



SKB SV-409

*Interactieve risicobenadering bodemproblematiek voormalige mijn-
streek oostelijk zuid-Limburg*
Deelproject: Bodemkwaliteitskaarten



Namens het consortium van project SV-409: De Straat Milieu-adviseurs
januari, 2003

Gouda, SKB

Titel rapport

project SV-409: Interactieve risicobenadering bodem-
problematiek voormalige mijnstreek oostelijke Zuid-Limburg
Deelproject: Bodemkwaliteitskaarten

SKB
rapportnummer

Project rapportnummer

Auteur(s)

D.J. Brus (Alterra)
I. van Lith (De Straat Milieu-adviseurs)
J. Godding, E. Nieuwenhuis (Parkstad Limburg)

Aantal bladzijden

Rapport: 32
Bijlagen: 20

Uitvoerende organisatie(s)

Alterra bv
De Straat Milieu-adviseurs (penvoerder)
Regio Parkstad Limburg

Uitgever

SKB, Gouda

Samenvatting

PAK-gehalten in de bodem van de voormalige mijnstreek oostelijk Zuid-Limburg zijn met een kanssteekproef onderzocht.

De werkzaamheden die binnen het deelproject zijn uitgevoerd, zijn in dit rapport beschreven.

Trefwoorden

- Bodemkwaliteit
- Kanssteekproef
- BAP-equivalente PAK-gehalten
- Actief Bodembeheer

Titel project

Interactieve risicobenadering bodem
problematiek voormalige mijnstreek oostelijk Zuid-Limburg
Deelproject: Bodemkwaliteitskaarten

Projectleiding

ir. H.M.C. Satijn

Dit rapport is verkrijgbaar bij:
SKB, Postbus 420, 2800 AK Gouda

Inhoudsopgave

Samenvatting	vii
Begrippenlijst	ix
1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond en aanleiding project	1
1.2 Probleemstelling en knelpunten deelproject bodemkwaliteitskaart	1
1.3 Doelstelling onderzoek	1
1.4 Opbouw van het rapport	1
2 Beschrijving uitgevoerde werkzaamheden	3
2.1 Voorbereiding	3
2.2 Veldwerk	4
2.3 Laboratoriumanalyses	4
2.4 Statistische verwerking	4
2.5 Evaluatie resultaten	4
3 Resultaten	5
3.1 Resultaten voorbereiding	5
3.2 Resultaten veldwerk	7
3.3 Resultaten laboratoriumanalyses	7
3.4 Resultaten statistische verwerking	8
3.5 Resultaten evaluatie	10
4 Conclusies	17

Samenvatting

Aanleiding

Aanleiding voor dit onderzoek is de onrust onder de bevolking van de regio oostelijk zuid-Limburg over mogelijk verhoogde gehalten aan Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen in de bodem en de hiermee gepaard gaande gezondheidsrisico's.

Doel

Doel van dit deelonderzoek is het verkrijgen van een (ruimtelijk) inzicht in de huidige PAK-gehalten in de groente- en siertuinen in de regio oostelijk zuid-Limburg en de hiermee samenhangende risico's voor de volksgezondheid.

Uitgevoerde werkzaamheden

De PAK-gehalten in de bodem zijn onderzocht met behulp van een speciaal voor dit onderzoek ontworpen kanssteekproef van bodemmonsters. De werkzaamheden zijn opgedeeld in vijf fasen: 1) de voorbereiding; 2) het veldwerk; 3) het laboratoriumwerk; 4) de statistische verwerking van de gegevens; en 5) de evaluatie en rapportage van de resultaten. In de voorbereiding is het doel van het onderzoek verder uitgewerkt, een steekproefopzet ontworpen, een steekproefkader gemaakt en een steekproef getrokken. Het uitgewerkte doel van het onderzoek was het schatten van het gemiddelde, de mediaan en de 90-percentielwaarde van de som van PAK10-gehalten en van het BAP-equivalente gehalte van drie deelgebieden, namelijk:

1. sier- en groentetuinen in woonwijken gebouwd voor 1970;
2. sier- en groentetuinen in woonwijken gebouwd na 1970;
3. volkstuinten.

De bemonsteringseenheid ($0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$) en de bemonsteringsdiepte (0,25 m) zijn afgestemd met het gewasonderzoek. In totaal zijn 90 punten geloot volgens een gestratificeerde enkelvoudig aselechte steekproefopzet en een groot aantal reservepunten. De gelote punten zijn ge-localiseerd met GPS. Wanneer een geloot punt afvalt omdat geen toestemming werd verleend of omdat het gelote punt niet tot het doelgebied behoorde, dan is het eerstvolgende reservepunt uit hetzelfde deelgebied bemonsterd. Op deze wijze wordt voorkomen dat punten aan de randen van bijvoorbeeld wegen en bebouwing oververtegenwoordigd zijn in de steekproef waardoor vertekening kan ontstaan. Op elk geloot punt is 1 mengmonster genomen, samengesteld uit 3 x 3 steken in vierkantsverband met een onderlinge afstand tussen de punten van 0,25 m en is een boorbeschrijving gemaakt. De monsters zijn geanalyseerd op PAK-gehalten volgens NEN 7531. De mediaan en 90-percentielwaarde en hun 80%-betrouwbaarheidsintervallen zijn geschat volgens de methode van Snedecor en Cochran (1967). De resultaten zijn vergeleken met het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit en met de bestaande regionale bodemkwaliteitskaart.

Resultaat en conclusies

Met name in sier- en groentetuinen in wijken gebouwd voor 1970 wordt de streefwaarde van de som van de PAK10 gehalten zeer regelmatig overschreden. De relatief hoge gehalten in dit deelgebied hangen mogelijk samen met het veelvuldig gebruik van steenkoolproducten door de bewoners in de periode tot 1970. De gestandaardiseerde som van de PAK10-gehalten in deze sier- en groentetuinen is vergelijkbaar met die in andere stedelijke gebieden zoals Haarlem en Nijmegen. In twee van de 90 monsters (1 monster in wijken gebouwd voor 1970, 1 monster in wijken gebouwd na 1970) wordt het 'Aanvaardbare risico niveau' voor het BAP-equivalente PAK-gehalte overschreden. Dit geldt alleen wanneer dit gehalte wordt berekend met een vermenigvuldigingsfactor van 1 voor chryseen in plaats van 0,1 zoals in 1995 door de Technische Commissie Bodembescherming is voorgesteld. Hierbij moet opgemerkt worden dat de bemonsterde oppervlakte aanzienlijk kleiner is dan gebruikelijk, waardoor de kans op het aantreffen van extreme waarden groter is dan normaal. De interventiewaarde wordt in geen van de monsters overschreden en de tussenwaarde in 1 monster.

De PAK-gehalten in de volkstuinten zijn het laagst, mogelijk tengevolge van homogenisatie door intensieve grondbewerking. De gehalten liggen ver beneden het 'aanvaardbare risico-niveau'. Het gemiddelde gehalte in de volkstuinten ligt wel duidelijk boven de in de rapportages van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit genoemde gemiddeldes.

Het 80%-betrouwbaarheidsinterval van de 90-percentielwaarde is zeer breed en daardoor van weinig waarde. Voor een betrouwbare schatting van het 90-percentiel zijn aanzienlijk meer monsters nodig dan 30.

Begrippenlijst

Aanvaardbaar risico niveau

Het niveau van humaan toxicologische, ecotoxicologische en verspreidingsrisico's dat in nieuwe situaties niet mag worden overschreden. Komt overeen met het MTR uit het risicobeleid van de rijksoverheid.

(Werkgroep Actief Bodembeheer Limburg, Actief Bodembeheer in Limburg)

Achtergrondgrenswaarde

Concentratie-waarde voor een bepaalde stof die de gebiedseigen kwaliteit aangeeft. Bij een concentratie beneden deze grenswaarde is sprake van gebiedseigen bodemkwaliteit. De achtergrondgrenswaarde is gedefinieerd als de ondergrens van het 80%-betrouwbaarheidsinterval van de 90-percentielwaarde, van alle analysegegevens uit het plangebied die niet aantoonbaar zijn beïnvloed door een lokale verontreinigingsbron.

(Werkgroep Actief Bodembeheer Limburg, Actief Bodembeheer in Limburg)

Actief Bodembeheer

Het totaal aan samenhangende activiteiten die zijn gericht op het adequaat en efficiënt omgaan met het structureel aanwezig zijn van bodemverontreiniging.

(werkgroep Welschen, saneren zonder stagneren)

Het ontwikkelen en uitvoeren van een maatschappelijk acceptabel gebiedsgericht bodembeleid. Betreft de keten bodembescherming, -beheer, -sanering en nazorg.

(Bouwen op verontreinigde grond, VNG)

Actief Bodembeheer Limburg (ABL)

Actief Bodembeheer Limburg beschrijft het beleid voor het omgaan met verontreinigde grond in diffuus verontreinigde binnen stedelijke gebieden en vormt daarmee het kader voor uitvoering van Actief Bodembeheer in dergelijke gebieden in Limburg.

(Werkgroep Actief Bodembeheer Limburg, Actief Bodembeheer in Limburg)

Frequentieverdeling

Grafiek die de frequentie weergeeft als functie van de waarde van de doelvariabele (bijvoorbeeld de concentratie van een PAK). Meestal wordt de frequentie cumulatief weergegeven. In dit geval kan eenvoudig het percentage waarnemingen kleiner dan een bepaalde grenswaarde (bijvoorbeeld streefwaarde) afgelezen worden.

Gestratificeerde enkelvoudig aselechte steekproef

Steekproefopzet waarin gebied wordt onderverdeeld in strata (zie strata) en in elk stratum monsterlocaties worden geselecteerd door middel van een enkelvoudig aselechte steekproefopzet (in de volksmond ook wel volledig aselechte genoemd), dat wil zeggen alle locaties binnen een stratum hebben een gelijke kans > 0 om geloot te worden en de locaties worden onafhankelijk van elkaar geloot. Wanneer het doel van het onderzoek is het schatten van het gemiddelde (of andere parameter van de frequentieverdeling) voor een aantal deelgebieden is het handig om deze deelgebieden te gebruiken als strata omdat de statistische verwerking dan zeer eenvoudig

is. Ook wanneer het doel is het schatten van het gemiddelde (of andere parameter van de frequentieverdeling) van het hele onderzoeksgebied kan stratificatie zinvol zijn, omdat op deze wijze de nauwkeurigheid (gegeven het totaal aantal monsters) van het geschatte gebiedsgemiddelde mogelijk kan worden vergroot (bijvoorbeeld als ruimtelijke variatie binnen strata kleiner is als in hele onderzoeksgebied).

Interventiewaarden

Waarde waarmee voor verontreinigde stoffen het concentratieniveau wordt aangegeven waarbij sprake is van ernstige vermindering of dreigende vermindering van de functionele eigenschappen die de bodem heeft voor de mens, plant of dier.

(Circulaire inwerkingtreding Tweede fase saneringsregeling)

Kanssteekproef

Door middel van loting geselecteerde steekproef van monsterlocaties. Een kanssteekproef is niet hetzelfde als een steekproef waarbij de locaties willekeurig (lukraak) zijn geselecteerd. De selectie van monsterlocaties moet aan een aantal voorwaarden voldoen:

- alle mogelijke steekproeven die met de selectieprocedure kunnen worden getrokken kunnen van te voren op een rij worden gezet;
- de kans dat deze steekproeven worden getrokken is bekend;
- alle monsterlocaties hebben een kans groter dan 0 hebben om geloot te worden;

Bij willekeurige (lukrake) bemonstering wordt veelal niet voldaan aan de tweede en derde voorwaarde. Voordelen van kanssteekproeven zijn objectiviteit en validiteit (geldigheid van resultaat). Kanssteekproeven kunnen volgens zeer veel procedures, steekproefopzetten genoemd, geselecteerd worden. Voorbeelden zijn enkelvoudige aselechte steekproeven, gestratificeerde steekproeven, cluster steekproeven, tweetraps steekproeven en systematische steekproeven.

MTRbodern

Een dusdanig groot huumaantoxicologisch, ecotoxicologisch of verspreidingsrisico samenhangend met een ernstig geval van verontreiniging dat de aanpak hiervan, ook bij het continueren van het bestaande gebruik, urgent is.

(Werkgroep Actief Bodembeheer Limburg, Actief Bodembeheer in Limburg)

MTRhumaan

Maximaal Toelaatbaar Risico. Voor genotoxisch carcinogenen: de inname van die hoeveelheid van een stof, uitgedrukt op basis van het lichaamsgewicht voor orale blootstelling en op basis van luchtinname voor inhalatoire blootstelling die leidt tot één extra geval van kanker per 10.000 levenslang blootgestelde individuen. Voor stoffen met een drempelwaarde: het risico voortvloeiende uit de inname van een bepaalde stof gelijk aan het TDI.

(RIVM; voorstel voor de humaan-toxicologische onderbouwing van C-(toetsings)waarden)

PAK

Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen. PAK is een verzamelnaam van meer dan 200 stoffen, die bestaan uit 2 of meer met elkaar verbonden benzeenringen. De PAK verbindingen zijn praktisch onoplosbaar in water, niet vluchtig en persistent (niet afbreekbaar).

Enkele PAK zijn kankerverwekkend (bijvoorbeeld benz(a)pyreen). PAK's ontstaan bij de onvolledige verbranding van koolwaterstoffen. PAK kan in hoge gehalten voorkomen in onder andere

steenkolteer, pek, creosoot, diverse oliesoorten, zuiveringslib, rubber, kunststoffen, verf, lakken en dakbedekkingsmaterialen. In de bodem komen PAK vaak voor in combinatie met koolas en sintels. Bij de analyse van PAK ten behoeve van bodemonderzoek wordt een selectie van de meer dan 200 PAK verbindingen geanalyseerd (PAK10 VROM of 16 EPA PAK).

90-percentielwaarde

Waarde van de doelvariabele waarvoor geldt dat in 90% van het oppervlak van het gebied de doelvariabele kleiner is dan deze percentielwaarde.

(Werkgroep Actief Bodembeheer Limburg, Actief Bodembeheer in Limburg)

Regio Parkstad Limburg

Regionaal samenwerkingsverband tussen de gemeentes Brunssum, Heerlen, Kerkrade, Landgraaf, Nuth, Onderbanken, Voerendaal en Simpelveld.

