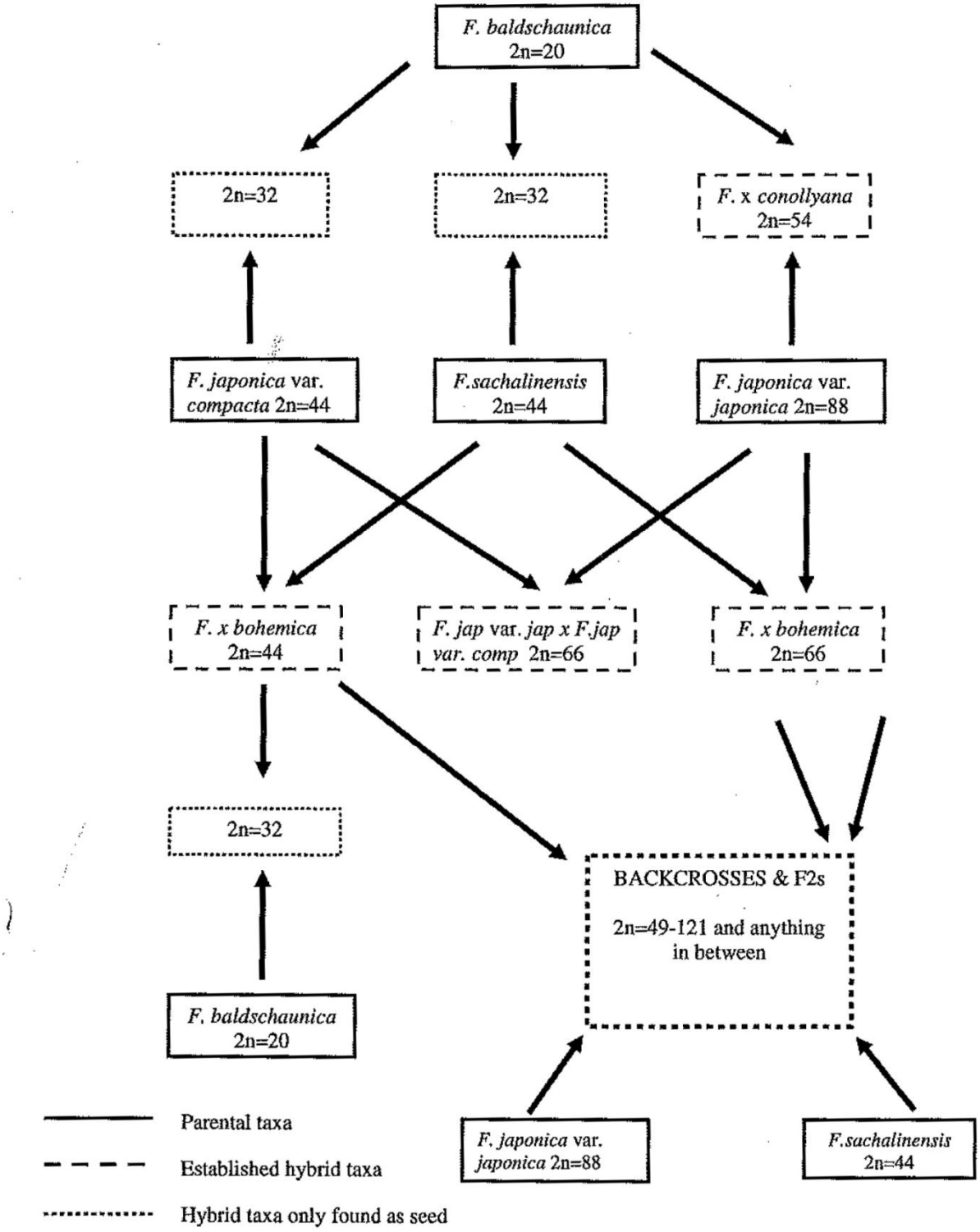
Verspreiding mogelijke reuzenberenklauw Arnhem zuid



