

De geologie en het landschap van Ierland

door Drs. W.C.P. de Vries

Inleiding

Ierland is geologisch gezien voor het grootste gedeelte opgebouwd uit gesteenten die werden gevormd tijdens het Paleozoïcum. Deze gesteenteformaties zijn echter op grote schaal bedekt door een laag glaciale en fluvio-glaciale sedimenten (respectievelijk door ijs en smeltwater neergelegd), die dateren uit een der jongste tijdvakken van de geologische geschiedenis: het Pleistoceen. De vormen van de oppervlakte, van het landschap van Ierland zijn in hoge mate bepaald door de gebeurtenissen tijdens de IJstijd.

De vaste gesteenten van Ierland zijn voor het allergrootste gedeelte van vrij hoge ouderdom. Vrijwel alle kusten zijn uitgehouwen in Paleozoïsche gesteenten: de beroemde steile kustkliffen van Moher in West-Ierland bestaan uit vlakliggende zandstenen en leien die stammen uit het Namurien (Boven-Carboon). De kust van de Burren bestaat uit kalksteen van het Onder-Carboon en die van Donegal uit gesteenten die dateren uit nog veel oudere perioden van de aardgeschiedenis. Zie Tabel I.

Een uitzondering vormen de bazaltkliffen van Antrim aan de noordoostkust met de beroemde Giant's Causeway. Deze enorme lavapakketten zijn van Tertiaire ouderdom. De Giant's Causeway met zijn imposante bazaltzuilen is reeds eeuwenlang, vanaf het begin van de 17de eeuw, het beroemdste geologische natuurmonument van Europa.

Het grootste gedeelte van het vrij vlakke binnendeel van het eiland wordt ingenomen door Ondercarbonische gesteenten, die echter veelal bedekt zijn door de Pleistocene *drift* (een oude, in Engeland nog veel gebruikte term voor de glaciale en fluvio-glaciale afzettingen). Uit deze vlakke steken enkele heuvelgebieden omhoog waarin formaties uit oudere perioden zichtbaar zijn: Devonische Old Red Sandstone en Silurische schalie.

Afb. 1. Kaart van Ierland met de meeste in de tekst genoemde topografische aanduidingen.



Tabel I. De perioden van de aardgeschiedenis

Cenozoïcum	Kwartair Tertiair
Mesozoïcum	Krijt Jura Trias
Paleozoïcum	Perm Carboon Devoon Siluur Ordovicium Cambrium
Precambrium	Dalradian Moinian Lewisian

Centraal Ierland laat een beeld zien dat typerend is voor een land-oppervlak dat onder een ijsbedekking te voorschijn komt: vele meren, onregelmatige rivierstelsels en bultige landvormen. De IJstijd ligt, geologisch gezien, nog maar korte tijd achter ons en de tijdspanne tot nu toe is nog te kort geweest om het landschap te modelleren naar de huidige klimaatsomstandigheden. De rivieren hebben daaraan naar verhouding weinig kunnen bijdragen, omdat hun kracht door het lage reliëf daarvoor te gering is. De afwatering van grote delen van Ierland is door de lage ligging een probleem en schept, in combinatie met de hoge regenval, ideale voorwaarden voor moerasvorming. De vele moerassen en venen hebben indirect invloed op het landoppervlak, en wel door de invloed van het sterk zure grondwater. Onder de ijsafzettingen bestaat het centrale gedeelte van Ierland immers uit kalkgesteenten en het zure veenwater dat in de ondergrond wegzakt is een prachtig hulpmiddel voor het oplossen van deze kalksteen. Hierdoor is sinds het begin van de veenvorming, zo'n 8.000 jaar geleden, het oppervlak van grote delen van Midden-Ierland gemiddeld één meter gedaald!

Ierland en de plaattektoniek

Ierland heeft een belangwekkende geschiedenis met betrekking tot de plaatbewegingen van Noord-Amerika en Europa. Langs de Ierse kust liep de grote scheur waarlangs in de loop van het Tertiair Amerika afbrak van Europa en waarbij de Atlantische Oceaan ontstond.

De Ierse bazalten zijn een resultaat van het breken van het Europees-Noordamerikaanse continent tijdens het Tertiair. De lavapakketten van Antrim vormen een onderdeel van een enorm gebied van bazaltische lava's van de noordelijke Atlantische Oceaan. De Ierse bazalten vinden via IJsland een vervolg in die van centraal oostelijk Groenland.

De Atlantische Oceaan is niet de eerste wereldzee die een rol heeft gespeeld in de geologische geschiedenis van Ierland. Aan het einde van het Precambrium maakte Ierland deel uit van een groot, aaneengesloten continent, dat zich uitstrekte van de Oeral tot het westen van Canada. Nog in het Precambrium viel dit continent uiteen, waarbij Schotland en het noordwesten van Ierland aan het Noordamerikaanse continent vast bleven zitten. In het begin van het Paleozoïcum bestond er een oceaan, een soort voorloper van de huidige Atlantische Oceaan, die de *Iapetus* wordt genoemd. Noordwest-Ierland, met daarbij Schotland, behoorde toen bij het Noordamerikaanse continent; zuidoostelijk

Ierland en Engeland maakten deel uit van de continentrand aan de oostelijke, Europese zijde. Zie afb. 2. Precambrische gesteenten die in Noordwest-Ierland zichtbaar zijn komen overeen met gesteenten uit noordwestelijk Schotland, met die van de Hebriden en van de Appalachen in Canada. En op het meest zuidoostelijke puntje van Ierland komen Precambrische gesteenten te voorschijn, die overeenkomen met de zeer oude gesteenten van Normandië in Frankrijk.

