

NATUURONDERZOEK LIMBURG

Mijnterrils, bakens in het Limburgse landschap en stille getuigen van oeroude tropische moerassen

Roland Dreesen & Johan Matthijs



Fig.1. De mooi begroeide "Zwarte Berg", terril in Zwartberg (nu eigendom van Limburgs Landschap) © R.Dreesen.

Mijnterrils, bakens in het Limburgse landschap en stille getuigen van oeroude tropische moerassen

Roland Dreesen & Johan Matthijs

Inleiding

Enkele decennia geleden waren de grauwe terrils of steenbergen nog een bron van ergernis omdat ze het landschap verminkten, hinderlijk stof verspreidden, zich verplaatsten en soms brandden. Vandaag de dag worden deze vergroende kegels erkend als bakens in het landschap en zichtbare symbolen van de reconversie. Terrils torenen hoog uit boven het Limburgse landschap. Ze zijn door mensenhanden ontstaan en zijn de meest opvallende getuigen van het rijke mijnverleden en de diepe geologie van Limburg. Ze zijn échte bakens in het landschap met een panoramisch zicht op de groene omgeving (foto titelpagina). Ondertussen zijn ze het biotoop geworden van warmte-, zout- of kalkminnende flora en fauna. Ze zijn ook de stille getuigen van de weelderige tropische regenwouden en moerassen (wetlands) die hier ruim 300 miljoen jaren geleden gedijden. In deze tropische moerassen ontstonden dikke veenafzettingen die, na begraving en onder invloed van de enorme druk van de bovenliggende afzettingen en de toenemende temperatuur, dikke steenkoollagen hebben gegenereerd. De ontdekking in As in 1901 van de eerste koollaag in Limburg op een diepte van 541m leidde tot een ware “coal rush” waarbij inmiddels in 90 jaar tijd, meer dan 441 miljoen ton steenkool en ongeveer evenveel steenafval naar boven werden gehaald. Na de sluiting van de laatste steenkoolmijn in 1992 werden de meeste van deze steenbergen geremodelleerd en kregen ze hun huidige vorm. De mijnsteen in deze terrils bestaat uit verschillende soorten steen die miljoenen jaren geleden in het Carboon als sedimenten in deze tropische moerassen werden afgezet. Ook kan je op de terrils, met wat geluk, nog steeds mooie fossiele plantenresten en mineralen vinden, als getuigen van de toenmalige tropische flora en fauna én van de mineralogische transformaties die de Carboongesteenten hebben ondergaan.

Terrils en mijnsteen

De naam terril zou van Waalse (“terri”) of Noord-Franse (“terre-il”) oorsprong zijn: de term verwijst naar een kunstmatige heuvel vlakbij steenkoolmijnen waar steenafval werd gedeponeerd. In Engeland spreekt men van een “spoil heap” of “colliery waste tip”, in Duitsland wordt de term “Bergehalde” of “Steinberg” gebruikt. Een terril of steengruishoop bestaat hoofdzakelijk uit mijnsteen, maar bevat ook diverse soorten afval (hout, beton, metaal, ...) dat tijdens de diepe ontginning van steenkool mee naar boven werd gebracht en hier gedumpt. Mijnsteen is een verzamelnaam voor al het steriele (niet steenkoolhoudende) gesteente dat vrijkomt bij de winning van steenkool. Dit steenafval komt vrij bij het delven van schachten en ondergrondse galerijen, bij droge scheiding van steenkool (fig.2) en na natte wassing van de bruto steenkoolproductie afkomstig uit de ondergrondse pijlers of kolenfronten (fig.3a en b).



Fig.2. Sorteerruimte van de mijn van Eisden, tijdens het interbellum. Elk kolenwagentje dat uit de mijn tevoorschijn kwam was geladen met een mengsel van kolen, steen en hout. Aanvankelijk verwijderden leerjongens en soms ook vrouwen hieruit manueel het hout en de stenen. Later gebeurde dit machinaal in de kolenwasserij (Archief Hasselt)

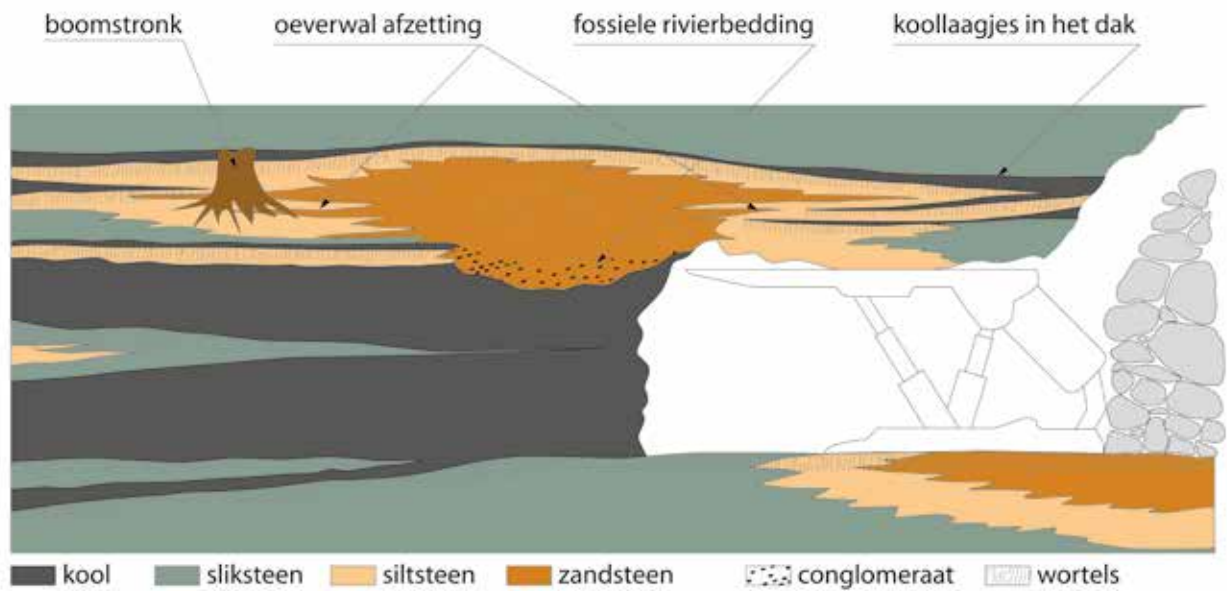


Fig.3a. Geïdealiseerde schets van de verschillende steensoorten die worden aangetroffen aan het kolenfront (bij diepe steenkoolontginning). Illustratie van de heterogeniteit van "mijnsteen" die samen met steenkool via transportbanden en kolenwagentjes naar de oppervlakte werd afgevoerd. De wit-zwart tekening stelt de wandelende mechanische ondersteuning van het "dak" voor. De grijze rotsblokken (rechts) zijn de opvulling met "steen" van de ontgonnen zone (wit = open ruimte) om verzakking te voorkomen (vulpijler). Fossiele boomstronken in levenspositie en zandsteenblokken in het dak van de koollaag waren gevaarlijk: deze vielen gemakkelijk uit het dak van de koollaag op de mijnwerkers. © Dreesen, 1993; zie ook: Van Uytven & Dreesen, 2014.



Fig.3b. Fijn gelamineerde afwisseling van schalies en siltstenen in het dak van een steenkoollaag. Pijlerfront van de Wholesale Society steenkoolmijn in Shilbottle, Northumberland, UK (1929). Planet News Archives / Getty images

De zwaardere steen kon door het dichtheidsverschil van de veel lichtere steenkool gescheiden worden in water waaraan magnetiet werd toegevoegd: steenkool drijft hierop, steen zinkt. Al dit “steenafval” werd via smalspoorwagens naar de stortplaats vervoerd, bergopwaarts getransporteerd en ten slotte op de groeiende afvalberg gestort, waardoor er een kegelvormige terril ontstond. Een gedeelte van de gewassen steen ging terug naar onder (tot ca. 1940) om de ontgonnen pijlers terug op te vullen, de stabiliteit van de ondergrondse werken te bevorderen en bovengrondse verzakkingen tegen te gaan (fig.3a). De gesteenten in de terril bestaan hoofdzakelijk uit slijksteen of schalie - in de volksmond “schiste” of “zwarte schist” genoemd - met hierin nog een wisselend gehalte aan steenkool. Ook de steenkool uit de uitgegraven steengangen ging mee naar het steenstort. Sommige steenkoolterrils bleken na de sluiting van de mijnen nog voldoende steenkool te bevatten (soms tot 8-10%) om deze op economisch verantwoorde wijze terug te ontginnen. Het “herwassen” van mijnterrils van de vroegere steenkoolmijnen gebeurde in de jaren '90 in Zwartberg (beëindigd in 1999) en werd in Winterslag tot halverwege 2005 toegepast. Het zijn vooral de oudere storthopen die nog aanzienlijke hoeveelheden steenkool kunnen bevatten omdat de kolenwasserijen toen veel minder efficiënt werkten (fig.4).



Fig.4. Luchtfoto van de heraangelegde terril van Winterslag, met zones waar de mijnsteen werd afgegraven en opnieuw gestort © <https://c-mine.be/terrill-winterslag>

De terrils zijn opgebouwd uit verschillende, na elkaar ontstane konische storthopen. Na aanvankelijk als één storthoop te zijn begonnen (één stortpunt) werden al snel langgerekte storten gevormd die later met elkaar werden verbonden en zodoende een plateau gingen vormen. Hun samenstelling is zeer heterogeen en de stapeling van het materiaal niet optimaal. Er is binnenin een terril ook geen echte gelaagdheid aanwezig: zones met gebroken steen en/of verpulverde/verweerde steen wisselen af met meer compacte zones en met meer “ge-

laagde” zones waarin steensoorten duidelijker herkenbaar zijn. De brokstukken zelf zijn enkele cm tot maximaal enkele dm groot. De kleur van mijnsteen varieert van lichtgrijs tot donkergrijs of zwart, afhankelijk van het gehalte aan organisch koolstof. De basis of het substraat van elke terril bestaat uit Pleistocene zanden en grind (dekzanden, Maasterrassen) en/of Tertiaire zanden (zie verder).

Hermodellering van de terrils

Gezien hun enorme omvang was het verplaatsen of isoleren van terrils na de sluiting van de mijnen quasi onmogelijk. Daarom waren de saneringsmaatregelen vooral gericht op het vrijwaren van de stabiliteit van de hellingen (om grondverschuiving tegen te gaan) en het proberen te voorkomen van chemische uitloging (“acid mine drainage”). Dit gebeurde door het hermodellieren van de storthopen tot een meer stabiele vorm, waarbij de verzette steen maximaal werd gecompacteerd en maatregelen werden genomen om infiltratie van regenwater tegen te gaan en het opvangen regenwater naar oppervlaktewater af te voeren. Door met zware machines over de opnieuw gestorte stenen te rijden werden deze sterk verpulverd en gecompacteerd. Naast deze compactie werd de mijnsteen ook met “schlamm” of slib (afkomstig van de kolenwasserijen) vermengd. Hierdoor werd de permeabiliteit veel kleiner: de omvorming van pyriet naar sulfaat-zouten (zie verder) werd hierdoor sterk verminderd en de hoeveelheden doorsijpelend water werden beduidend kleiner. Aan het oppervlak van de terril springt mijnsteen door fysieke verwerking stuk totdat er een dun verweringslaagje ontstaat dat vooral uit kleimineralen bestaat. Dit laagje werkt als een dun beschermlaagje waardoor het oppervlaktewater niet meer zo gemakkelijk in de terril indringt. Op die manier wordt het risico op grondwatervervuiling met sulfaat-zouten veel kleiner (remming van de pyrietoxidatie) en neemt de kans op zelfontbranding sterk af (zie verder). Het regenwater dat over de terril afstroomt geeft echter ook risico op geulvorming (zie fig.5). Bij de heraanleg werden daarom afwateringsgeulen aangelegd, verstevigd met steenkorven, die al het afstromende water verzamelen en naar bufferbekkens afvoeren. Vanuit deze bufferbekkens wordt dit water op gecontroleerde wijze verder naar oppervlaktewaters in de buurt afgeleid. Ten slotte werden de terrils omwille van stabiliteitsredenen (reductie van erosie) en milieuredenen (verhoogde evapotranspiratie¹ van regenwater) kunstmatig beplant. Om de vers heraangelegde terril optimaal tegen erosie te beschermen en om de omgeving zo weinig mogelijk stofhinder te laten ondervinden werd “hydroseeding”

¹ Evapotranspiratie: de totale som van evaporatie, het verdampen van water op het oppervlak en uit de bodem, en transpiratie, de verdamping van water uit de vegetatie

toegepast: dit is het spuiten van een kleverige gel met gras- en kruidenzaden over de terril. Deze gel houdt kleine bodemdeeltjes op zijn plaats en geeft de zaden voldoende vocht om snel te kiemen. Zo kon er zich op de terrils een unieke bodemvegetatie ontwikkelen.



