



Vervolgonderzoek Europaplein

Betreft	: Vervolgonderzoek Europaplein
Opdrachtgever	: Gemeente Amsterdam
Contactpersoon	: de heer J. Witteborg
Rapport/projectnummer	: P14830/GPO/MJH
Datum afgifte	: 15 juni 2015
Datum opname	: 29 april 2015
Opgenomen door	: M.J. Hoogendoorn
Kantoor	: Hoogendoorn Boomadvies B.V.
Postadres	: Postbus 131 2860 AC Bergambacht
Telefoonnummer	: 088-850 4000
Faxnummer	: 088-850 4099
Email	: info@hoogendoornboomadvies.nl

M.J. Hoogendoorn
Boomtechnisch adviseur
Geregistreerd boomtaxateur
N.V.T.B. en V.R.T.

Hoogendoorn Boomadvies B.V.

Inhoud

Blz.

1. SAMENVATTING	3
2. INLEIDING/AANLEIDING	4
3. DOELSTELLING	4
4. CONCLUSIE	5
4.1 CONCLUSIE TEN AANZIEN VAN VERDICHTING	5
4.2 CONCLUSIE TEN AANZIEN VAN BODEMGASMETINGEN	6
4.3 CONCLUSIE TEN AANZIEN VAN BODEMMONSTERNAME	7
5. METHODE VAN ONDERZOEK	8
5.1 PENETROLOGGER MET GPS	8
5.2 EAGLE 2 BODEMGASMETING	9
5.3 BODEMMONSTERNAME	9
6. WAARDEN	10
6.1 VERDICHTING	10
6.2 ZUURSTOFFPERCENTAGE (O ₂)	10
6.4 METHAAN (CH ₄)	11
6.5 GRANULAIR ONDERZOEK	12
6.6 ZUURGRAAD (PH)	12
6.7 KALK (CALCIUM, CA)	13
6.8 FOSFAAT (FOSFOR, P)	14
6.9 KALIUM (K)	14
6.10 MAGNESIUM (M)	15
6.11 CHLORIDE (CL)	15
6.12 ORGANISCHE STOF	15
6.13 KWALITEITSEISEN BOMENZAND	16
BIJLAGE 1. TEKENING ONDERZOEKSLOCATIES	17
BIJLAGE 2. GRAFIEKEN VERDICHTING	18
BIJLAGE 3. BODEMGASWAARDEN	19
BIJLAGE 4. GRONDONDERZOEK	20

1. Samenvatting

In september 2014 zijn een bovengrondse en ondergrondse beoordeling van 112 platanen en 12 iepen aan het Europaplein uitgevoerd vanwege groeistagnatie van deze bomen. In april 2015 is een aanvullend onderzoek naar verdichting, bodemgaswaarden en bodemonsternamen uitgevoerd. Op basis van die onderzoeken komt de inrichting van een ondeugdelijke groeiplaats tot uiting.

Platanen middenberm

De platanen in de middenberm van het Europaplein zijn aangevuld met grond en in sommige gevallen zijn ze te diep geplant. De genomen grondmonsters (bomenzand) vallen veelal binnen de gestelde normen, maar het D60/D10-cijfer is aan de hoge kant voor bomen die in een berm staan waar geen betreding noodzakelijk is. De zuurstofwaarden vallen binnen de norm, maar zijn aan de lage kant. Het beeld van de sterk verdichte bovenlaag in de eerste 20-30 cm is in de middenberm vrijwel hetzelfde. Bij alle 48 metingen is de verdichting te hoog. Deze verdichting van 4-6 Mpa, en in sommige gevallen zelfs 8 Mpa, is van zeer negatieve invloed op het voortbestaan van de platanen.

Platanen zijdelings van het fietspad

De platanen zijdelings van het fietspad wortelen in de eerste 30 cm in het schone opgebrachte straatzand. De genomen grondmonsters (bomenzand) vallen veelal binnen de gestelde normen, maar het D60/D10-cijfer is veel te hoog, waardoor een goede verdichting van het bomenzand mogelijk is. Bij alle 18 metingen is de verdichting te hoog. Het aangebrachte bomenzand is zeer sterk verdicht 4-8 Megapascal (Mpa). De zuurstofwaarden vallen binnen de norm maar zijn aan de lage kant.

Iepen nabij het RAI-terrein

De iepen nabij het RAI-terrein zijn te diep geplant en hebben hun standplaats op de lager gelegen delen van het parkeerterrein, dat zo fungeert als afwateringsput. Het genomen grondmonster (bomenzand) valt veelal binnen de gestelde normen. De zuurstofwaarden vallen binnen de norm, maar zijn aan de lage kant. Bij alle zes pogingen tot meting van de verdichting bleek het bodemprofiel ondoordringbaar en derhalve is de verdichting niet meetbaar. De waarden bevinden zich boven de 6 Mpa.

2. Inleiding/aanleiding

In opdracht van de heer J. Witteborg en R. van Putten van de gemeente Amsterdam heeft Hoogendoorn Boomadvies B.V. in de zomerperiode van 2014 een onderzoek verricht naar de groeistagnatie van 112 platanen (*Platanus x hispanica*) en 12 iepen (*Ulmus 'Columnella'*) op het Europaplein. Ten tijde van dat onderzoek zijn een bovengrondse- en ondergrondse beoordeling uitgevoerd. Daarbij zijn de conditie en kwaliteit in beeld gebracht. Ook zijn op indicatieve basis profielboringen en profielkuilen gemaakt. De rapportages van de platanen en de iepen zijn op 30 september 2014 uitgebracht en voorzien van conclusies en aanbevelingen.

Aan de hand van de uitgebrachte rapporten is door de heer Witteborg en de heer Van Putten aan Hoogendoorn Boomadvies B.V. verzocht om een aanvullend onderzoek uit te voeren. De onderzoeksvraag hierbij is het in beeld brengen van de bodemsamenstelling door monsternamen alsmede meting van verdichtingswaarden en bodemgaswaarden.

3. Doelstelling

Het doel van dit vervolgonderzoek is de onderbouwing van de eerder gestelde conclusie door de volgende concrete waarden in beeld te brengen:

- Verdichting in Mpa (Megapascal)
- O₂ zuurstofpercentage
- CO₂ Kooldioxide
- CH₄/LEL
- Granulair onderzoek in 11 fracties
- PH
- Koolzuur en kalk
- Fosfaat
- Kalium
- Magnesium
- Chloride
- Stikstof
- Organische stof

4. Conclusie

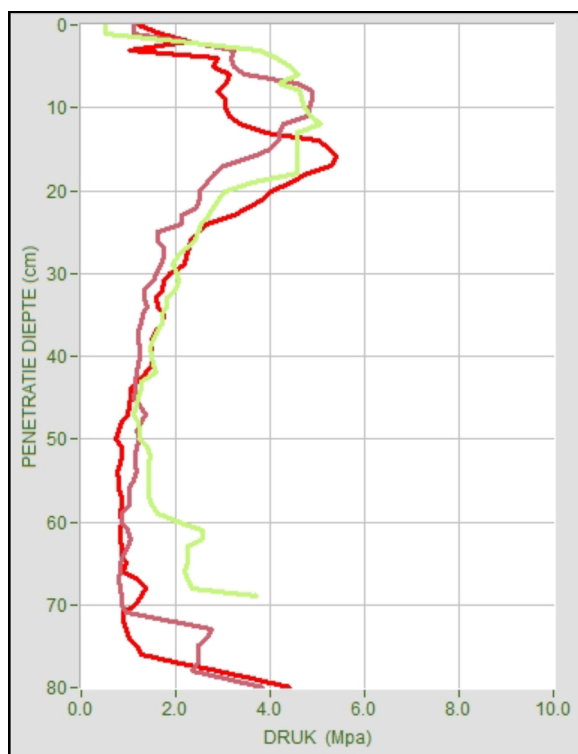
Op willekeurige basis zijn 20 locaties aangewezen, waarbij onderzoek is uitgevoerd (bijlage 1 tekening). Op alle 20 locaties is driemaal verdichting gemeten (bijlage 2. Verdichting), op 10 locaties zijn drie soorten bodemgassen gemeten (bijlage 3.) en bij 4 locaties zijn bodemonsters genomen (bijlage 4.) De groeistagnatie is toe te schrijven aan een ondeugdelijk ingerichte groeiplaats.

4.1 Conclusie ten aanzien van verdichting

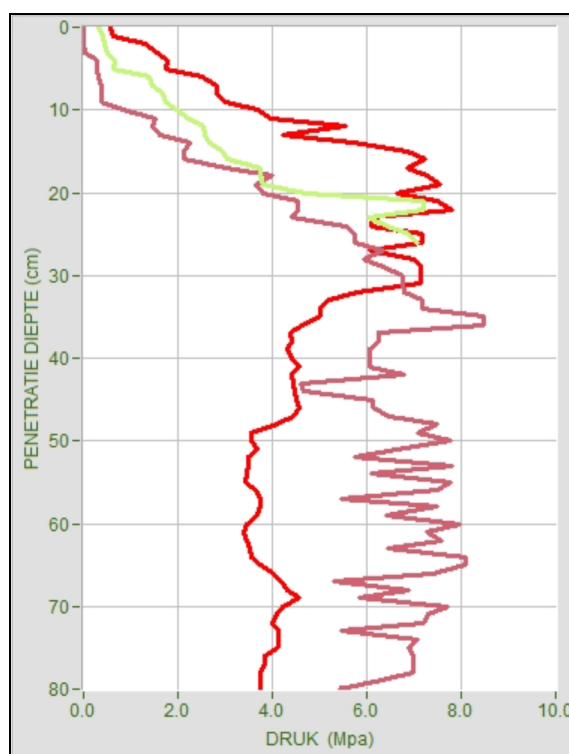
Op twaalf locaties in de middenberm, op zes locaties zijdelings van het fietspad en op twee locaties nabij het RAI-terrein is verdichting gemeten. De metingen zijn per locatie afzonderlijk in bijlage 2 opgenomen.

Middenberm

In de middenberm vertonen de verkregen waarden op vrijwel alle twaalf meetlocaties hetzelfde beeld. In de eerste 20-30 cm is de verdichting 4-6 Mpa, soms zelfs tot 8 Mpa. In de zone 30-60 cm is de verdichting over het algemeen lager, zo'n 1-3 Mpa, en vanaf 60-80 cm beneden maaiveld is de verdichting weer hoger, 2-5 Mpa. Zie voorbeeldmeting 1.



Voorbeeldmeting 1. middenberm

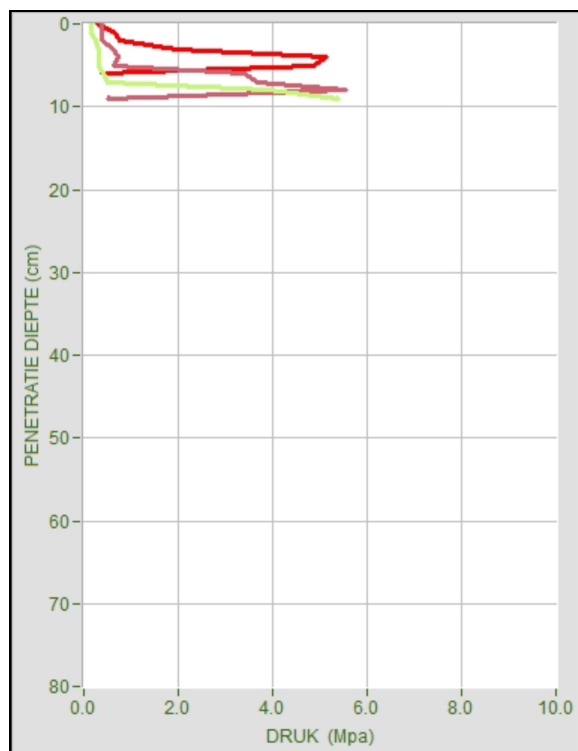


Voorbeeldmeting 2. zijdelings van fietspad

Zijdelings van het fietspad

Zijdelings van het fietspad zijn het beeld en de waarden op alle zes meetlocaties vrijwel hetzelfde. In de eerste 0-20 cm beperkt de verdichting zich tot 1-3 Mpa. Vanaf 20-80 cm beneden maaiveld is de verdichting 4-8 Mpa. Zie voorbeeldmeting 2.

Nabij het RAI-terrein is de verdichting op alle twee locaties dermate groot, dat meting van de verdichting niet mogelijk is. In de eerste 20 cm beneden maaiveld is de verdichting > 6 Mpa. Zie voorbeeldmeting 3.



Voorbeeldmeting 3. RAI-terrein

4.2 Conclusie ten aanzien van bodemgasmetingen

Er zijn op 10 locaties bodemgassen gemeten. Zuurstof, kooldioxide en methaangas. De zuurstofwaarden bevinden zich tussen de 14 en de 19 procent. Boven de 16 procent is geen wortelgroei stagnatie te verwachten; indien de waarden lager zijn dan kan groeistagnatie optreden. Bij twee onderzoekslocaties is het zuurstofpercentage 16 procent of lager en bij twee locaties is het percentage 17 procent of lager. De zuurstofmetingen zijn verricht buiten het groeiseizoen in een bodem met nog tamelijk weinig bodemactiviteit. Indien de bodemgasmetingen in het groeiseizoen worden uitgevoerd is redelijkerwijs te verwachten dat de zuurstofpercentages aanmerkelijk lager zullen zijn, waarbij de zuurstofpercentages beneden de 16 procent zullen uitkomen. Bij drie bomen is 1 procent methaangas gemeten, hetgeen wijst op een direct verhoogde zuurstofconsumptie. Bij twee bomen is een kooldioxidegehalte gemeten van ruim 4 tot bijna 6 procent. Vanaf 6 procent kooldioxide ontstaan problemen met de wortelontwikkeling. Lang voordat het gehalte aan koolzuurgas bedreigend wordt voor de boom, geeft het zuurstoftekort al problemen.

4.3 Conclusie ten aanzien van bodemmonsternamen

Er zijn vier bodemmonsters genomen, terwijl er 120 plantlocaties zijn. Het aantal bodemmonsters is te beperkt om een ondubbelzinnige conclusie te trekken. De bevindingen zijn als volgt:

- De zuurgraad is gemiddeld pH 7,4; dit is aan de hoge kant, echter nog wel net binnen de gestelde eis van de RAW.
- Het geleidingsvermogen is goed, onder de 1,5 mS/cm.
- Het M50-cijfer is gemiddeld 329; ook dit voldoet aan de binnen de RAW gestelde eis.
- Het organische stofgehalte is gemiddeld 4,5 procent; ook dit voldoet aan de RAW-eisen.

De spreiding van de korrelgrootte kan extra informatie geven over de eigenschappen van grond. Zandgrond met veel korrels van nagenoeg dezelfde grootte is moeilijker te verdichten dan zandgrond met een grote spreiding van korrelgroottes. Een eis die aan bomenzand ten grondslag ligt is dat de zeeffractie zich bevindt tussen 250 tot 1000 μm . Meer dan 80 procent zou zich moeten bevinden in twee aaneengesloten zeeffracties. Hierdoor is het mogelijk het zand te verdichten zonder dat de macroporiën verdwijnen en er wel een stabiel cunet voor de aan te brengen verharding ontstaat.