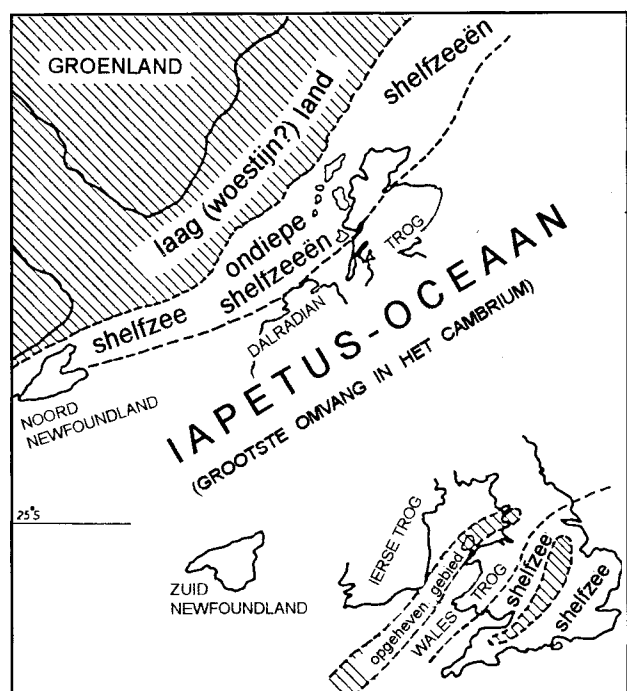
De Iapetus ontstond in het Cambrium door de uiteengaande beweging van Noord-Amerika en Europa. In de loop van het Siluur is die beweging echter omgeslagen in een nadering en de Iapetus Oceaan sloot zich weer aan het einde van het Siluur. Door de naar elkaar toe gaande beweging van de continenten raakten stroken van de aardkorst in de knel. De aardkorst werd in elkaar gedrukt en de gesteenten in deze strook werden geplooid en opgeheven tot een groots gebergte: het Caledonisch gebergte.

De lijn die tijdens de Caledonische orogenese de botsingsnaad vormde tussen het Europese en Pacifiche continent is de zogeheten *Iapetus-sutuur*. Deze loopt dwars door Ierland en wordt daar de *Navan-Silvermines Breuk* genoemd.

De volgende gebergtevormende fase in de geologische geschiedenis, de Variscische of Hercynische fase, heeft ook Ierland beroerd. Het zuidwesten van het eiland heeft actief aan de bewegingen deelgenomen en de Devonische, Carbonische en oudere gesteenten vertonen er fraaie plooistrukturen. De Variscische invloed heeft zich niet beperkt tot dit kleine gedeelte van Ierland. Verder noordelijk, tot de hoogte van Dublin, zijn er gesteenten op een lichte wijze verplooid onder invloed van de sterke bewegingen in het zuiden.

De Alpine plooibewegingen hebben Ierland op geen enkele wijze beïnvloed.

Op het ogenblik behoort Ierland bij de Europese plaat, die zich in oostzuidoostelijke richting van de Midatlantische rug af beweegt. Naar het oosten toe vinden de geologische structuren een rechtstreekse voortzetting in Engeland en Schotland. Zie afb. 3. De opening van de huidige Atlantische Oceaan heeft de structuren in westelijke richting abrupt afgesneden. De voortzetting van de Caledonische en Variscische structuren is te vinden in de Appalachen van Newfoundland en oostelijk Canada.



Afb. 2. De Iapetus-oceaan aan het einde van het Onder-Cambrium.

Enkele geografische details

Het eiland Ierland heeft een lengte, gemeten van noord naar zuid, van 500 km; de afstand van de oost- tot de westkust is rond de 300 km; de kustlijn is 5.600 km lang.

De totale oppervlakte van Ierland is met ruim 84.000 km² iets meer dan twee maal die van Nederland. Van dit gebied behoort 70.300 km² tot de Republiek Ierland en 14.150 km² tot Noord-Ierland, dat deel uitmaakt van het Verenigd Koninkrijk. De Republiek Ierland telt ongeveer 3,4 miljoen inwoners; in Noord-Ierland leven 1,5 miljoen personen. De hoofdsteden zijn: Dublin voor de Republiek Ierland, met 700.000 inwoners en Belfast, dat 400.000 inwoners telt.

Ierland wordt wel verdeeld in vier provincies, de vroegere koninkrijken. De provincies zijn weer verdeeld in graafschappen (Counties). De provincies hebben bestuurlijk op het ogenblik geen betekenis. Deze provincies zijn: Ulster in het noorden, samengesteld uit 9 Counties; in het oosten Leinster met 12 Counties; in het zuiden Munster dat uit 6 Counties bestaat en in het westen Connaught met 5 Counties. De graafschappen dateren uit de Anglo-Normandische tijd en hebben een bestuursstructuur die te vergelijken is met die van de Nederlandse provincies. Op de topografische kaart van afb. 1 zijn vele van de in de teksten gebruikte namen terug te vinden.

Noord-Ierland komt niet geheel overeen met het vroegere Ulster. Drie van de graafschappen van Ulster, te weten Donegal, Monaghan en Cavan behoren tot de Republiek Ierland.

In 1840 telde Ierland nog meer dan 8 miljoen inwoners.

Hongersnoden, die onder meer werden veroorzaakt door de aardappelziekte in het midden van de 19de eeuw, veroorzaakten een massale emigratie, voornamelijk naar de Verenigde Staten en Canada. Rond 1970 lag het inwoneraantal rond de 3 miljoen, nadien is het aantal langzaam toegenomen door een sterkere ontwikkeling van de industrie en door remigratie. Ierland is een van de dunst bevolkte landen van Europa.

Ierland heeft de vorm van een schotel. Deze schotelvorm heeft grote gevolgen voor de landschapsontwikkeling.