Fig.5. Geulvorming en natuurlijke begroeiing op één van de mijnterrils van Beringen. © R.Dreesen

Mijnverzakkingen

De terrils haalden aanvankelijk hoogten tussen 70 m en 110 m. De meeste hiervan zijn nu echter na de hermodelleringen op een lager niveau afgevlakt (zie tabel 1). De jarenlange steenkoolontginning veroorzaakte tevens belangrijke en vrij uitgebreide verzakkingen van de bodem, vooral pal onder de mijnzetels. Kaarten met iso-verzakkinglijnen (voor de periode 1981-1985) werden door Vansteelandt (1996) berekend in samenwerking met de Kempense Steenkoolmijnen (KS): hieruit bleken maximale verzakkingzones van meer dan 6-8 m voor te komen, bijvoorbeeld in het centrum van de concessies van Zwartberg en Waterschei (zie fig.6). Onder de terrils zelf was geen steenkoolontginning meer mogelijk omwille van de extra compactie van de bovenliggende massa's.

Deze verzakkingen houden direct verband met de ondergrondse ontginning van steenkool in combinatie met het afpompen van mijnwater (bemaling). Bovendien werden op basis van satellietgegevens, door middel van

radarinterferometrie (inSAR) sinds de sluiting van de mijnen sterk contrasterende bodembewegingen gemeten boven de voormalige steenkoolmijnen. De oostelijke mijnzetels sloten eerder (1966-1987) dan de westelijke (1992): hierdoor en in tegenstelling tot de residuele subsidentie (verzakking) van het westelijk gedeelte (-4 tot -14 mm per jaar) werd er in het oostelijk gedeelte een stijging van de bodem gemeten (+3 tot 23 mm per jaar). Nadien is er overal opheffing waargenomen, in het westen met vertraging t.o.v. het oosten. Deze stijging is waarschijnlijk het resultaat van de zgn. "elastische veerkracht" (elastische veerkracht) van deze zone door opstijgend mijnwater (na stopzetting van de bemaling) (Declercq et al, 2023).

Eisden Dorp kenmerkt zich vandaag als een "verzakt" dorp als gevolg van de mijnuitbating in het verleden. Hierdoor kwam Eisden Dorp lager te liggen dan het waterpeil van het kanaal. Naarmate Eisden Dorp verder wegzakte, werden de dijken van het kanaal steeds opnieuw verhoogd. Naast de ophoging van het kanaal wordt ook continu water weggepompt, zodat Eisden Dorp niet onder water komt te staan. Nergens anders is het effect van de mijnverzakkingen zo goed merkbaar als tijdens een tocht over het kruinenpad, een unieke wandelroute gelegen op 11 m hoogte boven het natuurgebied het Greven (Eisden). De mijnverzakkingen verstoorden ook de complete waterhuishouding in de buurt. Zo loopt de Vrietselbeek niet langer naar de Maas maar terug naar de bron. Dat water moet dus weggepompt worden en van die nood werd in de loop der jaren een deugd gemaakt. De Watergroep gebruikt het weggepompte water voor de productie van drinkwater.

Lithologische samenstelling van de terrils

Een gedetailleerd overzicht van de gemiddelde lithologische samenstelling van een terril in Limburg wordt in tabel 2 weergegeven, een overzicht van zijn mineralogische samenstelling in tabel 3 en een overzicht van zijn voornaamste chemische parameters in tabel 4 (Dreesen, Nielsen & Laenen, 2005). Verschillende minerale fasen kan je macroscopisch en mineralogisch herkennen: pyriet, gips, melanteriet, dickiet, nacriet, goethiet, sideriet.

	Oppervlakte	Terrilhoogte	Top tov zeeniveau	Bestemming
Beringen	105 ha	95 m	135 m	Natuur
Heusden-Zolder	205	93	153	Natuur
Houthalen	228			Industrie
Winterslag	165	78	163	Industrie Natuur
Zwartberg	165	70	155	Privaat
Klaverberg	220	75	165	Park
Eisden	208	60	105	Natuur

Tabel 1. Huidige status en dimensies van de mijnterrils in Limburg (B. Beerten, 2022)

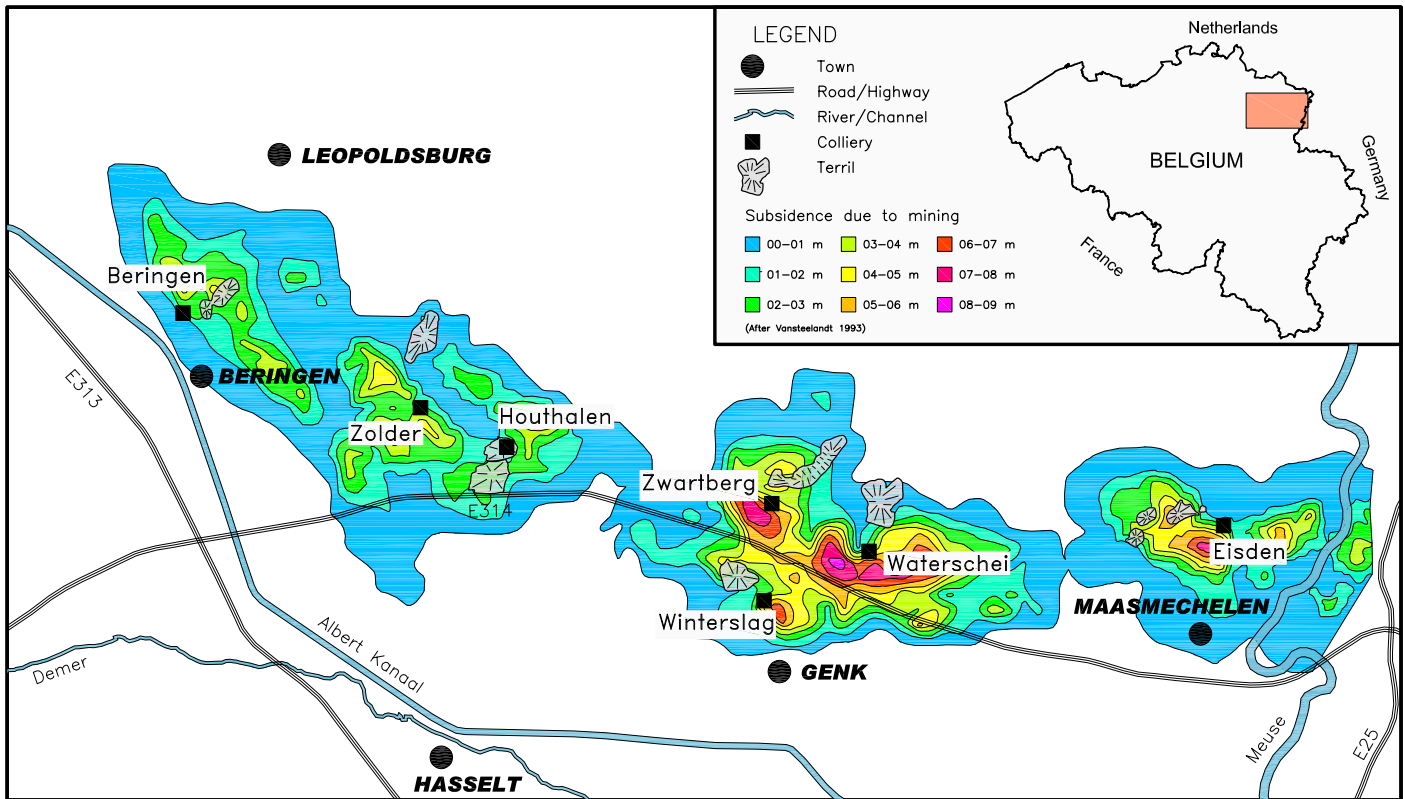


Fig.6. Verzakingskaart van het Limburgse mijngebied, met ligging van de respectievelijke mijnterrils. Let op de maxima in het centrale gedeelte (ten N van Genk) © J.Matthijs, VITO

Bestanddelen	Procent %
Schalie (sliksteen)	Ca.70
Kolige schalie ("carbshale")	5-10
Steenkool	3-10
Siltsteen	5-10
Zandsteen & conglomeraat	5-10
Sideriet	<5
Sulfiden (pyriet)	<1

Tabel 2. Gemiddelde samenstelling van de steenfractie (mijnsteen) in een terril.

Chemische parameters	
pH	8 - 8,5 (top of jongste delen) tot 5,2 - 5,5 (kern of oudste delen)
EC (elektrische geleidbaarheid)	15.000 μ S/cm
S (zwavel)gehalte - vooral in pyriet	0,47% (in diverse sulfiden)
C (koolstofgehalte)	14,8% (in steenkool en zwarte schalie)

Tabel 4. Chemische parameters van een terril

Mineralen	Gewichtsprocent %
Kwarts	23
Illiet	29
Kaolinet	35
Sideriet	6
Albiet	3
Dolomiet	2,5
Calciet	1
Pyriet	0,5
Rutiel	0,5
Apatiet	<0,1
NaCl (haliet)	<0,1
CaSO4 (gips)	0,1

Tabel 3. Gemiddelde samenstelling van 55 stalen afkomstig van boorkernen uit boringen uitgevoerd in de terril van Winterslag (staalname door ISSeP in 1996)

Pyriet (FeS_2) is steeds of meestal geassocieerd met steenkool en zwarte schalie. Melanteriet ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) wordt occasioneel aangetroffen rond pyrietkorrels (witte uitbloeiingen). Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) is aanwezig als witte vlekken op de buitenkant van stenen. Sideriet (FeCO_3) komt voor als klompjes en knollen of als banden of slieren in siltsteen, zandsteen en schalie, uitzonderlijk ook in de vorm van septaria. Dickiet en nacriet (polymorfen² van het kleimineraal kaoliniet) komen respectievelijk voor als wit poeder in barsten van zandsteen en siltsteen of als blinkende witte laagjes op verschuivingsvlakken (breukzones) in schalie en siltsteen.

Uitzonderlijke biotoop

Door hun specifieke lithologische samenstelling en morfologie vormen mijnterrils uitzonderlijke biotopen: het zijn droge, kalkrijke, zoutrijke en warme substraten. Deze mijnsteenhoppen kunnen lang geabsorbeerde warmte van de zon vasthouden door hun donkere tint (zwart-donkergrijs). De relatief hoge pH in de bovenste lagen (lokaal 8 tot 8,5) is het gevolg van de aanwezigheid van carbonaten, hoofdzakelijk in de vorm van sideriet (ijzercarbonaat) maar ook als calcietader-tjes in gesteenten zoals zandsteen. In de oudste gedeelten van de terrils worden echter relatief zuurdere pH's gemeten (5,2 - 5,5). De zuurtegraad in de verweringszone van de terril weerspiegelt in feite de oxidatie van pyriet en de "ouderdom" van de verwerking. De pH daalt echter ook met de tijd en het buffersysteem verschuift. Het hoge zoutgehalte is te wijten aan sulfaten (sulfaat-zouten) en chloriden (waaronder NaCl). De in mijnsteen aanwezige uitloegbare sulfaten worden geschat op 2000 mg/kg, de chloriden zijn afkomstig van het zeer zoute formatiewater dat in de gesteenten (zoals zandsteen) op deze grote diepten aanwezig is. Het hoge zoutgehalte in de terrilbodems is deels te wijten aan de eigenschappen van het uitgangsmateriaal (zout poriënwater) en kan deels teruggevoerd worden tot de hoge pyrietgehalten in het uitgangsmateriaal. Immers, pyriet vormt na oxidatie zwavelzuur dat met de in de bodem aanwezige basen reageert om sulfaat-zouten te vormen: deze bestaan hoofdzakelijk uit CaSO_4 en MgSO_4 . Daarom vind je frequent warmte- en zoutminnende organismen terug op de terrils, waaronder diverse planten, vlinders, bijen, kevers, mieren, spinnen,... Over deze specifieke flora werd in een vorig jaarboek reeds uitvoerig gerapporteerd (Berten, 2022). Op deze kalk- en mineraalrijke bodem en in het soms extreme microklimaat komen er voor

Limburg uitzonderlijke planten voor (Gora, 2002) zoals de bosaardbei, trosvlinder, donderkruid, kleine pim-pernel en enkele typische zoutminnende planten zoals stompkweldergras en lamsoor. Opvallend zijn ook de concentraties van koninginnenpages ("hilltopping")³, de aanwezigheid van de nachtzwaluw, boomleeuwrik en boompieper. Niet zelden kun je er vroeg in de ochtend zelfs reeën, vossen en hazen aantreffen. De terrils hebben zich zo ontwikkeld tot een "industrienatuur" die door plantkundigen als een levend laboratorium worden beschouwd. Gezien hun ligging en hoogte vormen deze heuvels inderdaad een uniek biotoop in Midden-Limburg en bij uitbreiding voor gans Vlaanderen. Planten en dieren uit het zuiden vinden hier ideale omstandigheden om zich te vestigen en er blijvend een onderkomen te vinden. Komt daarbij ook de ongewone samenstelling van de bodem in combinatie met de verzilting van het water en het hoeft geen betoog dat hier insecten en spinnen voorkomen die elders in Limburg niet aangetroffen worden. Door de klimaat-opwarming kunnen warmte-minnende soorten zich vanaf deze terrils bovendien verder verspreiden: in die zin kunnen we terrils omschrijven als echte "stepping stones". Via de Maasvallei migreren zuidelijke soorten naar het noorden waar ze de warmste plekken kunnen koloniseren, wachtend op gunstige omstandigheden om zich verder naar het noorden te verspreiden. Een typisch voorbeeld is de grasboktor *Calamobius filum*: je vindt deze soort voorlopig alleen op de terrils en op de zongerichte flanken van de Maasvallei. De loopkever *Polistichus connexus* werd voor het eerst begin jaren 2000 aangetroffen op de terril van Heusden-Zolder om zo'n twintig jaar later na de twee warme jaren 2019 en 2020, plots massaal in Limburg op te duiken. In totaal werden er 420 soorten kevers (waarvan 126 soorten loopkevers) gevangen op de mijnterrils: hiervan staan er 49 op de Vlaamse Rode Lijst, wat een bijzonder hoog aantal is. Een aantal soorten werd hier zelfs als nieuw voor België genoteerd zoals *Polystichus connexus* in Zolder (2003). De aanwezigheid van de kniptor *Zoroachros meridionalis*, van de snuitkevers *Cleonis piger* en *Orthochaetes setiger* en van 30 soorten lieveheersbeestjes is opmerkelijk en bewijst de warmtelievende bijzondere fauna. Bovendien werden er 26 soorten mieren geregistreerd en 287 soorten spinnen. Mieren houden van warme, droge terreinen en toch werden er op de mijnterrils relatief weinig soorten aangetroffen, allicht omdat er nog onvoldoende biomassa in de terrilbodem aanwezig is⁴.