Stratum

Deelgebied gebruikt bij het loten van punten. De strata overlappen elkaar niet en vormen tesa-men het doelgebied. De loting van punten binnen een stratum is onafhankelijk van die in een ander stratum (zie verder gestratificeerde enkelvoudig aselcte steekproef).

Streefwaarde

Waarde die het kwaliteitsniveau aangeeft waarop de functionele eigenschappen van de bodem zijn veiliggesteld.

(Circulaire inwerkingtreding Tweede fase saneringsregeling)

1 Inleiding

Het deelproject Bodemkwaliteitskaart maakt onderdeel uit van het project “Interactieve risicobenadering voormalige mijnstreek oostelijk zuid-Limburg”.

1.1 Achtergrond en aanleiding project

Tengevolge van de mijnindustrie is de bodem in de regio oostelijk zuid-Limburg plaatselijk verontreinigd met PAK. Omvangrijke bebouwde ernstig verontreinigde locaties zijn inmiddels gesaneerd, maar ook in het resterende gebied is de bodem diffuus belast. De burgers hebben vragen over gezondheidsrisico's tengevolge van deze PAK, leven in onzekerheid en willen van de overheid feiten. De overheid op haar beurt beschikt niet over feiten over de risico's van mijnsteen. Deze onwetendheid leidt tot onduidelijkheid, miscommunicatie, onbegrip en wantrouwen tussen burgers en overheid.

1.2 Probleemstelling en knelpunten deelproject bodemkwaliteitskaart

Een belangrijk onderdeel van het project “Interactieve risicobenadering voormalige mijnstreek oostelijk zuid-Limburg” is het verzamelen van feiten over de bodemverontreinigings situatie. In het deelproject ‘Bodemkwaliteitskaart’ worden nieuwe gegevens verzameld over de huidige PAK-gehalten in de sier- en groentetuinen van deze streek omdat de bestaande gegevens mogelijk een vertekend beeld geven. Bovendien worden de nieuwe gegevens verzameld door middel van een kanssteekproef, zodat de betrouwbaarheid van de resultaten eenvoudig kan worden bepaald.

1.3 Doelstelling onderzoek

Het doel van het deelproject ‘Bodemkwaliteitskaart’ is het verkrijgen van een (ruimtelijk) inzicht in de PAK-gehalten zoals die voorkomen in de bovengrond van de tuinen van de bewoners van de Regio Parkstad Limburg en tevens van de humaan-toxicologische risico's van deze PAK-gehalten.

1.4 Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 zullen de werkzaamheden die in het kader van dit deelproject zijn uitgevoerd worden beschreven. In hoofdstuk 3 zullen de resultaten per fase (voorbereidende fase, veldwerk, statistische verwerking en evaluatie resultaten) worden behandeld. In hoofdstuk 4 worden enkele conclusies getrokken en worden enkele aanbevelingen gedaan.

2 Beschrijving uitgevoerde werkzaamheden

2.1 Voorbereiding

Het voorbereidende werk bestond uit:

1. het nader invullen van de doelstelling van het deelproject. Hierbij moet gedacht worden aan het precies definiëren van het doel van het project. Relevante vragen in dit kader zijn: wat is het doelgebied (wat hoort er wel en wat hoort er niet bij, denk bijvoorbeeld aan tuinen in landelijke gebied, tuinen in gesaneerde mijnsteengebieden, alleen bestaande groentetuinen of ook siertuinen enz.), wat is het doelkenmerk (som van PAK10-gehalten in bodem als zodanig, of gerelateerd aan bodemnorm), welke doelparameter (gemiddelde, mediaan, hoge percentielwaarde bijvoorbeeld P90, of hele frequentieverdeling), wat is de bemonsteringseenheid (vierkanten met constant, nader te specificeren oppervlak, of hele tuinen) en wat is de bemonsteringsdiepte? Een ander belangrijk aspect is welke mate van ruimtelijke differentiatie we nastreven. Uitersten zijn een kaart met een geschat PAK gehalte voor alle pixels (bijvoorbeeld van 1 m x 1 m) in het doelgebied en 1 gemiddeld (of mediaan) PAK gehalte voor het hele doelgebied. Tussenvarianten zijn die waarin het doelgebied wordt onderverdeeld in een aantal deelgebieden en per deelgebied de doelparameter wordt geschat;
2. het maken van een steekproefkader; concreet betekent dit het maken van een kaart van het doelgebied en van de onderscheiden deelgebieden, die gebruikt kan worden voor het loten van de steekproefpunten. De kaart moet zo goed mogelijk het doelgebied weergeven. Idealiter behoort het hele gebied dat op de kaart is weergegeven ook daadwerkelijk tot het doelgebied zodat alle gelote punten in een sier- of groentetuin vallen en zijn alle sier- en groentetuinen ook op de kaart weergegeven (geen over- of onderdekking);
3. het ontwerpen van een geschikte steekproefopzet; Kanssteekproeven kunnen op heel veel manieren (steekproefopzet-typen) geselecteerd worden. Onderdeel hiervan is ook de bepaling van het totaal aantal te bemonsteren steekproefpunten (per deelgebied);
4. het loten van de steekproefpunten en van een set reservepunten (per deelgebied). De reservepunten moeten worden gebruikt als geen toestemming wordt verleend, of wanneer in veld blijkt dat het gelote punt niet tot doelgebied behoort (in een sier- of groentetuin valt). Wanneer een geloot punt vervalt omdat het niet binnen een sier- of groentetuin valt (denk bijvoorbeeld aan paden of terrassen) dan wordt niet een nabij gelegen punt bemonsterd omdat op deze manier vertekening kan ontstaan (punten langs de randen van paden, terrassen enz. hebben dan een grotere kans om in de steekproef terecht te komen), maar het eerstvolgende reservepunt in hetzelfde deelgebied.

2.2 Veldwerk

Het veldwerk bestond uit:

1. het bepalen van de eigenaar van de tuinen met een geloot punt;
2. het vragen van toestemming voor bemonstering (meestal schriftelijk, bij reservepunten mondeling);
3. het lokaliseren van de gelote punten met behulp van GPS en controleren of punt daadwerkelijk tot doelgebied behoort;
4. het bemonsteren; op iedere locatie van 0,5 x 0,5 m² zijn 9 steken genomen met een Edelmanboor (zie hierna, par. 3.1.1). Deze 9 steken zijn in het veld in een emmer handmatig gemengd. Vervolgens is een monster genomen van 500 cm³. De monsters zijn gekoeld bewaard;
5. het beschrijven van een representatieve boring in het vierkant. De boring is beschreven volgens NEN 5104.

2.3 Laboratoriumanalyses

De monsters zijn in het laboratorium van Alterra geanalyseerd op gehalten aan Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK). Deze PAK-analyses zijn uitgevoerd conform NEN 5731. De monsters zijn niet cryogeen gemalen omdat de monsters voldoende homogeen waren. Volledigheidshalve zijn ook de gehalten van de PAK's gemeten die meetellen bij de som van de 16 PAK's van het EPA, maar niet opgenomen zijn in de som van de PAK10's van VROM.

2.4 Statistische verwerking

Per stratum zijn de in het laboratorium bepaalde concentraties gesorteerd van laag naar hoog en in een grafiek weergegeven. Door het vergelijken van deze drie grafieken krijgen we een goede indruk van verschillen in niveau en in spreiding van de PAK-gehalten in de drie deelgebieden. Verder zijn per stratum een aantal beschrijvende statistieken berekend, te weten het gemiddelde, de mediaan en de 90-percentielwaarde (P90). Van alle drie parameters is tevens het 80%-betrouwbaarheidsinterval geschat. De mediaan, P90 en betrouwbaarheidsintervallen van deze percentielwaarden zijn geschat met de methode van Snedecor en Cochran (1967, lit. 6). Voor een eenvoudige doch goede beschrijving van deze methode verwijzen we naar Gilbert (1987, pag. 141, lit. 3).

2.5 Evaluatie resultaten

De geschatte gemiddeldes, medianen en 90-percentielwaarden zijn vergeleken met de resultaten van eerder onderzoek elders in Nederland en in de regio.

3 Resultaten

3.1 Resultaten voorbereiding

3.1.1 Specificatie doel van onderzoek

Wat is het doelgebied?

Besloten is dat het doelgebied wordt gevormd door de onverharde en bemonsterbare delen van alle sier- en groentetuinen binnen de bebouwde kommen van de gemeentes Brunssum, Heerlen, Kerkrade, Landgraaf, Onderbanken en Simpelveld. Verder behoren tot het doelgebied de volkstuinten, ook wanneer deze buiten de bebouwde kommen liggen. De voormalige mijnterreinen behoren niet tot het doelgebied. Deze zijn immers al zeer gedetailleerd onderzocht door middel van 1 monster uit elke tuin en gesaneerd indien het gemiddelde gehalte het aanvaardbare risico niveau overschreed.

Wat is het doelkenmerk?

Als doelkenmerk is gekozen voor de som van de 10 meest voorkomende PAK's (10 van VROM). Ook is besloten om te kijken naar de BAP-equivalente PAK-gehalten, omdat voor deze gewogen som van PAK-gehalten een norm bestaat die aan humaan-toxicologische risico's is gerelateerd. Algemeen wordt verondersteld dat bij een BAP-equivalent PAK-gehalte van 7 mg kg⁻¹ het risico gering is. De BAP-equivalente PAK-gehalten zullen op twee manieren berekend worden, namelijk met 0,1 als vermenigvuldigingsfactor voor chryseen (hierna TCB-1990 methode genoemd) en 1 als vermenigvuldigingsfactor voor chryseen (hierna TCB-1995-methode genoemd). Besloten is het percentage van het oppervlak met BAP-equivalente PAK-gehalten groter dan het zogeheten 'Aanvaardbaar risico niveau' (7 mg kg⁻¹) te schatten. Tot slot is besloten ook de oppervlaktepercentages met een som van PAK10 gehalten groter dan de streefwaarde, de interventiewaarde en de tussenwaarde te schatten.

Wat is de doelparameter?

Besloten is per deelgebied (zie hierna) te schatten het gemiddelde, de mediaan en de 90-percentielwaarde (P90), incl. 80%-betrouwbaarheidsinterval.

Wat is de gewenste ruimtelijke differentiatie?

Gezien het beperkte aantal monsters (circa 90) is het niet haalbaar om van elke tuin het PAK-gehalte te voorspellen (schatten). Het andere uiterste is om het gemiddelde, of de hele frequentieverdeling van PAK-gehalten van het doelgebied als geheel te schatten (geen ruimtelijke differentiatie). Wij hebben gekozen voor een midden-variant, waarin het doelgebied wordt opgesplitst in een aantal deelgebieden. Voor elk deelgebied worden de hierboven genoemde doelparameters geschat.

Besloten is om de volgende 3 deelgebieden te onderscheiden:

1. Volkstuinen;
2. Sier- en groentuinen in woonwijken gebouwd voor 1970;
3. Sier- en groentuinen in woonwijken gebouwd na 1970.

Het jaar 1970 valt ruwweg samen met de beëindiging van de mijnbouwperiode en daarmee met het grootschalige gebruik van steenkoolproducten door bewoners.

Wat is de bemonsteringseenheid?

Er zijn 2 mogelijkheden: hele tuinen of vierkanten met een nader te bepalen oppervlak. Wij hebben gekozen voor vierkanten met een oppervlak van $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$. Voordeel hiervan is dat ook rekening wordt gehouden met variatie in PAK-gehalten binnen tuinen. Deze variatie is mogelijk van belang voor de bepaling van de gewaskwaliteit. Een tweede voordeel is dat het oppervlak constant is (tuinen zijn verschillend van grootte), waardoor het percentage vierkanten met een gemiddeld PAK-gehalte groter dan een bodemnorm ook geïnterpreteerd kan worden als het percentage van het oppervlak van het deelgebied met een PAK-gehalte groter dan deze bodemnorm. Verder zijn ook in het gewasonderzoek bodemonsters genomen van gebiedjes van circa $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$.

Wat is de bemonsteringsdiepte?

Ook de bemonsteringsdiepte is afgestemd op het gewasonderzoek: 0-25 cm beneden maai-veld. Deze bemonsteringsdiepte is gerelateerd aan de gemiddelde bewortelingsdiepte van groentegewassen.

3.1.2 Steekproefkader

Voor het maken van een steekproefkader is gebruik gemaakt van de kaart met de ouderdom van de bebouwing uit het rapport bij de bodemkwaliteitskaart van Parkstad Limburg. De eenheden op deze kaart zijn gegroepeerd tot twee eenheden, wijken gebouwd voor 1970 en wijken gebouwd na 1970 (zie bijlage A). De wijken in de gemeente Onderbanken die gebouwd zijn in de periode 1960-1980 zijn tot de groep 'wijken gebouwd na 1970' gerekend. Aan deze kaart zijn de volkstuinen toegevoegd. Het voorkomen en de begrenzing van deze volkstuinen is ontleend aan informatie die door de gemeente op kaart is aangeleverd.

Verder is gebruik gemaakt van de top10-vector, de digitale versie van de topografische kaart op schaal 1:10 000. Deze kaart is gebruikt om achter het bureau te bepalen of de gelote punten op een niet bemonsterbare plaats liggen, bijvoorbeeld op een bebouwde plek, verharde weg of terras. Op deze wijze kan worden voorkomen dat een zeer hoog percentage van de gelote punten in het veld afvallen.

3.1.3 Keuze steekproefopzet

Gekozen is voor een zeer eenvoudige steekproefopzet, namelijk een gestratificeerde enkelvoudige aselechte steekproef (Cochran, 1977). De strata zijn de drie bovengenoemde deelgebieden. Binnen een deelgebied worden de locaties volledig aselekt geloot, dat wil zeggen alle vierkantjes van $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$ hebben een gelijke kans om geloot en bemonsterd te worden en de loting van de vierkantjes is onafhankelijk van elkaar. Het voordeel van deze zeer eenvoudige steekproefopzet is dat het op deze manier ook intuïtief duidelijk is voor de burger dat de steekproef uit een deelgebied representatief is voor dat deelgebied.