- Bij drie bodemmonsters (1. middenberm, 2. middenberm, en 4. RAI-terrein) is het percentage van de zeeffractie, dat zich bevindt tussen de twee zeeffracties 250 tot 1000 μm , 69 procent. Het percentage van de zeeffractie dat zich bevindt tussen de 180-250 μm is circa 15 procent. Hierdoor bevindt 84 procent van vier zeeffracties (180-250 μm , 250-355 μm , 355-500 μm en 500-1000 μm) zich tussen de 180 en 1000 μm . Door deze korrelgroottespreiding is deze zandgrond beter te verdichten dan wanneer de zandgrond dezelfde korrelgrootte zou hebben. Het D60/D10-cijfer bij deze drie monsters is respectievelijk 2,6, 2,4 en 2,6. Dit houdt in dat de zandgrond matig verdichtbaar is en de macroporiën bij verdichting afnemen. Voor bomen is het wenselijk dat de grond slecht verdichtbaar is en een D60/D10-cijfer bevat dat kleiner is dan 2,3.
- Bij één bodemmonster (3. zijdelings van het fietspad) is de korrelgrootteverdeling in de zeeffracties sterk gedifferentieerd, hetgeen resulteert in een D60/D10-cijfer van 4,0. Dit houdt in dat deze zandgrond goed verdichtbaar is en dat de macroporiën ontbreken, wat zeer kwalijk is voor wortelgroei.

5. Methode van onderzoek

In totaal zijn 20 onderzoekslocaties aangewezen. De onderzoeken behelzen zowel de platanen als de iepen. Deze onderzoekslocaties zijn weergegeven op een digitale ondergrond (zie bijlage 1).

5.1 Penetrologger met gps

Bij 20 bomen is verdichting (Mpa.) gemeten middels een penetrologger. Per onderzoekslocatie is drie keer verdichting gemeten op 150-200 cm afstand van de stamvoet; in ieder geval buiten de boomkluit. De verdichting is gemeten op iedere diepte van 0-80 cm beneden maaiveld.

Een penetrologger is een uitgebreid meetinstrument dat speciaal ontwikkeld is om de indringingsweerstand van de bodem te meten.

Er kunnen metingen tot een diepte van 80 cm mee verricht worden. De penetrologger geeft per meting de Cone Index (CI) weer. De penetrologger bevat een nauwkeurig, intern gps-systeem (16 kanalen gps-ontvanger) ter bepaling van de exacte meetplaats. De in de penetrologger opgeslagen coördinaten kunnen met behulp van software (of minder nauwkeurig via het internet) gekoppeld worden aan een plaats of kaart.

De indringingsweerstand van de bodem of ondiepe ondergrond, zoals die gemeten wordt met de penetrologger, is een maat voor de compactie of de draagkracht van de grond. Een hoge indringingsweerstand kan in de civiele techniek gunstig zijn, bijvoorbeeld met het oog op de geschiktheid voor funderingen van gebouwen en infrastructurele projecten.



Afbeelding 4. Penetrologger

5.2 Eagle 2 bodemgasmeter

Bij tien van de twintig onderzoekslocaties worden de bodemgassen gemeten middels een Eagle2 bodemgasmeter. Hierbij worden zuurstof (O₂), kooldioxide (CO₂) en methaangas (CH₄) gemeten. Deze bodemgassen zijn gemeten binnen een afstand van 150 cm van de stamvoet en op een diepte van 30-60 cm beneden maaiveld.

De meting van bodemgaspercentages toont direct de algemene conditie van de groeiplaats.



Afbeelding 5. Bodemgasmeter

5.3 Bodemonstername

Bij vier van de 20 bomen zijn bodemonsters genomen middels een edelmanboor. Deze bodemonsters zijn op korte afstand van de boomkluit genomen. Na monstername zijn deze ingestuurd naar BLGG te Wageningen. De onderzoeksresultaten zijn opgenomen in bijlage 4.

6. Waarden

Aan de hand van de aspecten die iets zeggen over de chemische bodemvruchtbaarheid en de algemene bodemkenmerken, is te beoordelen of de grond geschikt is voor boomgroei (Bron: Stadsbomenvademecum 2A.)

In dit hoofdstuk wordt een toelichting gegeven op deze aspecten en kenmerken.

6.1 Verdichting

De verdichting ofwel de indringingsweerstand is een belangrijke factor voor de doorwortelbaarheid van de bodem. Een te hoge indringingsweerstand remt of stopt de wortelgroei. Wanneer de weerstand groter is dan 3 MPa, gemeten bij veldcapaciteit (veldvochtige omstandigheden), dan is de bodem als regel niet meer doordringbaar voor wortels. Al vanaf een waarde > 1,5 MPa is de wortelontwikkeling niet meer optimaal.

	Optimaal	Voldoende	Ongunstig
Indringingsweerstand	< 1,5 MPa	1,5 tot 3,0 MPa	>3,0 MPa

6.2 Zuurstofpercentage (O₂)

Bovengrondse delen van een boom hebben geen kans op een zuurstoftekort. De wortels lopen dat risico echter wel. Bij onvoldoende zuurstof in de bodem krijgen de wortels zuurstofgebrek; ze verstikken als het ware. Wortels gebruiken zuurstof voor hun groei en voor de actieve opname van voedingselementen. Bij een dalende beschikbaarheid van zuurstof neemt allereerst de wortelgroei af. Bij een verdere afname van het zuurstofgehalte neemt ook de actieve opname van voedingselementen (stikstof, kalium, fosfaat, calcium en magnesium) af. In een zuurstofloze omgeving stopt deze actieve opname helemaal.

Boomwortels halen de benodigde zuurstof uit de bodemlucht. Behalve uit zuurstof (O₂) bestaat de bodemlucht voornamelijk uit koolzuurgas (CO₂) en stikstofgas (N₂). Het luchtgehalte in de bodem kan sterk variëren. Lucht in de bodem komt voor op die plaatsen waar geen gronddeeltjes of water aanwezig zijn. Of een bepaald percentage lucht in de grond voldoende is, hangt af van de structuur van de bodem. Bomenzandmengels die bij bomen in de verharding worden toegepast, kennen geen structuur met gangen en scheuren. Van dergelijk mengsels moet in het voorjaar minimaal 15 procent van het volume uit met lucht gevulde poriën bestaan. Een percentage van 20-25 procent verdient echter de voorkeur.

Lucht in de bodem is belangrijk voor de boom. Als deze lucht echter door bijvoorbeeld problemen of aanleg onder bijzondere omstandigheden vrijwel geen zuurstof bevat, dan zal de boom alsnog afsterven. Het is van belang te weten hoeveel zuurstof er in de bodemlucht aanwezig is.

De samenstelling van de bodemlucht wijkt in een bodem met actieve wortels en bodemleven altijd af van de samenstelling van de atmosferische lucht. In de regel bevat bodemlucht minder zuurstof en meer koolzuurgas. Het zuurstofpercentage in de bodem is doorgaans minder dan 20,8 procent. Als het percentage onder de 10 procent komt, dan kan de boom in de problemen komen en ontstaat er schade aan de actieve wortels.

	Optimaal	Voldoende	Ongunstig
Zuurstofgehalte	> 16%	12-16%	< 10 à 12%

Aanvoer van bodemlucht

Alle zuurstof in de bodem moet worden aangevoerd vanuit de atmosferische lucht. De uitwisseling met de atmosferische lucht moet zo snel verlopen, dat het zuurstofgehalte in de bodem op peil blijft en het koolzuurgasgehalte niet te hoog oploopt.

In de bebouwde kom ondervindt het luchttransport van en naar de wortels niet alleen weerstand van het bodemmateriaal, maar in veel gevallen ook van een op de groeiplaats aangebrachte verharding. Het luchttransport vindt dan, afgezien van poreus asfalt, poreus beton of poreuze tegels, alleen door de voegen plaatst. Dit geeft, afhankelijk van het type verharding, een vrij sterke beperking van het doorlatend oppervlak. Het gebruik van kleiner bestratingsmateriaal en/of het bestraten met grotere voegen komt de zuurstofvoorziening ten goede. In de praktijk blijkt dat als de infiltratiemogelijkheden van water door de verharding voldoende zijn, dit ook geldt voor de diffusiemogelijkheden voor zuurstof.

6.3 Kooldioxide (CO₂)

Een teveel aan koolzuurgas (CO₂) kan ook problemen voor de wortelontwikkeling opleveren. Een koolzuurgaspercentage van 6 procent is al te hoog voor een goede wortelontwikkeling. Koolzuurgas lost echter goed op in water, waardoor het gehalte in de bodemlucht beperkt blijft. Lang voordat het gehalte aan koolzuurgas bedreigend wordt voor de boom, geeft het zuurstoftekort al problemen.

6.4 Methaan (CH₄)

Moerasgas (CH₄) ontstaat wanneer organisch materiaal in de grond zit en onder zuurstofloze omstandigheden (anaeroob) wordt afgebroken. Een dergelijke situatie bevindt zich onder de waterspiegel of op grote diepte in de bodem. Het gas ontwijkt naar boven en doet precies hetzelfde als lekkend aardgas: het verdringt voor een deel de lucht, en methaangasbacteriën consumeren bij de omzetting de aanwezige zuurstof. Moerasgas bestaat net als aardgas voornamelijk uit methaangas. Vaak is het ontstaan van moerasgas het resultaat van menselijk handelen. Het ontstaat als organisch materiaal wordt afgedekt en in zuurstofloze omstandigheden terechtkomt. Een voorbeeld is een gedempte sloot waarin de bagger onder in de sloot veel organisch materiaal bevat.

Een methaangasgehalte boven de 1-1,5 procent wijst indirect op een verhoogd zuurstofgebruik.

6.5 Granulair onderzoek

Zandmediaan

Met de zandmediaan wordt die korrelgrootte bedoeld waarbij 50 procent van het gewicht aan zanddeeltjes groter is en 50 procent kleiner. In de praktijk wordt vaak de M50 als zandmediaan gebruikt. Voor bomen in verharding ligt de optimale zandmediaan tussen de 212-425 μm .

D60/D10-getal

De spreiding van de korrelgrootte kan extra informatie geven over de eigenschappen van grond. Zandgrond met veel korrels van nagenoeg dezelfde grootte is moeilijker te verdichten dan zandgrond met een grote spreiding aan korrelgroottes. Als maat voor de spreiding van de korrelgroottes wordt gebruik gemaakt van het D60/D10-getal. D60 geeft de korreldiameter aan, waarvoor geldt dat 60 procent van de korrels kleiner is dan die waarde. D10 geeft de korreldiameter aan waarbij 10 procent kleiner is dan die waarde.

Naarmate grond meer korrels van dezelfde grootte heeft, is de waarde van het D60/D10-getal kleiner. De kleinste waarde, 1, wordt bereikt als alle korrels exact dezelfde grootte hebben.

D60/D10	Verdichtbaarheid
< 2,3	Slecht verdichtbaar
2,3 - 2,9	Matig verdichtbaar
3,0 - 5,0	Goed verdichtbaar
> 5,0	Zeer goed verdichtbaar

6.6 Zuurgraad (pH)

De zuurgraad speelt een belangrijke rol bij de beschikbaarheid en opneembaarheid van voedingselementen. Daarom is het van belang om bij het beoordelen van de voedingstoestand van de bodem ook altijd de zuurgraad te beoordelen.

Lage pH-waarden veroorzaken:

- Aluminiumvergiftiging, doordat aluminium beter oplosbaar wordt en in de wortels kan komen;
- Fosforgebrek;
- Mangaanvergiftiging;
- Afname van de activiteit van micro-organismen
- Afname van de ammonificatie en vooral nitrificatie, waardoor stikstofgebrek kan ontstaan;
- Vervanging van calcium, kalium en magnesium aan het adsorptiecomplex door aluminium;
- Calciumgebrek van de wortels;
- Gevoeligheid voor ammoniumstikstof bij soorten die een voorkeur hebben voor nitraatstikstof.

Hoge pH-waarden veroorzaken:

- IJzergebrek;
- Mangaangebrek;
- Boriumgebrek;
- Zinkgebrek (treedt bijna nooit op in Nederland);
- Verminderde beschikbaarheid van kalium en fosfor (komt zelden voor, zeker in Nederland is geen fosforgebrek door een te hoge pH-waarde).

Een lage pH-waarde kan de wortelgroei beperken. Toch gebeurt het maar zelden, dat er rechtstreeks schade door de inwerking van zuur op de wortels optreedt. Gebreksverschijnselen als gevolg van een hoge pH-waarde zijn, in tegenstelling tot de gevolgen van een te lage pH-waarde, wel duidelijk waarneembaar.

De beschikbaarheid van voedingsstoffen hangt niet alleen af van de pH-waarde, maar ook van een combinatie van pH-waarde en de grondsoort. Ook het humusgehalte van de grond heeft invloed op de optimale pH-waarde voor plantengroei. Alleen een pH-waarde zegt dus niet alles. Deze moet in verband gebracht worden met andere bodemeigenschappen om iets over de kwaliteit van de grond te kunnen zeggen.

	Optimaal	Voldoende	Ongunstig
Zuurgraad	pH 4,5- 6,5	pH 3,5-4,5 pH 6,5-7	pH <3,5 pH >7

6.7 Kalk (Calcium, Ca)

Calcium heeft diverse functies:

- Is nodig voor de celdeling en celstrekking;
- Verstevt de celwand;
- Heeft een regulerende rol bij de wateropname;
- Bevordert de wortelgroei;
- Speelt een belangrijke rol bij het neutraliseren van giftige stoffen die in de boom terechtkomen of ontstaan (bijvoorbeeld door binding van aluminium in de wortels);
- Is betrokken bij enzymactiviteiten.

Calciumgebrek leidt tot verminderde groei en beschadiging van de groeipunten, gevolgd door het afsterven daarvan. Vooral de wortels zijn gevoelig. In de bebouwde kom is calcium doorgaans in ruime hoeveelheden aanwezig door het gebruik van veelal kalkrijk zand bij de aanleg van cunetten.

6.8 Fosfaat (Fosfor, P)

Fosfor is een bestanddeel van alle levende cellen. Fosfor:

- Is een belangrijke bouwstof voor bepaalde eiwitten (onder andere DNA);
- Is van essentieel belang bij de energiehuishouding;
- Bevordert de bloei;
- Bevordert de rijping van zaden;
- Werkt gunstig op de wortelvorming.

Vooraf bij jonge bomen leidt een fosforgebrek tot een slechte, gedrongen groei en een slecht ontwikkeld wortelstelsel. Het blad valt voortijdig af. Een overmaat aan fosfor kan leiden tot ijzergebrek en remt de opname van koper en zink. In de praktijk komt een overmaat echter niet of nauwelijks voor.

	Veel eisende boomsoorten	Meer eisende boomsoorten	Weinig eisende boomsoorten
Fosfor-voorraad in de bodem (in mg P_2O_5 / 100gr grond)	>40 voldoende	> 30 acceptabel	20-30 genoeg

6.9 Kalium (K)

Hoewel kalium in grote hoeveelheden wordt opgenomen, wordt het in de boom niet als bouwsteen gebruikt. Het vervult diverse andere functies.

Kalium verplaatst zich zeer gemakkelijk in de plant. Tekorten zijn daardoor vooral in het oudere blad zichtbaar. Het blad is vaak lichter van kleur dan normaal. De bladrand is meestal geel gekleurd of zelfs verdord. De verdorring kan zich op den duur over het hele blad gaan uitstrekken, wat leidt tot vervroegde bladval. Het schadebeeld lijkt op dat van droogte en zoutschade.