Verspreiding mogelijke reuzenberenklauw Arnhem Alteveer Craneveld



Bijlage B Kruisingsschema duizendknoop



Bijlage C Overzicht meetwaarden bodemgegevens

plot	NO3_out	NO3_in	NH4_out	NH4_in	o-Po4_out	o-Po4_in	Na_out	Na_in	K_out	K_in	Cl_out	Cl_in
Fj01	0,343364	0,806495	0,03901	0,162474	0,042130146	0,111716	0,238841	0,457864	0,467788	1,243022	0,307318	0,733457
Fj17	0,606072	0,653663	0,044008	0,042692	0,036069059	0,08532	0,226681	0,167438	0,956696	0,852312	0,366406	0,270042
Fj23	0,646755	0,999076	0,098594	0,025031	0,035986738	0,059825	1,311106	0,345683	0,685148	0,560354	0,41616	0,282486
Fj24	0,390629	1,220865	0,052629	0,03444	0,020626007	0,04282	0,27192	0,440821	1,420196	1,044853	0,407123	0,919583
Fj25	0,617127	0,985613	0,125249	0,065929	0,145269339	0,070369	0,823363	0,388192	0,643526	0,712857	1,273213	0,316547
Fj26	0,397223	1,507592	0,033631	0,264489	0,093700223	0,468662	0,36405	0,35363	0,296703	2,083947	0,175284	0,391106
Fj29	0,657008	0,51624	0,021178	0,060987	0,019342355	0,025699	0,980259	0,56699	0,154435	0,218997	0,476843	0,17064
Fj30	0,204899	0,661033	0,055931	0,026835	0,023747707	0,041196	1,059089	1,325697	0,203305	0,120032	0,590155	0,26508
Fj31	0,594365	0,17734	0,121082	0,142723	0,266728681	0,131655	0,254609	0,133709	0,853657	1,024811	0,202704	0,36744
Fj32	0,023395	0,30073	0,266961	0,176393	0,196959125	0,078011	1,124488	0,490178	0,976887	0,455252	1,244291	0,223893
Fj36	0,120186	0,214228	0,144484	0,094168	0,078606323	0,095293	0,233491	0,146375	0,332978	0,192472	0,202808	0,114671
Fj37	0,749881	0,149489	0,794442	1,249528	0,164156928	0,331984	0,57443	0,99366	0,333171	0,433789	0,435263	0,634377
Fj38	1,236403	0,781629	0,403892	0,356706	0,274162097	0,178876	1,524339	2,502693	0,702312	0,725228	0,251497	2,134714
Fj39	0,366294	0,432391	0,383349	0,299649	0,090829816	0,086166	1,030134	0,537652	0,516648	0,576234	0,410049	0,153392
Fj40	1,276765	2,010621	0,213357	0,748453	0,08882498	0,591715	0,300735	0,687393	0,383143	1,598239	0,24031	1,303883
Fj41	0,455816	0,611095	0,021868	0,072092	0,331805842	0,218028	0,684066	0,251291	0,410234	0,553915	0,109699	0,122249
Fj42	1,499059	2,981087	1,019417	2,030087	0,368498871	0,70036	0,355166	0,550461	0,633087	1,557104	0,203355	0,447541
Fj48	5,366881	4,085029	1,482861	0,977546	1,130621012	0,798392	0,672668	1,014339	1,573418	2,231897	0,413345	1,015658
Fj49	0,203863	0,414791	0,170736	0,078975	0,074170861	0,187471	0,211229	0,166291	0,293021	0,512451	0,026851	0,201345
Fj51	0,421105	0,746083	0,279517	0,508344	0,188017336	0,219762	0,231606	0,203583	0,331068	0,326674	0,212742	0,175387