Het centrale deel is vlak en ligt laag, grote delen liggen slechts enkele tientallen meters boven zeeniveau. Door dit vlakke land meanderen rivieren, die zich veelal verliezen in uitgestrekte moeras- en meergebieden. Het is hierdoor vaak moeilijk om de grens tussen water en land vast te stellen. Een fraai voorbeeld van zo'n rivier is de Shannon: hij ontspringt in het Iron Mountains gebied in het noordwesten van County Cavan. Reeds na een tiental kilometers komt hij uit in Lough Allen, dat op 70 meter hoogte ligt. Daarna heeft de rivier nog zo'n 300 km af te leggen tot aan de monding bij Limerick.

De randgebieden van het eiland bereiken belangrijk grotere hoogten van het landoppervlak. In het zuidwesten is de grootste hoogte iets meer dan 1000 meter, in Connemara en Donegal liggen een aantal toppen rond de 700 meter hoogte.

Vele kusten zijn steile klifkusten, die loodrecht 200 tot 300 meter hoog uit zee oprijzen. Zeer imposant zijn de kliffen van Moher in County Clare en de kliffen van County Donegal.

Precambrium

Hoogmetamorfe gesteenten, die de diepe gedeelten van een sterk geërodeerd gebergte vertegenwoordigen, treden aan de dag in het westen van County Mayo, in County Galway en in de Ox Mountains (in het noordwesten) en op de Saltee Islands (in het zuidoosten). Het zijn gneizen, die tenminste rond de 1.000 miljoen jaar oud zijn.

Deze gesteenten vormen de basis waarop de Vroegpaleozoïsche sedimenten zijn neergelegd. Later werd dit gehele pakket verplooid tot het Caledonisch gebergte.

Zie voor een overzicht van de geologische formaties afb. 4.

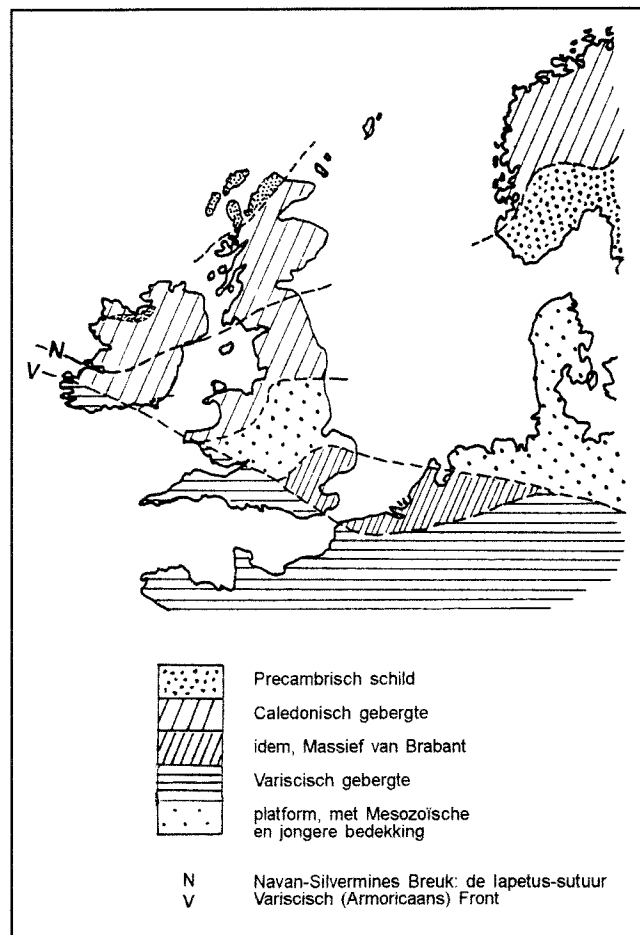
Het jongste Precambrium, Cambrium, Ordovicium en Siluur

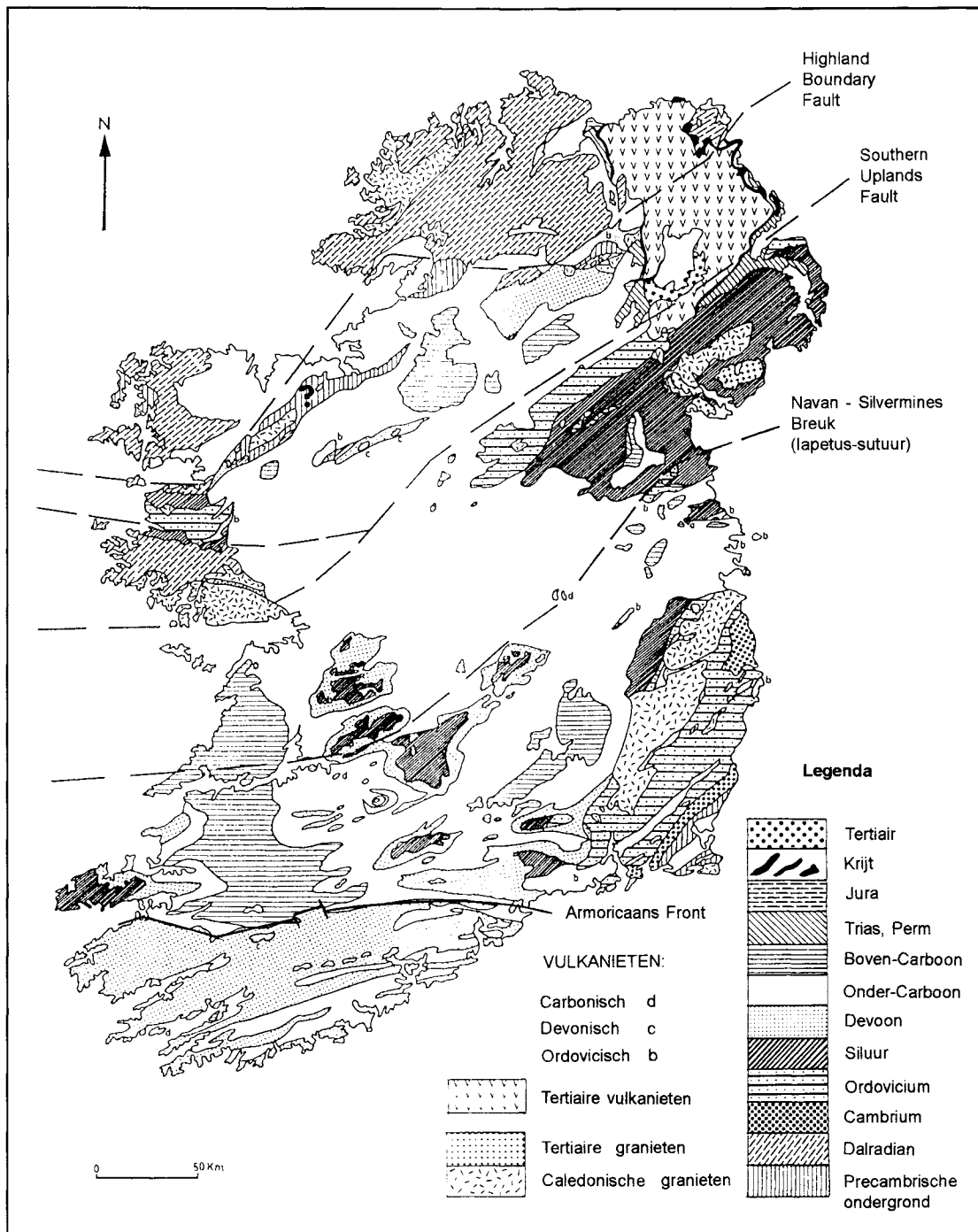
In de loop van het jongste gedeelte van het Precambrium is het grote continent van Europa en Noord-Amerika gebroken en uit elkaar bewogen. Ierland was een deel van de bodem en de zuidoostelijke kuststroken van de Iapetus Oceaan. In deze zee begon rond 700 miljoen jaar geleden de sedimentatie van veel zand en klei en grote hoeveelheden bazaltische lava stroomden over de bodem uit. De sedimentatie ging door in het Cambrium. Deze serie van zandige gesteenten (nu kwartsiet) met inschakelingen van klei (nu leisteen) en groenschisten of amfibolieten (de vroegere bazalten) wordt het Dalradian genoemd. De gesteenteseries zijn enorme dik, van 12 tot 17 kilometer!