² Polymorf: mineraal met dezelfde chemische samenstelling maar met een verschillend kristalstelsel

³ Hilltopping: de mannetjes scholen samen nabij een opvallend landschapspunt (heuveltop, toren ...); hierdoor lokken ze vrouwtjes naar deze plaatsen om te paren.

⁴ Met dank aan Luc Crevecoeur voor de extra informatie over uitzonderlijke fauna-elementen op de terrils

Afzettingsmilieus in het Laat-Carboon

Het algemene paleogeografische beeld tijdens het Westfaliaan A en B (ca. 310 miljoen jaar geleden) - de geologische periode waarin de meeste steenkollagen in Limburg werden gevormd - is dat van een deltavlakte gedomineerd door meanderende rivieren, uitgestrekte moerassen met weelderige plantengroei en tussenliggende meertjes, het geheel niet ver afgelegen van de zee (zie fig.7). Onder invloed van zeespiegelstijgingen komen er dunne mariene of brakwater-horizonten voor in een overigens zoetwatermoerasomgeving. Recente analogen hiervan (met uitsluiting van de plantensoorten) vinden we bijvoorbeeld terug in de delta van de Mississippi of in de stroomafwaartse delen van de Atchafalaya rivier in Louisiana, VSA (fig.8). Op basis van gedetailleerd onderzoek en de interpretatie van boorkernen van alle diepe steenkoolboringen die ooit zijn uitgevoerd in het Kempisch Bekken, zien we in de geologische tijd belangrijke paleogeografische veranderingen optreden (zie fig.9; Dreesen et al, 1995). Inderdaad, van het Laat-Namuriaan tot het Westfaliaan D - dus van oud naar jong - zien

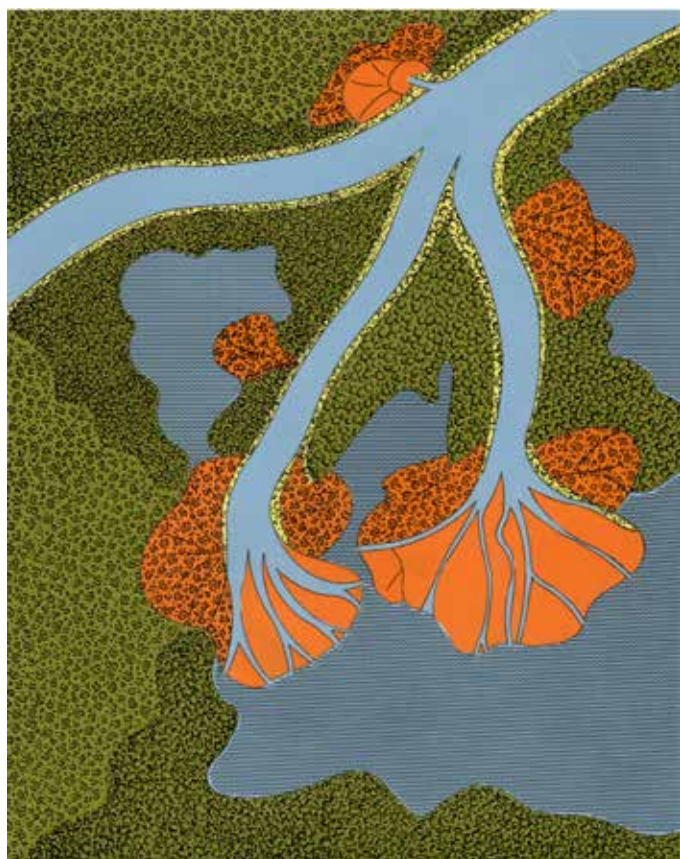


Fig.7. Geïdealiseerde voorstelling van de verschillende afzettingsmilieus tijdens het Westfaliaan A en B in het westelijk gedeelte van het Kempens steenkolenbekken. © R. Dreesen et al, 1991). Legende: lichtblauw: rivierlopen; gegolfd lichtblauw: meren en baaien; oranje: lacustriene⁵ delta's en doorbraakafzettingen (dijkbreuken of "crevasse splays"); geel: oeverwallen; groen: kolenvoed. In de oranje en gele zones verwachten we silt- en zandrijke, soms grindrijke afzettingen, in de groene zones domineert veen en in de blauwe zones slijk (modder) - zie verder ook Tabel 5.

we een geleidelijke overgang van meer marien beïnvloede milieus (ondiep mariene afzettingen met zandbanken aan de monding van rivieren) naar meer continentale milieus (deltavlakte en alluviale vlakte).

Dit wordt o.a. weerspiegeld door de afname van mariene of brakwaterinvasies van de moerassen en door specifieke sedimentologische kenmerken, zoals de aanwezigheid van conglomeratachtige zandstenen in het Westfaliaan D. Tijdens diezelfde periode zou het voorkomen van rode zandstenen ook wijzen op meer aride (droge) klimaatcondities. Tijdens het Westfaliaan A en B zijn de moerassige



Fig.8. De Atchafalaya wetlands in Louisiana, USA (<https://andy-crawford.photography/louisiana-photography/atchafalaya-basin-sunrise/>)

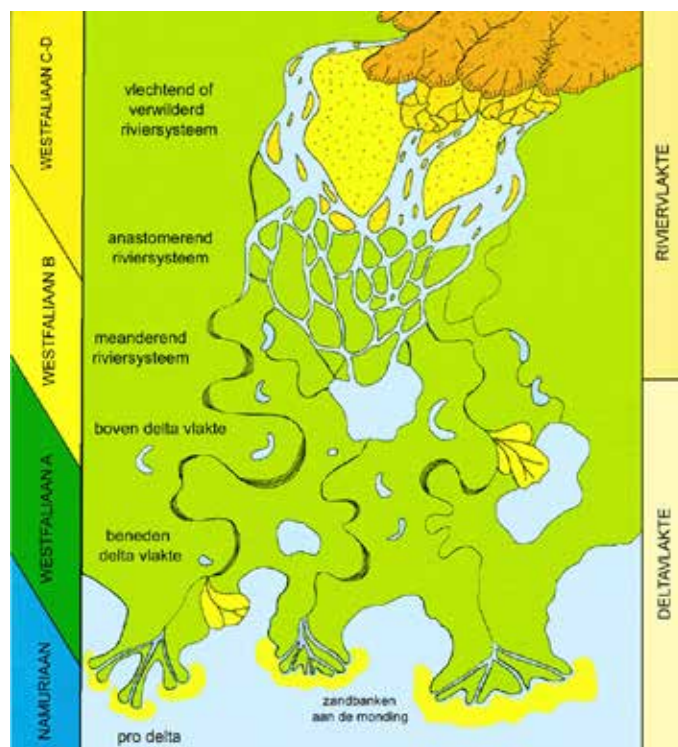


Fig.9. Hypothetische schets van de paleogeografische evolutie van het Kempisch Bekken en de riviersystemen tijdens het Laat-Carboon (van Namuriaan tot Westfaliaan C-D). Niet op schaal. © R.Dreesen et al, 1995; zie ook Van Uytven & Dreesen, 2014)

⁵ Lacustrien: verband houdend met een meer

deltavlakten dominant met grote tussenliggende gebieden waarin open water (baaien en meertjes) voorkomen. Traag meanderende riviergeulen (met zand), verlaten meanders en kleine meertjes onderbreken regelmatig de uitgebreide moeraslanden waarin zich rustig, metershoge veenafzettingen ophopen, gelijke tred houdend met de geleidelijke daling van de bodem onder invloed van de compactie van het veen. Bij hoge waterstand in de riviergeulen leidden doorbraken van oeverwallen tot tijdelijke silt- en zandafzettingen (mini-delta's) in de moerassen en meertjes, waar anders veen en modder (slik) werd afgezet. De karakteristieke facies en gesteentetypes van deze afzettingen worden weergegeven in tabel 5. Later (tijdens het Westfaliaan C) evolueerde dit landschap naar een alluviale vlakte waarbij we een groter aandeel van silt en zand gaan aantreffen, dat we kunnen linken aan het bestaan van een zgn. anastomiserend riviersysteem (brede begroeide zones van onderling verbonden rivieren resulterend in dikke opeenstapelingen van zandlichamen). Tijdens het hierop volgende Westfaliaan D ten slotte, belanden we in een vlechtend riviersys-

teem met grovere zand- en grindafzettingen ten gevolge van de afbraak van een oprijzend Hercynisch gebergtefront. Ook zijn er aanwijzingen dat tijdens de overgang van het Westfaliaan A naar het Westfaliaan B, laagveen evolueerde naar hoogveen, met het ontstaan van dikke en zuivere (asarme) steenkoollagen. Al deze veranderingen in het fluviatiele systeem hebben een grote impact op het volume (kwantiteit) en de zuiverheid (kwaliteit, zoals het asgehalte) van de hiermee geassocieerde veenafzettingen (steenkool) in de tussenliggende moerassige gebieden. Deze paleogeografische evolutie heeft allicht te maken met opschuivingen van het continent naar een meer noordelijke ligging (als gevolg van platentektoniek) doorheen verschillende klimaatgordels, waarbij we van een vochtig tropische zone (de toenmalige evenaarzone) geleidelijk in een meer aride (droge) zone belanden. Een andere, even plausibele verklaring voor deze verdroging is het effect van de oprijzende gebergten die de regenwolken tegenhielden en waarbij de afbraakproducten van het oprijzende gebergte, de moerassen opvulden en het gebied isoleerden van de zee (Bless et al, 1984).

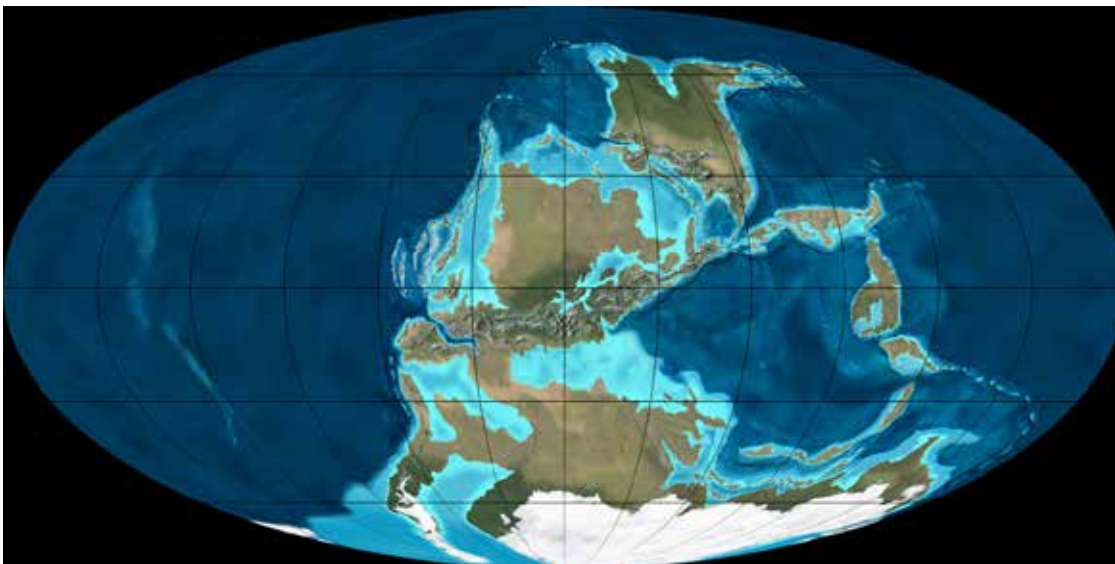


Fig.10. Reconstructie van de wereldkaart tijdens het Laat-Carboon (Westfaliaan). <https://fossil.fandom.com/wiki/Carboniferous>