Te veel kalium remt de opname van onder andere magnesium en calcium wanneer die in lage gehalten in de bodem aanwezig zijn.

	Laag	Vrij laag	Goed	Voldoende
Kalium (in mg K_2O /100 gr grond)	<10	10-15	15-20	>20

6.10 Magnesium (M)

Magnesium heeft drie functies:

- Het speelt een rol in de energiehuishouding;
- Is een onderdeel van het bladgroen;
- Is een noodzakelijk element voor het functioneren van vele enzymen.

Omdat magnesium vrij mobiel is in de boom, zijn gebreksverschijnselen het eerst in de oudere bladeren zichtbaar. Jonge bladeren worden echter ook aangetast.

Ook veel fijne wortels sterven als gevolg van magnesiumgebrek.

Magnesiumgebrek komt regelmatig voor. Met name op armere zandgrond en veengrond kan magnesiumgebrek ontstaan.

6.11 Chloride (Cl)

Chloor veroorzaakt veel schade aan de bodem, wanneer het via strooizout of brak grondwater in het wortelmilieu terechtkomt. Toch is ook chloor een essentieel element en speelt een rol bij fotosynthese. Zonder chloor kan een boom zelfs niet groeien. In de praktijk komt een chloorgebrek niet voor.

De gevoeligheid voor zoutschade verschilt per boomsoort. De waarde mag volgens de normen voor teelgrond in ieder geval niet hoger liggen dan 1,5 mS/cm.

6.12 Organische stof

Als de organische stof zo ver is afgebroken dat de plantaardige en dierlijke resten niet meer herkenbaar zijn, dan wordt er gesproken van humus. Humus is een relatief stabiel tussenproduct van de afbraak van organische stof en heeft een aantal belangrijke eigenschappen:

- Het verbetert het vochthoudend vermogen van de grond;
- Het verbetert de structuur van de grond
- Het heeft het vermogen om voedingselementen tijdelijk vast te leggen en weer af te geven;
- Bij de verdere omzetting komen voedingselementen vrij. Humus is hierbij een belangrijke stikstofbron.

	Optimaal	Voldoende	Ongunstig
Organische stof (onder verharding)	4-5%	3-4%	<3% >5%

6.13 Kwaliteitseisen bomenzand

De platanen op het Europaplein zijn geplant in bomenzand. Dit is in diverse samenstellingen verkrijgbaar.

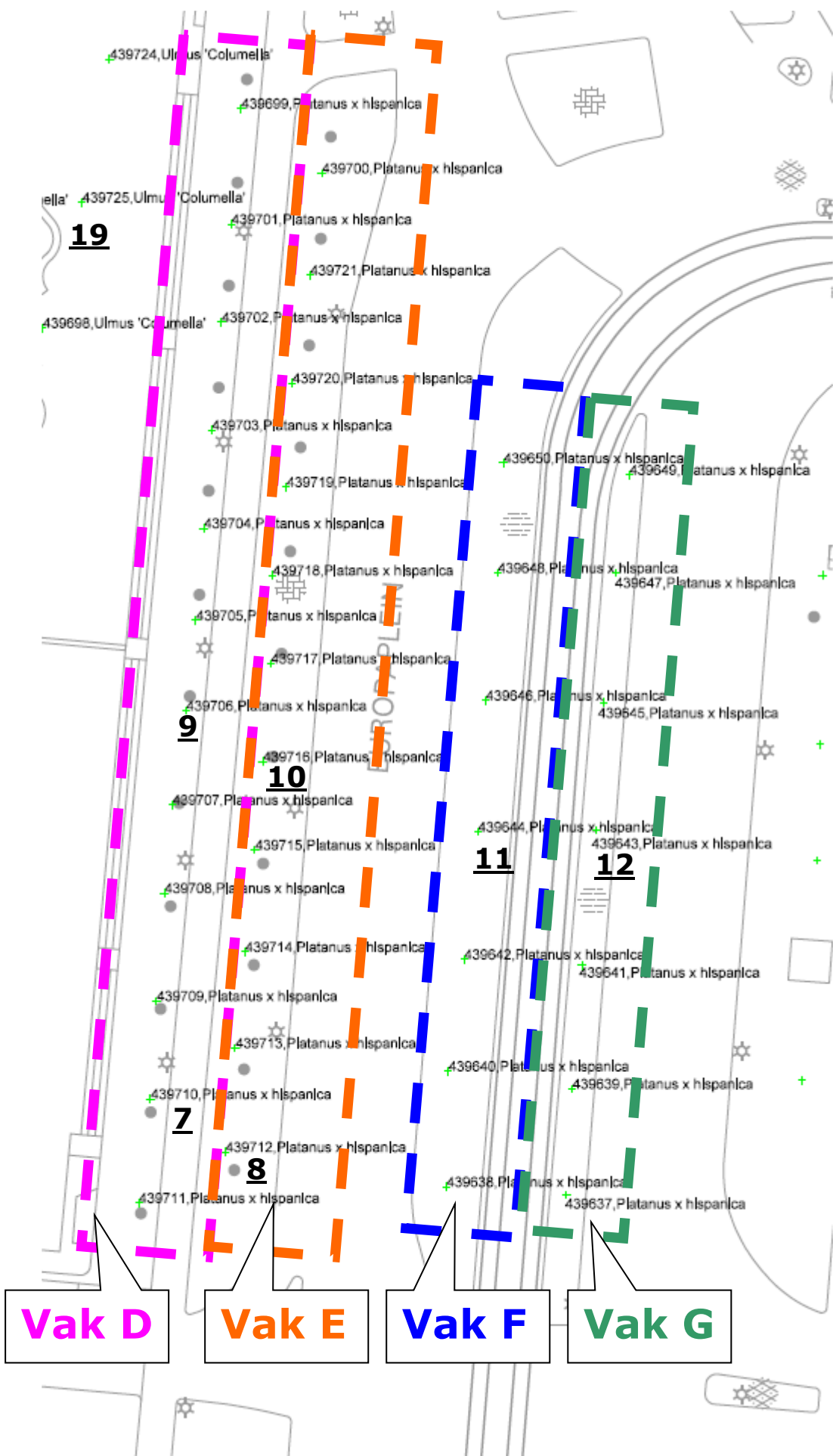
Hieronder de belangrijkste kenmerken van bomenzand volgens de RAW-standaard:

- De zuurgraad moet liggen tussen de 4,8 en 7,5;
- Het percentage CaCO_3 mag bij een zuurgraad van 6 of lager, ten hoogste 0,5 bedragen;
- Het chloride-gehalte mag ten hoogste 350 mg/l substraat bedragen;
- De zoutbelasting (ED), bepaald met behulp van het geleidingsvermogen, mag ten hoogste 1,5 mS/cm bedragen;
- Het M50-cijfer, berekend over de zandfractie (tussen 50-2000 μm), dient te liggen tussen de 210 en 700 μm .
- Het D60/D10-cijfer moet, bij een M50-cijfer van 210 tot 400 μm , kleiner of gelijk zijn aan 2,5. Het D60/D10-cijfer moet, bij een M50-cijfer van 400 tot 700 μm , kleiner of gelijk zijn aan 3,0.
- De vorm van de zandkorrels mag niet rond zijn.
- Het organische stofgehalte moet liggen tussen 3,5 en 5,0 gewichtsprocenten.
- Het lutumgehalte moet liggen tussen de 1 en 4 gewichtsprocenten.
- De som van het organische stofgehalte en het lutumgehalte moet liggen tussen 5 en 8 procent. Het lutumgehalte moet lager zijn dan het organische stofgehalte.
- Bomenzand moet nagenoeg vrij zijn van overblijvende onkruiden en vervuiling door puin, asfalt, hout, plastics, ijzer, glas en dergelijke.

Volgens de RAW moet het bomenzand worden aangebracht en verdicht in lagen van ten hoogste 0,30 m. De indringingsweerstand van iedere laag moet liggen tussen de 1,2 en 1,5 MPa.