Het Dalradian komt in Ierland onder meer te voorschijn in de bekende *Sugar Loaf* ten zuiden van Dublin, die uit harde kwartsieten bestaat.

Ook in Connemara komt Dalradian aan de oppervlakte. Hier vormt de harde kwarsiet de *Twelve Pins*; zij steken uit de Precambrische gneizen en schisten omhoog.

Afb. 3. Ierland in relatie met de structuur van het omliggende gebied van West-Europa.





Afb. 4. Vereenvoudigde geologische kaart van Ierland.
(Volgens deze kaart behoren de 'Dingle beds' op Dingle (ZW-Ierland) tot het Siluur, tegenwoordig worden ze tot het onderste Devoon gerekend.)

Connemara is bekend om zijn marmers, die gemetamorfoseerde zandige en dolomitische kalken vertegenwoordigen uit het Precambrium tot Cambrium (afb. 5).

In Wicklow en Wexford Counties (Co.'s) worden in de kleiige lagen tussen de kwartsieten (nu aanwezig als leien en fylieten) op enkele plaatsen fossielen gevonden: graptolieten uit het Onder-Ordovicium. Graptolieten van Ordovicische ouderdom worden ook gevonden ten zuiden van Louisburgh in het noordwesten van de Sheffry Hills. Deze fossielen komen overeen met in Canada voorkomende soorten van de zogenoemde Pacificische Graptolieten Provincie.

Een ander belangrijk gebied waar de gesteenten uit Ordovicium en Siluur, liggende op Cambrische en Precambrische formaties, aan de dag treden is het gebied van de Sheffry Hills in het noordwesten van Galway Co. In de Precambrische serie komt een keileemlaag voor, een indicatie voor een IJstijd.

Een geologische bijzonderheid is de intrusie van grote massa's bazaltisch magma, dat als dieptegesteente is gestold en nu aan de dag treedt als gabbro, noriet en zelfs peridotiet. Dit laatste gesteente is van de aardmantel afkomstig. Deze gesteenten zijn geïntrudeerd in het Boven-Cambrium, rond 510 miljoen jaar geleden. Deze fase van magmatische activiteit luidt de eerste fase van de Caledonische plooiing in.

Silurische formaties, veelal in de vorm van grijze tot zwarte leien met graptolieten, komen op verscheidene plaatsen in het zuidelijk centrale deel van Ierland voor. Bekende graptolietleien komen



Afb. 5. De marmergroeve in Connemara. Het groene Connemaramarmer, bestaande uit calcië en serpentijn, is een metamorfe zandige dolomiet. De ouderdom is Dalradian, de metamorfose is Caledonisch. In de verte harde kwartsietbergen, o.a. de Tievebaum, die uitsteken uit de minder harde, en dus door gletsjers geërodeerde, Precambrische schisten en gneizen.

voor in het gebied van de Slieve Aughty Mountains op de grens van Galway Co. en Clare Co., ten oosten van Gort/An Gort. Een andere bekende plaats is de spoorweginsnijding nabij Rathdrum ten zuidwesten van Wicklow. In Co. Wicklow ligt ook de beroemde fossielvindplaats van Slieveroe waar trilobieten en brachiopoden voorkomen.

De Ordovicische tot Silurische formaties vormen aan de noordwestzijde van de Leinster Graniet de zogenoemde *Slate Quarries Formation* (Formatie van de Leisteengroeven).

Ten tijde van het tweede bedrijf van de Caledonische plooingsfase, in het Siluur, kwam het magma in de aardkorst opnieuw in grote massa's in beweging. Ditmaal was het echter granitisch magma, dat zijn weg vond naar de hogere delen van de aardkorst in het zich plooïende Caledonisch gebergte.