Alle drie deelgebieden zijn in principe even belangrijk en daarom hebben we besloten in de deelgebieden ongeveer even veel monsters te nemen (circa 30 monsters per deelgebied).

De vierkanten van $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$ zijn bemonsterd door middel van een vierkantsgrid van 9 punten met een onderlinge afstand van 25 cm.

3.1.4 Gelote steekproefpunten

De gelote punten waarop een monster is genomen zijn weergegeven op de kaart van bijlage A. De locaties binnen de deelgebieden 'wijken gebouwd voor 1970' en 'wijken gebouwd na 1970' zijn goed gespreid over het hele onderzoeksgebied. Daarentegen zijn de monsterlocaties binnen het deelgebied 'volkstuinten' geconcentreerd in twee relatief grote volkstuincomplexen in de gemeentes Brunssum en Onderbanken. Oorspronkelijk waren er ook punten geloot binnen de overige volkstuinten, maar deze zijn afgefallen omdat de gelote punten niet binnen het doelgebied vielen (op paden, schuurtjes ed.).

3.2 Resultaten veldwerk

De boorbeschrijvingen zijn opgenomen in bijlage B. Gelet op de textuur bestaat de bodem uit zwak tot matig siltige klei, zwak zandige leem, of zwak tot matig siltig zand. Bij 9 van de 90 boringen zijn sporen van kooltjes aangetroffen (6 x in wijken voor 1970 en 3 x in wijken na 1970) en 12 van de 90 boringen zijn zwak puinhoudend.

3.3 Resultaten laboratoriumanalyses

In Bijlage C zijn voor de drie strata de som van de 10 meest voorkomende PAK-gehalten (10 van VROM) per monster weergegeven, waarbij de monsters gesorteerd zijn van laag naar hoog. Vergelijking van de drie figuren laat direct zien dat de gehalten in de volkstuinten relatief laag zijn. Verder valt op dat de verdeling in dit stratum minder scheef is als in de twee andere strata, dat wil zeggen het aantal uitschieters is kleiner en deze hebben minder hoge waarden. Dit kan verklaard worden door homogenisatie tengevolge van intensieve bewerking van de bovengrond in dit deelgebied.

3.4 Resultaten statistische verwerking

In Tabel 1 zijn enkele statistieken van de drie frequentieverdelingen weergegeven. Om de gehalten te kunnen vergelijken met de streefwaarde die afhankelijk is van het organischestofgehalte, zijn de gehalten gestandaardiseerd door ze te delen door de streefwaarde van het betreffende monster. De resultaten voor deze gestandaardiseerde gehalten zijn weergegeven in Tabel 2. De verschillen met Tabel 1 zijn klein omdat er slechts 9 monsters zijn met een organischestofgehalte > 10% (als organischestofgehalte < 10%, dan geen correctie). Uit Tabel 2 blijkt dat het geschatte gemiddelde van de som van de PAK10-gehalten in volkstuinten iets onder de streefwaarde ligt. In sier- en volkstuinten van wijken gebouwd voor 1970 ligt dit gemiddelde iets boven de streefwaarde, maar ver beneden de tussenwaarde, die voor een standaardbodem gelijk is aan 20,5. Hetzelfde geldt voor sier- en volkstuinten in wijken van na 1970. Het geschatte gemiddelde en de geschatte mediaan in wijken voor 1970 is wat hoger dan in wijken na 1970. De geschatte P90 daarentegen in wijken voor 1970 is kleiner dan die in wijken na 1970, wat verklaard kan worden door de iets geringere scheefheid van de verdeling in wijken voor 1970. Overigens moet niet te veel waarde gehecht worden aan de geschatte P90's: de 80%-betrouwbaarheidsintervallen zijn erg breed tengevolge van het geringe aantal monsters per stratum. (Merk overigens op dat de ondergrens van het 80%-betrouwbaarheidsinterval van wijken voor 1970 wel groter is dan die in wijken na 1970.)

Tabel 1: Beschrijvende statistieken van de som van de PAK10-gehalten (10 van VROM) in mg kg⁻¹.

stratum	n	min	gemiddelde (80%-interval)	mediaan (80%-interval)	P90 (80%-interval)	max
volkstuint	30	0,14	1,05 (0,971-1,13)	0,54 (0,45-0,63)	2,9 (2,1-6,8)	6,8
voor 1970	33	0,18	3,3 (2,6-4,0)	2,1 (1,7-2,9)	7,9 (4,9-20)	23
na 1970	27	0,043	2,3 (1,2-3,5)	0,55 (0,33-0,71)	9,2 (2,7-20)	20

Tabel 2: Beschrijvende statistieken van de gestandaardiseerde som van de PAK10-gehalten (10 van VROM) in mg kg⁻¹

stratum	n	min	gemiddelde (80%-interval)	mediaan (80%-interval)	P90 (80%-interval)	max
volkstuint	30	0,14	0,91 (0,87-0,95)	0,54 (0,45-0,60)	2,8 (1,5-4,3)	4,3
voor 1970	33	0,18	3,2 (2,6-3,8)	2,1 (1,7-2,9)	7,9 (4,9-19)	21
na 1970	27	0,043	2,3 (1,2-3,5)	0,55 (0,33-0,71)	9,2 (2,7-20)	20

In Tabel 3 zijn de geschatte oppervlaktepercentages met een som van PAK10-gehalten groter dan de streefwaarde per stratum weergegeven, evenals de oppervlaktepercentages groter dan de tussenwaarde. Omdat binnen een stratum de steekproefpunten volledig aselekt (enkelvoudig aselekt) zijn geselecteerd kunnen deze oppervlaktepercentages eenvoudig geschat worden met de percentage monsters groter dan de streefwaarde of tussenwaarde. In geen enkel monster wordt de interventiewaarde (voor standaardbodem 40 mg/kg ds) overschreden, zodat de geschatte oppervlaktepercentages > interventiewaarde voor alle drie strata gelijk zijn aan 0%.

Het geschatte oppervlaktepercentage boven de streefwaarde is het laagst voor de volkstuinten (23%), gevolgd door wijken na 1970 (33%). In wijken voor 1970 is dit percentage aanzienlijk groter (76%). Echter, in dit stratum wordt in slechts 1 monster de tussenwaarde overschreden, namelijk monster 410 in stratum 'wijken voor 1970'. Dit monster is zwak baksteenhoudend (maar geen sporen van kolen).

Tabel 3: Geschatte oppervlaktepercentages met een som van PAK10-gehalten groter dan streefwaarde (S) en groter dan de tussenwaarde (T). Tussen haakjes: aantal monsters > S, aantal monsters > T

stratum	>S (%)	>T (%)
volkstuinten	23 (7)	0 (0)
voor 1970	76 (25)	3 (1)
na 1970	33 (9)	0 (0)

Er is tevens gekeken naar de BAP-equivalente PAK-gehalten berekend volgens de TCB-1990 en TCB-1995 methode (zie Tabellen 4 en 5). Uit deze gehalten volgt een zelfde beeld: de volkstuinten zijn het schoonst, op de voet gevolgd door de sier- en groentetuinen in wijken gebouwd na 1970. In wijken voor 1970 zijn de gehalten het hoogst.

Tabel 4: Beschrijvende statistieken van de BAP-equivalente PAK-gehalten berekend volgens TCB-1990 methode

stratum	n	min	gemiddelde (80%-interval)	mediaan (80%-interval)	P90 (80%-interval)	max
volkstuinten	30	0,033	0,278 (0,27-0,28)	0,11 (0,10-0,15)	0,78 (0,52-2,0)	2.0
voor 1970	33	0,034	0,92 (0,87-0,97)	0,64 (0,47-0,77)	2,3 (1,3-5,4)	5.9
na 1970	27	0.0098	0.50 (0.44-0.56)	0.10 (0.080-0.14)	1.5 (0.75-5.6)	5.6

Tabel 5: Beschrijvende statistieken van de BAP-equivalente PAK-gehalten berekend volgens TCB-1995-methode

stratum	n	min	gemiddelde (80%-interval)	mediaan (80%-interval)	P90 (80%-interval)	max
volkstuin	30	0.050	0.39 (0.38-0.40)	0.18 (0.17-0.22)	1.1 (0.75-2.6)	2.6
voor 1970	33	0.059	1.3 (1.2-1.4)	0.85 (0.70-1.1)	3.3 (1.8-7.9)	8.8
na 1970	27	0.015	0.88 (0.71-1.1)	0.17 (0.11-0.24)	3.3 (1.1-8.0)	8.0

Tot slot zijn in Tabel 6 weergegeven de geschatte oppervlaktepercentages met een BAP-equivalent PAK-gehalte groter dan het aanvaardbare risico niveau ($7 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ds}$).

Tabel 6: Geschatte oppervlaktepercentages met een een BAP-equivalent PAK-gehalte groter dan het aanvaardbare risico niveau ($7 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ds}$). Tussen haakjes: aantal monsters

stratum	> AR (TCB, 1990) (%)	> AR (TCB, 1995) (%)
volkstuin	0 (0)	0 (0)
voor 1970	0 (0)	3 (1)
na 1970	0 (0)	4 (1)

3.5 Resultaten evaluatie

3.5.1 Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit

In Tabel 7 zijn de geschatte gemiddeldes van de som van PAK10-gehalten in een aantal deelgebieden van Nederland weergegeven. Deze gemiddeldes zijn gebaseerd op het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (Groot et al, 1998, lit. 4).

Tabel 7: Gemiddeldes van som van PAK10 gehalten voor aantal deelgebieden geschat met Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit

Deelgebied	Absoluut	Relatief t.o.v. streefwaarde
Noordelijk zeekleigebied	0,178	0,4
Noordelijk veenweidegebied en veenkolonien	0,424	0,3
Noord-Hollandse droogmakerij en IJsselmeerpolders	0,165	0,4
Westelijk weidegebied	1,229	0,6
Zuidelijk zeekleigebied	0,336	1,2
Noordelijk zandgebied	0,260	0,3
Oostelijk en centraal zandgebied	0,296	0,5
Rivierkleigebied	0,397	0,5
Zuidelijk zandgebied	0,219	0,5

De steekproefresultaten van Parkstad Limburg kunnen het beste vergeleken worden met die van de zandgebieden, namelijk het Noordelijk zandgebied, Oostelijk zandgebied en Zuidelijk zandgebied, omdat naar verwachting het organische stofgehalte in deze gebieden niet veel zal verschillen van dat in Parkstad Limburg. Uit de vergelijking blijkt dat de gemiddelde som van PAK10 gehalten in Parkstad Limburg duidelijk boven het landelijke gemiddelde ligt. Hierbij moet direct worden opgemerkt dat de monsters van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit allemaal in het landelijk gebied zijn genomen, dan wel in natuurgebied en dus afkomstig zijn van locaties die niet direct zijn belast bijvoorbeeld door het legen van asladen, maar hoogstens indirect via atmosferische depositie. Ook het gemiddelde gehalte van de volkstuinten ligt echter duidelijk boven de landelijke gemiddeldes.

3.5.2 PAK-gehalten in stedelijke gebieden

De som van de PAK10-gehalten in de sier-en groentetuinen in de woonwijken kunnen beter vergeleken worden met die in stedelijke gebieden. In tabel 8 is de gestandaardiseerde som van de PAK10-gehalten van de eenheden onderscheiden op de bodemkwaliteitskaarten van Haarlem en Nijmegen weergegeven. Vergelijking van deze tabel met tabel 2 laat zien dat de PAK-gehalten in de sier- en groentetuinen in de woonwijken van regio Parkstad vergelijkbaar zijn met die van Nijmegen en Haarlem.

Tabel 8: Beschrijvende statistieken van de gestandaardiseerde som van de PAK10-gehalten (10 van VROM) in mg kg⁻¹

Stad	kaartenheid	n	min	gemid- delde	medi- aan	P90	max
Haarlem	tot 1900	57	0,0	2,6	1,7	6,1	11,0
	1900-1950, wonen	270	0,0	6,9	3,3	21,0	39,0
	1900-1950, industrie	13	0,1	2,6	1,0	7,9	15,0
	1950-1970	179	0,0	1,9	0,7	5,8	13,0
	1970-heden, wonen	91	0,0	0,7	0,5	3,8	6,0
	1970-heden, industrie	59	0,0	1,2	0,7	3,8	6,0
Nijmegen	tot 1900	48	0,0	9,5	1,2	15,0	210
	1900-1945	396	0,0	5,6	2,3	13,0	120
	1945-1965	399	0,0	2,7	0,8	4,7	200
	1965-heden	301	0,0	2,4	0,3	2,2	300

3.5.3 Regionale bodemkwaliteitskaart Parkstad Limburg

Van de gemeenten Brunssum, Heerlen, Kerkrade, Landgraaf, Onderbanken en Simpelveld is een regionale bodemkwaliteitskaart gemaakt (lit. 2) conform de Interim-richtlijn bodemkwaliteitskaarten en het beleid van de provincie Limburg (lit. 7). Hiervoor is gebruik gemaakt van de gemeentelijke bodemkwaliteitskaarten. De eenheden van deze gemeentelijke bodemkwaliteitskaarten zijn geclusterd op basis van de ondergrens van het 80%-betrouwbaarheidsinterval van P90 (achtergrondgrenswaarde).

Tabel 9: Omschrijving van de eenheden (zones) van de regionale bodemkwaliteitskaart in termen van de strata van de kanssteekproef

Zone	Deelgebieden(strata) in kanssteekproef
Wonen A	In deze zone liggen de deelgebieden: <ul style="list-style-type: none"> - Wonen 1940-1970 te Brunssum; - De wijken Sweyer (na 1970), Prickart (voor 1970) en Weiweg (voor 1970) te Simpelveld.
Wonen B	In deze zone liggen de deelgebieden: <ul style="list-style-type: none"> - Wonen 1925-1970 te Heerlen; - Eygelshoven (voor 1970) en Haanrade (grotendeels na 1970) te Kerkrade; - Wonen voor 1940 te Landgraaf; - Schinveld noord-oost (grotendeels voor 1970) te Onderbanken; - Centrum Simpelveld (grotendeels voor 1970), Centrum Bocholtz (grotendeels voor 1970) en Simpelveld noord (voor 1970) te Simpelveld.