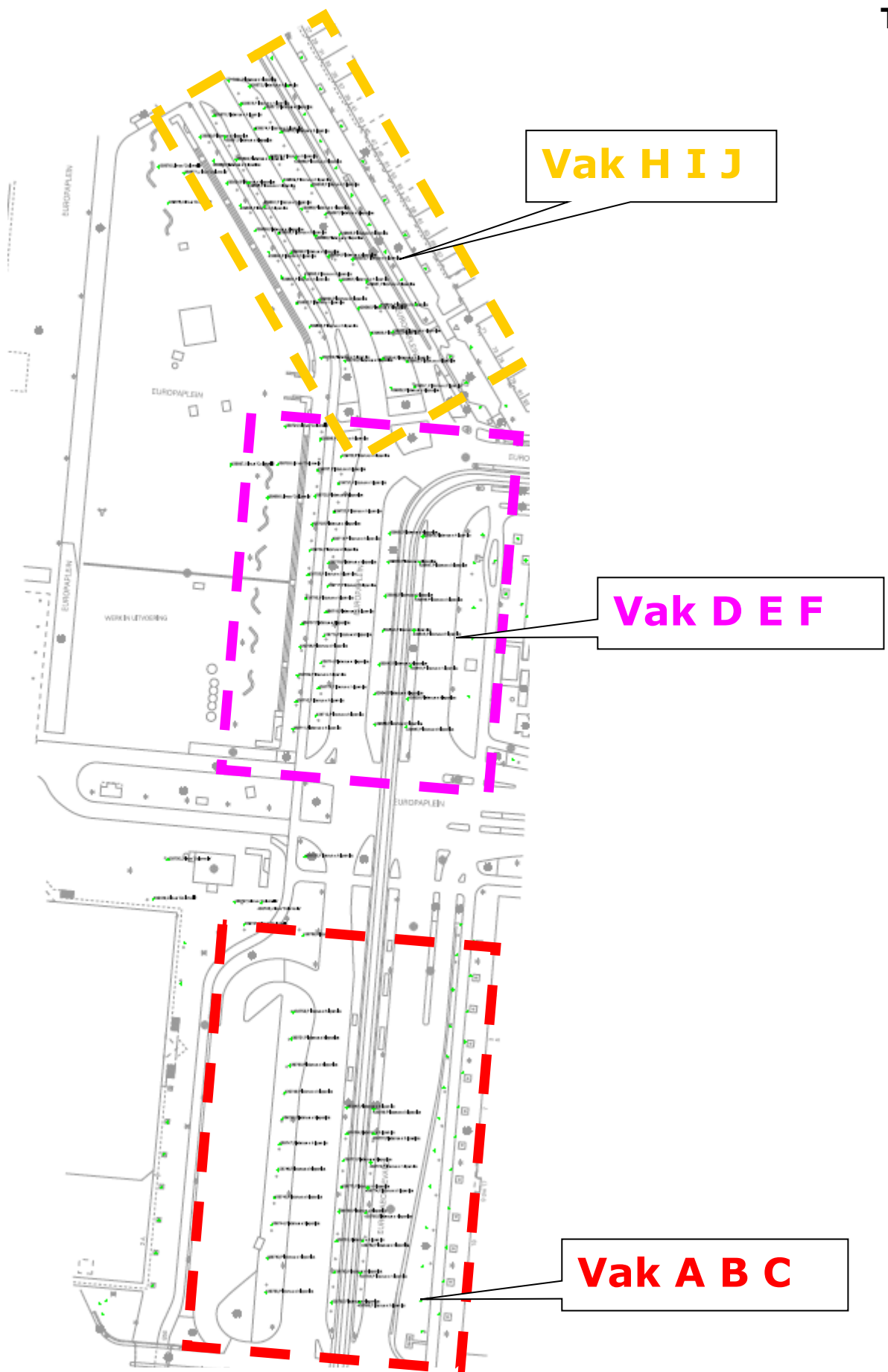
Bijlage 1. Tekening onderzoekslocaties



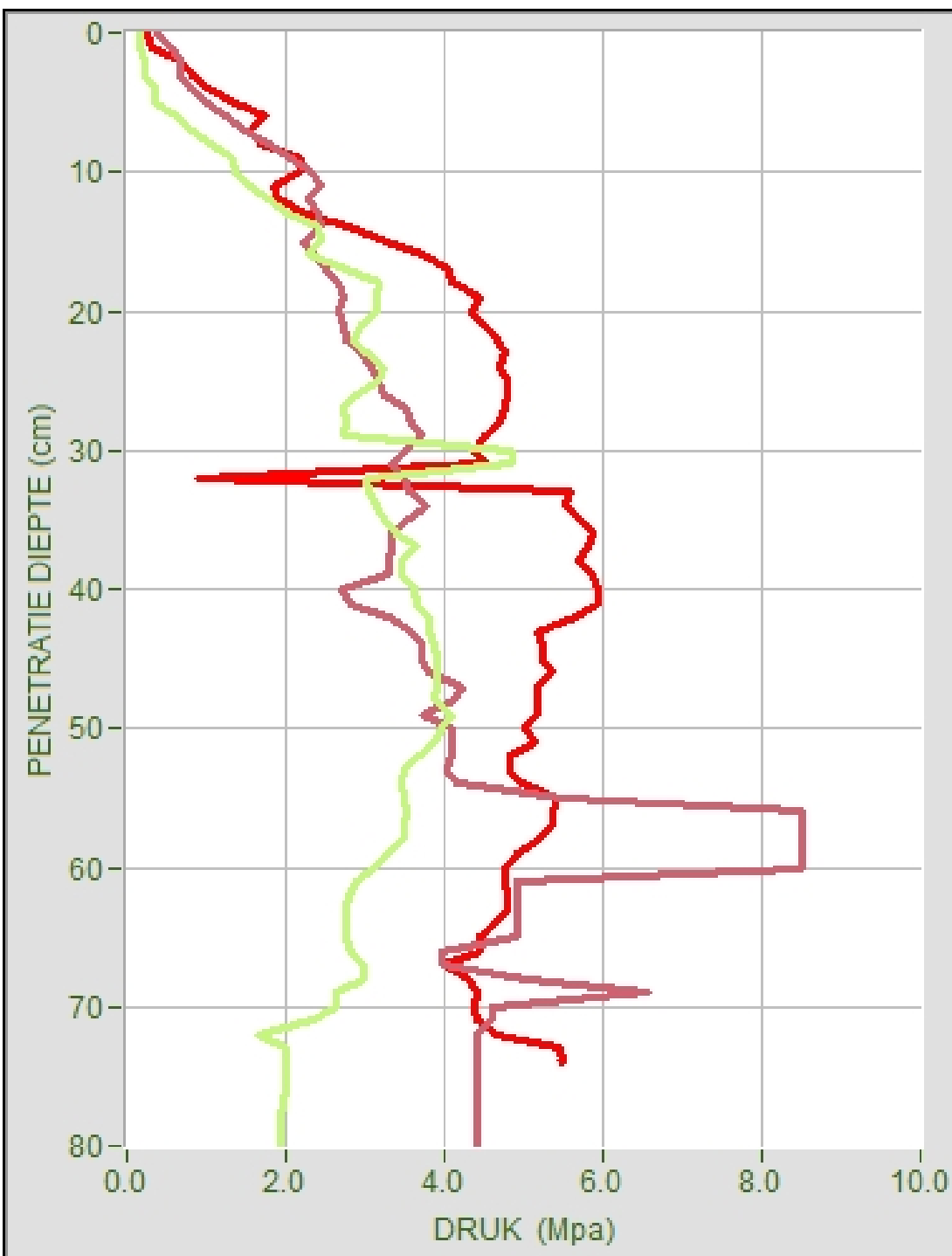




Totaaloverzicht



Bijlage 2. Grafieken verdichting



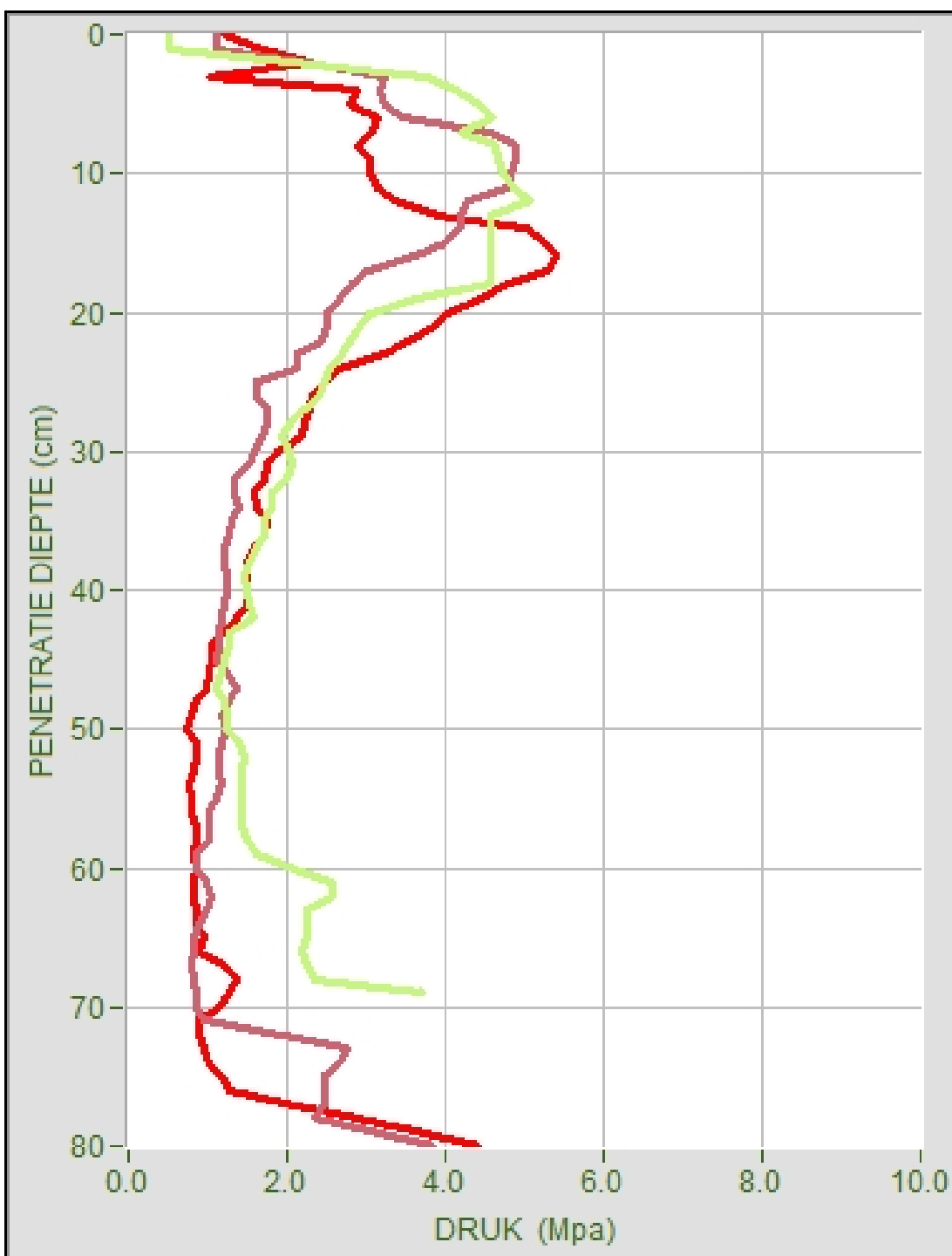
Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439743
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm2, 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 2.9
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.357 E004°53.498





Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605

Projectnaam : EUROPAPL

Gebruikersnaam : HBABV

Plotnaam : 439763

Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3

Aantal pen. gereed : 61

Conustype : 1.0 cm2, 60 deg

Penetratie snelheid: 2 cm/s

Eenheden diepte : cm

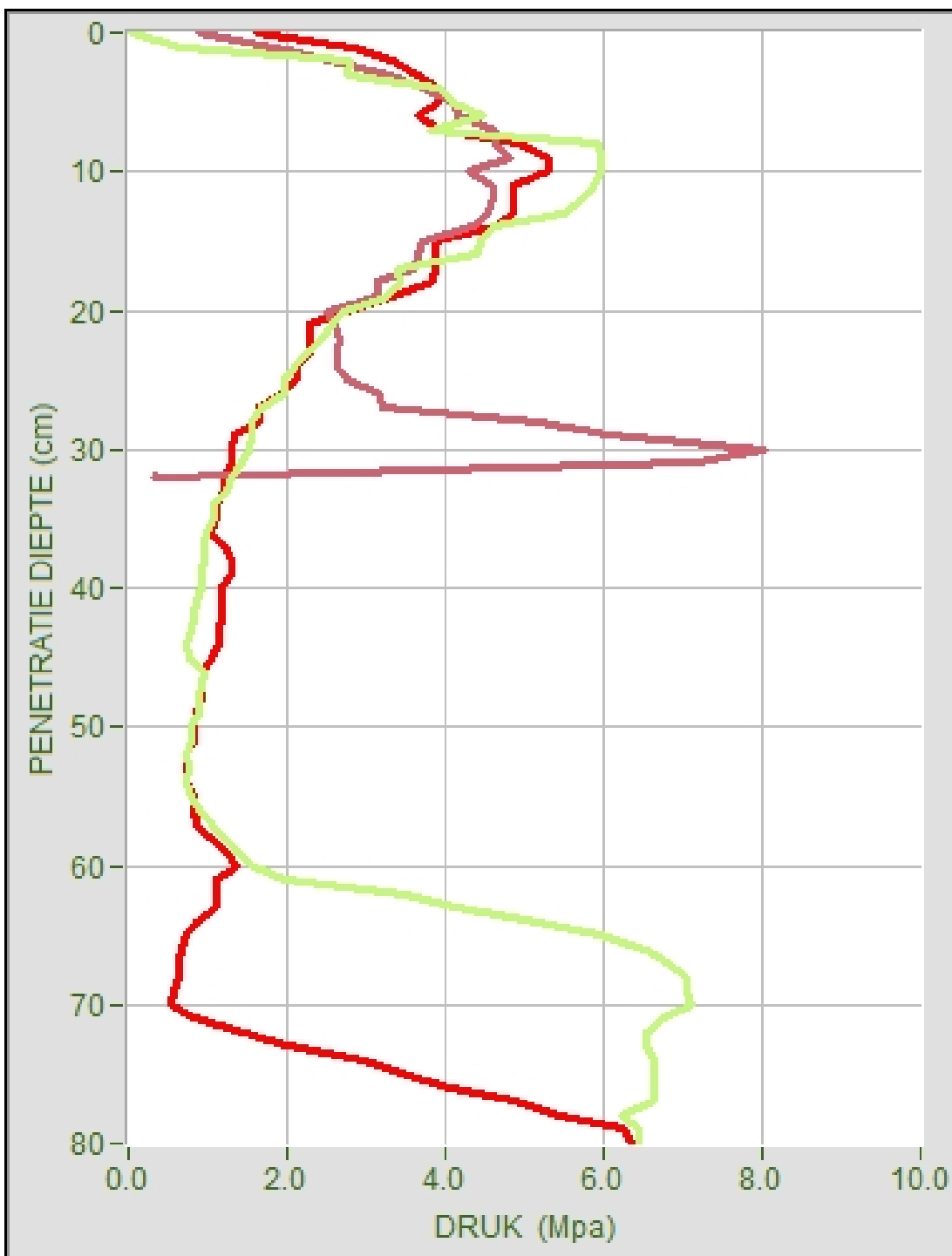
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 2.2

Bodemvocht : ---

GPS Coördinaten : N52°20.352 E004°53.522





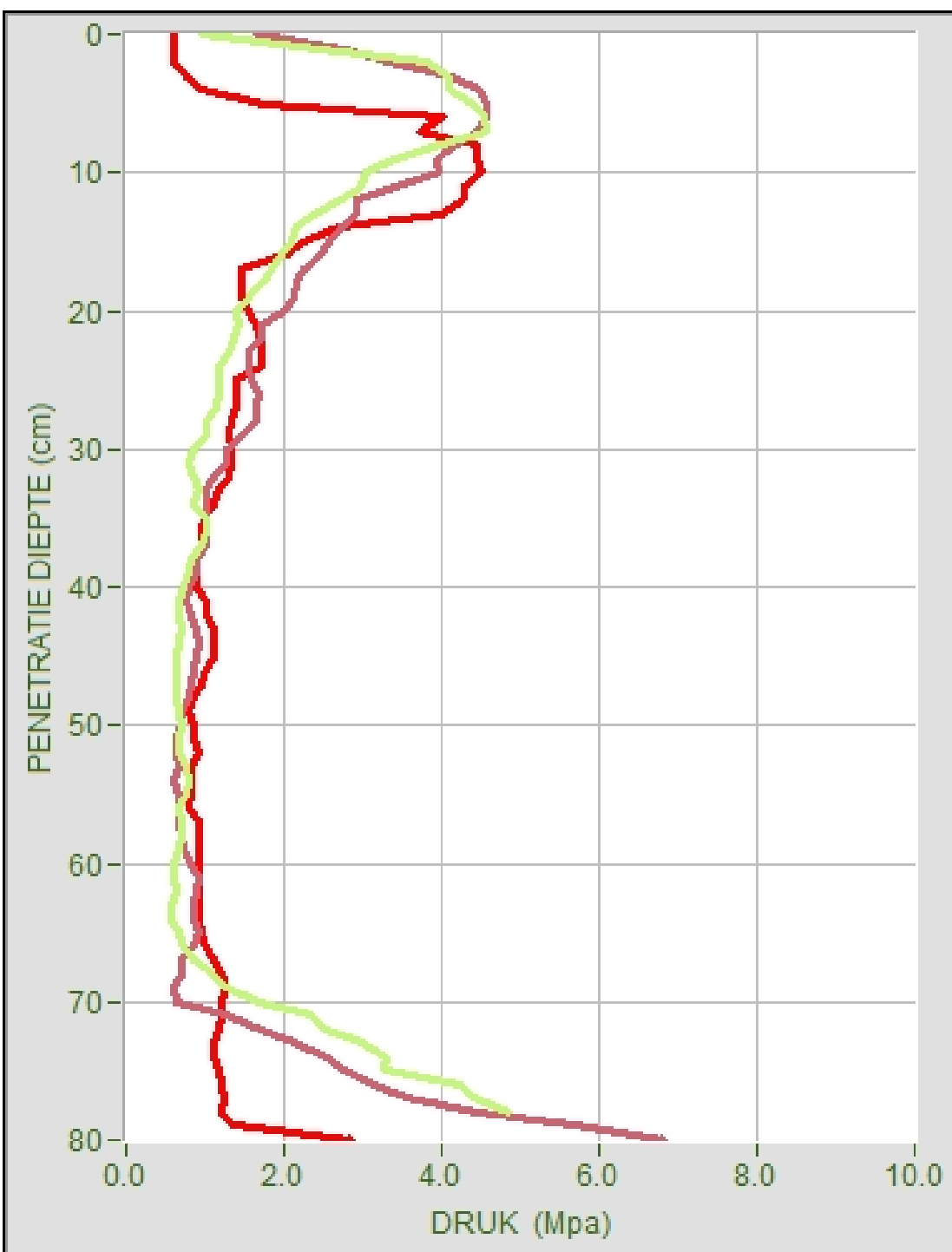
Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439764
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm2, 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 2.6
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.349 E004°53.531





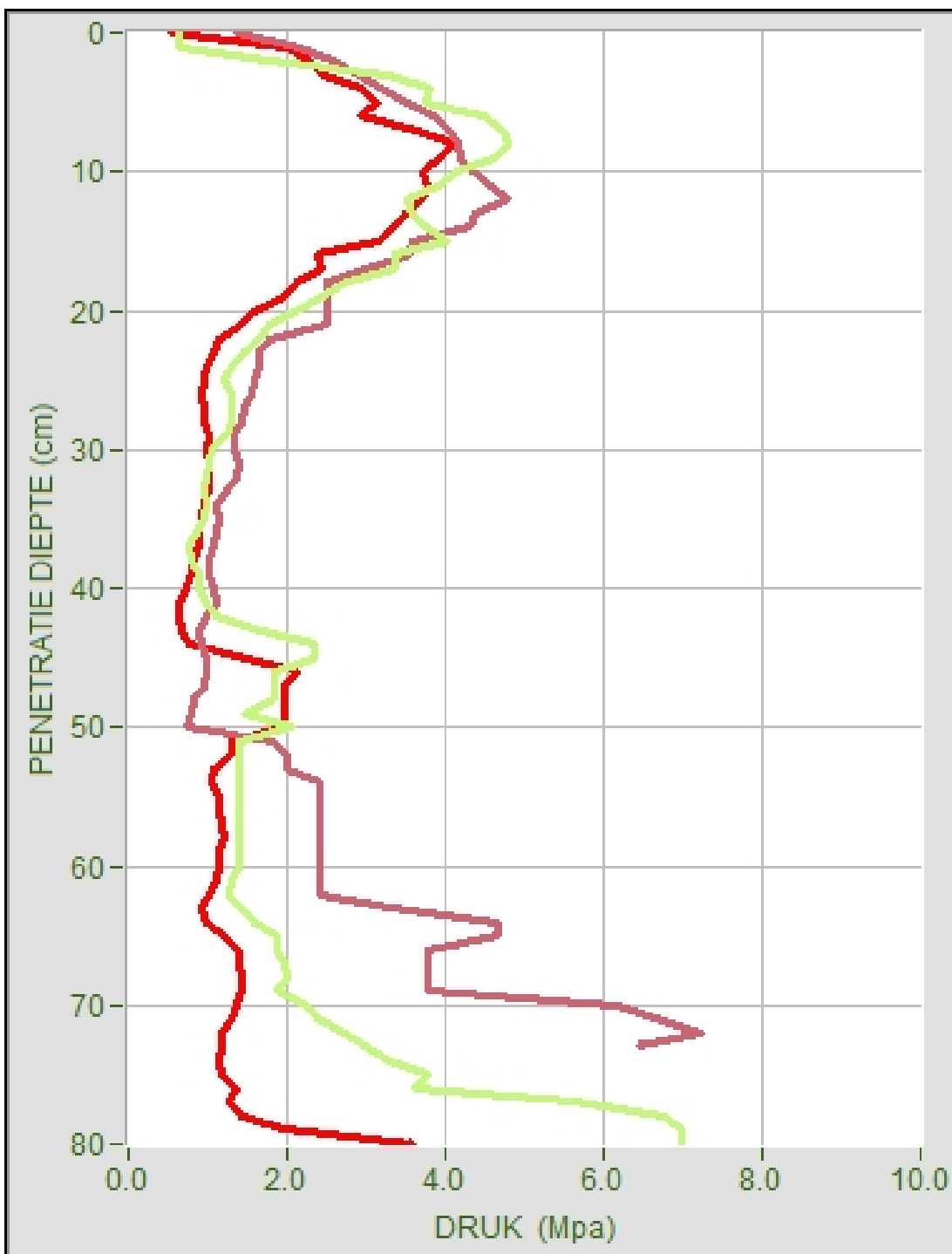
Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439772
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm2, 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 1.6
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.377 E004°53.537