plot	Mg_out	Mg_in	Mn _out	Mn_in	Fe_out	Fe_in	Si_out	Si_in	Zn _out	Zn_in	P(tot)_out	P(tot)_in	S(tot)_out	S(tot)_in	Al_out	Al_in
Fj01	1,5606	1,508	0,00076	0,0002	0,0013	0,0018	0,361	0,29	0,002	0	0,052528	0,05478	0,20971	0,15006	0,002	0,01
Fj17	1,7391	1,75	0,0009	0,0004	0,0018	0,0018	0,32	0,36	0,0028	0	0,046568	0,07358	0,163331	0,09835	0,004	0
Fj23	1,685	1,737	0,0005	0,0003	0,0015	0,002	0,351	0,39	0,0023	0	0,03513	0,04935	0,087523	0,10652	0,002	0
Fj24	2,6418	4,072	0,00019	0,0005	0,001	0,0055	0,323	0,44	0,0022	0,01	0,019498	0,04917	0,146192	0,24334	0,001	0,03
Fj25	3,0675	3,783	0,00043	0,0003	0,001	0,0012	0,5	0,57	0,0034	0	0,243218	0,06324	0,232288	0,21834	0,004	0,01
Fj26	3,3069	5,326	0,00044	0,001	0,0003	0,0035	0,414	0,52	0,0025	0	0,065438	0,28382	0,120172	0,15475	0,002	0,01
Fj29	3,2651	2,721	0,0003	0,0013	0,0011	0,0011	0,254	0,16	0,002	0	0,029284	0,02493	0,160841	0,06769	0,001	0
Fj30	2,5952	2,573	0,00074	0,0005	0,001	0,0029	0,164	0,28	0,0049	0	0,018132	0,0277	0,058385	0,08864	0,003	0
Fj31	2,8747	1,526	0,00081	0,0053	0,0029	0,0029	0,281	0,16	0,003	0	0,179611	0,06018	0,101516	0,11947	0,008	0
Fj32	2,5474	1,895	0,01064	0,0004	0,003	0,0024	0,282	0,32	0,0041	0	0,126745	0,07876	0,203572	0,07806	0,005	0,01
Fj36	2,4797	2,403	0,01123	0,0075	0,0021	0,0019	0,136	0,12	0,0069	0,02	0,034754	0,04655	0,051082	0,03621	0,012	0,02
Fj37	2,5284	4,147	0,41969	0,6377	0,0288	0,0249	0,434	0,53	0,3651	0,28	0,227732	0,32665	0,369152	0,42782	0	0
Fj38	1,4544	1,274	0,25602	0,1213	0,0094	0,0059	0,132	0,14	0,0426	0,06	0,136957	0,07299	0,15525	0,13725	0,411	0,14
Fj39	3,5656	1,956	0,02229	0,0078	0,006	0,0014	0,359	0,26	0,0365	0,02	0,044384	0,02157	0,180149	0,05652	0,027	0,01
Fj40	1,4997	1,069	0,10007	0,7561	0,0077	0,011	0,304	0,24	0,036	0,06	0,069487	0,1367	0,109591	0,18942	0,089	0,79
Fj41	2,2694	1,042	0,02696	0,0703	0,0023	0,0041	0,059	0,05	0,0315	0,05	0,110517	0,15845	0,044538	0,07702	0,036	0,21
Fj42	1,2221	3,493	0,29219	0,7128	0,0094	0,0203	0,161	0,31	0,0519	0,12	0,201528	0,55293	0,170822	0,39382	0	0,38
Fj48	2,2215	3,342	0,64176	0,6677	0,0258	0,0152	0,362	0,43	0,1364	0,14	0,876211	0,61631	0,376313	0,29807	0	0,27
Fj49	1,3269	1,666	0,04173	0,0255	0,0023	0,0021	0,11	0,16	0,0471	0,07	0,02349	0,06012	0,057846	0,04264	0,027	0,06
Fj51	0,7757	1,401	0,092	0,3143	0,0103	0,012	0,127	0,2	0,0799	0,1	0,107018	0,14237	0,121145	0,14542	0	1,18