Zone	Deelgebieden(strata) in kanssteekproef
Wonen C	In deze zone liggen de deelgebieden: <ul style="list-style-type: none"> - Wonen na 1970 te Heerlen; - Woonwijk De Locht (grotendeels na 1970) en de Gracht (grotendeels voor 1970) te Kerkrade; - Wonen na 1940 te Landgraaf; - 3 kernen (grotendeels voor 1970) te Onderbanken; - Kerkeveld, Bocholzerheide, Baneheide, Vlengendaal, Hulsveld, Molsveld en Rolduckerweg (grotendeels voor 1970) te Simpelveld.
Wonen D	In deze zone liggen de deelgebieden: <ul style="list-style-type: none"> - Wonen na 1970 te Brunssum; - Rolduckerveld (voor 1970) te Kerkrade.
Wonen E	In deze zone liggen de deelgebieden : <ul style="list-style-type: none"> - Wonen voor 1940 te Brunssum; - Wonen voor 1925 te Heerlen; - Centrum-Chevremont (voor 1970), Bleijerheide (voor 1970), Kerkrade-west (grotendeels voor 1970) en Terwinselen (voor 1970) te Kerkrade; - Schaesberg voor 1900 te Landgraaf.
Buitengebied	Het buitengebied van de gemeenten Brunssum, Heerlen, Kerkrade, Landgraaf en Simpelveld.
Buitengebied Onderbanken en Schinveld west	Het buitengebied van de gemeente Onderbanken en de wijk Schinveld west in Onderbanken

In Tabel 10 zijn enkele beschrijvende statistieken van de frequentieverdeling van de som van de PAK10 gehalten per zone van de regionale bodemkwaliteitskaart weergegeven.

Tabel 10: Beschrijvende statistieken van de gestandaardiseerde som van PAK10-gehalten (10 van VROM) voor de eenheden (zones) van de regionale bodemkwaliteitskaart; r190: ondergrens van 80%-betrouwbaarheidsinterval van 90-percentielwaarde

Zone	Gemiddelde	P50	P90
Wonen A	1,4	1,1	14,8
Wonen B	1,7	1,4	14,0
Wonen C	0,8	0,6	4,1
Wonen D	2,4	2,0	17,5
Wonen E	2,8	3,0	19,0
Buitengebied *	0,7	0,5	5,7
Buitengebied Onderbanken & Schinveld-west	0,3	0,2	1,4

Deze statistieken zullen hieronder worden vergeleken met die van de drie strata van de kanssteekproef. Gekeken wordt of de waarde horend bij de regionale bodemkwaliteitskaart binnen de met de kanssteekproef geschatte intervallschatting (Tabel 2) valt. Wanneer deze eronder valt geeft de regionale bodemkwaliteitskaart een te optimistisch beeld van het PAK10-gehalte (in onderstaande tabellen rood weergegeven), wanneer deze erboven valt een te pessimistisch beeld van het betreffende stratum (groen in onderstaande tabellen). Valt de waarde binnen het 80%-betrouwbaarheidsinterval dan is er geen significant verschil tussen beide onderzoeken (geel in onderstaande tabellen).

De zones 'Wonen A', 'Wonen B', 'Wonen C' en 'Wonen E' bestaan geheel of gedeeltelijk uit wijken gebouwd voor 1970 en de statistieken horend bij deze zones worden daarom vergeleken met die van het stratum 'Voor 1970' in de kanssteekproef. De zone 'Wonen D' bestaat voor een belangrijk deel uit wijken gebouwd na 1970 en wordt daarom vergeleken met die van het stratum 'Na 1970'. Ook de zones 'Wonen B' en 'Wonen C' omvatten wijken gebouwd na 1970 en worden daarom volledigheidshalve ook vergeleken met het stratum 'Na 1970'. De statistieken van de zones 'Buitengebied' en 'Buitengebied Onderbanken en Schinveld west' worden vergeleken met die van het stratum 'Volkstuinen'

Tabel 11: Vergelijking van geschatte gemiddelde som van PAK10 gehalten van eenheden van regionale bodemkwaliteitskaart met geschatte gemiddelde som van PAK10 gehalten van drie strata in kanssteekproef

Stratum SKB-kanssteekproef	Wonen A	Wonen B	Wonen C	Wonen D	Wonen E	Buitengebied	Buitengebied Onderbanken en Schinveld-west
Voor 1970	BKK<SKB	BKK<SKB	BKK<SKB		BKK=SKB		
Na 1970		BKK=SKB	BKK<SKB	BKK=SKB			
Volkstuinen						BKK<SKB	BKK<SKB

Tabel 12: Vergelijking van geschatte mediaan van som van PAK10 gehalten van eenheden van regionale bodemkwaliteitskaart met geschatte mediaan van som van PAK10 gehalten van drie strata in kanssteekproef

Stratum SKB-kanssteekproef	Wonen A	Wonen B	Wonen C	Wonen D	Wonen E	Buitengebied	Buitengebied Onderbanken en Schinveld-west
Voor 1970	BKK<SKB	BKK<SKB	BKK<SKB		BKK>SKB		
Na 1970		BKK>SKB	BKK=SKB	BKK>SKB			
Volkstuinen						BKK=SKB	BKK<SKB

Tabel 13: Vergelijking van geschatte 90-percentielwaarde van som van PAK10 gehalten van eenheden van regionale bodemkwaliteitskaart met geschatte 90-percentielwaarde van som van PAK10 gehalten van drie strata in kanssteekproef

Stratum SKB-kanssteekproef	Wonen A	Wonen B	Wonen C	Wonen D	Wonen E	Buitengebied	Buitengebied Onderbanken en Schinveld-west
Voor 1970	BKK=SKB	BKK=SKB	BKK<SKB		BKK=SKB		
Na 1970		BKK=SKB	BKK=SKB	BKK=SKB			
Volkstuinen						BKK=SKB	BKK<SKB

Uit Tabel 11 blijkt dat de bestaande regionale bodemkwaliteitskaarten over het algemeen de gemiddelde PAK10 gehalten in de sier- en groentetuinen en volkstuinen onderschat. Met name voor de volkstuinen werd dit in eerste instantie niet verwacht.

Kijken we naar de mediaan (Tabel 12), die een betere centraliteitsmaat is omdat de frequentieverdelingen nogal scheef zijn, dan levert de bestaande regionale bodemkwaliteitskaart over het algemeen eveneens een onderschatting op van de mediane gehalten in volkstuinten en in wijken voor 1970, maar een overschatting van het mediane gehalte in wijken na 1970. Voor de P90 zijn er weinig significante verschillen tussen de regionale bodemkwaliteitskaart en dit onderzoek. Dit is ook niet te verwachten gezien het geringe aantal monsters en de daarmee samenhangende grote breedte van het 80%-betrouwbaarheidsinterval van de geschatte P90 (Tabel 1). Opmerkelijk is dat de P90 van de eenheid Buitengebied Onderbanken en Schinveldwest onder het 80%-betrouwbaarheidsinterval van de geschatte P90 van volkstuinten ligt.

Voor de verschillen tussen de regionale bodemkwaliteitskaart en de kanssteekproef kunnen een groot aantal oorzaken worden genoemd, bijvoorbeeld:

1. De eenheden (zones) van de regionale bodemkwaliteitskaart vallen niet samen met de in de steekproef gehanteerde deelgebieden (strata). Alle 'Woon-eenheden' met uitzondering van eenheid Wonen E omvat zowel wijken voor 1970 als wijken na 1970. Verder omvat het buitengebied veel meer dan alleen volkstuinten. Volkstuinten vormen slechts een zeer klein deel van het buitengebied en het is zeer wel denkbaar dat het gemiddelde (mediaan, P90) van de volkstuinten verschilt van dat van het veel grotere buitengebied'
2. Verschillen in bemonsterde diepte. De meeste monsters gebruikt bij de regionale bodemkwaliteitskaart zijn genomen over een groter diepte traject (0-50 cm). Dit is van belang omdat de PAK-gehalten niet constant zijn met de diepte, maar over het algemeen afnemen met de diepte;
3. De monsters gebruikt bij de regionale bodemkwaliteitskartering zijn niet aselekt genomen (vormen geen kanssteekproef, maar een zogenaamde gerichte steekproef). Mogelijk zijn hierdoor plekken met relatief lage gehalten oververtegenwoordigd in de gerichte steekproef. Omdat de insluitkansen van de monsters in de gerichte steekproef niet bekend zijn, kan hiervoor niet worden gecorrigeerd;
4. Verschillen in laboratorium-analysemethode (bijvoorbeeld extractie-methode).

Tot slot moet opgemerkt worden dat de regionale bodemkwaliteitskaart niet bedoeld is voor een toepassing zoals hiervoor beschreven. De regionale bodemkwaliteitskaart heeft vooral als doel om de resultaten van een nieuw bodemonderzoek volgens NEN-5740 te kunnen vergelijken met de achtergrondgehalten in vergelijkbare gebieden (in dezelfde zone). Wanneer het gehalte van een nieuw monster boven de geschatte 90-percentielwaarde ligt van de zone waaruit dit monster afkomstig is, dan wordt onderzocht, bijvoorbeeld door historisch onderzoek of de bemonsteringslocatie mogelijk is belast door een puntbron.

4 Conclusies

Met name in sier- en groentetuinen in wijken gebouwd voor 1970 wordt de streefwaarde van de som van de PAK10 gehalten regelmatig overschreden. De relatief hoge gehalten in dit deelgebied hangen mogelijk samen met het veelvuldig gebruik van steenkoolproducten door de bewoners in de periode tot 1970. De PAK-gehalten in de volkstuinten zijn het laagst, mogelijk ten gevolge van homogenisatie door intensieve grondbewerking. Het gemiddelde gehalte in de volkstuinten ligt duidelijk boven de in de rapportages van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit genoemde gemiddeldes, wat mogelijk duidt op een relatief hoge diffuse belasting (via atmosferische depositie) met PAK's in het buitengebied van Parkstad Limburg.

In twee van de 90 monsters (1 x in wijken van voor 1970, 1 x in wijken van na 1970) wordt het zogeheten 'Aanvaardbare risico niveau' voor het BAP-equivalente PAK-gehalte overschreden, wanneer dit gehalte wordt berekend met een vermenigvuldigingsfactor van 1 voor chryseen. Er was geen aanleiding te veronderstellen dat deze relatief hoge waarden het gevolg zijn van een procedure-fout (bijvoorbeeld een analysefout in het laboratorium) en daarom dienen deze monsters gewoon meegenomen te worden in de statistische verwerking. Tegelijkertijd moet opgemerkt worden dat de bemonsterde oppervlakte (0,5 m x 0,5 m) aanzienlijk kleiner is dan gebruikelijk bij bodemverontreinigingsonderzoek, waardoor de kans dat hoge waarden worden aangetroffen groter is dan gebruikelijk. Met andere woorden, de twee overschrijdingen van het 'Aanvaardbare risico niveau' betekenen niet automatisch dat ook de gemiddeldes van bijvoorbeeld hele tuinen boven dit niveau liggen. De interventiewaarde wordt in geen van de monsters overschreden en de tussenwaarde in 1 monster.

Wanneer een bodemkwaliteitskaart wordt gebruikt voor het inschatten van het (gemiddelde) gehalte van een bepaalde stof in een gebied dat aanzienlijk kleiner is dan de zone waarin dit gebied ligt, dan moet rekening worden gehouden met een zeer aanzienlijke schattingsfout ten gevolge van een sterke ruimtelijke variatie van het (gemiddelde) gehalte binnen de zones van bodemkwaliteitskaarten. Ook moet rekening gehouden worden met een systematische schattingsfout ten gevolge van preferente bemonstering van plekken met hoge gehalten (bijvoorbeeld oververtegenwoordiging van verdachte locaties in steekproef) of juist lage gehalten (bijvoorbeeld oververtegenwoordiging van monsters genomen in verband met aanvragen bouwvergunningen) en door verschillen in bemonsteringsdiepte. Bij twijfel verdient het de voorkeur de kwaliteit van het gebied waarvan de bodemkwaliteit moet worden vastgesteld nader te onderzoeken door middel van een kanssteekproef. Voordelen van een kanssteekproef zijn objectiviteit en validiteit, dat wil zeggen de kwaliteit van het onderzoeksresultaat is niet afhankelijk van subjectieve aannames van de onderzoeker en de kwaliteit (betrouwbaarheid) van het onderzoeksresultaat kan eenvoudig worden gekwantificeerd. Wat betreft het aantal monsters is 30 over het algemeen voldoende als het gaat om een inschatting van het gemiddelde en mediane gehalte, maar onvoldoende wanneer het gaat om het schatten van de 90-percentielwaarde.

Het 80%-betrouwbaarheidsinterval van de 90-percentielwaarde is bij 30 monsters wel heel erg breed. Wanneer op basis van deze grove schatting van de 90-percentielwaarde beslissingen worden genomen (bijvoorbeeld over het wel of niet verplicht stellen van keuringen van partijen grond afkomstig uit deze zones, zie lit. 5) bestaat er een grote kans dat deze beslissing onjuist is. De extra kosten van het nemen van meer monsters dient afgewogen te worden tegen de reductie in de financiële risico's tengevolge van verkeerde beslissingen.

Literatuurlijst

1. Cochran, W.G., 1967. Sampling techniques. John Wiley & sons, New York.
2. De Straat Milieu-adviseurs B.V, 2001. Bodemkwaliteitskaart regio Parkstad Limburg, Rapport B99B0083.
3. Gilbert, R.O., 1987. Statistical methods for environmental pollution monitoring. Van Nostrand Reinhold, New York.
4. Groot, M.S.M, J.J.B. Bronswijk et al., 1998. Landelijk Meetnet bodemkwaliteit; Resultaten 1995. RIVM rapportnr 714801024, Bilthoven.
5. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1999. Interim Richtlijn Opstellen en toepassen bodemkwaliteitskaarten in het kader van de Vrijstellingsregeling grondverzet, bijlage 1 van de nota "Grond grondig bekeken".
6. Snedecor G.W. en W.G. Cochran, 1967. Statistical Methods, 6th ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
7. Werkgroep Actief Bodembeheer in Limburg, 1998. Actief Bodembeheer in Limburg.