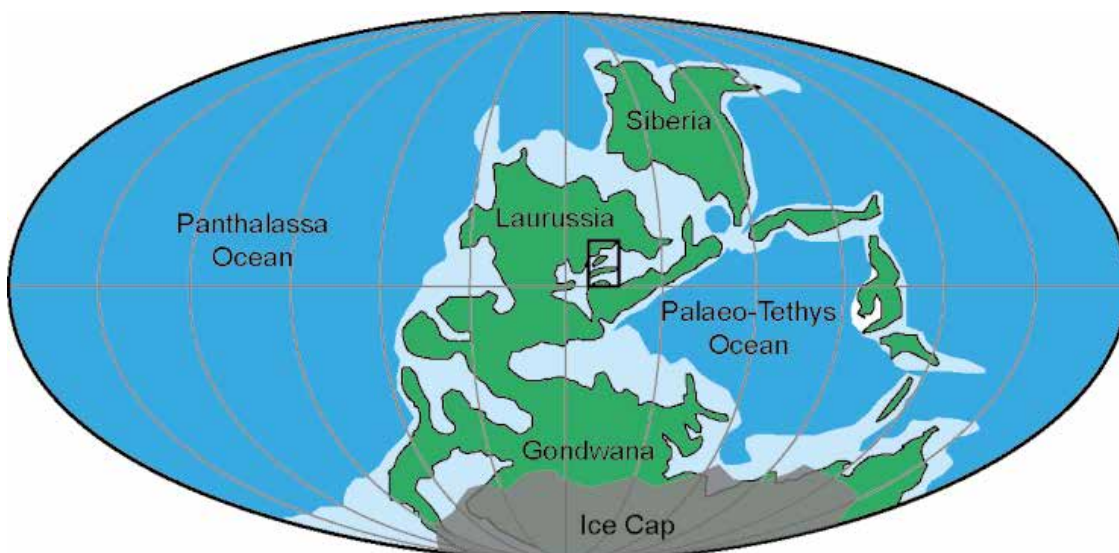


Fig.11. Vereenvoudigde paleogeografische wereldkaart tijdens het Laat-Carboon, met ligging van NW-Europa (kleine rechthoek). <https://fossilgroveglasgow.org/Carboniferous-geography/>

FACIES	LITHOLOGIE	STRUCTUREN	GEOMETRIE	FOSSIELEN
Moeras	Steenkool, onzuivere kool	Laminaties, banding	Uitgebreide banken >10cm, opsplitsingen of uitwiggen mogelijk	Plantenresten
Paleosol	Bleke, beige, bruine tot roodbruine schalie, siltsteen of zandsteen	Onregelmatige laminaties, verstoord door wortels, siderietknollen	Uitgestrekt	<i>In situ</i> wortels, <i>Stigmaria</i> frequent
Mariene of brakwater horizont	Donkergrijze tot zwarte goed splijtende koolhoudende schalie (carbshalie)	Goed ontwikkelde laminaties	Uitgestrekt	Goniatieten, mariene bivalven, brachiopoden gastropoden, <i>Lingula</i> , ichnofossielen, plantenresten
Lacustrien (meer)	Medium-grijs tot zwarte schalie of siltsteen, koolhoudende schalie, cannelcoal	Vlakke laminaties, zeldzame zandige laminae	Dunne platen	Zoetwater bivalven, vischubben, plantenresten, ichnofossielen
Lacustriene delta	Siltsteen, afwisselend siltsteen/zandsteen	Stroomribbel-gelaagdheid, gekruiste gelaagdheid	Plaat- of lobvormige afzettingen	Ichnofossielen, plantenresten,
Riviergeul	Dikke zandsteen-lichamen met erosieve basis, vaak met breccie- of conglomeraat-niveaus	Erosieve contacten, trogvormige en gekruiste gelaagdheid, stroomribbel-gelaagdheid	Uitgerokken zones, verschillende honderden m tot enkel km breed, verschillende km lang, verschillende m dik	Vaak plantenresten, boomstronken georiënteerd volgens de stromingsrichting
Oeverwal	Afwisselingen van siltsteen en schalie	Laminaties	Langwerpige zones vlak naast riviergeulen	Talrijke plant-resten en boom-stronken <i>in situ</i>
Doorbraak-afzettingen	Zandstenen met scherpe basis, afgewisseld met siltsteen en schalie	Stroomribbel-gelaagdheid, gekruiste gelaagdheid	Gelobde afzettingen vlak naast riviergeulen, <1m dik, verticale opeenstapelingen	Plantenfossielen

Tabel 5. Overzicht van de karakteristieke afzettingsmilieus in het steenkoolhoudende Westfaliaan A-B van West-Europa en hun voornaamste lithologische, sedimentologische en paleontologische kenmerken (gebaseerd op Guion, P.D. et al, 1995) - Zie ook fig.7.



Fig.12. Reconstructie van het begroeide moeraslandschap tijdens het Boven-Carboon met reuzenbomen van *Lepidodendron* (links), *Sigillaria* (midden) en *Cordaites* (rechts) en boomvarens. Overgenomen uit P. Kukuk, 1938.

Het Laat-Westfaliaan was een periode van actieve bergvorming waarbij het zuidelijke Gondwana tegen het noordelijke Laurussia botste en zo de Hercynische bergvorming veroorzaakte, om geleidelijk aan het supercontinent Pangaea te gaan vormen (fig.10-11). De dikke steenkoolafzettingen die zich tijdens deze periode vormden zijn het gevolg van verschillende factoren. Een eerste factor is het verschijnen van bastdragende bomen (en vooral dat van lignine dat niet gemakkelijk wordt afgebroken en leidt tot dikke veenlagen). Een tweede factor is de zeer lage zeespiegelstand wereldwijd (vergeleken met de voorgaande Devoon-periode) waardoor zich zeer uitgestrekte wetlands en bossen (“kolenwouden”) konden ontwikkelen in Europa en in Noord-Amerika. Bovendien leidde de massale opslag van CO₂ in de vorm van veen (biologisch geproduceerde koolstof) enerzijds tot een verhoogd zuurstofgehalte in de atmosfeer en de hieruitvolgende reuzengroei (gigantisme) van zowel planten (o.a. reuzenpaardenstaarten, reuzenwolfsklauwachtigen, zie fig.12-13) als dieren (o.a. reuzenlibellen, reuzenduizendpoten)⁶, anderzijds tot een geleidelijke afkoeling van het klimaat met vorming van een ijskap in het zuiden (glaciatie in Gondwana).

Stratigrafie

De steenkoolafzettingen uit de Kempen maken deel uit van de Belgische Steenkoolgroep (of Steenkoolterrein) ontstaan in een typisch voorlandbekken, gekenmerkt door een sterke subsidentie⁷ en vanuit het Hercynische opheffings- of gebergtefront opgevuld door sedimentaanvoer vanuit het zuiden naar het noorden. De naderende gebergtevorming schiep een zeer dynamische omgeving: de sterke subsidentie in het voorland creëerde ruimte die met een nooit gezien afzettingsregime (snelheid en volume) opgevuld werd. Tijdens de 10 miljoen jaar dat het Westfaliaan in beslag nam, werd per miljoen jaar zo'n 300 m gecompacteerd sediment afgezet. Erosie van het oprijzende gebergte in het zuiden, leverde voldoende sediment om de inzakking van de aardkorst te compenseren en aan de oppervlakte eenzelfde landschap te handhaven, nu bekend als het Noordwest-Europees steenkoolbekken (Dusar et al, 2015).

Het steenkoolhoudende Boven-Carboon of de Europese etage van het Westfaliaan (316,5 tot 306 miljoen jaar geleden) wordt gelijkmatig onderverdeeld in 4 eenheden



Fig.13. Reconstructie van een rivieroever met reuzenpaardenstaarten, reuzenwolfsklauwachtigen en reuzeninsecten (o.a. libellen). © Walter Meyers (<http://www.arcadiastreet.com>)

⁶ Zie ook: <https://natuurwijzer.naturalis.nl/leerobjecten/grote-griezels-van-het-tijdperk-carboon>

⁷ Subsidentie: inzakking van de bodem, neerwaartse beweging van de aardkorst

(de subetages Westfaliaan A, B, C en D) en nog verder in zgn. steenkoolbundels, meestal gescheiden door mariene horizonten (overeenkomend met zeespiegel-stijgingen, zie tabel 6). In Limburg werden hoofdzakelijk steenkoollagen uit het Westfaliaan A en B ontgonnen. De afzettingen uit het Boven-Carboon worden gekenmerkt door een opvallende cycliciteit. Zo'n ideale cyclus bestaat uit de volgende eenvoudige sequentie of opeenvolging van sedimenten (van boven naar onder), die in principe gestuurd wordt door opvulling en verplaatsing van rivierbeddingen. Zo'n cyclus heeft een gemiddelde dikte van 10 m (Dusar et al, 2015) en is niet noodzakelijk telkens volledig ontwikkeld. De mariene niveaus in het Westfaliaan A en B van Limburg zijn niet sterk uitgesproken "mariene", maar vertonen eerder brakwater karakteristieken met als meest mariene indicator de aanwezigheid van kleine exemplaren van brachiopode *Lingula*. Deze organismen komen recent in ondiepe en laag-energetische kustnabije zones voor zoals wadden (Craig, 1952).

- Steenkool
- Wortelbodem in zoetwaterkleisteen of -schalie
- Zoetwaterkleisteen of -schalie
- Mariene horizont

Het geologisch substraat van de terrils

De terrils liggen op het Limburgs laagplateau - het Kempisch Plateau - met uitzondering van deze van Beringen, Houthalen en Eisden (zie fig.14). De twee eerste liggen op het pediment van Beringen-Diepenbeek, dat hoofdzakelijk is opgebouwd uit al dan niet herwerkte eolische zanden of dekzanden (zie fig.15). De terrils van Zwartberg, Winterslag en Waterschei liggen op het Kempisch Plateau dat 30 tot 50 m uitsteekt boven de omliggende landschappen: hun directe substraat bestaat uit fijne en grove rivierafzettingen van de oer-Maas: Pleistocene zanden en grinden (Grind van Zutendaal). De terrils van Eisden ten slotte, liggen op jongere terrassen van de Maas in de Maasvlakte ten oosten van de steilrand van het Kempisch Plateau (fig.16). Onder dit Quartair substraat (van enkele m dik) komen hoofdzakelijk Miocene zanden voor, respectievelijk behorend tot de Formaties

van Diest (glauconiethoudende zanden) en Bolderberg (gele en witte licht glimmerhoudende zanden). Fig.17 toont een historische foto van de wand van een zand-groeven (Zand van Genk, Formatie van Bolderberg) gelegen in de directe omgeving van Genk. De geologische kaart van de diepe ondergrond van de mijnstreek ten slotte (fig.18: afgedekte Paleozoïsche geologische kaart, met wegname van de zgn. dekterreinen die bestaan uit Cenozoïsche en Mesozoïsche formaties) toont het Bekken van de Kempen, met sterk door grote breuken verstoorte Paleozoïsche gesteente. Deze dateren van het Midden-Devoon, in het zuidwesten, tot het Westfaliaan D, in het noordoosten. De jongere gesteenten uit het Perm-Trias werden op deze kaart niet afgebeeld. De opmaak van deze kaart was mogelijk dankzij de interpretatie van vele gekerde diepboringen en gebruikname van de resultaten van seismisch onderzoek.

Gesteenten, mineralen en fossielen

Tussen het gesteentepuin op de terrils kan je behalve fragmenten van verschillende sedimentaire gesteenten zoals schalie, siltsteen, zandsteen (fig.21), conglomeraat, kleisideriet (fig.22) en brokjes steenkool (fig.23), ook zeldzame fossielen en mineralen terugvinden. Zo vind je, met wat geluk, fragmenten van versteende reuzenpaardenstaarten (*Calamites*, fig.24), fragmenten van wortels van wolfsklauwachtigen (*Stigmaria*, fig.25 en 26), afdrukken van fossiele zaadvarens (bijvoorbeeld *Mariopteris*, fig.27), fossiele zoetwaterschelpen (zoals *Carbonicola*, fig.28), brokjes blinkende pyriet (fig.29) of minuscule kristallen van kleurrijke mineralen (zie verder bij Driesen et al, 2000). Steenkool is het resultaat van inkoling of de thermische evolutie van organisch materiaal. Door toenemende druk en temperatuur (inkolingsgradiënt van 3°C per 100m diepte) tijdens periodes van bodemdaling (begraving) vooral dan op het einde van het Carboon, werden de aan de oppervlakte gevormde veenlagen, onder invloed van biologische processen, compactering, ontwatering en ontgassing, geleidelijk omgezet in bruinkool, later in steenkool. Een laag van 1 m steenkool is het resultaat van de compressie van zo'n 20 m veen. Hierbij nam de hoeveelheid vaste

ETAGE	SUBETAGE	KOOLBUNDEL	GRENSVLAK	DIKTE (m)
Westfaliaan	D	Neeroeteren	basis zandsteen	+ 500
	C	Neerglabbeek	Tonstein Nibelung	350 _ 550
		Meeuwen	Maurage = Aegir	225 _ 400
	B	Eikenberg	Eisden = Domina	250 _ 350
		As	Quaregnon = Katharina	250 _ 350
	A	Genk	Mons = Wasserfall	450 _ 850
		Beringen	Ransart = Sarnsbank	450 _ 500
Namuriaan	Yeadoniaan			

Tabel 6. Stratigrafisch schema van het Steenkoolterrein in het Kempens Bekken (Dusar, 1996). Op de terrils zullen nu vooral restanten van afzettingen uit de kolenbundels van Genk en As worden aangetroffen. De grensvlakken komen hoofdzakelijk overeen met mariene horizonten.