Een van de grote granietlichamen is dat van Galway, dat iets meer dan 400 miljoen jaar geleden in de gesteenten van het Precambrium en Cambrium indrong. De Leinster Graniet in Co. Wicklow en Co. Wexford zet zich zowel naar het zuidwesten als het noordoosten voort, waarschijnlijk tot in het Engelse Lake District. In dat geval heeft deze granietmassa een lengte van meer dan 300 kilometer.

Devoon

Het Caledonisch gebergte, dat in de loop van het Boven-Siluur ontstond, lag midden in een uitgestrekt continent. Van het gebergte vinden we nu de afgesleten romp terug in Noorwegen, Schotland, Wales, het grootste gedeelte van Ierland, oostelijk Groenland en de Noordamerikaanse Appalachen.



Afb. 7. Ben Bulbin vanaf het westelijk gelegen Grange. Zie ook afb. 22.

Het gebergte werd door verwerking en erosie afgebroken en de verweringsprodukten, in de vorm van zand en grind, werden rondom het gebergte en in dalen in het gebergte afgezet. Het klimaat was droog en heet; de afzettingen zijn veelal rood gekleurd. Deze rode kleur is typerend voor woestijnafzettingen en wordt gevormd door een rood gekleurd ijzeroxyde (een 'ijzerroest'), dat de zandkorrels met een dun huidje bedekt. Deze formaties behoren tot de zogenoemde Old Red Sandstone, die tijdens het Devoon werd afgezet.

Ierland is waarschijnlijk over grote uitgestrektheden met de rode zandformaties bedekt geweest. Inmiddels is er weer veel verdwenen door verwerking en erosie. Ook is veel van het gesteente aan het oog onttrokken doordat het bedekt is met jongere gesteentelagen, bv. uit het Carboon.

In Galway en Mayo Co.'s komt de Old Red Sandstone op enkele kleine plaatsen aan de oppervlakte. Verder het binnenland in is het Devoon ontsloten in heuvelgebieden die uit de centrale Ierse vlakte omhoogsteken.

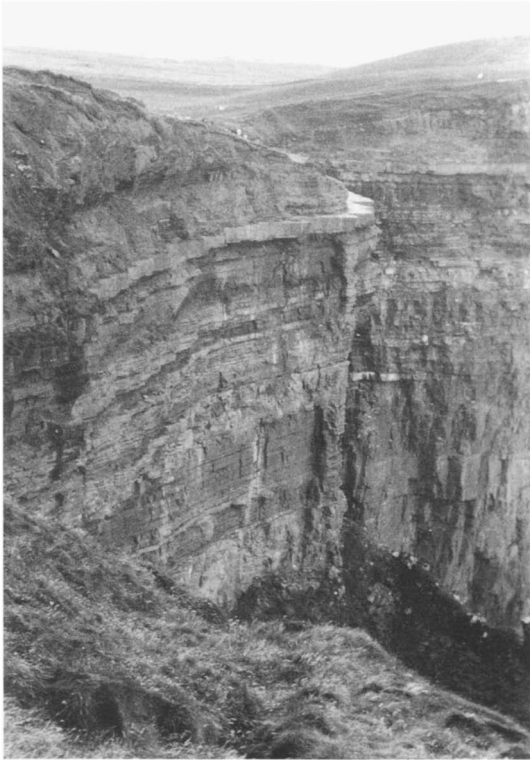
De beroemdste ontsluitingen van het Devoon zijn die van Kiltorcan in Kilkenny Co. ten zuidwesten van het Leinster Graniet-



Afb. 6. Old Red Sandstone aan de Derrynane Bay, gezien vanaf Beenarourke (ZW-Iveragh, Co. Kerry). Rechts in het midden is een plooïring te zien.



Afb. 8. The Burren: karrenoppervlak in de fossielrijke Ondercarbonische kalksteen, gladgeslepen door het ijs. Een voorbeeld van glaciële karst.



Afb. 9. Afwisseling van zandsteen- en leisteenlagen in de Cliffs of Moher (Millstone Grit, Boven-Carboon). De hoogte van de kliffen reikt tot boven de 180 m.

massief. Hier worden in de *Yellow Beds*, de bovenste afzettingen van het Old Red, fossielen van planten gevonden met daarnaast enkele zoetwaterschelpen en vissen. In het algemeen zijn de Old Red-afzettingen echter fossielloos.

Ook in de Co.'s Cork en Kerry komt het Old Red over grote oppervlakken voor, o.a. aan de kust, waar de langgerekte schiereilanden vaak anticlinale structuren vertegenwoordigen. Afb. 6. Deze en andere heuvelgebieden zijn opwelvingen in de ondergrond, ontstaan onder invloed van de Variscische plooiing. Op deze bulten heeft eens een bedekking gelegen van Carbonische gesteenten. Deze is verdwenen door verwerking en erosie en zo konden de Devonische en vaak ook de Silurische formaties daar aan de dag treden. Een voorbeeld zijn de Slieve Bloom Mountains ten zuidoosten van Athlone.

Carboon

Op de grens van de Devonische en Carbonische periode nam de zee langzaam bezit van het op dat moment geheel vlakgeërodeerde Ierland. Dit bestond uit een riviervlakte waarin brede, meanderende rivieren langzaam naar het zuiden stroomden. De zee, die zich tijdens het begin van het Carboon over enorme gebieden van westelijk Europa, inclusief Ierland, uitstreckte, was ondiep. Het klimaat was tropisch warm en in de zee leefden onder meer algen en koralen.