Bijlagen

- Bijlage A: Kaart met deelgebieden en bemonsterde locaties
- Bijlage B: Boorbeschrijvingen
- Bijlage C: Som van PAK10-gehalten in monsters genomen uit de drie strata,
gesorteerd van laag naar hoog

Bijlage A:

Onderzoeksgebied met gelote boorpunten

— gemeentegrenzen

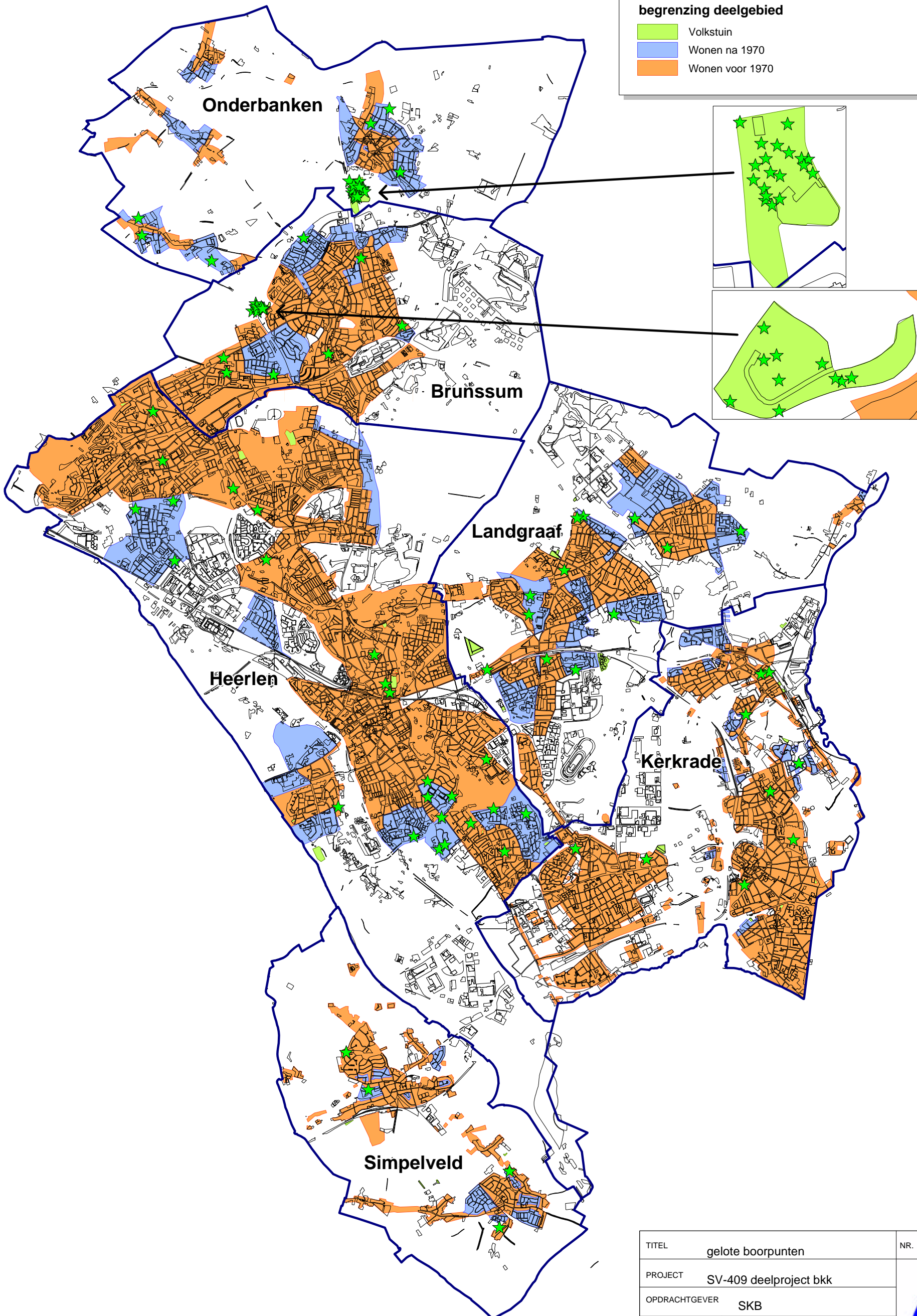
★ geloot boorpunt

begrenzing deelgebied

■ Volkstuin

■ Wonen na 1970

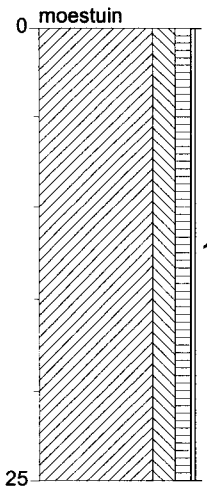
■ Wonen voor 1970



TITEL	gelote boorpunten		NR.	A	
PROJECT	SV-409 deelproject bkk				
OPDRACHTGEVER	SKB				
DATUM	SCHAAL	GETEKEND.			
08-01-2003	1:60000	II I			

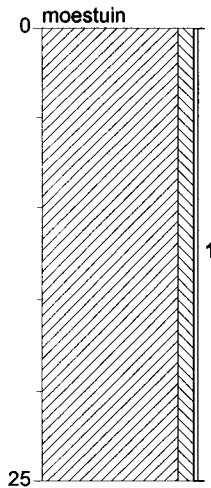
Bijlage B:

Boring: 9



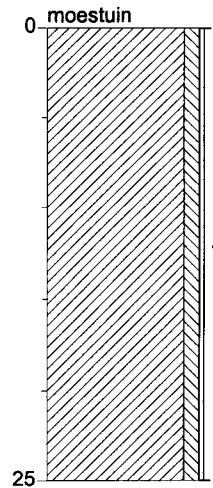
Klei, matig siltig,
zwak humeus.
Donkerbruin,
zwak wortel-
houdend.

Boring: 10



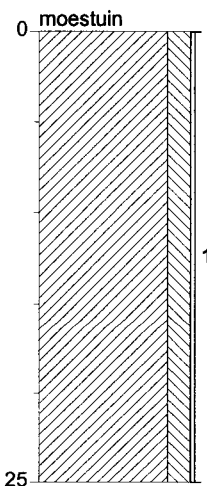
Klei, zwak siltig.
Donkerbruin.

Boring: 11



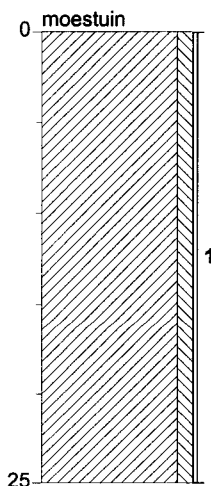
Klei, zwak siltig.
Donkerbruin.

Boring: 12



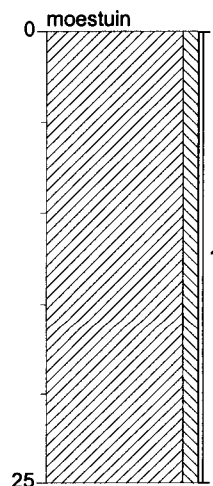
Klei, matig siltig.
Donkerbruin.

Boring: 13



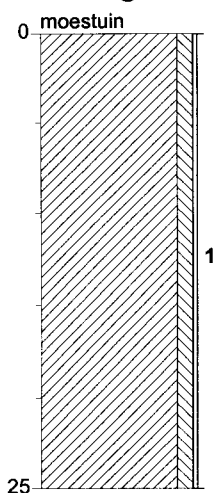
Klei, zwak siltig.
Donkerbruin.

Boring: 14

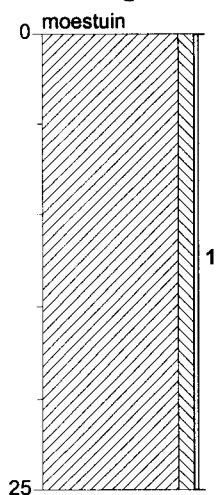


Klei, zwak siltig.
Donkerbruin.

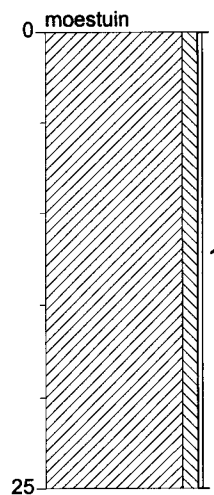
PROJECTCODE	B01B0315	<p>DE STRAAT MILIEU-ADVISEURS</p>
PROJECTNAAM	SV-409 DEELPROJECT BKK	
OPDRACHTGEVER	SKB	

Boring: 15

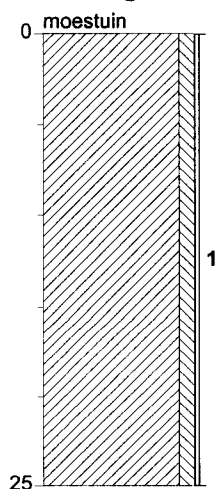
Klei, zwak siltig.
Donkerbruin.

Boring: 16

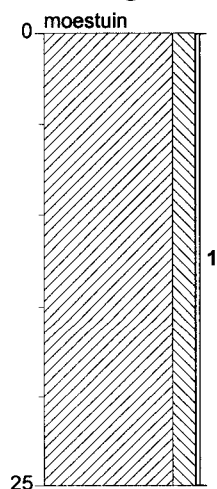
Klei, zwak siltig.
Donkerbruin.

Boring: 17

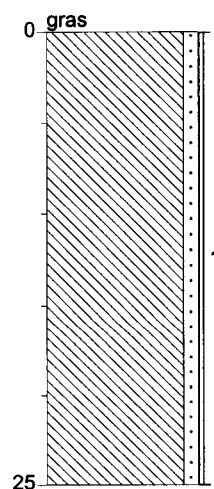
Klei, zwak siltig.
Donkerbruin.

Boring: 18

Klei, zwak siltig.
Donkerbruin.

Boring: 37

Klei, matig siltig.
Donkerbruin,
zwak baksteen-
houdend.

Boring: 54

Leem, zwak
zandig. Bruin.

PROJECTCODE

B01B0315

PROJECTNAAM

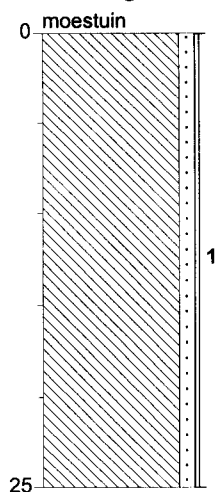
SV-409 DEELPROJECT BKK

OPDRACHTGEVER

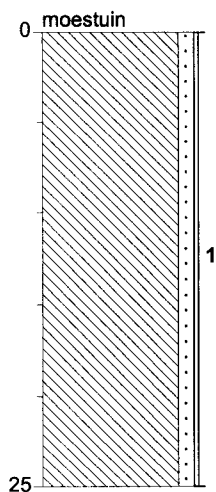
SKB

getekend conform NEN 5104

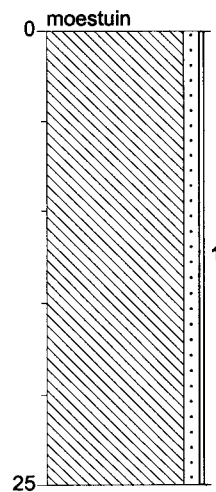


Boring: 57

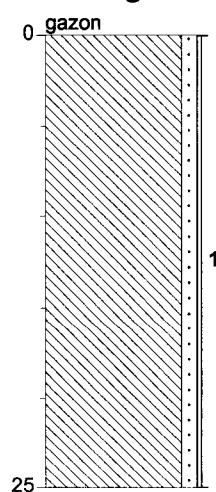
Leem, zwak
zandig. Bruin.

Boring: 60

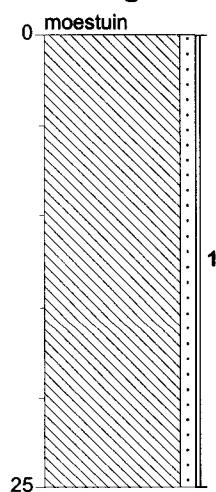
Leem, zwak
zandig. Bruin.

Boring: 62

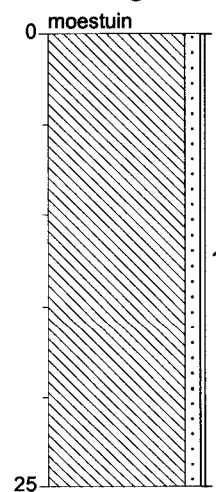
Leem, zwak
zandig. Bruin.

Boring: 63


Leem, zwak
zandig. Bruin.

Boring: 64

Leem, zwak
zandig. Bruin.

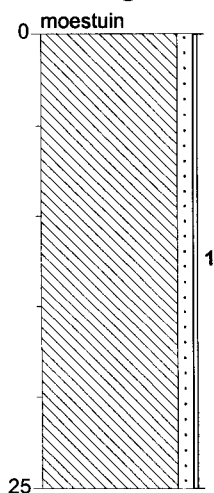
Boring: 66

Leem, zwak
zandig. Bruin.

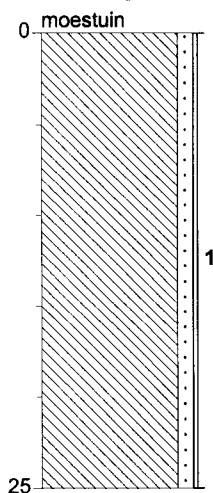
PROJECTCODE	B01B0315	
PROJECTNAAM	SV-409 DEELPROJECT BKK	
OPDRACHTGEVER	SKB	

getekend conform NEN 5104

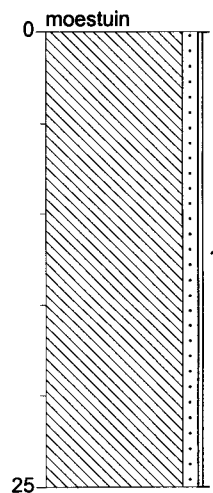
MILIEU-ADVISEURS

Boring: 67

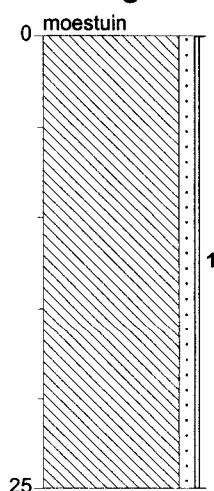
Leem, zwak
zandig. Bruin,
zwak grind-
houdend.