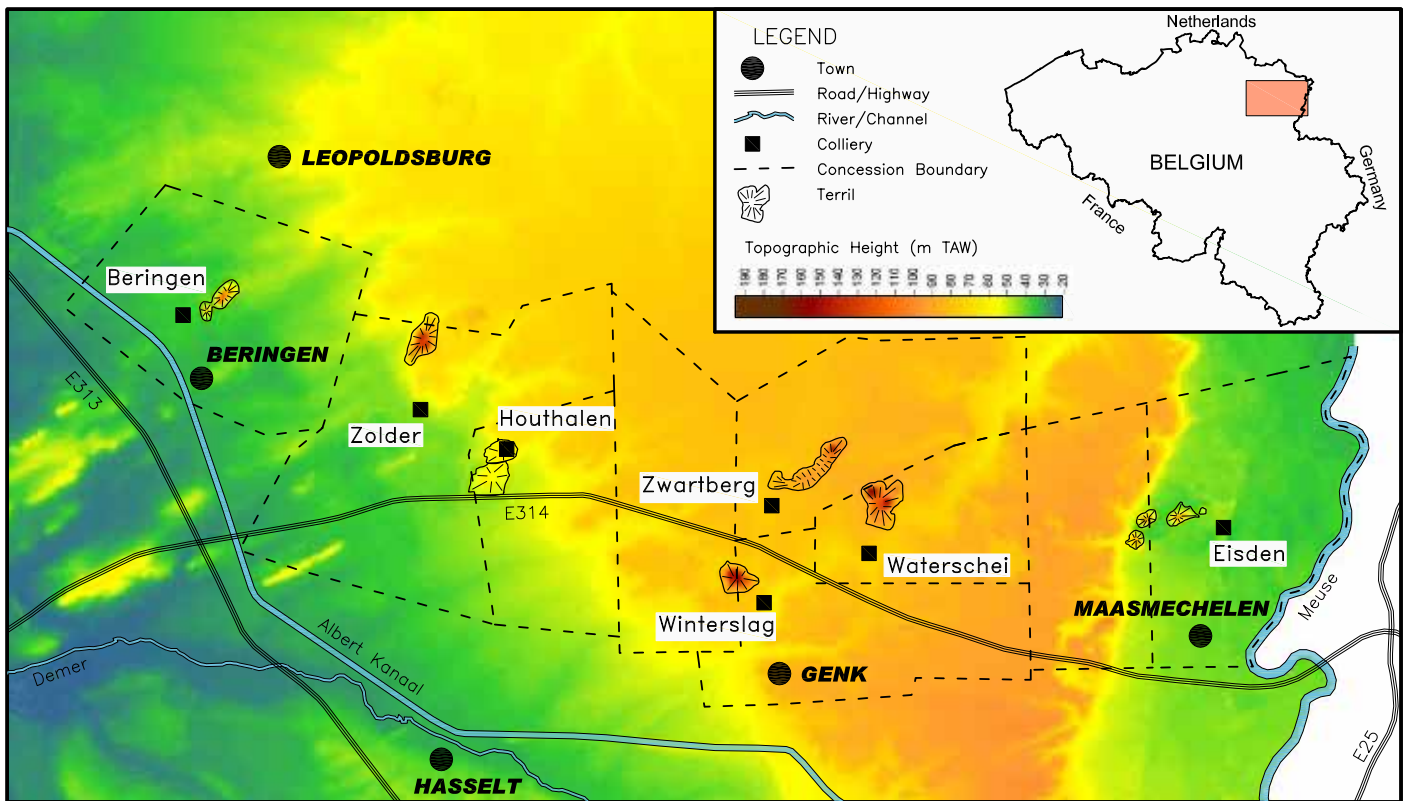


Fig.14. Digitaal hoogtemodel van de Limburgse mijnstreek met ligging van de terrils. De stippellijnen komen overeen met de concessiegrenzen. © J.Matthijs

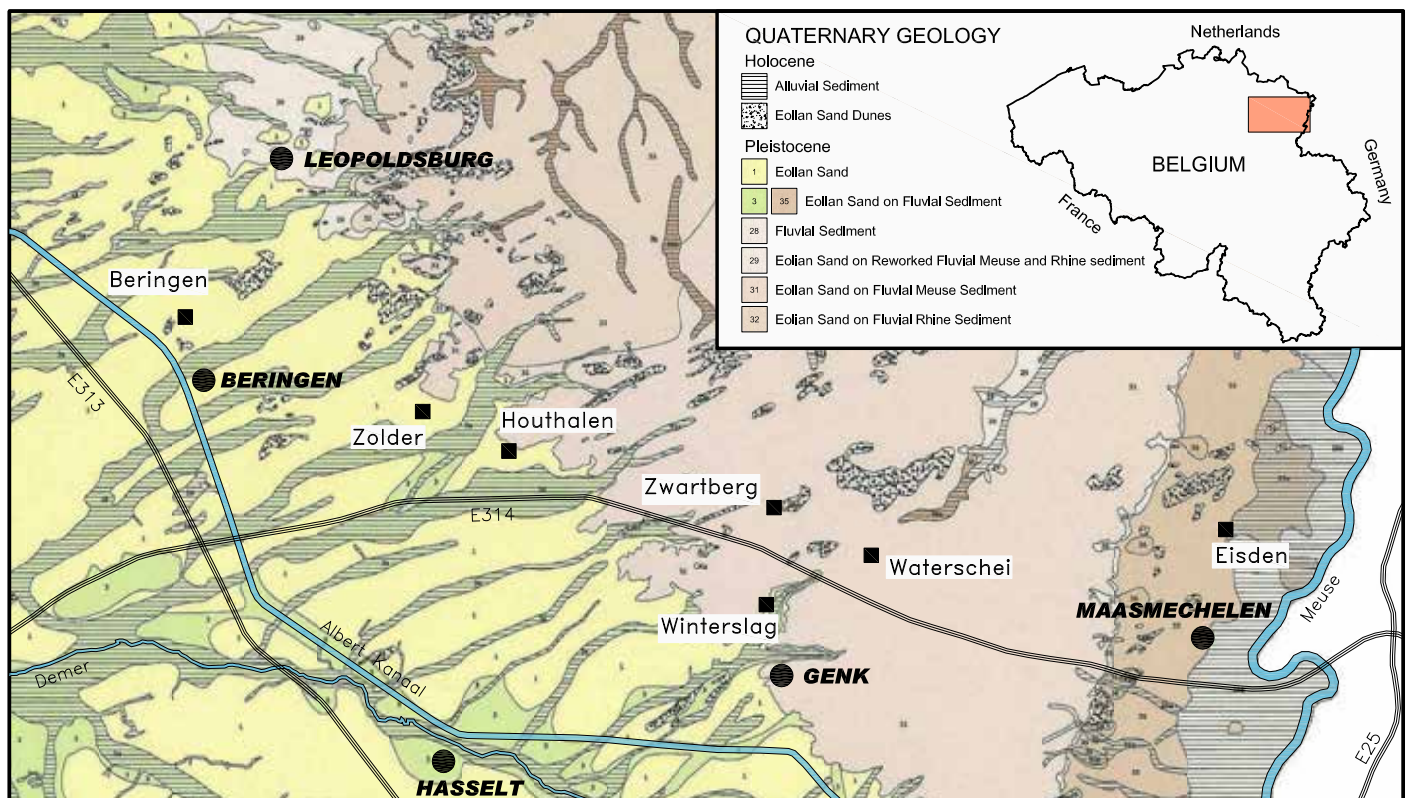


Fig.15. . Quartairgeologische kaart van de Limburgse mijnstreek, met ligging van de mijnzetels. © J.Matthijs

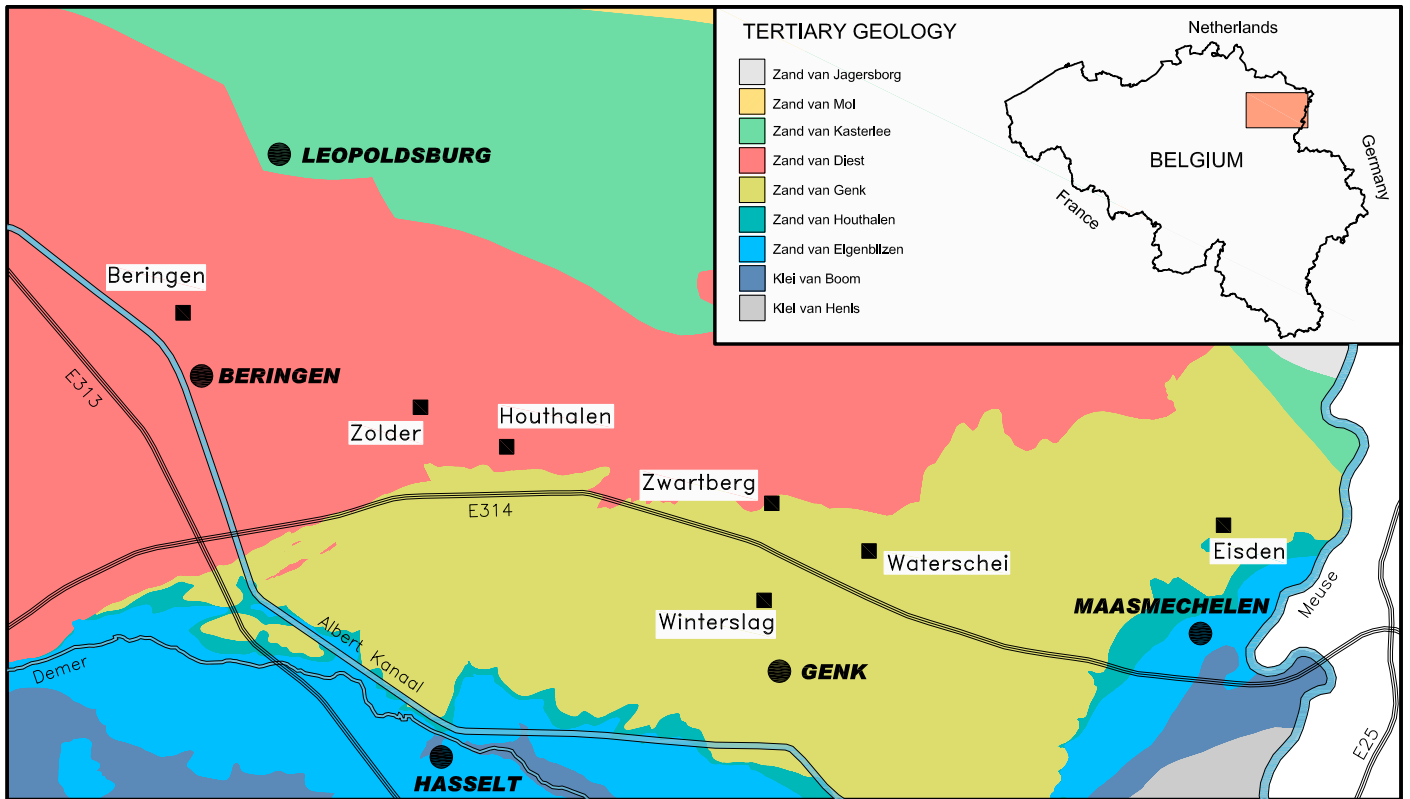


Fig.16. Tertiairgeologische kaart van de mijnstreek, met ligging van de mijnzetels. © J.Matthijs



Fig.17. Ontsluiting van zanden uit de Formatie van Bolderberg in de omgeving van Genk (1919): witte zanden met horizontale en schuine gelaagdheden, onder een pakket grind (boven). © Rijksarchief Hasselt (Segers et al, 2010)