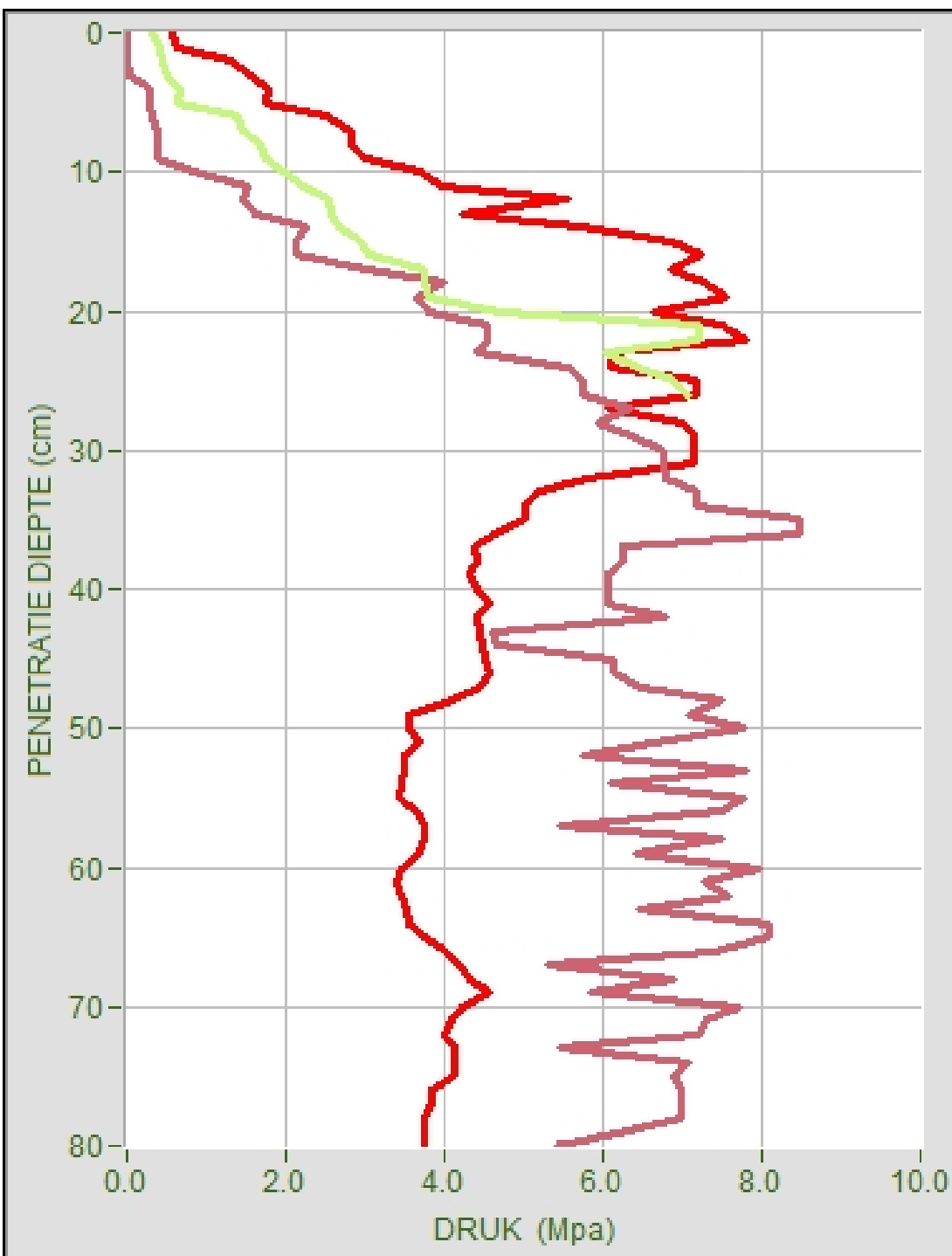
Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439769
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm2, 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 2.0
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.385 E004°53.526





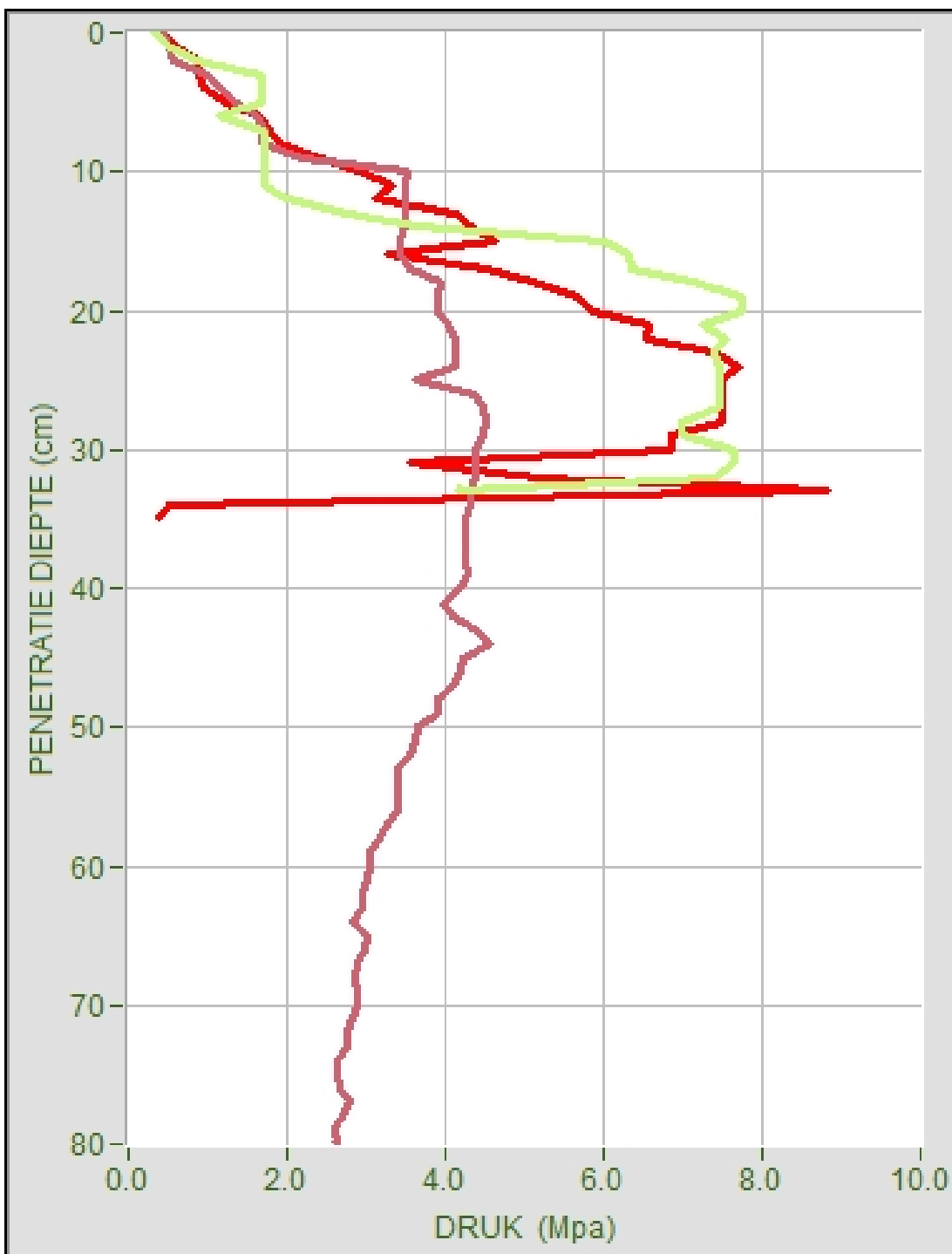
Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439747
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm2, 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 4.1
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.382 E004°53.504





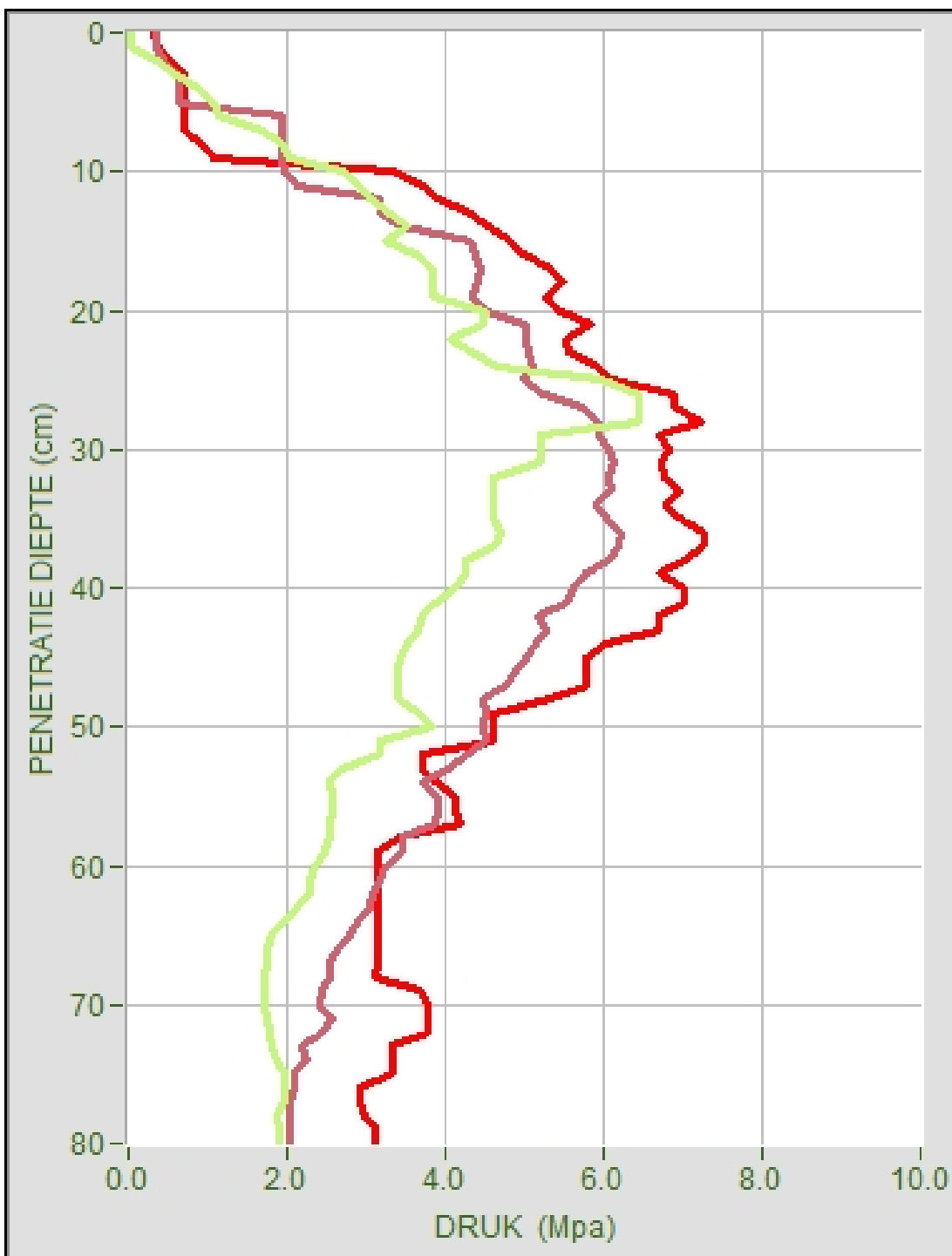
Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439710
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm2, 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 3.9
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.469 E004°53.509





Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605

Projectnaam : EUROPAPL

Gebruikersnaam : HBABV

Plotnaam : 439712

Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3

Aantal pen. gereed : 61

Conustype : 1.0 cm2, 60 deg

Penetratie snelheid: 2 cm/s

Eenheden diepte : cm

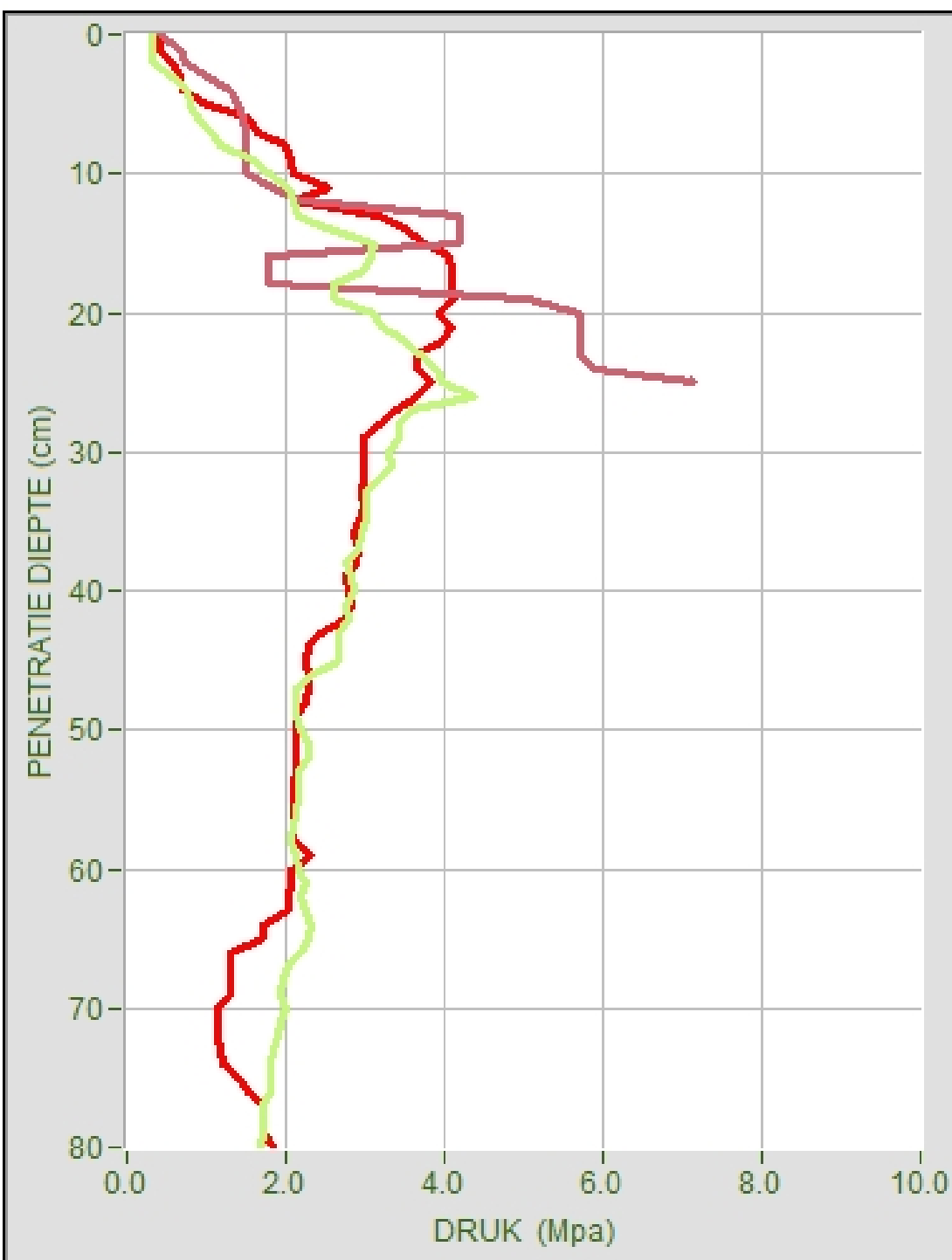
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 3.8