Boring: 68

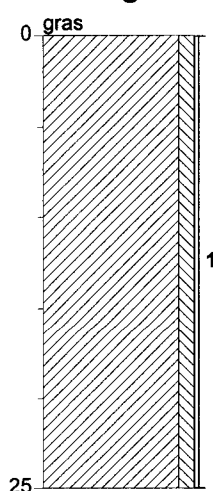
Leem, zwak
zandig. Bruin.

Boring: 70

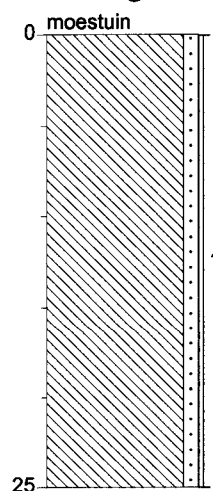
Leem, zwak
zandig. Bruin.

Boring: 73

Leem, zwak
zandig. Bruin.

Boring: 75

Klei, zwak siltig.
Bruin.

Boring: 82

Leem, zwak
zandig. Bruin.

PROJECTCODE

B01B0315

PROJECTNAAM

SV-409 DEELPROJECT BKK

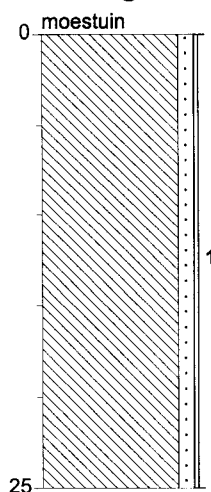
OPDRACHTGEVER

SKB

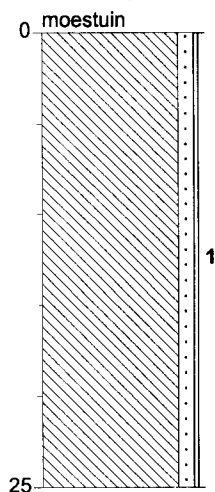
getekend conform NEN 5104



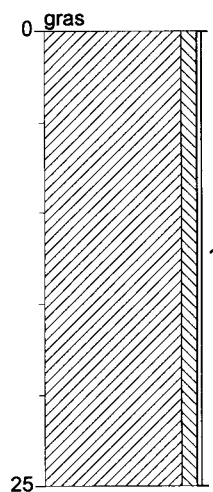
DE STRAAT
MILIEU-ADVISEURS

Boring: 84

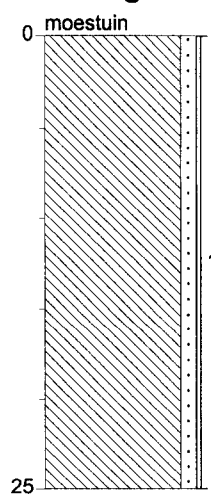
Leem, zwak
zandig. Bruin.

Boring: 85

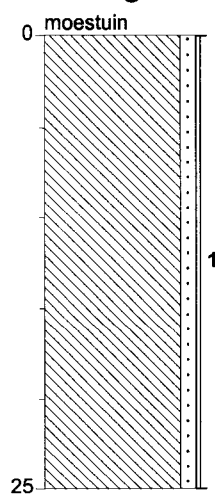
Leem, zwak
zandig. Bruin.

Boring: 89

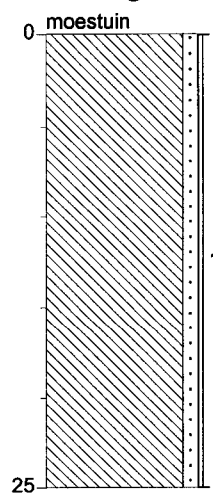
Klei, zwak siltig.
Bruin.

Boring: 92

Leem, zwak
zandig. Bruin.

Boring: 108

Leem, zwak
zandig. Bruin.

Boring: 109

Leem, zwak
zandig. Bruin.

PROJECTCODE

B01B0315

PROJECTNAAM

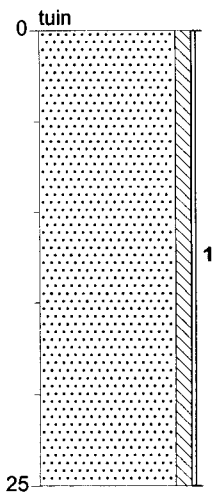
SV-409 DEELPROJECT BKK

OPDRACHTGEVER

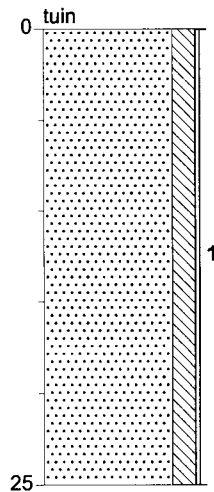
SKB

getekend conform NEN 5104

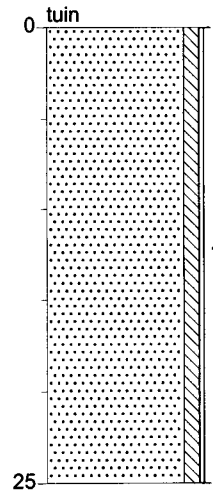


Boring: 190

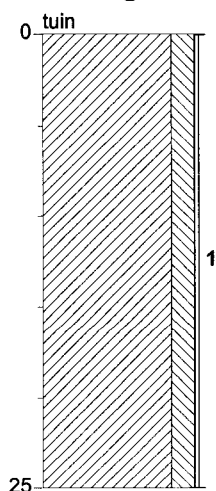
▲ Zand, matig fijn, zwak siltig. Donkerbruin, zwak puinhoudend, zwak wortelhoudend.

Boring: 198

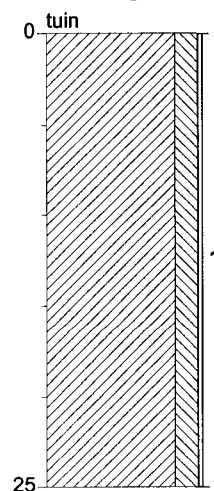
Zand, matig fijn, matig siltig. Bruin, sporen kolen.

Boring: 199

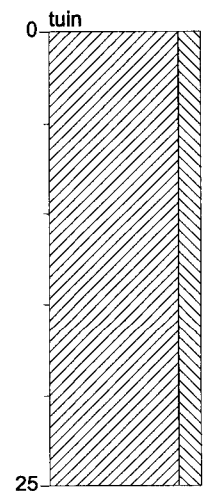
▲ Zand, matig fijn, zwak siltig. Donkerbruin, zwak puinhoudend.

Boring: 204

Klei, matig siltig. Bruin.

Boring: 205

Klei, matig siltig. Donkerbruin, zwak wortelhoudend.

Boring: 206

▲ Klei, matig siltig. Donkerbruin, zwak baksteenhoudend, zwak puinhoudend.

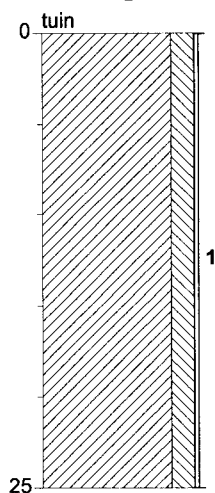
PROJECTCODE B01B0315

PROJECTNAAM SV-409 DEELPROJECT BKK

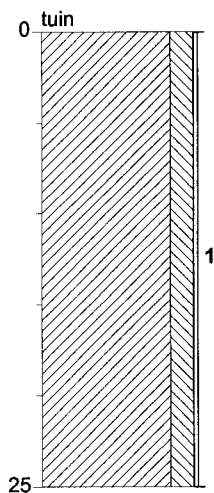
OPDRACHTGEVER SKB

getekend conform NEN 5104

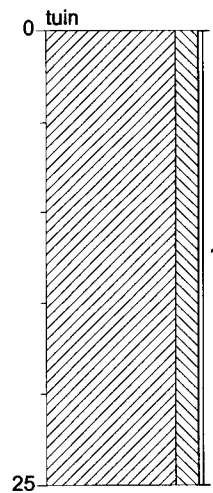


Boring: 210

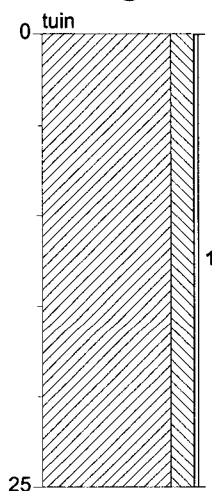
▲ Klei, matig siltig.
Donkerbruin,
zwak puin-
houdend, zwak
koolhoudend.

Boring: 217

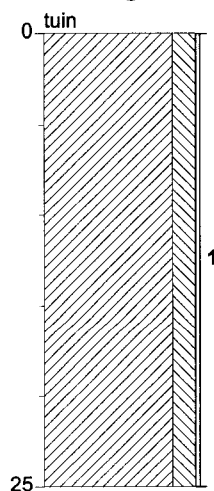
Klei, matig siltig.
Bruin.

Boring: 227

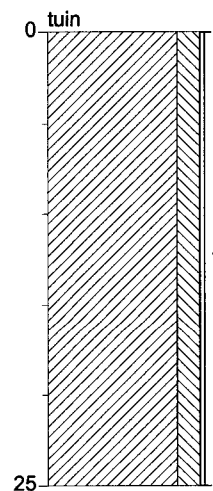
Klei, matig siltig.
Donkerbruin,
zwak wortel-
houdend, sporen
kolen, zwak grind-
houdend.

Boring: 237

Klei, matig siltig.
Donkerbruin.

Boring: 250

Klei, matig siltig.
Bruin.

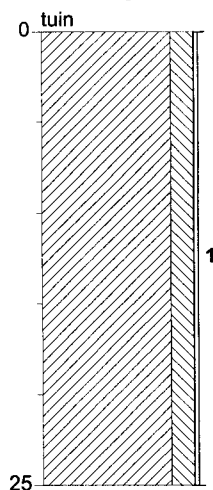
Boring: 266

Klei, matig siltig.
Donkerbruin,
zwak wortel-
houdend, zwak
grindhoudend.

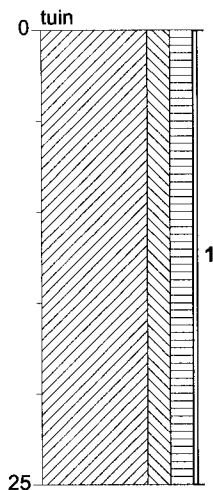
PROJECTCODE	B01B0315
PROJECTNAAM	SV-409 DEELPROJECT BKK
OPDRACHTGEVER	SKB

getekend conform NEN 5104

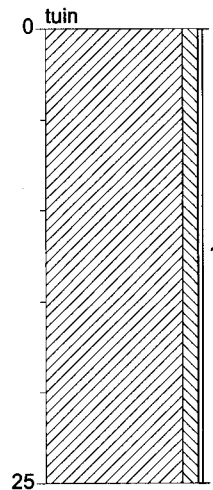


Boring: 273

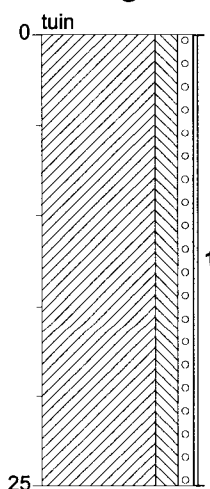
Klei, matig siltig.
Bruin, zwak
wortelhoudend.

Boring: 279

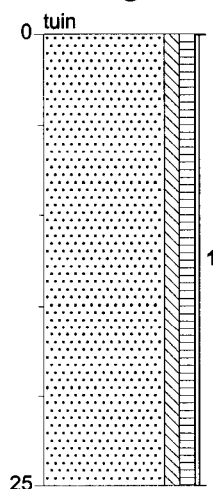
Klei, matig siltig,
matig humeus.
Donkerbruin,
zwak wortel-
houdend.

Boring: 282

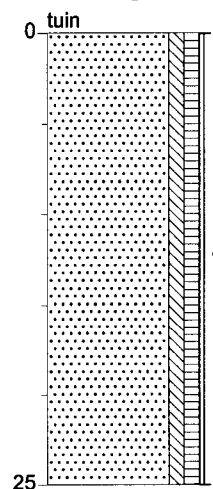
Klei, zwak siltig.
Donkerbruin,
zwak wortel-
houdend, zwak
baksteenhoudend.

Boring: 283

Klei, matig siltig,
zwak grindig.
Bruin.

Boring: 287

Zand, matig fijn,
zwak siltig, zwak
humeus.
Donkerbruin.

Boring: 288

Zand, matig fijn,
zwak siltig, zwak
humeus.
Donkerbruin.

PROJECTCODE

B01B0315

PROJECTNAAM

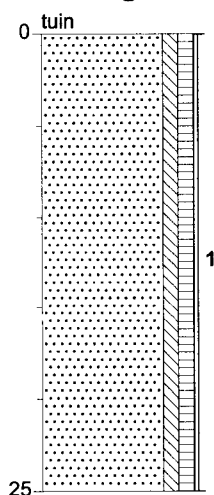
SV-409 DEELPROJECT BKK

OPDRACHTGEVER

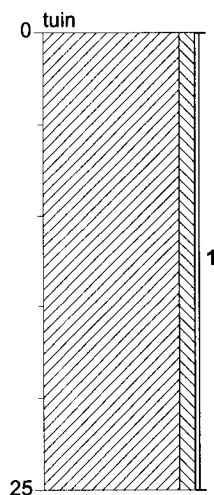
SKB

getekend conform NEN 5104

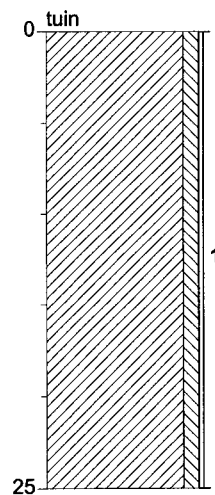


Boring: 294

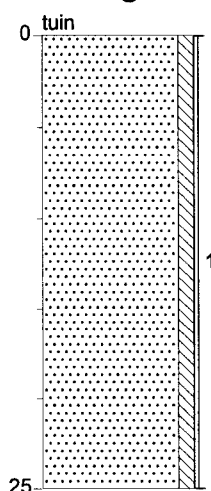
Zand, matig fijn,
zwak siltig, zwak
humeus.
Donkerbruin.