Op de afgedekte geologische kaart (dit is de geologische kaart waarvan de Kwartaire afzettingen, zoals de glaciële sedimenten uit het Pleistoceen, de huidige bodems, zijn weggelaten) bestaat meer dan de helft van het gehele oppervlak van Ierland uit sedimenten die dateren uit het Dinantien (Onder-Carboon). De onderste afzettingen van het Onder-Carboon (voornamelijk van Tournaisien-ouderdom) bestaan o.a. in Zuid-Munster (Zuid-west-Ierland) uit zg. *Carboniferous Slates* (Carbonische Leisteen) in Culm-faciës (kleig-zandig).

Elders in Ierland werd gelijktijdig al kalk afgezet: de *Carboniferous Limestone*. Deze bestaat veelal uit dikke lagen nagenoeg zuivere kalk, er komen vele kalkriffen in voor. De afzetting van de Carbo-

niferous Limestone overheerste in het Viséén. In de loop van de rond 15 miljoen jaar dat de Carbonische zee bestond werd een kalksteenformatie van meer dan een kilometer dikte gevormd. De kalksteen bevat op veel plaatsen fossielen van algen, koralen, bryozoën, crinoiden, brachiopoden, gastropoden, tweekleppige schelpdieren en enkele trilobieten. (Deze fossielen worden uitgebreider beschreven in het artikel "Fossielen zoeken in het Ierse Carboon". Red.)

Voorbeelden van Ondercarbonische kalksteen:

De Ben Bulbin ten noorden van Sligo is een fraaie tafelberg, waarvan de top met zijn imposante steilwanden uit Carbonische kalk bestaat. Afb. 7 en afb. 22.

Een karrenoppervlak, de typerende verweringsvorm van een kalksteenformatie, is prachtig te zien in The Burren van noordelijk Co. Clare. Afb. 8. Ook hier bevatten de kalken veel fossielen van verschillende koraal- en brachiopodesoorten.

Het Namurien (Boven-Carboon) wordt veelal gekarakteriseerd door de *Millstone Grit*, een afzetting die uit conglomeratisch-zandige tot kleiige componenten bestaat. Hierin komen plaatselijk al koollaagjes voor. Voorbeelden:

In de kuststroken van Co. Clare en Co. Limerick komt de *Millstone Grit* over grote oppervlakken voor. De afzettingen zijn voornamelijk zandig.

Beroemd zijn de steile Cliffs of Moher aan de kust van Co. Clare: loodrechte rotsen die bestaan uit een regelmatige afwisseling van zandsteen- en leisteenlagen van de *Millstone Grit*, die een fraai horizontale ligging vertonen. Afb. 9. In de zachte modder van de Carbonische zee hebben massale aantallen wormen rondgekrioeld; enorme aantallen sporen van deze wormen zijn in het nu tot zandsteenplaten (*flagstones*) verharde gesteente terug te vinden. Afb. 10.

De echte steenkooltijd viel in het Westfalen en Stephanien. Toen maakte Ierland deel uit van een honderden kilometers brede en duizenden kilometers lange kustvlakte, die zich uitstreckte tot ver in Rusland. Deze vlakte werd soms overstroomd door de zee, soms viel hij droog en stroomden rivieren over deze wadvlakte. Tijdens de droge tot zoetwaterperiodes groeide er een uitbundig woud, waarvan de afvalprodukten, bedekt door zand en kleilagen, in later tijd werden omgezet tot steenkoollagen. Van de afzettingen uit het Westfalen, de *Coal Measures*, die oorspronkelijk zeer grote delen van Ierland bedekten, is weinig meer over. Het overgrote gedeelte van de steenkoolhoudende formaties is verdwenen door verwerking en erosie. Er zijn in Ierland helaas slechts enkele kleine steenkoolbekkens bewaard gebleven.

Ondanks de grote uitgestektheid die de Carbonische formaties op de afgedekte geologische kaart innemen zijn ontsluitingen van



Afb. 10. Wormsporen langs de paden bovenop de Cliffs of Moher. Ze zitten in de zandig-kleiige *flagstones* van de *Millstone Grit*.



Afb. 11. De witte kalklagen uit het Krijt werden bedekt door een donker bazaltdek. De bazalt heeft de zachte Krijtlagen tegen erosie beschermd. Gezien vanaf het westen (weg naar Portrush).

deze formaties toch vrij schaars. Dit komt door de uitgebreide glaciale en fluvio-glaciale afzettingen uit het Pleistoceen. Een uitzondering vormt de Rock of Cashel in Co. Tipperary. Hier vertonen de horizontaal liggende Ondercarbonische kalksteenlagen een opvallende, steile opwelling, die door de glaciale bedekking heen steekt. Zie afb. 17 A.

De Variscische plooiingsfase

De mate van verplooiing die de Ierse gesteenteseries tijdens de Variscische gebergtevormende fase hebben ondergaan verschilt sterk. Het zuidwesten van Ierland, het gebied van County Cork en het zuiden van Co. Kerry, vertoont een vrij sterke plooiing, vergelijkbaar met de plooiing in de gesteenten langs de Maas in België; noordelijker is de aardkorst in grote golven opgewelfd.

In de zuidelijke helft van Ierland komen ten noorden van de sterk geplooiide zone van Co.'s Cork en Kerry op een aantal plaatsen Devoon en Siluur uit de Carbonische formaties te voorschijn. Deze gesteenten komen aan de dag omdat er onder invloed van de Variscische bewegingen grote opwellingen in de aardkorst zijn ontstaan. Deze opwellingen vormden grote heuvels in het landschap. Door ververing en erosie van de hogere delen van deze heuvels kwamen de oudere gesteenteformaties onder het Carboon te voorschijn. Voorbeelden zijn onder meer de Slieve Aughty Mountains en de Slieve Bernagh in County Clare en de verder oostelijk gelegen Slieve Bloom Mountains.

Verder noordelijk zijn lokaal nog fraaie plooiingen in de gesteenten te zien, zoals aan de kust bij Loughshinny ten noorden van Dublin.