Bodemvocht : ---

GPS Coördinaten : N52°20.467 E004°53.516





Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605

Projectnaam : EUROPAPL

Gebruikersnaam : HBABV

Plotnaam : 439706

Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3

Aantal pen. gereed : 61

Conustype : 1.0 cm2, 60 deg

Penetratie snelheid: 2 cm/s

Eenheden diepte : cm

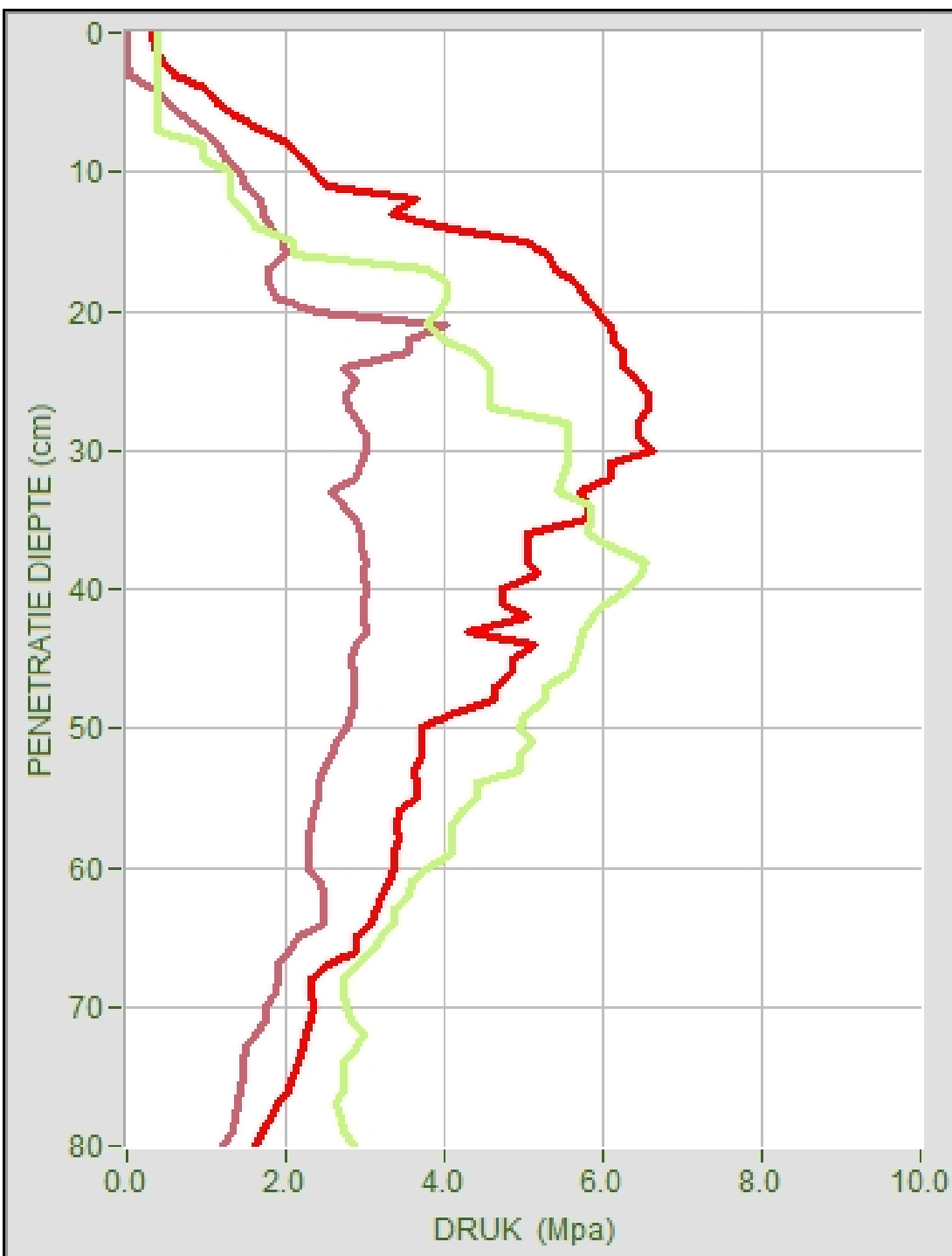
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 2.4

Bodemvocht : ---

GPS Coördinaten : N52°20.492 E004°53.512





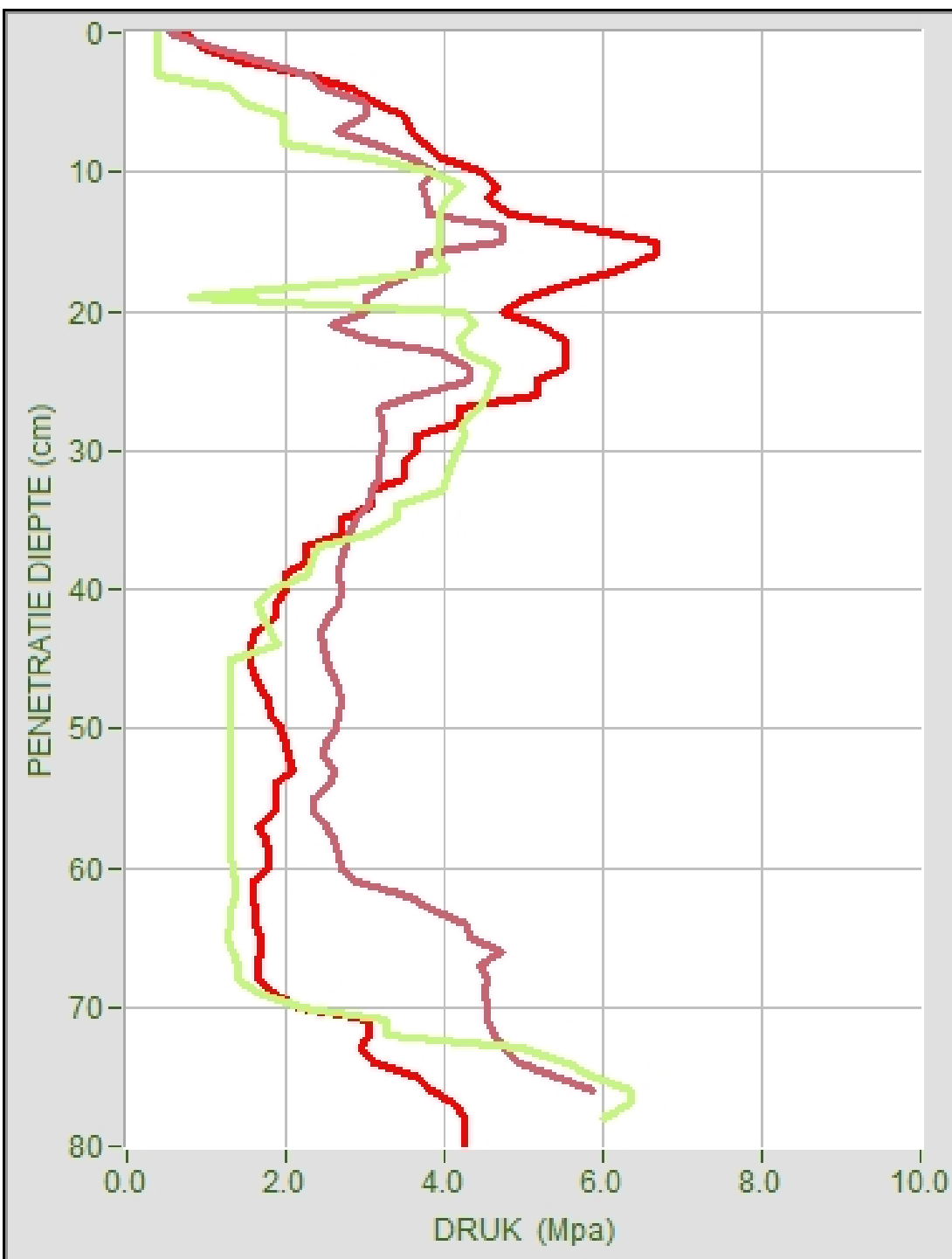
Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439716
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm2, 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 3.2
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.489 E004°53.518





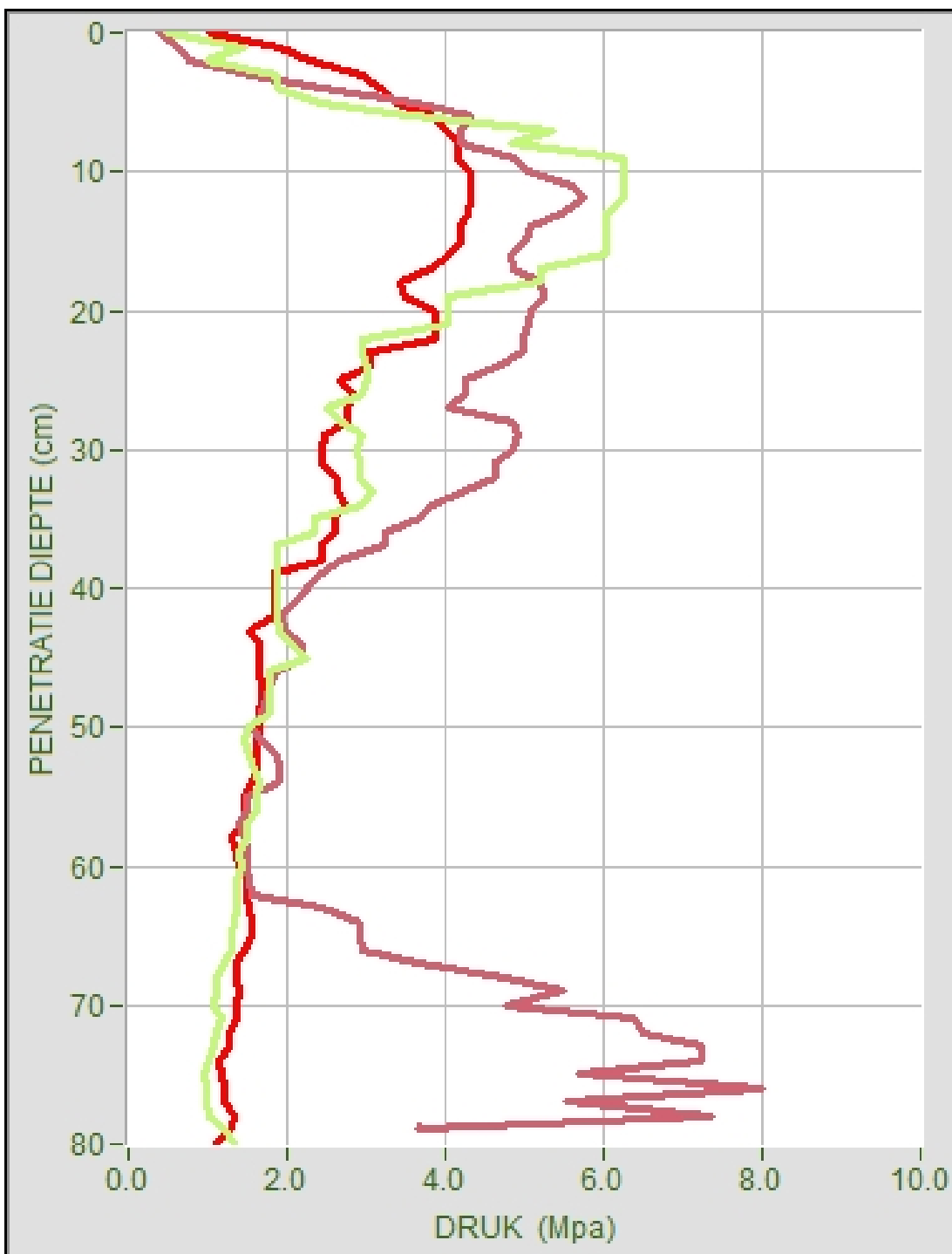
Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439644
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm2, 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 2.8
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.487 E004°53.537





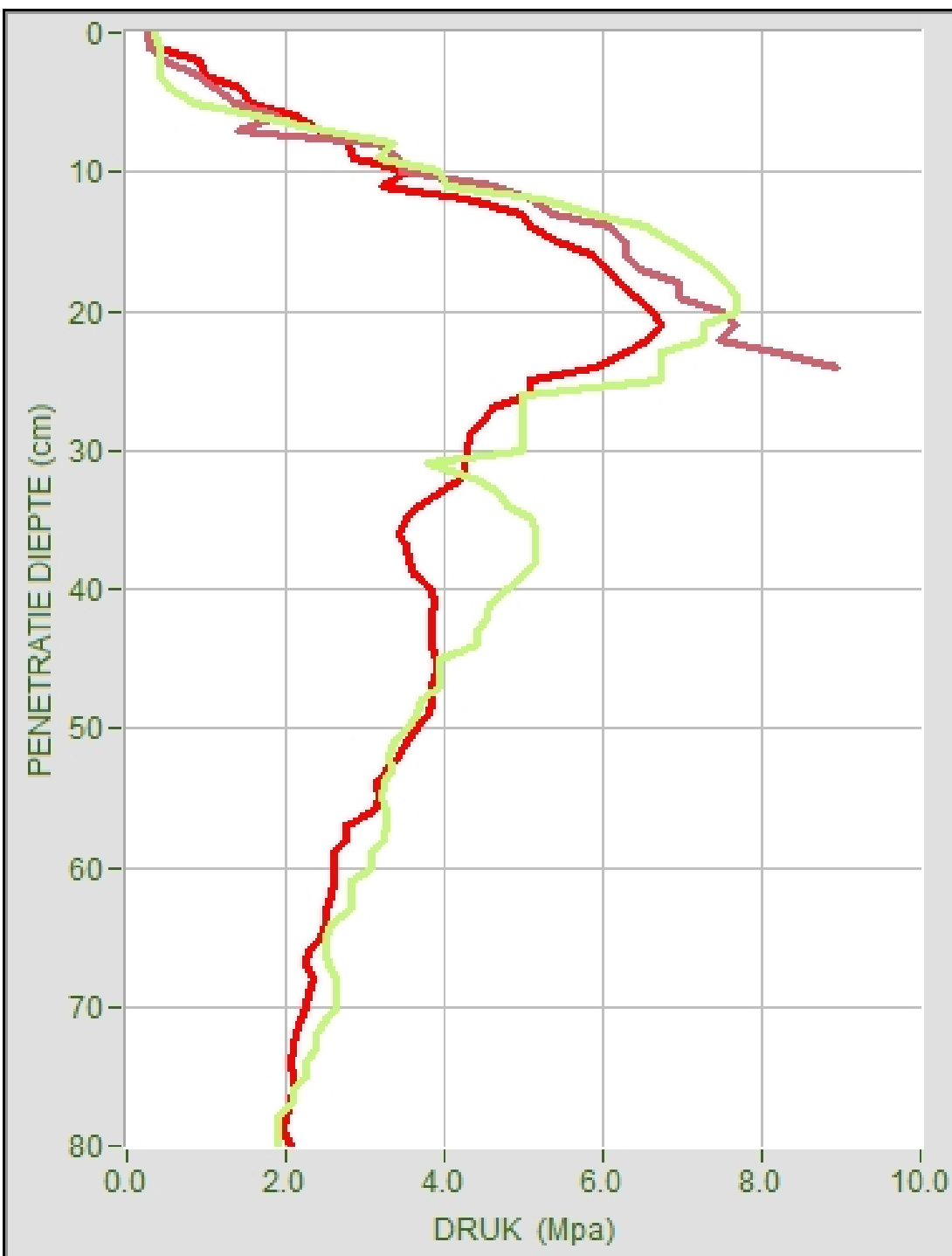
Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439643
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm2, 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 3.0
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.488 E004°53.547