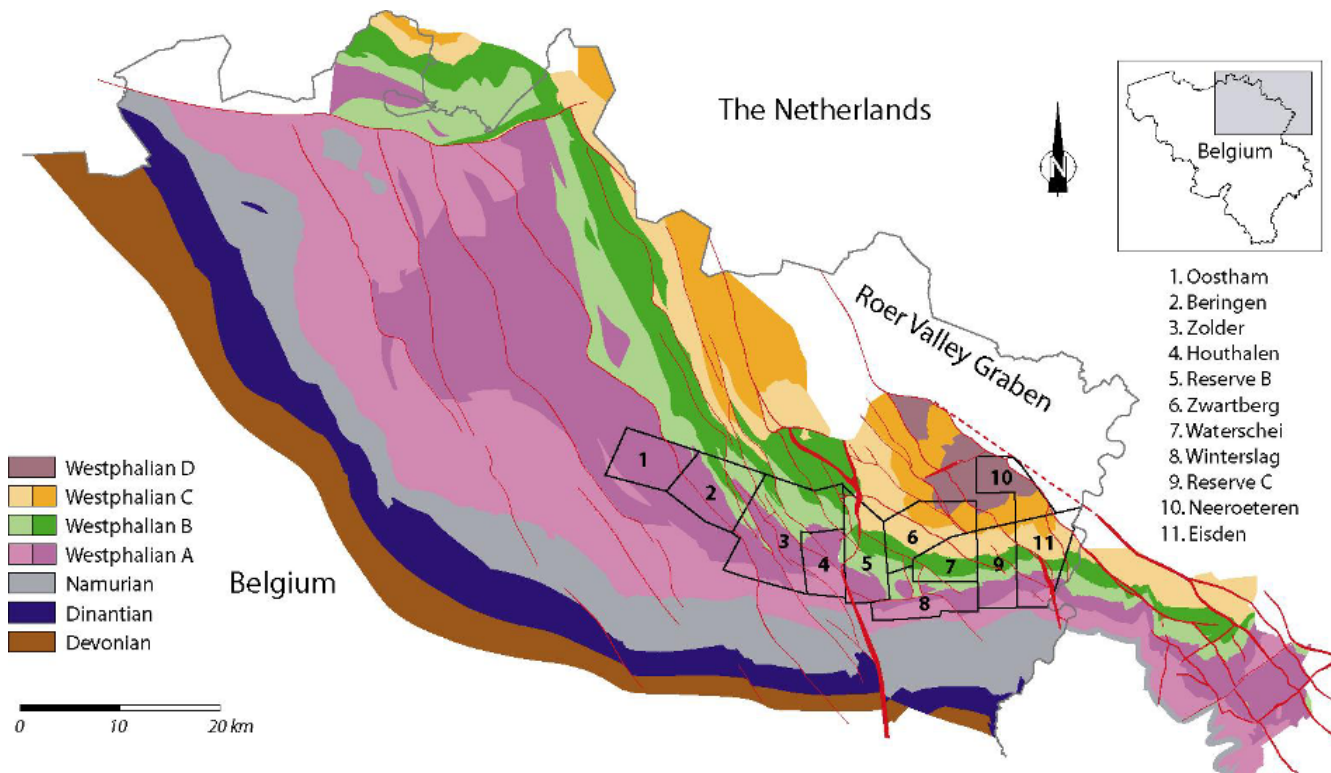


Fig.18. Afgedekte Paleozoïcumgeologische kaart: geologische kaart van de diepe ondergrond van het mijnbekken (gelegen onder de Cenozoïsche en Mesozoïsche dekterreinen) met ligging en afbakening van de verschillende mijnconcessies. De kolonbundsels (en steenkoollagen) van de verschillende subetages van het Westfaliaan (A tot D) hellen naar het NO en worden ook dikker in deze richting. De rode lijnen zijn belangrijke breuken (satellietbreuken van de Roerdalslenk) die de kolonbundsels verstoren. © K. Van Baelen, VITO, Mol (naar Langenaeker, 2000).

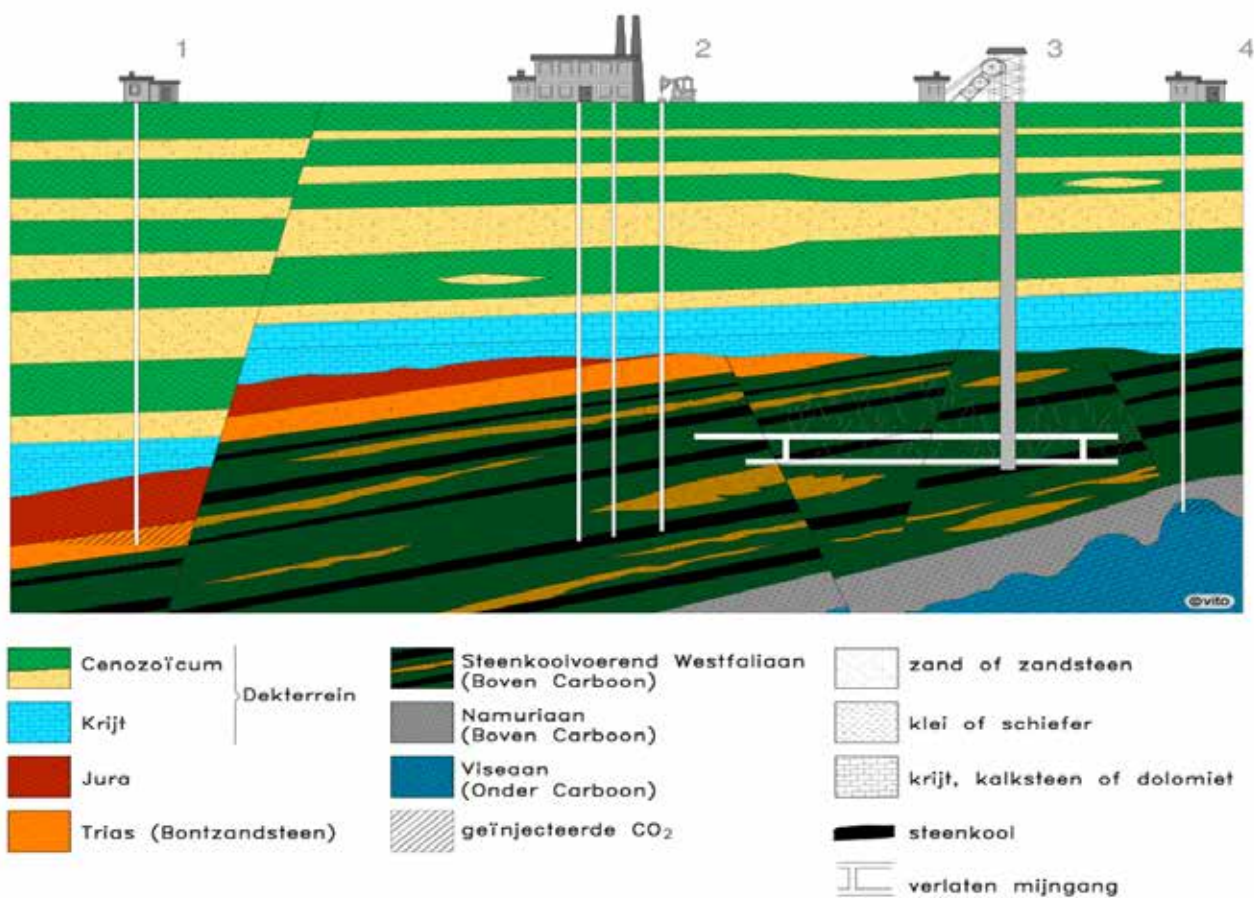


Fig.19. Schematische noordoost-zuidwest doorsnede van het voormalige mijngebied (niet op schaal) met aanduiding van de dekterreinen (Cenozoïcum & Krijt) en indicatie van de potentiële mogelijkheden van (her)gebruik van de diepe ondergrond, waaronder: 1. CO₂-injectie in zandsteenaquifers, 2. Koollaag methaangaswinning (ECBM), 3. Hergebruik van open ruimten ontstaan door steenkoolwinning (warm mijnwater in steengangen), 4. Ondergrondse opslag in kalksteen (gespleten aquifers). De Paleozoïsche formaties en de hierop liggende Mesozoïsche en Cenozoïsche afzettingen, hellen naar het noordoosten. © R. Dreesen, VITO, Mol.

Geological formation (from 3d model of Flanders)

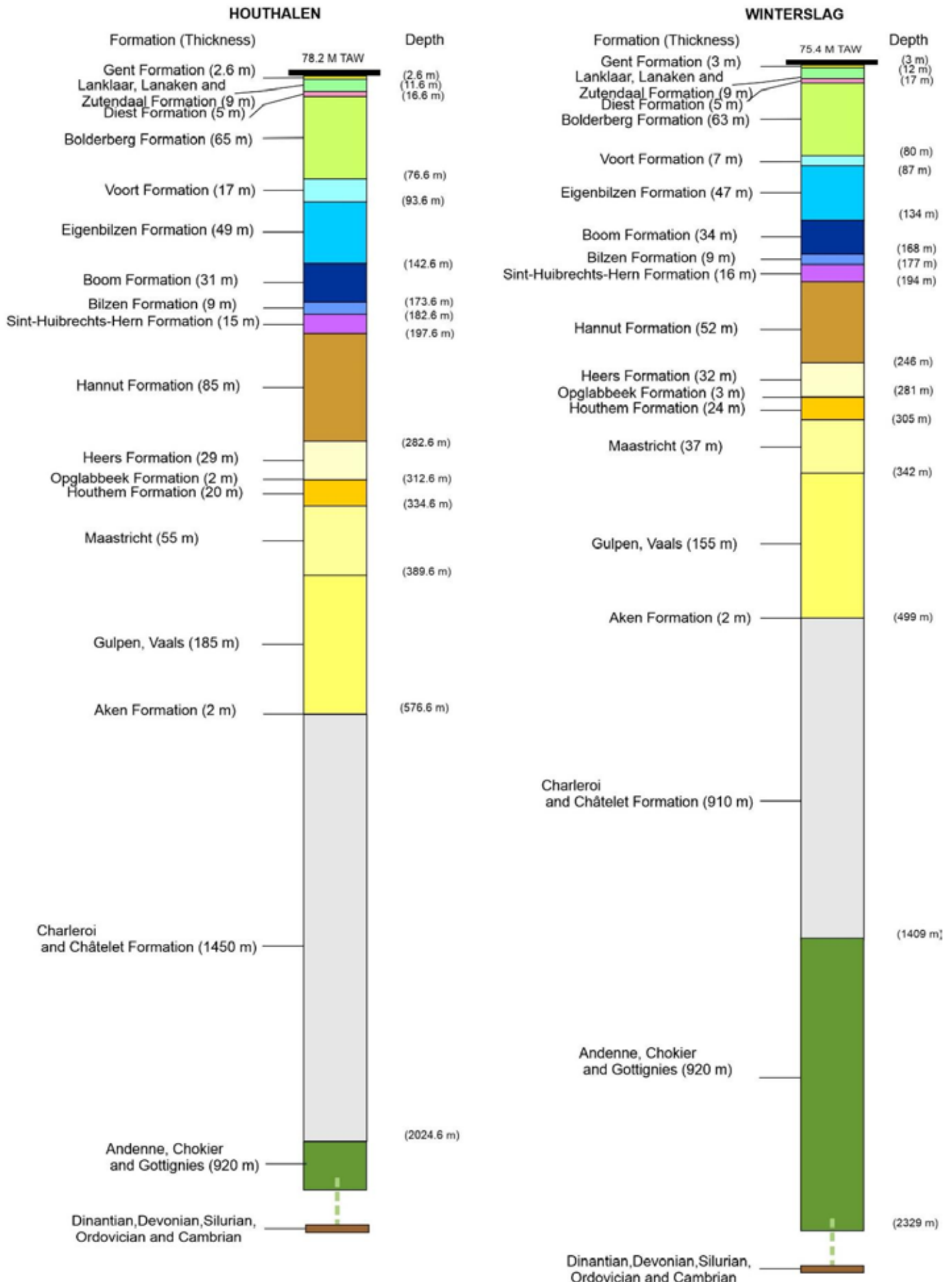


Fig.20 Virtuele boringen in het voormalige mijngebied (Houthalen en Winterslag) met details over de lithostratigrafische opbouw van het dekterrein en de respectievelijke diepte van het contact met het steenkoolvoerende Carboon (overgenomen uit P.-Y. Declercq et al, 2023)

koolstof voortdurend toe, nam het gehalte aan vluchtige bestanddelen (gassen) voortdurend af en steeg de calorische waarde hierdoor voortdurend (vlamkool, gaskool, vetkool, magerkool, antraciet). Steenkool zelf bestaat uit verschillende componenten (maceralen geheten) die hun oorsprong vinden in de verschillende plantaardige resten van het veen (zie tabel 7). Blinkende kool bestaat voornamelijk uit vitriniet (fig.23), matte kool uit inertiniet (vaak fossiel houtskool die de vingers zwart maakt), gestreepte kool is een afwisseling van vitriniet en inertiniet, "cannel coal" tenslotte bestaat hoofdzakelijk uit liptiniet,

MACERALEN	
Vitriniet	Houtachtige substanties (hout, bast, wortels, ...)
Inertiniet	Biochemisch verweerde celwanden en verbrandingsresten (houtskool)
Liptiniet	Hars- en wasrijke substanties (o.a. blad cuticulae, sporen)

Tabel 7. Voornaamste componenten van steenkool



Fig.21. Blok zandsteen met interne schuine gelaagdheid en onderaan hoekige roodbruine keitjes en grotere fragmenten van sideriet (conglomeraat). Basis van een zandige geulopvulling. Terril van Zwartberg © R.Dreesen



Fig.22. Individuele en op elkaar gepakte bruinrode kleisiderietknollen (diameter individuele knollen tot 5-8 cm). Terril van Zwartberg. © L. Schraepen

heeft een satijnachtige glans en kan met een lucifer worden aangestoken ("candle coal"). De "as" van steenkool bestaat uit mineralen waaronder kleimineralen, kwarts, sulfiden, carbonaten, enz. Laagveen, zoals in de regenwouden van het Westfaliaan A en B, is rijk aan as (mineralen) door de nabijheid van rivieren die constant sedimenten aanvoeren, in tegenstelling tot hoogveen dat alleen wordt gevoed door regenwater en hierdoor arm is aan as. Nabij de overgang Westfaliaan A naar B zou er een veralgemeende overgang van laagveen naar hoogveen opgetreden zijn, met dikke asarme koollagen als gevolg.