Mesozoïcum, Tertiair

Gesteenten uit de perioden tussen het Carboon en het Pleistoceen komen in Ierland vrijwel niet voor. Enkele formaties zijn vertegenwoordigd rond de grote Tertiaire bazaltpakketten van Antrim in Noord-Ierland.

Een dunne laag van de bekende witte Krijtkalken ligt onder de dikke bazaltlava van Antrim. Het gesteente werd daar als het ware beschermd tegen de erosie door het erop liggende lavapakket. Afb. 11. Onder de Krijtlagen zijn hier en daar geïsoleerde stroken Jura-gesteenten (schalies uit de Lias) ontsloten. Verder

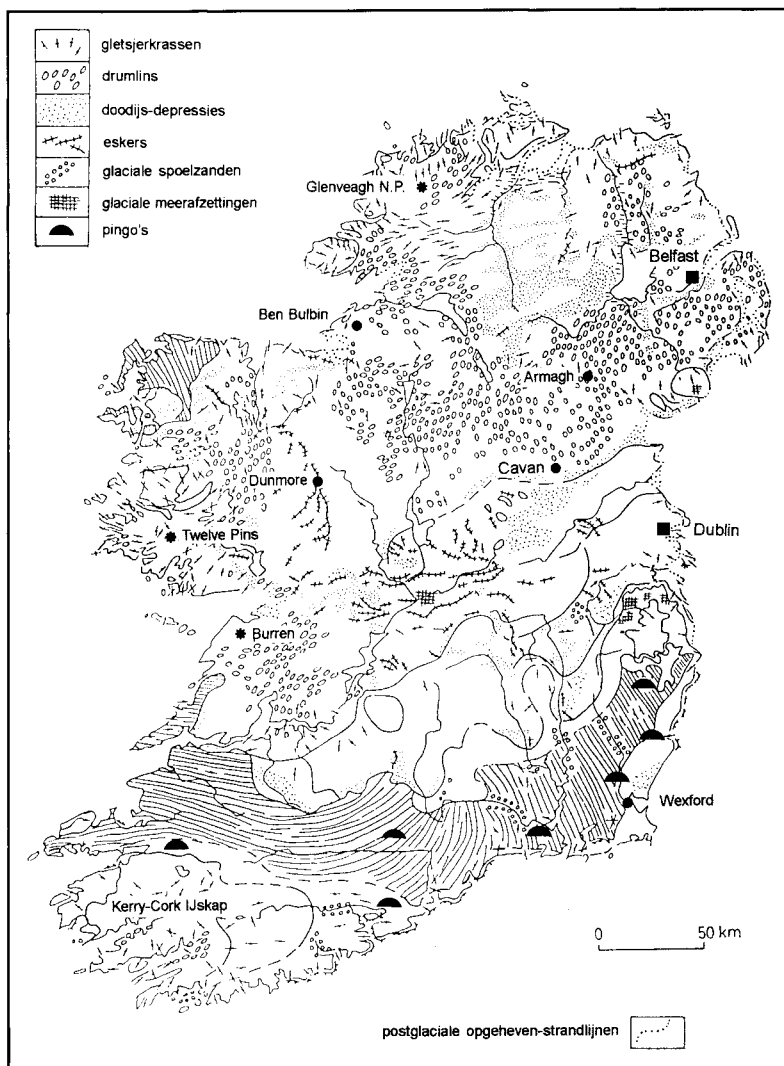
zijn er uit het Mesozoïcum met name in de buurt van Belfast nog roodgekleurde zandsteen- en mergel-formaties uit de Trias aanwezig.

Kwartair

De voornaamste landschapsvormen van het huidige Ierland zijn ontstaan door de invloed van de processen die optraden tijdens de koudeperiodes (glacialen) van het eerste tijdvak van het Kwartair: het Pleistoceen. Het Pleistoceen wordt ook wel de *Ijstijd* genoemd. Tijdens een glaciale periode heerste er op grote gedeelten van vooral het Noordelijk Halfrond een poolklimaat. Er ontstonden uitgestrekte ijs- en gletsjermassa's, die enorme afmetingen bereikten en verscheidene kilometers dik werden. Dit zogenoemde continentale

landschapsdek heeft vele miljoenen km² van het landoppervlak van Noord-Amerika, Europa en Azië bedekt.

De ijsslaag die noordwestelijk Europa heeft bedekt had zijn oorsprong in Scandinavië; het centrum van waaruit het ijs zich verspreidde lag op een plaats waar nu de noordelijke punt van de Botnische Golf is. Daarnaast waren er een aantal lokale centra



Afb. 12. Kwartaire afzettingen en landschapsvormen.

vanwaar het ijs zich uitbreidde, bv. de Schotse Hooglanden, noordelijk Ierland, de Pyreneeën, Alpen, Sierra Nevada. De ijskap van de Schotse Hooglanden en die van Ierland vormden samen met de grote Scandinavische landijskap één enorme ijsmassa.

Ierland heeft de invloed van een drietal koudeperiodes ondergaan. Van de eerste zijn slechts weinig sporen achtergebleven. De laatste twee glaciële perioden, het Saale en het Weichsel, worden in Ierland respectievelijk aangeduid met Munsterian en Midlandian. Tijdens het Munsterian werd geheel Ierland bedekt door een ijskap, in het Midlandian waarschijnlijk eveneens.

Het Midlandian Glaciaal, het laatste van de drie glacials in Ierland, begon rond 70.000 jaar geleden. In eerste instantie viel Ierland in de boreale tot arctische klimaatzone, het ijs zelf breidde zich pas rond 26.000 jaar geleden over Ierland uit. Het hoge gebied van de County's Cork en Kerry had zijn eigen accumulatiecentrum, dat van lieverlee in contact kwam met de grote ijskap. Vanaf rond 15.000 jaar geleden groeide het ijs niet verder aan, de beweging van de ijskap stagneerde en de afsmelting begon.