plot	NO3_out	NO3_in	NH4_out	NH4_in	o-Po4_out	o-Po4_in	Na_out	Na_in	K_out	K_in	Cl_out	Cl_in
Ig03	1,197734	1,921067	0,035258	0,032581	0,073953214	0,085926	0,679871	0,487099	0,445805	0,477542	0,53462	0,41021
Ig05	2,314081	1,387022	0,126	0,251365	0,134265555	0,06133	1,670009	2,126679	1,044687	0,368991	1,742653	0,925168
Ig06	0,549056	0,719081	0,044873	0,050798	0,056178687	0,071965	0,511149	0,678913	0,3829	0,245139	0,434267	0,443686
Ig11	0,814567	1,308912	0,085743	0,071733	0,088523294	0,077734	0,659796	0,652145	0,700505	0,262974	0,685376	0,511868
Ig12	1,53485	1,175849	0,134515	0,05623	0,44542727	0,069768	1,034661	1,914966	1,085807	0,53995	1,643674	2,041687
Ig14	0,636194	0,61382	0,086931	0,100361	0,046614981	0,065802	0,807365	0,989188	1,160595	0,967397	0,461263	0,313489
Ig15	0,28676	0,475252	0,252628	0,072817	0,087568528	0,062388	0,282809	0,216107	0,968358	0,264832	0,29422	0,176955
Ig18	1,282904	0,780052	0,104705	0,403137	0,077105414	0,021219	2,388514	5,953264	0,78623	0,575447	5,065466	8,846789
Ig27	0,394269	0,739349	0,009029	0,02333	0,068809055	0,022564	0,725476	0,845287	0,717043	0,343352	0,707355	0,755035
Ig29	3,210878	0,836555	0,130115	0,018589	0,059323759	0,028189	4,09164	1,01437	0,936303	0,463354	1,556046	0,450262
Ig31	2,773715	0,771318	0,334478	0,01426	0,206119559	0,104168	1,162248	0,834074	2,29922	0,67626	1,551127	0,591601
Ig32	0,738279	2,110787	0,041075	0,220455	0,025828333	0,084947	0,518917	1,03436	0,211971	0,209352	0,685281	0,5218
Ig34	1,650679	0,997374	0,144996	0,062018	0,065303541	0,018243	1,059951	0,66462	0,29346	0,379888	1,119723	1,08908
Ig39/1	1,510866	2,745128	0,097276	0,131849	0,375043289	0,357707	0,902849	0,721546	2,571557	3,354375	0,381115	0,327495
Ig39/2	0,571106	0,183259	0,189978	0,172377	0,013386171	-0,00157	0,558596	0,758402	0,394831	0,231837	0,605579	0,683377
Ig41	0,344557	0,089747	0,257608	0,958519	0,1054993	0,153369	0,356176	1,500859	0,501371	0,616751	0,28807	1,289257
Ig42	2,847162	2,836016	3,342446	0,903222	0,018715351	0,192211	1,173166	0,513128	0,631601	0,420451	0,84794	0,314114
Ig43	3,140181	1,393577	1,131536	0,215317	0,454913801	0,219189	0,710069	0,254058	1,058784	0,475754	0,594589	0,194315
Ig45	3,336092	3,248488	2,549118	2,480572	0,952378992	1,231948	0,966884	1,045535	2,561884	1,949179	0,778284	1,022422
Ig46	0,208286	1,27884	0,430923	0,879777	0,220766604	1,40988	0,334397	0,506011	0,449151	3,497245	0,414464	0,876825
Ig50	0,89212	1,493264	0,617467	0,606565	0,353009826	0,419036	0,379417	0,199348	0,352978	0,806438	-0,01084	0,000889
Ig55	0,166314	0,468609	0,062758	0,167311	0,00154684	0,001513	0,189511	0,141006	0,101005	0,189475	0,127225	0,099175

plot	Mg_out	Mg_in	Mn_in	Mn_in	Fe_out	Fe_in	Si_out	Si_in	Zn_out	Zn_in	P(tot)_out	P(tot)_in	S(tot)_out	S(tot)_in	Al_out	Al_in
Ig03	4,20982	4,585	8E-04	3E-04	0,0016	0,002325	0,695	0,67	0,004	0	0,3138662	0,07604	0,525359	0,41818	0,0021	0
Ig05	5,74331	6,473	7E-04	0,043	0,0002	0,023401	1,349	1,38	0,004	0,47	0,0581719	-0,0235	1,3124298	1,16605	0,0102	0,01
Ig06	4,02678	4,614	2E-04	4E-04	0,0011	0,000467	0,545	0,62	0,003	0	0,0471974	0,10707	0,2092741	0,21096	0,0098	0,01
Ig11	5,8939	6,172	2E-04	5E-04	0,0016	0,003549	0,909	0,84	0,004	0	0,0692299	0,06346	0,4333968	0,52884	0,0284	0,01
Ig12	4,47777	5,102	4E-04	2E-04	0,0015	0,00117	0,713	0,79	0,007	0	0,0523871	0,05286	0,1618569	0,24327	0,0026	0,01
Ig14	1,23669	2,345	1E-04	4E-04	0,0015	0,002264	0,287	0,42	0,002	0	0,0501294	0,07473	0,1073327	0,17125	0,003	0
Ig15	2,1632	2,409	0,001	4E-04	0,002	0,002144	0,383	0,42	0,004	0	0,1005657	0,0672	0,1204285	0,12509	0,0105	0
Ig18	5,0652	7,872	2E-04	0,003	0,001	0,002261	0,478	0,59	0,002	0	0,0566022	0,01529	0,3810349	0,60759	0,0014	0
Ig27	5,88999	5,954	2E-04	2E-04	0,0009	0,000455	0,681	0,56	0,003	0	0,0286028	0,02315	0,2049239	0,37636	0,0025	0
Ig29	6,58738	4,839	5E-04	1E-04	0,0016	0,001056	0,937	0,55	0,003	0	0,0294518	0,01814	1,5828826	0,71522	0,0029	0
Ig31	7,01053	6,648	5E-04	0,006	0,0023	0,001586	0,812	0,88	0,004	0	0,0885721	0,08767	0,6218977	0,62424	0,018	0,01
Ig32	7,27626	7,022	9E-04	2E-04	0,0012	0,001202	0,555	0,67	0,003	0	0,0247172	0,02907	0,4998316	0,20599	0,0116	0,01
Ig34	7,05108	6,019	5E-04	3E-04	0,0009	0,000955	0,658	0,51	0,004	0	0,0210443	0,03781	0,4131413	0,59942	0,0128	0,03
Ig39/1	7,1473	7,664	2E-04	4E-04	0,0012	0,001754	0,361	0,48	0,003	0	0,0954219	0,13733	0,106718	0,18698	0,0324	0,01
Ig39/2	7,82796	8,734	4E-04	0,008	0,0017	0,00174	0,629	0,49	0,003	0	1,4723233	5,45795	0,2414352	0,32559	0,0246	0,02
Ig41	2,61292	2,09	0,054	0,072	0,004	0,003738	0,4	0,47	0,059	0,07	0,0452888	0,0336	0,2885299	0,49039	0,039	0,05
Ig42	2,47757	3,815	0,478	0,492	0,0482	0,02361	0,276	0,37	0,067	0,08	0,0949492	0,16947	0,7781027	0,46696	1,1136	0,21
Ig43	0,93708	1,232	0,51	0,21	0,0096	0,008831	0,182	0,23	0,04	0,05	0,1193057	0,10138	0,1312651	0,15157	0,3427	0,12
Ig45	1,60664	10,67	0,372	2,466	0,0081	0,035347	0,144	1,19	0,044	0,95	0,2024655	1,99233	0,1418817	0,87791	0,2081	1,3
Ig46	1,15366	3,22	0,175	0,451	0,0217	0,018369	0,086	0,41	0,056	0,16	2,7592274	0,95008	0,1177132	0,28855	0	0,25
Ig50	1,26272	1,712	0,303	0,247	0,0144	0,01006	0,241	0,15	0,112	0,06	0,2181537	0,24654	0,2960908	0,20453	0	0
Ig55	0,46252	0,689	0,018	0,003	0,0027	0,001932	0,078	0,13	0,028	0,01	0,0074398	0,00502	0,0490874	0,06098	0,0417	0,04