Fig.23. Blokje steenkool met onderaan blinkende kool, bovenaan matte kool. De verticale barstjes zijn de zgn. "cleats", natuurlijk voorkomende breukjes in steenkool, ontstaan ten gevolge van de maximale horizontale druk tijdens steenkoolvorming. © R. Dreesen



Fig.24. Platgedrukt stukje stam van een Calamites (reuzenpaardenstaart). Foto overgenomen uit: <https://www.steinkern.de/steinkern-de-galerie/ilfeld/harz/calamites-sp-12767.html>



Fig.25. Fragment van een Stigmaria, wortelstok van een reuzenwolfsklauwachtige boom. © R. Dreesen



Fig.26. *Stigmaria* met aangehechte appendices uit een wortellaag van de Piesberg, Westfaliaan D (overgenomen uit H.Steur, 2020)

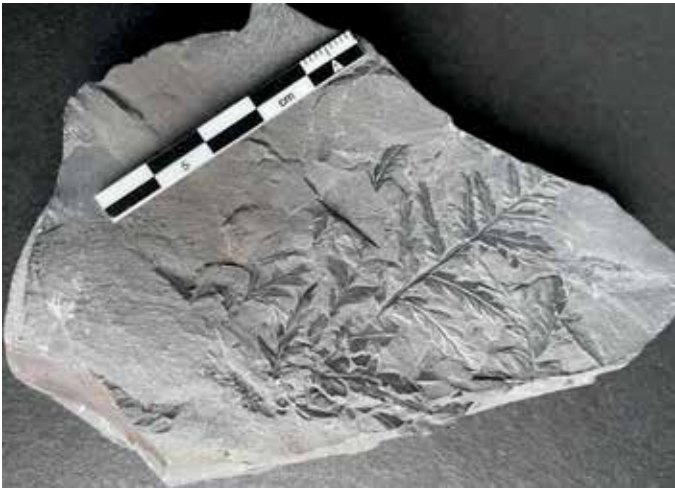


Fig.27. Stuk siltsteen met ongekoalde bladeren van een fossiele zaadvaren (*Mariopteris*). © R. Dreesen



Fig.28. Stuk donkergrijze siltrijke schalie met een afdruk van een zoetwaterschelp (*Carbonicola*). Lacustriene afzetting. Grote schelp 6 cm. © L. Schraepen.

Kleisiderietknollen worden regelmatig aangetroffen op de terril. Het zijn opvallende roodbruine en relatief zware knolletjes (grootte tot verschillende cm in diameter) die kunnen versmelten tot onregelmatige massa's (zie fig.22). Soms komt sideriet voor als bleke beige of roodbruine banden in schalie of silt. De grootste siderietconcreties ten slotte zijn de zgn. septaria die in het dak van steenkoollagen kunnen voorkomen. Hierin worden vaak mooie maar minuscule mineralen gevonden (diverse carbonaten en sulfiden, zie Driesen et al, 2000). Deze septaria kunnen tientallen cm in diameter, uitzonderlijk tot meer dan 1 m groot worden (de zgn. "klokstenen"). Enkele exemplaren van dergelijke grote kleisiderietconcreties kan je zien langs het Stenenpad van Kattevennen (<https://www.genk.be/stenen-vertellen>)⁸. Hoekige of afgeronde fragmenten van roodbruine kleisideriet worden aangetroffen in de grindlaagjes aan de basis van zandige geulopvullingen (zie fig.21). Deze getuigen van de erosie door een rivier van veenafzettingen en de onderliggende bodems. Omwille van hun specifieke vorm noemden de Engelse mijnwerkers deze knollen ook oneerbiedig "dog balls". De vorming van kleisideriet houdt verband met bodemvorming: het vormt zich in zuurstofarme zoetwater-afzettingen zoals moerassen en waterrijke bodems. De siderietknollen zijn het resultaat van de werking van bacteriën (methanogenese).

Plantenfossielen zijn vrij zeldzaam tussen de mijnsteen, de mooiste exemplaren van fossiele zaadvaren, schubbomen en zegelbomen kwamen vroeger uit de mijn en werden vaak in silteuze afzettingen van oeverwallen of in donkere schalies aan de rand van meerafzettingen aangetroffen. Een mooi overzicht van dergelijke fossiele planten uit het Boven-Carboon, gevonden in de storthoven van Zuid-Limburg (Nederland) kan je vinden bij Van der Veldt & Moorer (2008). Wel frequenter zijn fragmenten of afdrucken van zgn. *Stigmaria*: dit zijn de onderste delen (wortels en wortelstokken) van reuzenwolfsklauwachtige bomen zoals *Lepidodendron* en *Sigillaria*, waarvan de stammen respectievelijk 45m en 25m hoog konden worden. Zij zouden naar schatting 60 tot 90% van het plantaardig materiaal waaruit later steenkool ontstond, hebben geleverd. Een uitgebreid, horizontaal groeiend wortelstelsel van een viertal zich herhaaldelijk vorkvormig vertakkende assen garandeerden dat deze reuzenbomen in een drassige bodem konden blijven rechtstaan. Aan deze assen zaten dan in een spiraal gerangschikte wortelachtige aanhangsels (appendices genoemd). Nadat deze werden afgestoten lieten de appendices een karakteristiek rond litteken (stigma) op de wortel achter. Daarom hebben de fossielen van dit ondergrondse systeem de naam *Stigmaria* gekregen (H.

⁸ <https://www.provinciaalnatuurcentrum.be/boeken/stenen-vertellen>

Steur, 2020): zie fig.25 en 26. Stammen van Calamites (reuzenpaardenstaart, zie fig.24) vond je soms geconcentreerd in zandsteen terug aan de basis van riviergeulen. Ze waren meestal met hun lengteas georiënteerd volgens de stromingsrichting van het water. Grote, verticaal staande fossiele boomstronken van wolfsklauwachtigen kwamen ook regelmatig voor in het dak (top) van een steenkoollaag en konden door de slechte hechting met het nevingesteente plots uit het dak van een pijler vallen (zie fig. 3).



Fig.29. Goudgele blinkende pyriet op het breukvlak van een siderietseptarie. Grootte van de kristallen ca. 0,5 cm. Terril van Zwartberg. © L. Schraepen

Mijnzetel	Terril	Oppervlakte	Volume	Tonnage
		ha	10 ⁶ m ³	10 ⁶ ton
Beringen	noord	44,2	14,5	26,0
Beringen	zuid	15,2	3,8	6,8
Zolder		96,8	29,0	52,2
Westelijk mijnbekken			47,3	85,1
Waterschei		90,9	19,6	35,3
Winterslag		78,9	24,7	44,4
Zwartberg		121,8	16,0	28,8
Eisden	zuid	16,5	3,3	5,9
Eisden	noordoost	34,3	7,5	13,5
Eisden	noordwest	80,5	6,9	12,4
Oostelijk mijnbekken			77,9	140,2
Kempens mijnbekken			125,2	225,3

Tabel 8. Oppervlakte en volume van de huidige steenberg in de provincie Limburg, berekend op basis van het DHM Vlaanderen

Volumes ontgonnen steenkool versus mijnsteen

Het volume van de huidige terrils werd ingeschat op basis van het nieuwe, grootschalige digitale hoogtemodel voor Vlaanderen (DHM) opgesteld door de afdelingen AWZ en AMINAL van het departement LIN van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. De volumes van de verschillende steenberg werden berekend door het verschil te maken tussen de huidige topografie en de oorspronkelijke topografie vóór het storten van het mijnafval. De oorspronkelijke topografie werd geïnterpoleerd op basis van de huidige topografie in de onmiddellijke omgeving van de terril. Het resultaat is het volume in m³ (tabel 8). Voor de omrekening van volume naar gewicht werd gebruik gemaakt van de gemiddelde densiteit van terrilmateriaal (1,8 ton/m³, gerapporteerd voor de steenberg Emma-Hendrik in Nederlands Limburg (zie Dreesen et al, 2005).

De betrouwbaarheid van de volumina berekend op basis van het digitale hoogtemodel kan worden ingeschat op basis van de netto en bruto productie van de mijnzetsels. Onder netto productie wordt verstaan “de som van de in de loop van het jaar afgezette (verbruikte, kosteloos bedeelde, verkochte en afgestane) hoeveelheden verminderd met de gekochte kolen die gebeurlijk in de afzet begrepen zijn en vermeerderd of verminderd met de toename of de vermindering van de voorraden in

Mijnzetel	Netto prod.	Bruto prod.	B/N	Steen	Steen
	10 ⁶ ton	10 ⁶ ton		10 ⁶ m ³	10 ⁶ ton
Beringen	86,1	151,4	1,76	36,3	65,3
Zolder	79,2	141,2	1,78	34,4	62,0
Houthalen	28,2	48,9	1,73	11,5	20,6
Westelijk mijnbekken	193,6	341,5	1,76	82,2	147,9
Waterschei	73,5	131,5	1,79	32,2	58,0
Winterslag	63,3	114,1	1,80	28,2	50,8
Zwartberg	39,6	67,6	1,70	15,5	27,9
Eisden	70,4	130,4	1,85	33,3	60,0
Oostelijk mijnbekken	246,9	443,6	1,80	109,3	196,7
Kempens mijnbekken	440,4	785,0	1,78	191,4	344,6

Tabel 9. Netto en bruto productie van de mijnzetsels in het Kempens Bekken, berekend op basis van het RAM-systeem van VITO. B/N is de verhouding tussen de berekende bruto en netto productie. De gemiddelde waarde voor de KS op jaarbasis varieerde tussen 1,70 en 1,83.

de loop van het jaar” (Cajot, P., in: *Annalen der Mijnen van België* 1987, vol. 4, p. 352). De bruto productie is de hoeveelheid kolen en stenen die gewonnen werden en samen naar de begane grond gebracht werden. De stenen voortkomend van het uitgraven van de steengangen werden soms bij de bruto productie gerekend in zoverre ze effectief naar de begane grond gebracht werden en niet voor het vullen van pijlers in de ondergrond gebruikt werden.

Op basis van deze definitie is het duidelijk dat het verschil tussen de gerapporteerde netto en bruto volumes gelijk moet zijn aan de hoeveelheid steen die op de terrils gestort of naar andere locaties afgevoerd werd. Verder is het duidelijk dat de netto productie overeenkomt met de hoeveelheid gedolven kolen verminderd met de kolen in de als steen afgevoerde fractie van de kolenwasserijen. De netto en bruto productie van de verschillende mijnzetels werd berekend op basis van het RAM-systeem ontwikkeld door Vito (Laenen & Daneels, 2004). RAM laat toe de hoeveelheid gedolven steenkool en steen te berekenen op basis van de opening (totale dikte pijler) en de macht (dikte van de steenkool) van de pijlers en de lengte en doorsnede van de steengangen en schachten. De aannames gemaakt voor de omrekening van het volume aan gedolven ruimten naar volume geproduceerde steen zijn samengevat in tabel 9. Het op

basis van RAM berekende volume steen moet groter zijn dan het volume ingeschat op basis van het DHM. Een deel van de stenen gedolven tijdens het drijven van de steengangen werd immers ondergronds gebruikt voor het opvullen van pijlers (als maatregel tegen bovengrondse mijnschade door verzakkingen), en van het volume dat naar de oppervlakte werd gebracht werd een deel hergebruikt voor egalisatie van de mijnsterreinen of zelfs voor de fabricage van baksteen of buizen (zie verder). Uit de resultaten blijkt dat op Zwartberg na, het volume van de terrils lager is dan het theoretische volume aan gedolven steen. De afwijking voor Zwartberg kan verklaard worden doordat het volume gedolven steen door het RAM wordt onderschat. De berekende B/N verhouding is immers de laagste van alle mijnzetels en ligt bovendien aan de lage kant in vergelijking met de waardes gerapporteerd door de KS. Op basis van de vergelijking met de productie-gegevens is er dan ook geen reden om de aan de hand van het DHM berekende volumina te verwerpen.

Toepassingen van mijnsteen

Mijnsteen werd aanvankelijk alleen bovengronds gebruikt om de mijnsterreinen te nivelleren. Gedurende de ganse productie van steenkool werd mijnsteen ook ingezet om de ruimten van de ontgonnen steenkoollagen



Fig.30. De volledig begroeide Tweelingterrils (voorplan) en de Rode Terril (op de achtergrond) van Eisden. © HBVL 100 miljoen jaar Limburg vanuit de lucht, 2006.