Een aantal algemene onderwerpen die te maken hebben met gletsjers en hun gevolgen zijn een aparte beschrijving waard.

Gletsjers en hun gevolgen: erosie, landschapsvormen en afzettingen

De gletsjers

Gletsjers zijn massa's van ijs die onder hun eigen gewicht van een helling omlaag stromen of zich bewegen in de richting van het dunner worden van de ijslaag. De kracht die de beweging van het ijs aandrijft is dus de zwaartekracht.

Een gletsjer wordt gevoed door een *sneeuwveld* en vertegenwoordigt de afvoer van dit sneeuwveld, voor zover de sneeuw niet verdwijnt door smelten en verdampen.

Bij een gletsjer die door een bergdal naar beneden stroomt, de zogenaamde *dalgletsjer*, worden onderscheiden het opvang- of accumulatiebekken (het sneeuw- of firnbekken) en het afvoergebied, waar het ijs als een tong naar beneden stroomt. Het gletsjerijs komt daarmee terecht op lagere hoogten en zal daar smelten en verdampen. Het verdwijnen van het ijs wordt *ablatie* genoemd. De grens tussen firnbekken en gletsjertong ligt vaak enkele honderden meters lager dan de sneeuwgrens. De grens is te zien aan het kleurverschil: het firnbekken is wit, de gletsjer grijs tot blauwig en op het gletsjerijs zijn stenen en steengruis te zien. De sneeuwlaag in het firnbekken beweegt voor het grootste gedeelte met de gletsjertong mee, behalve langs de randen van het firnbekken, waar de sneeuw vastgevroren zit op de rotswanden. Tussen de vastzittende sneeuw en de bewegende sneeuw ontstaat een scheur, de *Bergschrund* (randkloof); deze is in de zomer zichtbaar, 's winters is hij bedekt door vers gevallen sneeuw.

Er zijn enkele belangrijke typen van gletsjers.

- De gletsjer die in een bergdal omlaag stroomt is de *dalgletsjer*. Hij kan worden gevoed door één of meer firnbekken. In het laatste geval spreekt men van een samengestelde gletsjer; vaak vertoont deze duidelijke banden van gesteentepuin midden op de gletsjer. De *dalgletsjer* wordt ook wel Alpine gletsjer genoemd.
- Een variant van de *dalgletsjer* is een gletsjer van veelal geringe afmetingen, die zich bevindt in een nis of depressie in een berg-helling: de *cirque- of kaargletsjer*. De *cirque* of kaarnis is een bekende landschapsvorm in veel gebergtestreken waar tijdens het Pleistoceen gletsjers bestonden. Vele scherpe bergkammen zijn ontstaan doordat er zich aan beide zijden rijen kaargletsjers bevonden. Een dergelijke scherpe graat heet een *arête*; een berg die rondom gemodelleerd is door verscheidene cirque-gletsjers is een *kaarling* of *nissenberg*, ofwel een *glacial horn*. Het bekende voorbeeld is de Matterhorn.
- Een *ijskap* bestaat uit een uitgestrekt firnplateau, dat zijn afvoer heeft door verscheidene gletsjertongen die naar verschillende

zijden van het plateau afstromen. Voorbeelden van ijskappen zijn er onder meer in Noorwegen en op IJsland.

- Daarnaast wordt onderscheiden het - continentale - *ijsdek* of *landijs*, in wezen een ijskap van continentale afmetingen. Voorbeelden zijn Antarctica en Groenland.

Zowel ijskap als landijs stromen onafhankelijk van de onderliggende topografie. De stromingsrichting wordt bepaald door de dikteverschillen van de ijslaag: de stroming gaat in de richting waarin het ijs dunner wordt en kan dus zelfs helling-opwaarts gaan. Zo kan het Groenlandse ijs stromen van het binnenland, dat gedeeltelijk onder het zeeniveau ligt, over de passen in de gebergtegordels langs de rand van Groenland, die tot op 1800 m hoogte liggen. Op dezelfde wijze stroomde het Scandinavische landijs tijdens de Pleistocene IJstijd vanuit de Botnische Golf over het Caledonisch gebergte van Noorwegen heen naar de Noorse westkust.

Gletsjererosie

Een gletsjer is de meest effectieve eroderende kracht die er op aarde bestaat. Het voortschuivende ijs duwt al het losse materiaal van het aardoppervlak rigoreus weg, zoals: de bodem met de begroeiing, de losse stukken gesteente die door de verwerking uit de vaste rotsformaties waren ontstaan, alsmede het verweerde gesteente en zelfs een gedeelte van de niet verweerde, verse gesteenten. Het ijs laat een kaal, glad tot gepolijst rotsoppervlak achter, dat vaak evenwijdig lopende groeven en krassen vertoont: *gletsjerkrassen*.

Het ijs vervoert enorme massa's puin. Dit puin wordt aan de rand gedumpt, ook blijft er materiaal onder het ijs achter. Verdwijnt het ijs dan blijft dit afgezette materiaal achter; dit zijn glaciële afzettingen. Al naar de plaats waar het materiaal wordt achtergelaten wordt gesproken van *eindmorene*, *grondmorene* (onder het ijs afgezet), *zijmorene*, enz.

De gletsjer toont weinig consideratie met het materiaal dat hij afzet: het allerfijnst gewreven 'gesteentemeel' wordt tezamen met huizengrote brokken en fragmenten in alle tussenliggende afmetingen door elkaar neergegoot. Deze zeer rommelige afzetting is de *till* of *keileem*.

De gletsjer laat het aan water en wind over om het glaciële materiaal te sorteren en verder te transporteren.

Het proces van gletsjererosie kan op het ogenblik worden bekeken in de hooggebergten, bijv. in de Alpen.

In Ierland vinden wij op vele plaatsen op imposante schaal sporen terug van de vroegere gletsjerbedekking. Aan het voorkomen van