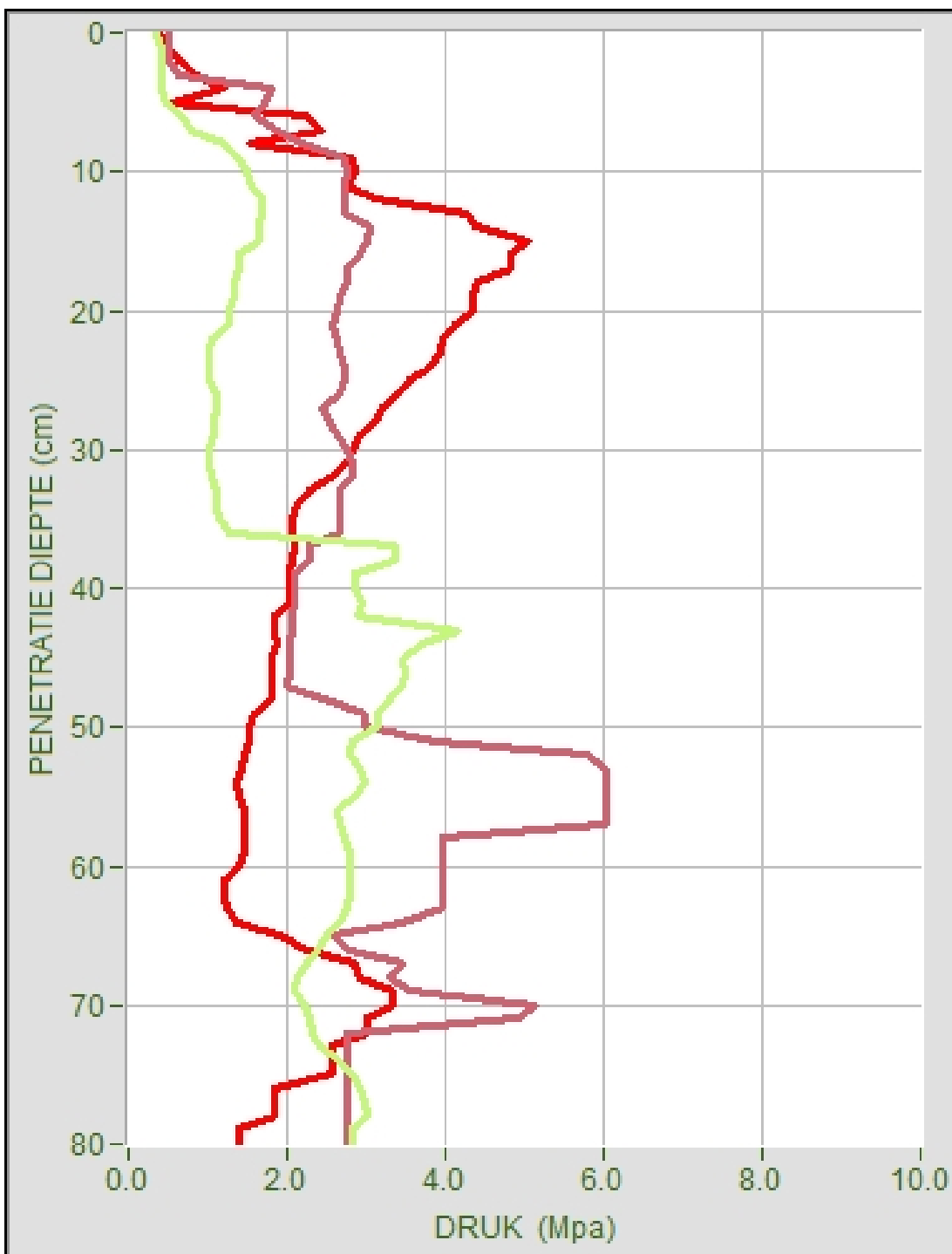
Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439692
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm2, 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 3.8
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.548 E004°53.511





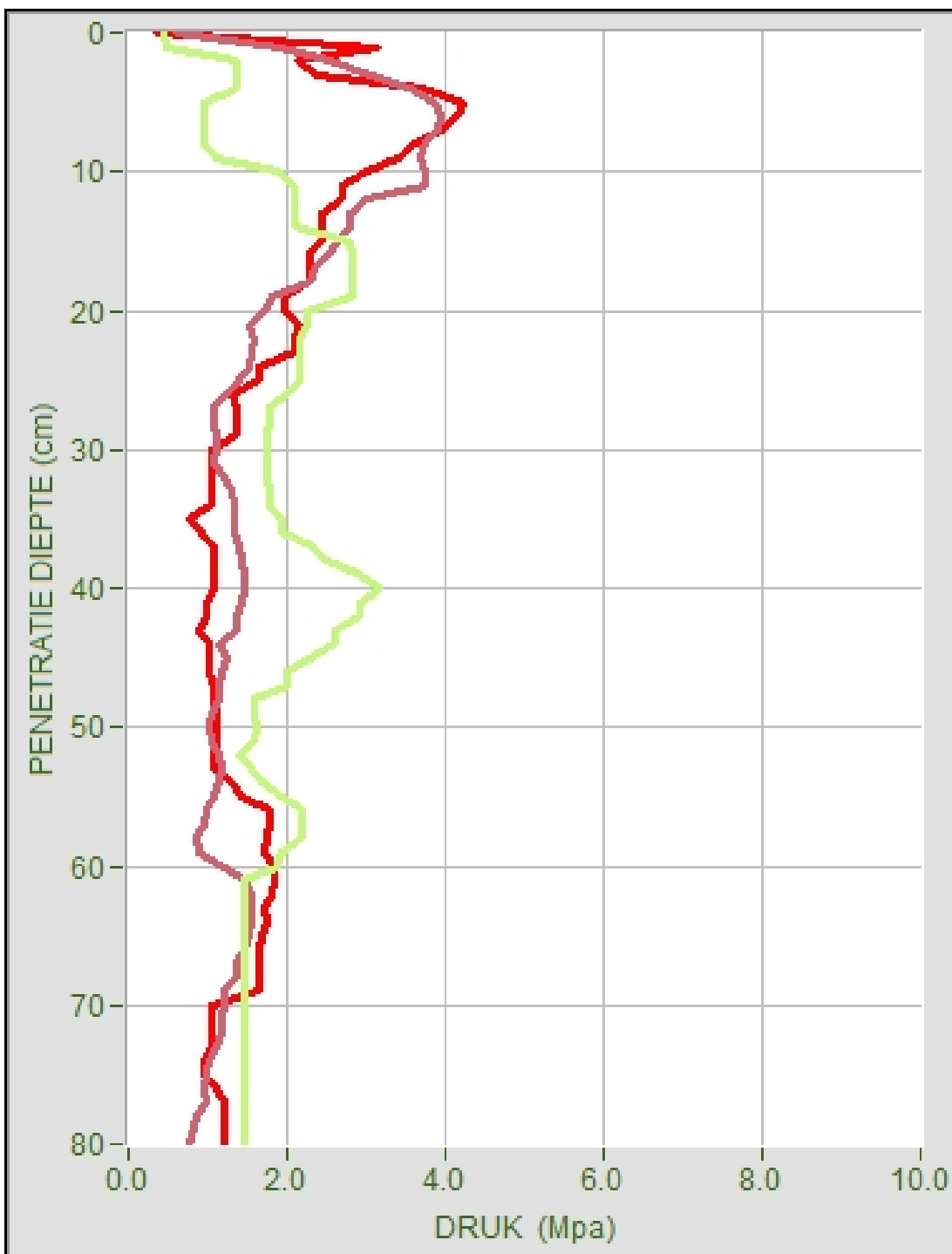
Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439694
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm2, 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 2.1
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.546 E004°53.516





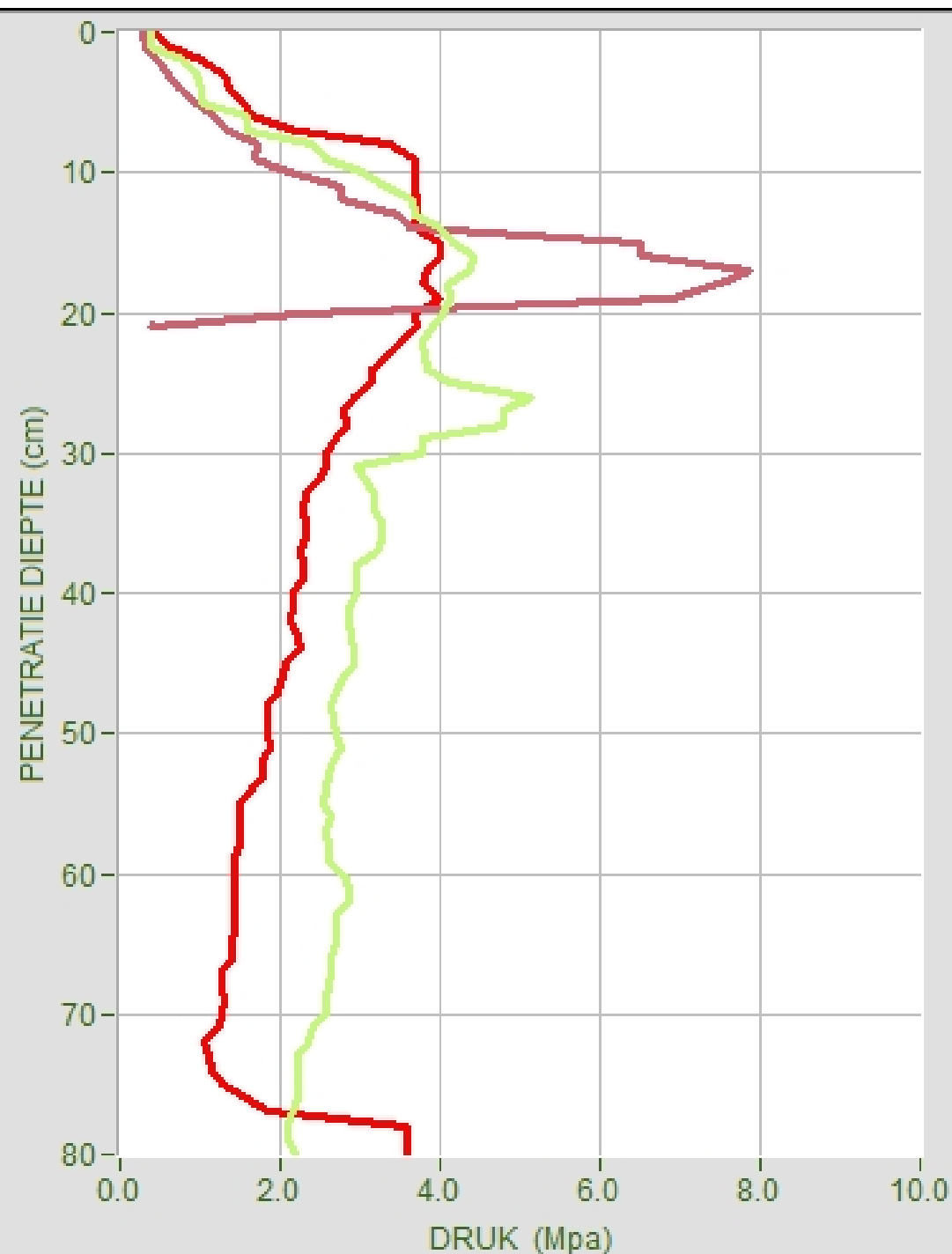
Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439657
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm2, 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 1.8
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.548 E004°53.536





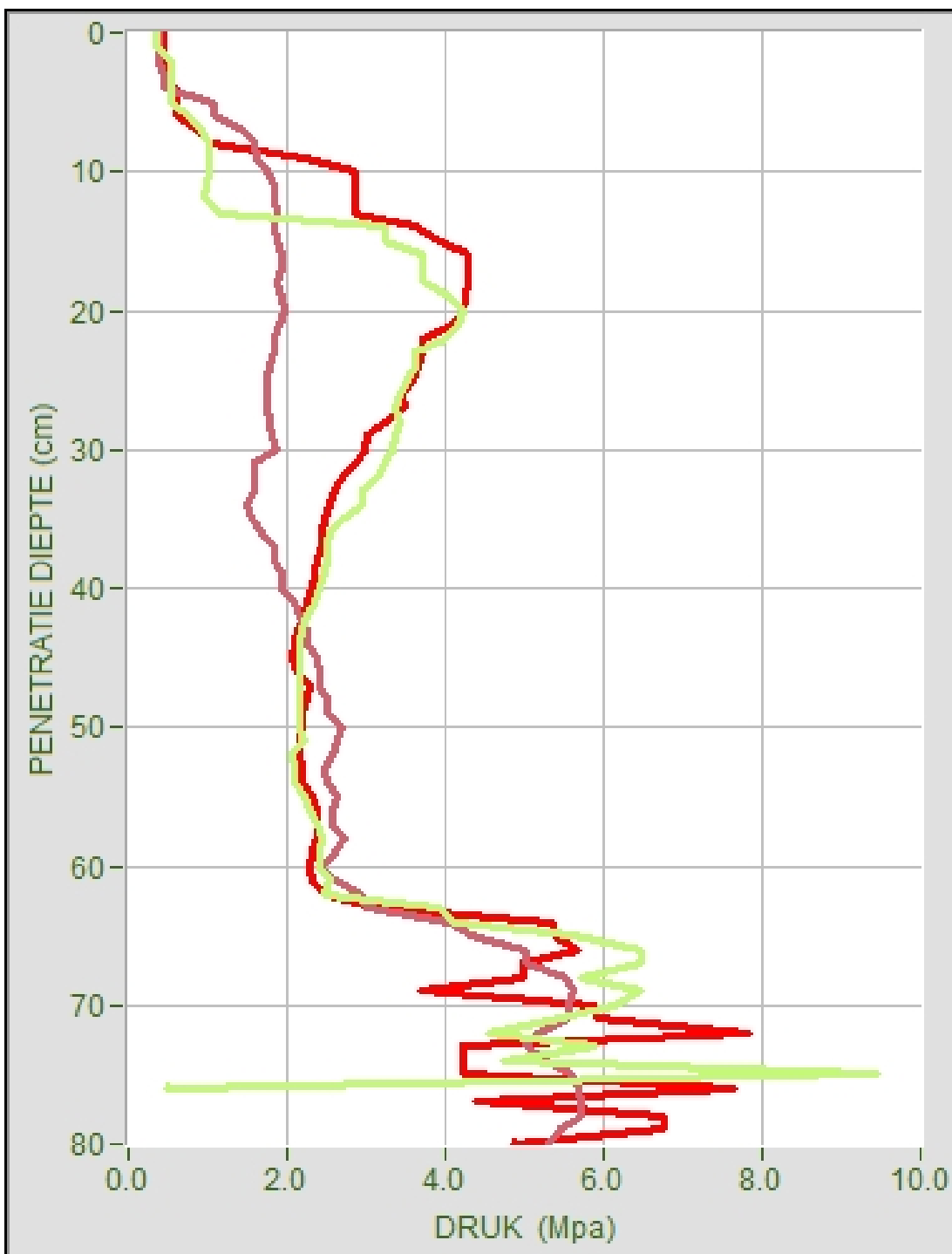
Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439688
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm², 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 2.8
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.564 E004°53.498





Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605

Projectnaam : EUROPAPL

Gebruikersnaam : HBABV

Plotnaam : 439687

Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3

Aantal pen. gereed : 61

Conustype : 1.0 cm², 60 deg

Penetratie snelheid: 2 cm/s

Eenheden diepte : cm

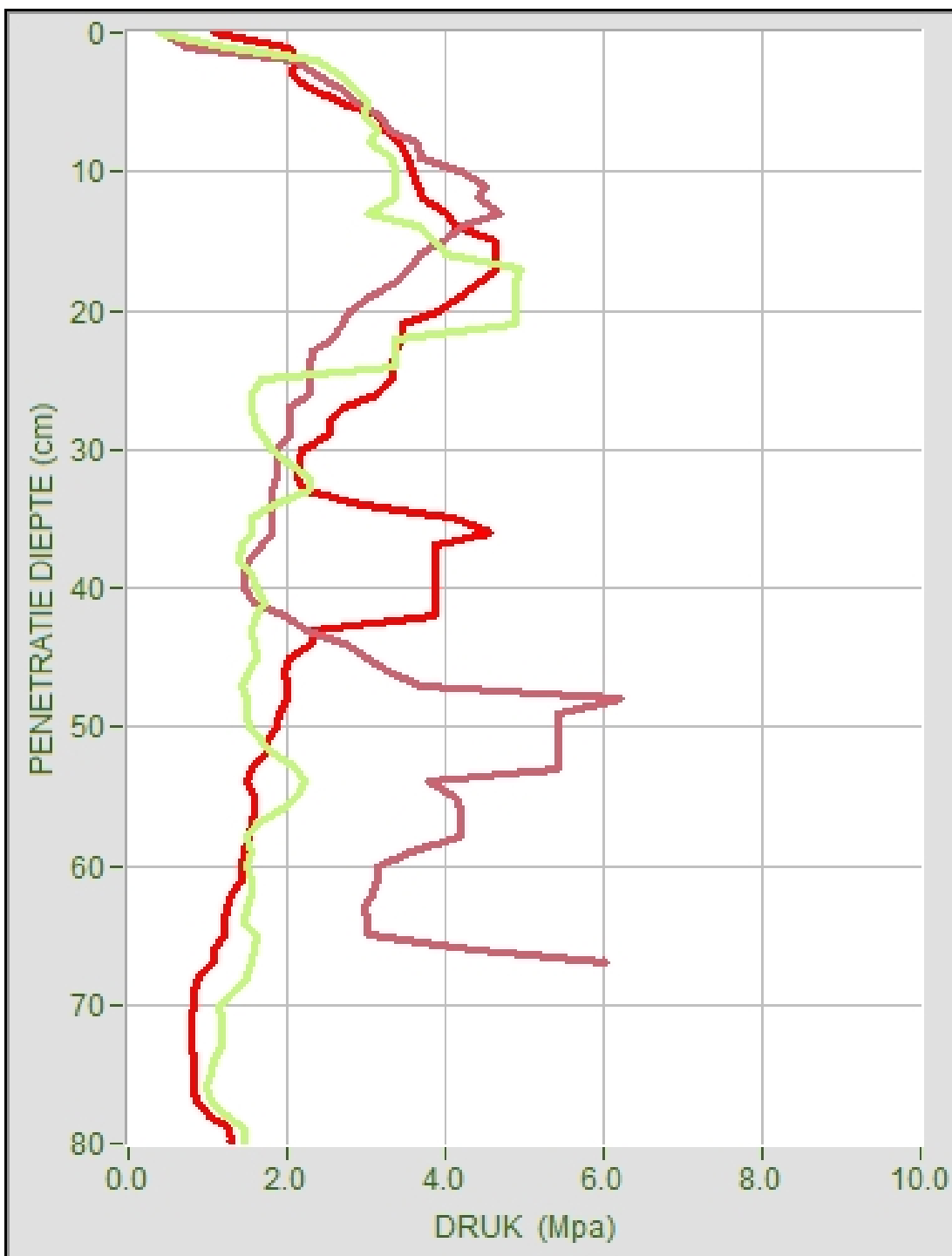
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 2.1

Bodemvocht : ---

GPS Coördinaten : N52°20.568 E004°53.502





Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

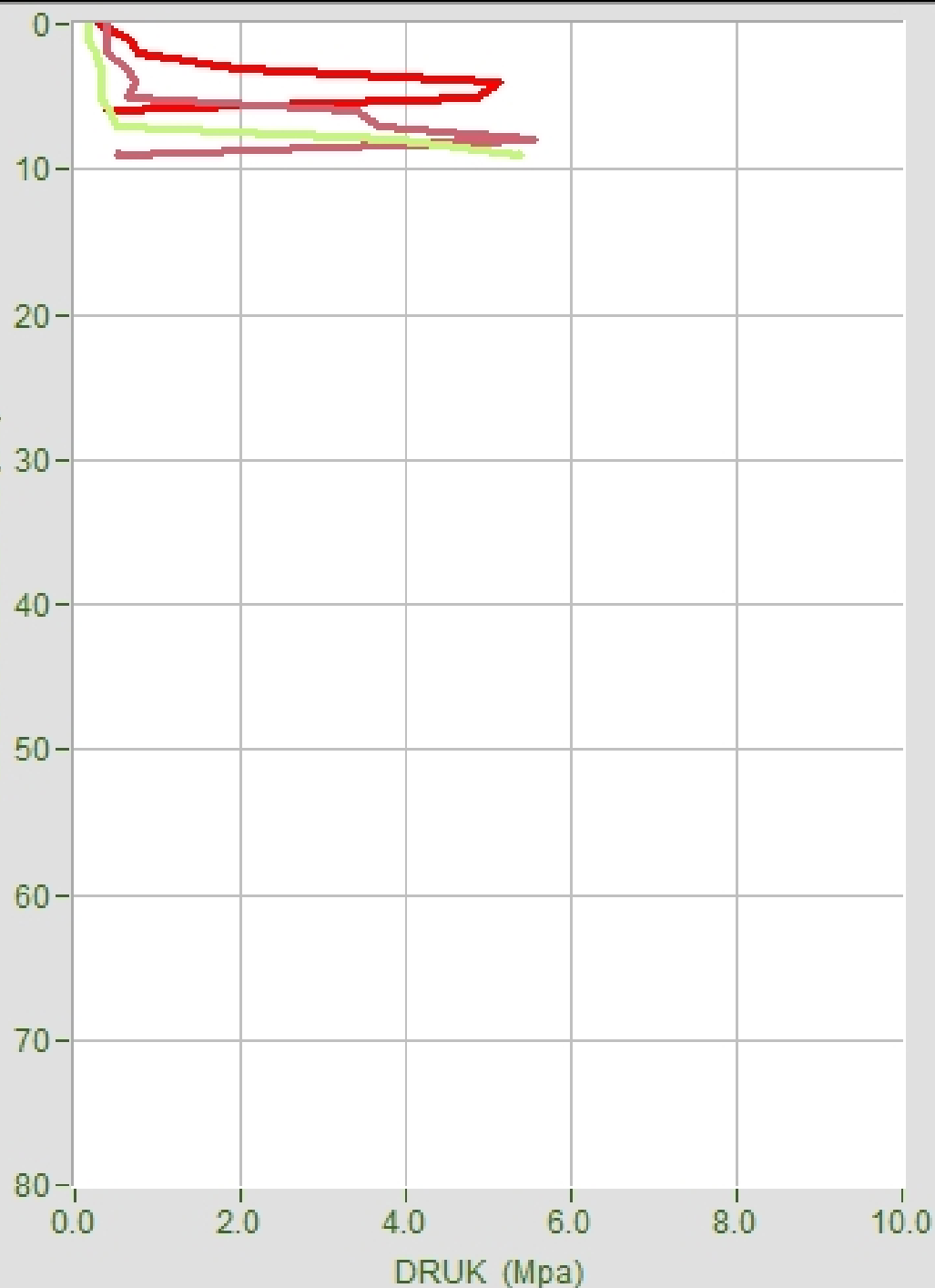
Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439559
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm², 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : 2.4
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.570 E004°53.508



PENETRATIE DIEPTE (cm)



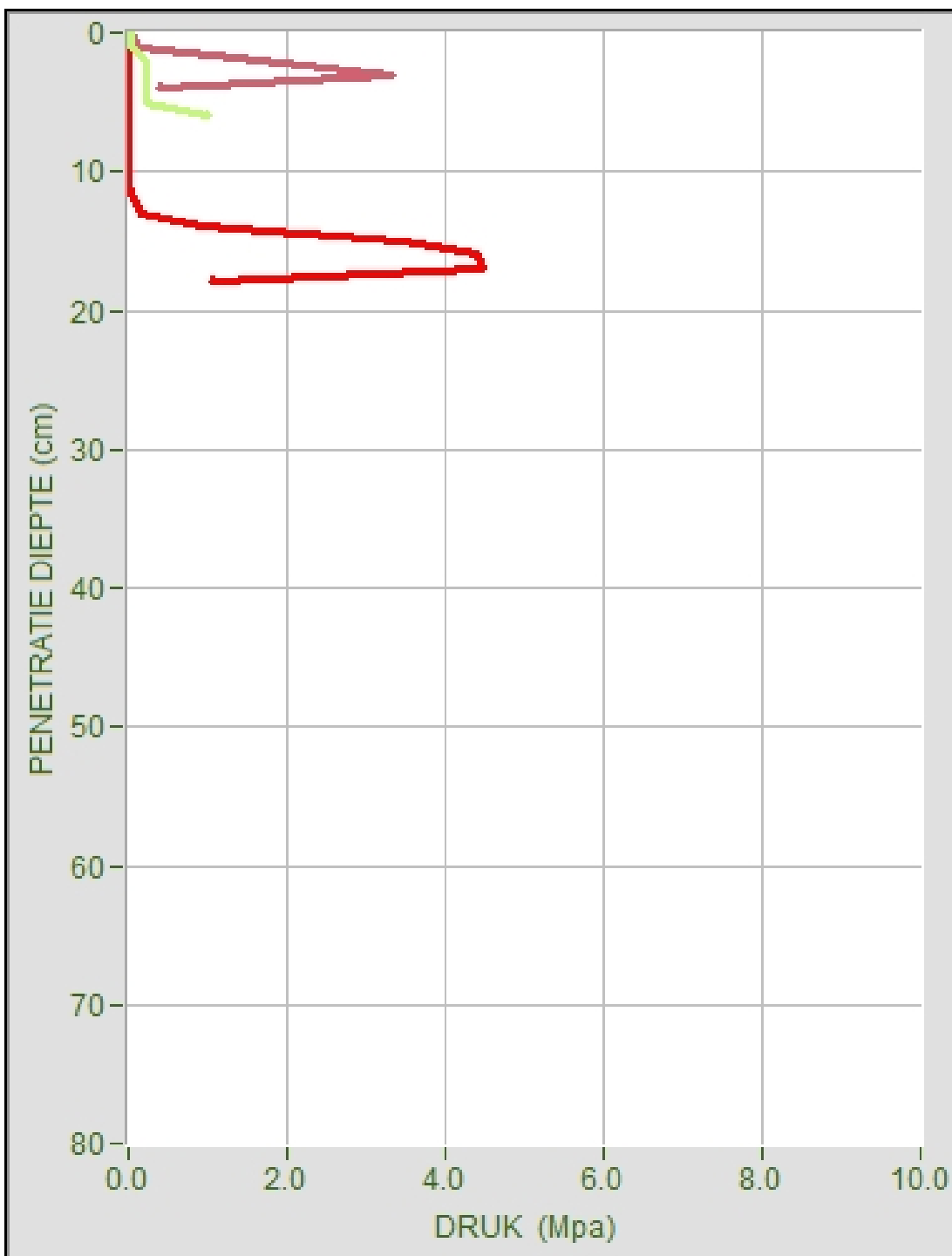
Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439725
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm2, 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : ---
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.517 E004°53.503





Eijkelkamp Penetro Viewer Vs.6.08

Serie nummer : 34638605
Projectnaam : EUROPAPL
Gebruikersnaam : HBABV
Plotnaam : 439677
Plotdatum : 29-04-15

Aantal pen./plot : 3
Aantal pen. gereed : 61
Conustype : 1.0 cm², 60 deg
Penetratie snelheid: 2 cm/s
Eenheden diepte : cm
Eenheden penetratie: MPascal

Cone index : ---
Bodemvocht : ---
GPS Coördinaten : N52°20.558 E004°53.476



Bijlage 3. Bodemgaswaarden

nr.	Boomnr.	O2	CO2	CH4
1	439743			
2	439763			
3	439764			
4	439772	19,5%	1,4%	1%
5	439769	18,8%	1,3%	0%
6	439747	18,6%	1,9%	0%
7	439710			
8	439712			
9	439706	16,6%	4,3%	1%
10	439716	14,3%	5,8%	0%
11	439644	18,0%	2,1%	0%
12	439643	18,8%	1,7%	0%
13	439692			
14	439694			
15	439657			
16	439688	17,0%	3,2%	0%
17	439687	17,0%	2,9%	0%
18	439559			
19	439725	18,9%	1,5%	1%
20	439677			

Bijlage 4. Grondonderzoek

Hoogendoorn Boomadvies

P14830/MJH/GPO

Resultaat	Eenheid	378146	378147	378148	378149	
N-totale bodemvoorraad	mg N/kg	680	1120	1650	900	
P-bodemvoorraad (P-Al)	mg P ₂ O ₅ /100 g	14	18	25	15	
K plant beschikbaar	mg K/kg	61	63	63	35	
Mg plant beschikbaar	mg Mg/kg	124	109	130	85	
Zuurgraad (pH-KCl)		7,4	7,4	7,6	7,3	
Organische stof	%	3,4	4,9	5,2	4,4	
C-anorganisch	%	0,26	0,17	0,49	0,24	
Koolzure kalk	%	1,6	0,9	3,4	1,4	
Geleidingsvermogen	mS/cm 25°C	0,08	0,12	0,13	0,11	
Chloride	mg Cl/100 g	< 4	< 4	< 4	< 4	
weergegeven in de minerale delen (granulair).	0-2 µm	%	0,7	0,7	4,6	0,9
	2-16 µm	%	1,2	0,7	2,2	< 0,1
	16-50 µm	%	0,1	< 0,1	2,4	0,8
	50-63 µm	%	0,3	0,2	1,2	0,3
	63-125 µm	%	3,1	2,1	10,5	3,2
	125-180 µm	%	6,6	6,9	18,6	8,7
	180-250 µm	%	14,5	14,8	26,2	16,3
	250-355 µm	%	22,9	21,4	25,6	21,2
	355-500 µm	%	23,0	26,1	6,5	23,6
	500-1000 µm	%	24,5	23,6	2,3	21,7
	1000-2000 µm	%	3,1	3,4	0,1	3,2
	M50 Mediaan	µm	365	376	221	352
	D60/D10	ratio	2,6	2,4	4,0	2,6