Bijlage D Overzicht meetwaarden macro- invertebraten

	Fj25 binnen	Fj25 buiten	Fj26 binnen	Fj26 buiten	Fj29 binnen	Fj29 buiten	Fj36 binnen	Fj36 buiten	Fj37 binnen	Fj37 buiten
duizendpoten	0	0	6	3	6	11	2	1	4	37
mieren	3	0	0	5	12	16	1	0	2	10
spinnen	89	36	29	56	29	47	25	7	32	43
bastaardschorpioen	0	0	1	0	0	6	0	1	1	1
loopkever	/	/	/	/	8	2	/	/	2	10
mijten	9	11	66	20	71	61	13	2	35	65
springstaarten	48	102	79	109	161	100	59	6	109	180
miljoenpoten	0	5	6	12	6	10	4	10	5	1
wormen	2	8	1	8	0	5	4	6	0	0
slakken	2	10	0	4	2	2	19	35	5	2
wantsen	0	0	0	4	0	0	7	2	0	0
cicade	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
pissebedden	3	5	53	48	18	86	30	17	9	19
oorworm	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1
vliesvleugeligen	3	25	6	32	39	29	11	4	9	14
larven	18	95	24	21	17	17	18	35	5	11
kevers overig	18	16	10	6	40	41	12	16	23	16

	Ig05 binnen	Ig05 buiten	Ig12 binnen	Ig12 buiten	Ig27 i binnen	Ig27 buiten	Ig29 binnen	Ig29 buiten	Ig32 binnen	Ig32 buiten
duizendpoten	12	10	3	1	5	1	1	3	1	1
mieren	4	0	0	2	0	2	0	2	0	0
spinnen	51	127	25	38	64	41	77	47	89	58
bastaardschorpioen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
loopkever	/	/	21	5	3	1	/	/	/	/
mijten	30	11	9	8	43	11	63	11	16	2
springstaarten	59	14	129	80	23	13	0	56	183	282
miljoenpoten	1	2	1	0	4	1	2	0	7	2
wormen	22	5	16	6	8	7	1	4	2	3
slakken	4	17	25	15	12	5	16	6	3	14
wantsen	0	0	0	0	8	1	0	1	0	2
cicade	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0
pissebedden	35	55	5	6	5	12	8	12	9	8
oorworm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
vliesvleugeligen	0	9	16	21	27	14	31	26	25	5
larven	49	53	32	16	0	0	38	65	26	27
kevers overig	48	25	3	1	4	5	17	12	3	6