Boring: 295

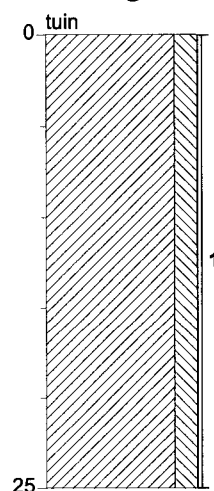
Klei, zwak siltig.
Donkerbruin.

Boring: 296

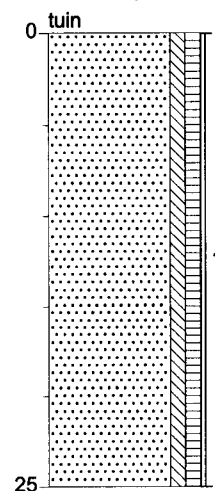
Klei, zwak siltig.
Bruin.

Boring: 300

Zand, matig fijn,
zwak siltig.
Donkerbruin,
zwak wortel-
houdend.

Boring: 301

Klei, matig siltig.
Donkerbruin,
zwak wortel-
houdend, sporen
kolen.

Boring: 303

▲ Zand, matig fijn,
zwak siltig,
zwak humeus.
Donkerbruin,
zwak puin-
houdend, zwak
wortelhoudend.

PROJECTCODE

B01B0315

PROJECTNAAM

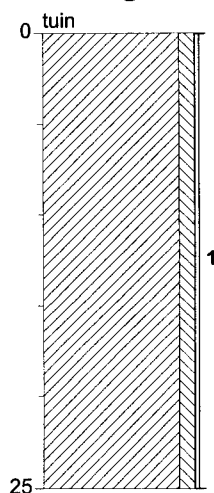
SV-409 DEELPROJECT BKK

OPDRACHTGEVER

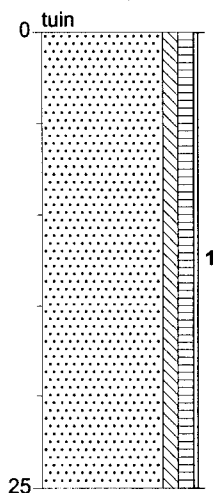
SKB

getekend conform NEN 5104

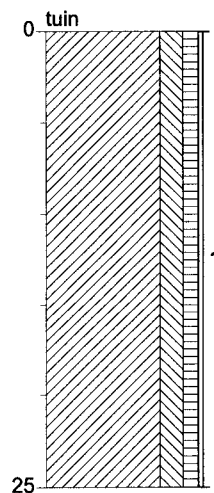


Boring: 304

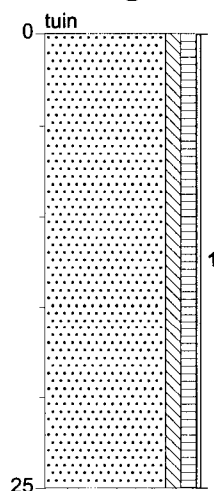
Klei, zwak siltig.
Bruin.

Boring: 314

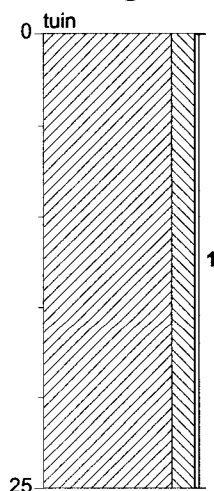
Zand, matig fijn,
zwak siltig, zwak
humeus.
Donkerbruin.

Boring: 318

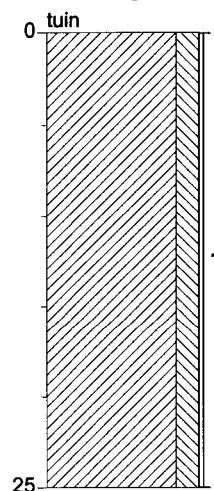
Klei, matig siltig,
zwak humeus.
Bruin, zwak
wortelhoudend.

Boring: 321

Zand, matig fijn,
zwak siltig, zwak
humeus.
Donkerbruin,
zwak wortel-
houdend.

Boring: 327

Klei, matig siltig.
Donkerbruin.

Boring: 331

Klei, matig siltig.
Bruin, enkel
kooltje.

PROJECTCODE

B01B0315

PROJECTNAAM

SV-409 DEELPROJECT BKK

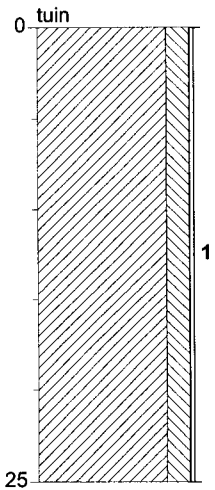
OPDRACHTGEVER

SKB

getekend conform NEN 5104

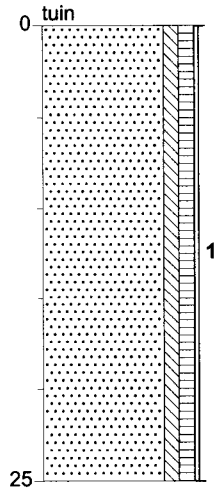
DE STRAAT
MILIEU-ADVISEURS

Boring: 332



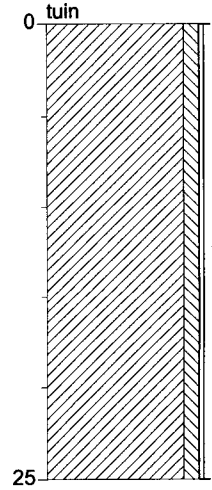
▲ Klei, matig siltig.
Donkerbruin,
zwak baksteen-
houdend, zwak
wortelhoudend,
zwak puin-
houdend, sporen
kolen.

Boring: 333



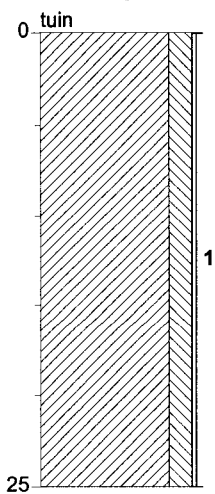
Zand, matig fijn,
zwak siltig, zwak
humeus.
Donkerbruin,
zwak wortel-
houdend.

Boring: 347



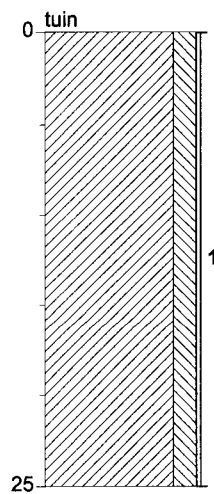
Klei, zwak siltig.
Donkerbruin.

Boring: 348



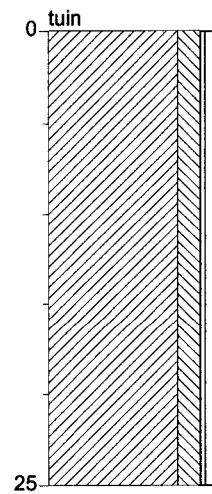
Klei, matig siltig.
Donkerbruin.

Boring: 350



Klei, matig siltig.
Donkerbruin.

Boring: 353



Klei, matig siltig.
Donkerbruin,
zwak baksteen-
houdend, zwak
wortelhoudend.

PROJECTCODE B01B0315

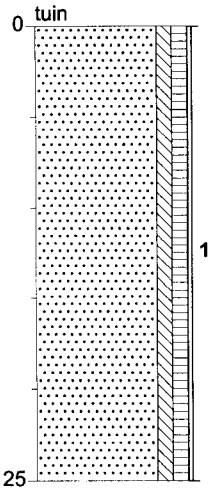
PROJECTNAAM SV-409 DEELPROJECT BKK

OPDRACHTGEVER SKB

getekend conform NEN 5104

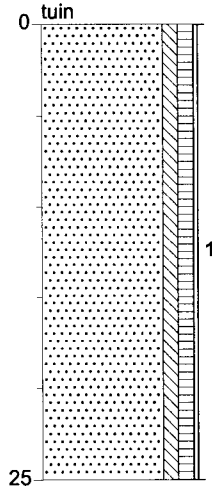


Boring: 358



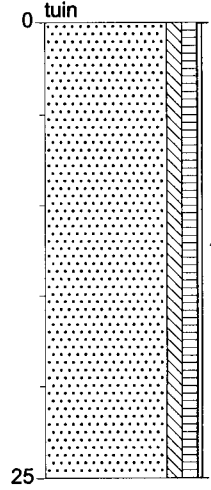
Zand, matig fijn,
zwak siltig, zwak
humeus.
Donkerbruin.

Boring: 366



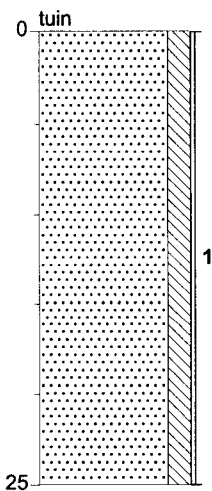
Zand, matig fijn,
zwak siltig, zwak
humeus. Bruin,
opgebracht.

Boring: 374



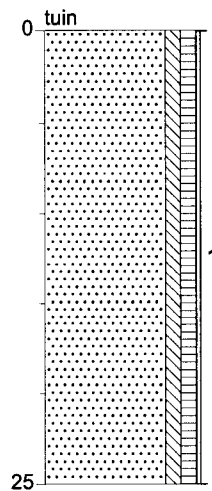
Zand, matig fijn,
zwak siltig, zwak
humeus.
Donkerbruin,
opgehoogd.

Boring: 380



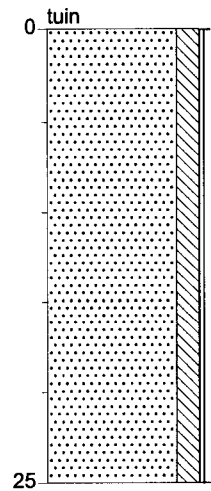
Zand, matig fijn,
matig siltig.
Donkerbruin.

Boring: 381



Zand, matig fijn,
zwak siltig, zwak
humeus.
Donkerbruin.

Boring: 382



Zand, matig fijn,
matig siltig.
Donkerbruin.

PROJECTCODE

B01B0315

PROJECTNAAM

SV-409 DEELPROJECT BKK

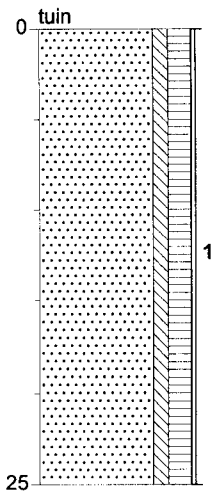
OPDRACHTGEVER

SKB

getekend conform NEN 5104

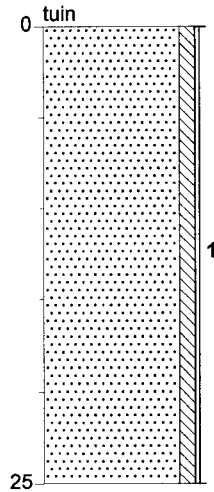


Boring: 384



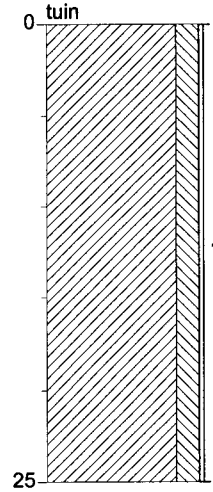
Zand, matig fijn, zwak siltig, matig humeus. Zwart, opgebracht.

Boring: 393



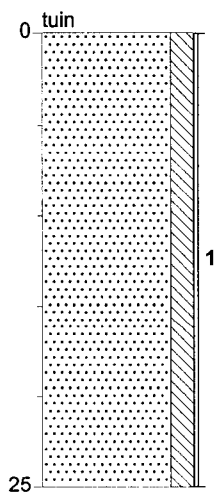
Zand, matig fijn, zwak siltig, matig humeus. Donkerbruin, zwak wortelhoudend.

Boring: 394



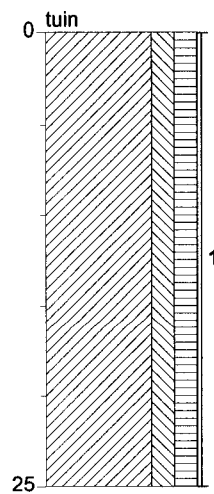
Klei, matig siltig. Donkerbruin.

Boring: 396



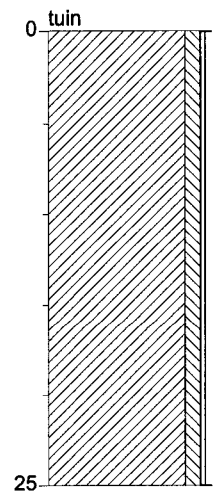
Zand, matig fijn, matig siltig. Donkerbruin.

Boring: 399



Klei, matig siltig, matig humeus. Donkerbruin, zwak wortelhoudend, zwak baksteenhoudend, zwak koolhoudend.

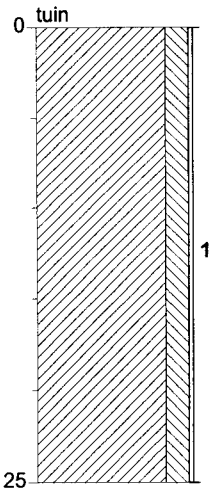
Boring: 404



Klei, zwak siltig. Bruin, zwak wortelhoudend, sporen kolen.