(pijlers) terug op te vullen en zo bovengrondse verzakkingen tegen te gaan. In de brikkenbakkerij van de mijn van Winterslag werd mijnsteen (uiteraard alleen de kleirijke schalies) in een kaakbreker verbrijzeld tot granulaten om nadien verder te worden fijngemalen in een kogelmolen. Aan dit poeder werd in een mengelaar water toegevoegd zodat na het persen met stempel en stempels een groengrijze steen op juiste maat kon worden afgesneden. Deze stenen werden in een Hoffmanringoven gebakken tot een roze baksteen waarin sporadisch donkere vlekken voorkwamen, de zgn. Winterslagse Duivel (“Wèntersloagse dieëvel”) die hoofdzakelijk voor huizenbouw in de tuinvijken werd gebruikt. Het meest imposante gebouw opgetrokken in Winterslagse Duivel is de St.Michielschool, gelegen tegenover de H. Hartkerk van Winterslag. Tussen 1924 en 1964 werd er 65.000 ton mijnsteen tot Winterslagse duivels verwerkt (Van Uytven & Dreesen, 2014). In Zwartberg zou een terril zelfs volledig zijn weggegraven voor de fabricage van buizen (Echo fabriek). De mijnsteen anderzijds die in de keramische sector wordt gebruikt als toeslagstof voor de productie van snelbouwstenen, wordt voornamelijk gewonnen uit Waalse en Noord-Franse steenkoolterrils. Mijnsteen bestaat immers voor een belangrijk deel uit koolstofhoudende schalies die voor het keramisch proces een geschikte grondstof en volwaardig alternatief voor de klassieke (mariene) kleien zijn en bovendien ook een bijkomende beperkte brandstofwaarde hebben.

De rode mijnsteen, die eveneens in de keramische sector wordt gebruikt, ontstaat doordat sommige storthopen spontaan zijn beginnen te ontbranden. Dit is vooral het gevolg van de warmte die vrijkomt tijdens de oxidatie van de aanwezige ijzersulfiden (o.a. pyriet FeS_2) en het nog hoge steenkoolgehalte van sommige terrils (brandstof). De kleirijke gesteenten worden hierdoor rood gebakken door het ontstaan van hematiet (zie fig.31). Deze rode mijnsteen werd vroeger ook gebruikt als secundaire grondstof voor de aanleg van tennisterreinen. Op het voormalige mijnterrein van Eisden liggen 4 terrils waarvan er 3 toegankelijk zijn: de Lange Terril, de Rode Terril en de Tweelingterrils (zie fig.30). Sinds 2020 zijn deze terrils (waaronder de Rode Terril) opgenomen in het Nationaal Park Hoge Kempen (domein Terhills). De Tweelingterrils zijn ondertussen dichtbegroeid met bomen en struiken en zijn één van de meest gefotografeerde objecten van het NPHK (fig.30). Vanaf de toppen van de terrils heb je een onvergetelijk uitzicht op het omliggende landschap van de Maasvallei en van het Nationaal Park Hoge Kempen.

Hergebruik van de diepe ondergrond

Behalve de nog niet ontgonnen steenkoolreserves en het hierin opgesloten methaangas, bieden de specifieke geo-

logische opbouw én de relictten van de diepe steenkoolwinning in het Kempens Bekken in principe nog tal van mogelijkheden voor de toekomstige energiebevoorrading van Vlaanderen. Deze potentiële mogelijkheden (en hun mogelijke obstakels) werden de laatste 3 decennia grondig onderzocht door het VITO en de Belgische Geologische Dienst, in opdracht van het Vlaams Gewest (zie bijvoorbeeld: Laenen et al, 2004). De na ontginning nog overgebleven ondergrondse ruimte - na 90 jaar van diepe steenkoolwinning - wordt geschat op zo'n 35 miljoen m^3 (Van Tongeren & Dreesen, 2004). Warm mijnwater dat in deze ondergrondse artificiële reservoirs opgesloten zit, zou in principe voor geothermische doeleinden kunnen worden ingezet. Uit de niet ontgonnen steenkoollagen zou bovendien methaan kunnen onttrokken worden (CBM - Coal Bed Methane). Mijngas had afgezogen kunnen worden uit de ontgonnen panelen en de sterk opgebroken directe omgeving (AMM - Abandoned Mine Methane), zoals elders reeds gebeurde in het Ruhrgebied, maar door het ongecontroleerd opstijgend mijnwater is alles nu ondergelopen. Broeikasgassen (CO_2) zouden in zandsteenreservoirs (CCS of geologische opslag, Buntsandstein, Trias) geïnjecteerd kunnen worden of opgeslagen in diepe gespleten kalksteen-aquifers van het Onder-Carboon (zie fig.19). Een monitoring van de huidige stand van het (opstijgend) mijnwater en van het gehalte en de kwaliteit van het mijngas in de uitgestrekte ondergrondse infrastructuur van de voormalige mijnzetels, kan alleen door het boren van een extra peilput. Verschillende van deze potentiële toepassingen zijn nu echter niet langer mogelijk door de ondoordachte, definitieve en volledige opvulling van de schachten van alle mijnzetels. Het geothermisch gebruik van mijnwater uit de voormalige ondergrondse mijninfrastructuur van Nederlands Limburg werd voor het eerst (2008) met succes toegepast in de gemeente Heerlen (Verhoeven et al, 2014). De expertise van Vlaamse geologen speelde hierbij een belangrijke rol.



Fig.31. Rode mijnsteen (gebakken schalies) als gevolg van de spontane ontbranding van resten steenkool en steenkoolrijke (kolige) schalie. Terril van Eisden. © Marcel Bex

Dankwoord

Het manuscript werd kritisch nagelezen door onze collega's Dany Van Uytven, Bert Neyens en Michiel Duser, waarvoor onze dank.

Referenties

Berten, B., Limburgse steenkoolterrijs. Ontstaansgeschiedenis van 7 steenkoolmijnen. Plantengroei op de afvalbergen (2000-2021). Likona- jaarboek 2022, pp. 2-36.

Bless, M.J.M., Bouckaert, J., Finger, J.A.M. & Paproth, E., 1984. Oorsprong en winning van steenkool langs Henne, Samber, Maas en Worm. Geofiles, Valkdrukk, Valkenburg aan de Geul, 68 p.

Charlier, F., Jacquemin, Ch., Veschkens, M. & Goemaere, E. (1996): Contribution à l'étude de l'impact sur l'environnement des stériles charbonniers. Rapport final CECA, Convention n° 7220-EA/004, Institut Scientifique de Service Public (ISSeP), Luik, 103 p.

Craig, T., 1952. Comparative study of the ecology and palaeoecology of *Lingula*. Edinburgh Geological Society Transactions, 15: pp. 110-120.

Declercq, P.-Y., Duser, M., Pirard, E., Berbeurgt, J., Choopani, A. & Devleeschouwer X., 2023. Post mining ground deformations transition related to mines closure in the Campine coal basin, Belgium, evidenced by three decades of MT-InSAR data, Remote Sensing, 15, 725, pp.1-26.

Dreesen, R., 1992. Seam thickness and geological hazards forecasting in deep coal mining: a feasibility study from the Campine collieries (Belgium), Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie, 101 (3-4), pp. 209-254.

Dreesen, R., Bossiroy, D., Duser, M., Flores R.M. & Verkaeren, P., 1995. Overview of the influence of syn-sedimentary tectonics and palaeo-fluvial systems on coal seam and sand body characteristics in the Westphalian C strata, Campine Basin, Belgium, in: Whateley, M.K.G. & Spears, D.A. (eds): European Coal Geology, Geological Society, Special Publication n°82, pp.215-232.

Dreesen, R., Lorenzi, G. & Bossiroy, D., 1991. Les minéraux argileux au service des corrélations stratigraphiques des formations houillères du Carbonifère. Ongepubliceerd eindrapport ISSeP, Luik, EGKS-Project n°7220-AF/206, 72 p.

Dreesen, R., Nielsen, P. & Laenen, B., 2005. Mijnsteen: alternatief voor primaire oppervlaktedelfstoffen. Niet-gepubliceerde studie, uitgevoerd in opdracht van ANRE. Rapport 2005/MAT/R/042, VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch On-

derzoek), Mol, 61 p.

Driesen, M., Nilis, N. & Dreesen, R., 2000. Juweeltjes uit de koolterrijs van Limburg. Likona jaarboek, 1999, pp. 20-31.

Duser, M., 1996. Steenkool, in: Gullentops, F. & Wouters, L. (eds.) Delfstoffen in Vlaanderen. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement EWBL, Brussel, pp. 107-116.

Duser, M., Lagrou, D. & Debacker, T., 2015. Boven-Palaeozoïcum tot Mesozoïcum, in: Borremans, M. (editor): Geologie van Vlaanderen, Academia Press, Gent, pp. 58-83.

Gora, L., 2002. Natuur op hoog niveau: een bijzonder landschap en vreemde groeiomstandigheden, Referatenbundel van het colloquium "Natuur op Hoog Niveau", Eisden, Regionaal Landschap Kempen en Maasland, pp. 23-34.

Guion, P.D., Fulton, I.M. & Jones, N.S., 1995. Sedimentary facies of the coal-bearing Westphalian A and B north of the Wales-Brabant High, in: Whateley, M.K.G. & Spears, D.A. (eds): European Coal Geology, Geological Society, Special Publication n°82, pp.45-78.

Kukuk, P., 1938. Geologie des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlengebietes. Textband. Berlin, Verlag von Julius Springer, 706 p.

Langenaeker, V., 2020; The Campine Basin: stratigraphy, structural geology, coalification and hydrocarbon potential for the Devonian to Jurassic. Aardkundige Mededelingen, 10, Leuven University Press.

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement voor Leefmilieu en Infrastructuur (LIN), Afdeling Monumenten en Landschappen, 2001. Een eeuw steenkool in Vlaanderen, Mijnpatrimonium, Scharniernota 2001, 119 p.

Minten, L., Raskin, L., Soete, A., Van Doorslaer, B. & Verhees, F., 1992. Een eeuw steenkool, in Limburg, Uitgeverij Lannoo, 280 p.

Segers, W., Veys, D., Nijssen, R. & Lauwaert, D., 2010. Breekbaar verleden. Glasnegatieven uit de Limburgse mijnstreek (1905-1950). LRM, Erfgoedcel Mijn-Erfgoed, Rijksarchief Hasselt, 175 p.

Steenackers, J., 2002. Brownfieldproject: een verlaten industrieterrein wordt nieuwe natuur. Referatenbundel van het colloquium "Natuur op Hoog Niveau", Eisden, Regionaal Landschap Kempen en Maasland, pp. 7-21.

Steur, H., 2020. Stigmara, boomstompen en stukken stam: de onderste delen van wolfsklauwbomen in het Carboon. Grondboor & Hamer, 2, pp. 66-74.

Vansteelandt, P.(1993): De gevolgen van de mijnverzakkingen in

- Limburg. In: Geologische kartering en geologisch onderzoek in het Vlaams Gewest. Studiedag georganiseerd door het Bestuur Natuurlijke Rijkdommen en Energie van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, pp.135-156.
- Van Tongeren, P. & Dreesen, R., 2004. Residual space volumes in abandoned coal mines of the Belgian Campine Basin and possibilities for use. *Geologica Belgica*, 7(3)4, pp.157-164
- Laenen, B., van Tongeren, P., Dreesen, R. and Duser, M., 2004. Carbon dioxide sequestration in the Campine Basin and the adjacent Roer Valley Graben (North Belgium): An inventory. In: *Geological Storage of Carbon Dioxide*, Baines, S. J. and Worden, R.H., eds., Geological Society, London. Special Publication 233, pp 193-210.
- Van der Veldt, G. & Moorger, W., 2008. Uitgehakt: Carbonplanten uit Zuid-Limburg. *Gea*, 41, 3, pp.61-66 (<https://natuurtijdschriften.nl/pub/415468>).
- Van Uytven, D. & Dreesen, R., 2014a. Geologische fietsroute Hoge Kempen, Provinciaal Natuurcentrum, Craenevenne 140, Genk, p.128-132.
- Van Uytven, D. & Dreesen, R., 2014b. Winterslagse duivel, in: *Geologische fietsroute Hoge Kempen*, Provinciaal Natuurcentrum, Genk, p.126-127.
- Verhoeven, R., Willems, E., Harcouët-Menou, V., De Boever, E., Hiddes, L., Op 't Veld, P. & Demollin, E., 2014. Minewater 2.0 project in Heerlen, The Netherlands: transformation of a geothermal mine water pilot project in a full-scale hybrid sustainable energy infrastructure for heating and cooling. *Energy Procedia*, 46, pp. 58-6

COLOFON

Eindredactie

Roland Dreesen & Johan Matthijs

Redactieadres

Provinciaal Natuurcentrum
Craenevenne 86
BE-3600 Genk

Een uitgave van

Provincie Limburg

Grafische vormgeving

Bert Colling

Verantwoordelijke uitgever

Jan Mampaey
Provinciaal Natuurcentrum
Craenevenne 86
3600 Genk

PROVINCIAAL
NATUUR-
CENTRUM
Natuurlijk verbonden

Een initiatief van de
provincie Limburg