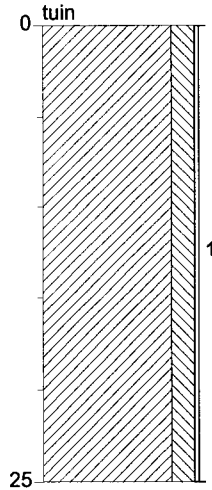
PROJECTCODE	B01B0315	<p>DE STRAAT MILIEU-ADVISEURS</p>
PROJECTNAAM	SV-409 DEELPROJECT BKK	
OPDRACHTGEVER	SKB	

Boring: 406



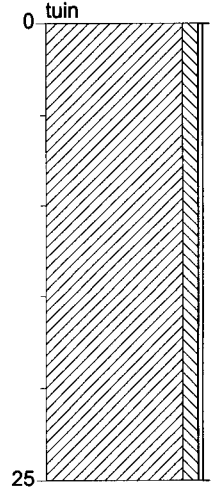
Klei, matig siltig.
Bruin, zwak wortelhou-
dend, sporen kolen.

Boring: 407



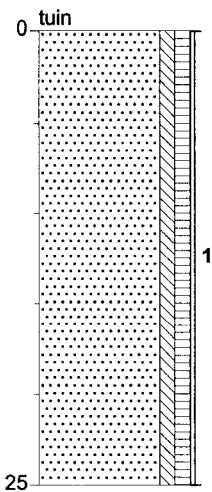
Klei, matig siltig.
Donkerbruin,
zwak wortel-
houdend.

Boring: 409



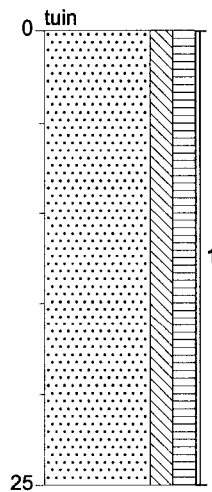
Klei, zwak siltig.
Donkerbruin.

Boring: 410



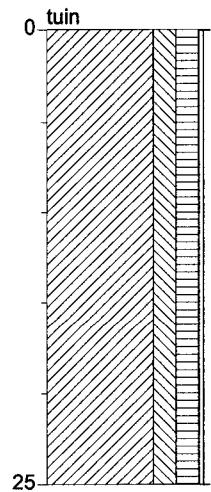
Zand, matig fijn,
zwak siltig, zwak
humeus.
Donkerbruin,
zwak baksteen-
houdend.

Boring: 411



Zand, matig fijn,
matig siltig, matig
humeus.
Donkerbruin,
zwak wortel-
houdend, zwak
grindhoudend.

Boring: 412



Klei, matig siltig,
matig humeus.
Donkerbruin,
zwak baksteen-
houdend, zwak
koolhoudend.

PROJECTCODE B01B0315

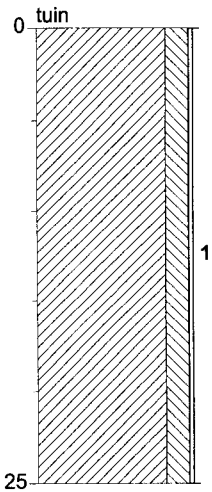
PROJECTNAAM SV-409 DEELPROJECT BKK

OPDRACHTGEVER SKB

getekend conform NEN 5104

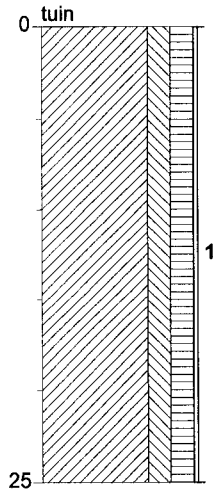


Boring: 415



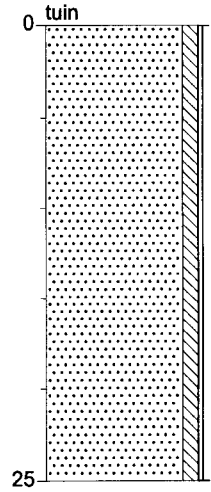
Klei, matig siltig.
Donkerbruin.

Boring: 421



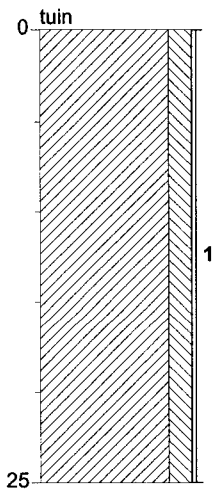
Klei, matig siltig,
matig humeus.
Donkerbruin,
zwak wortel-
houdend.

Boring: 426



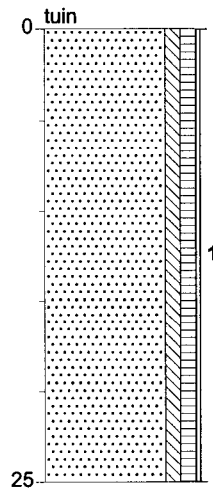
Zand, matig fijn,
zwak siltig.
Donkerbruin,
zwak wortel-
houdend.

Boring: 429



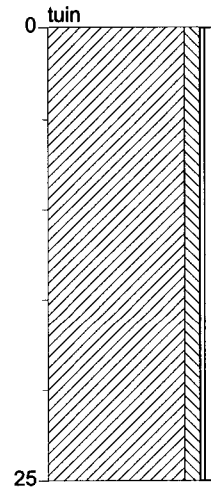
Klei, matig siltig.
Donkerbruin,
zwak baksteen-
houdend.

Boring: 433



Zand, matig fijn,
zwak siltig, zwak
humeus.
Donkerbruin.

Boring: 434



Klei, zwak siltig.
Donkerbruin,
zwak wortel-
houdend.

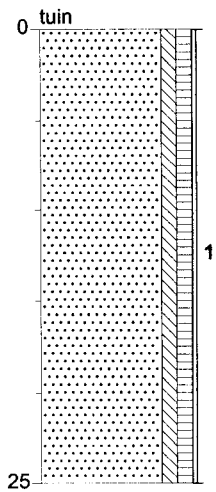
PROJECTCODE B01B0315

PROJECTNAAM SV-409 DEELPROJECT BKK


OPDRACHTGEVER SKB

getekend conform NEN 5104



Boring: 438

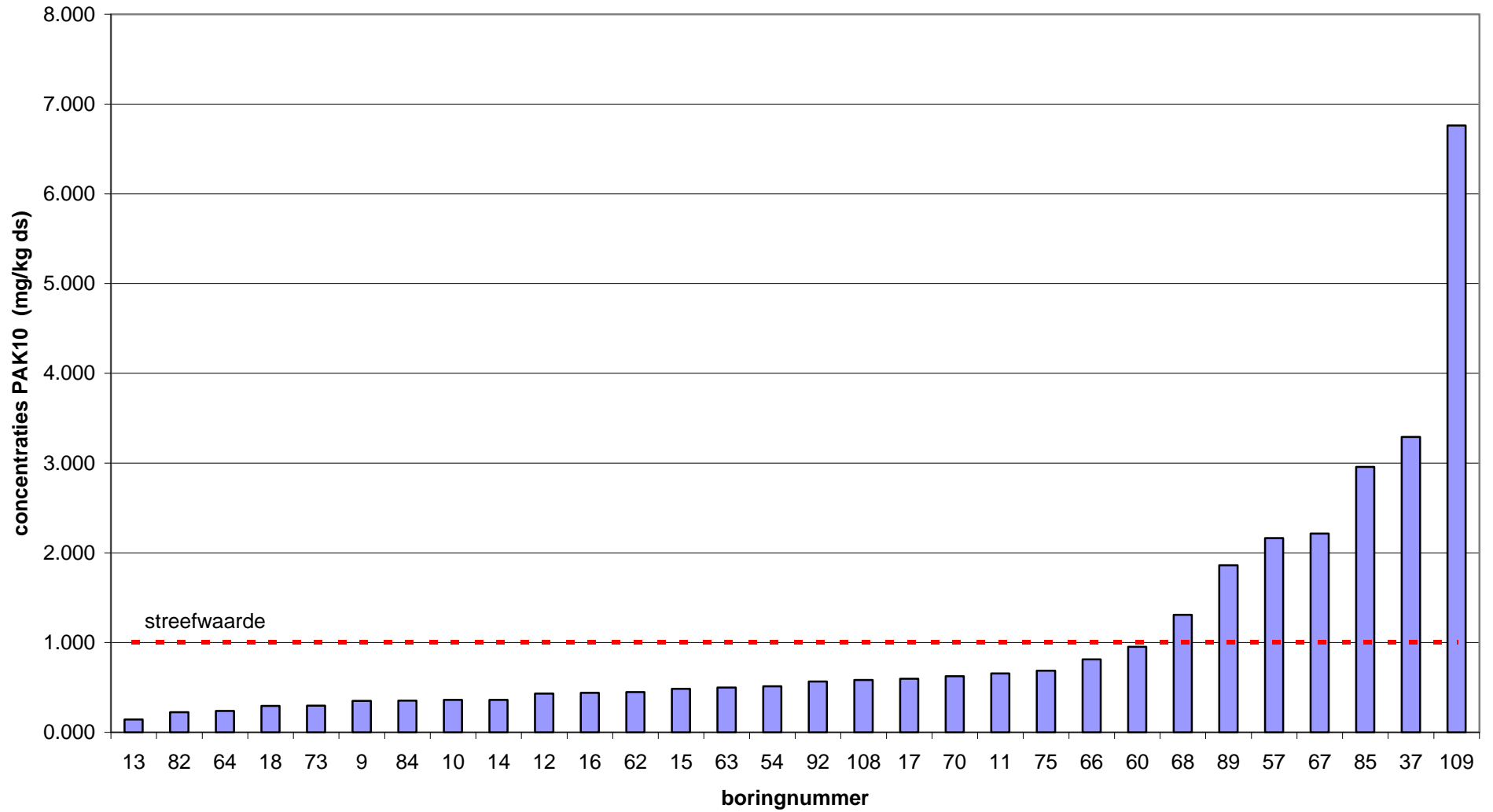
Zand, matig fijn,
zwak siltig, zwak
humeus.
Donkerbruin,
zwak wortel-
houdend.

PROJECTCODE	B01B0315	
PROJECTNAAM	SV-409 DEELPROJECT BKK	
OPDRACHTGEVER	SKB	

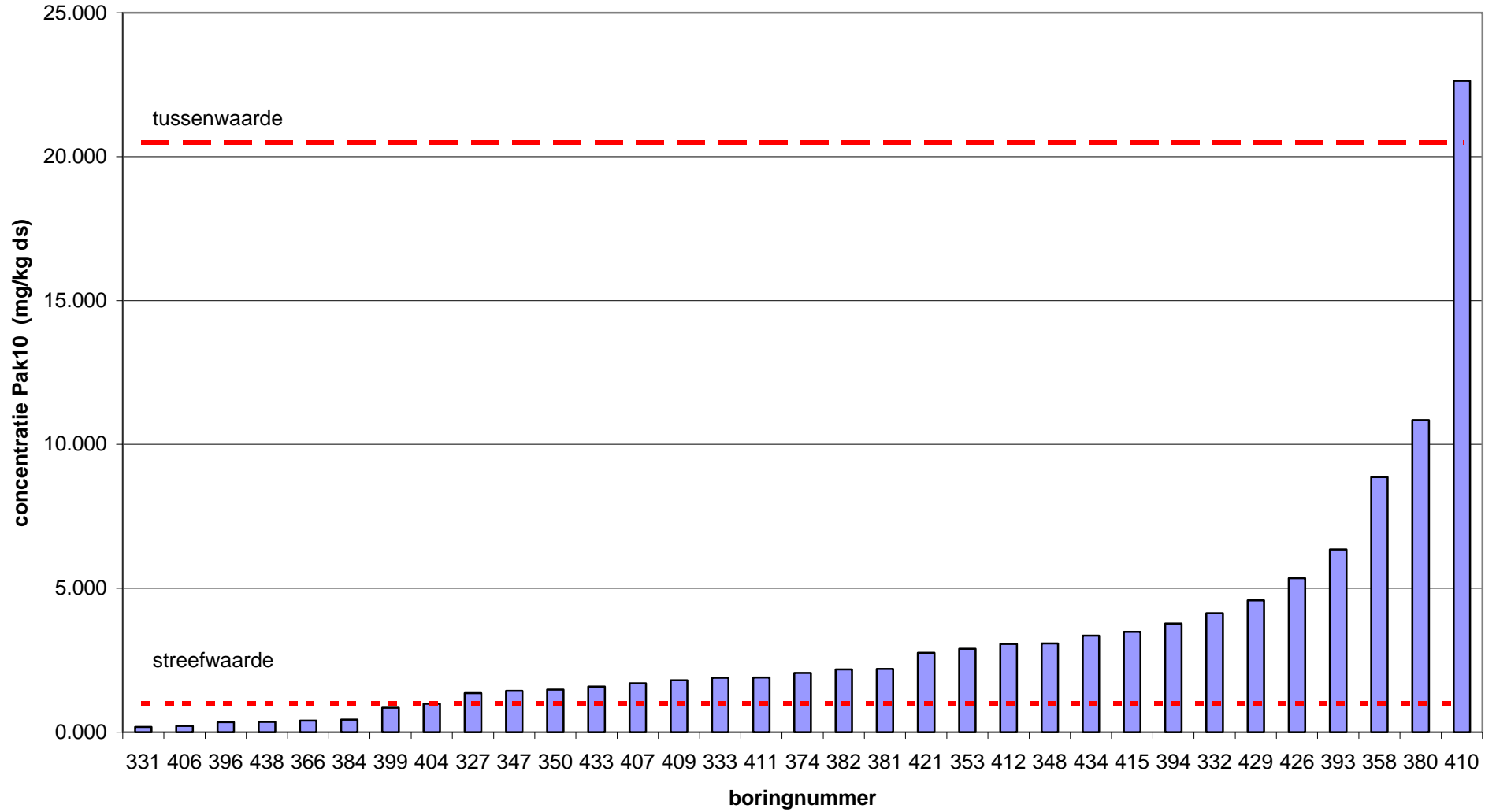
getekend conform NEN 5104

Bijlage C:

Verdeling Pak in volkstuinen in Regio Parkstad Limburg



Verdeling Pak in gebied wonen voor 1970 in Regio Parkstad Limburg



Verdeling Pak in gebied wonen na 1970 in Regio Parkstad Limburg

