

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 glacialen 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 zogenoemde *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 bergstreken 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



Afb. 13. Loch Veagh vanaf Glenveagh Castle (Donegal). Rechts de Derryveagh Mts, aan het eind van het meer een U-vormig dal. Een typisch glaciaal dal, bepaald door de ZW - NO verlopende Caledonische plooiërchtting.

glaciale erosievormen van de vaste gesteenteformaties en glaciale afzettingen en aan de landschapsvormen kan worden afgeleid, dat vele gebieden die nu geen ijs-velden kennen tijdens de glaciale perioden van het Pleistoceen met ijs bedekt zijn geweest.

Glaciale landschapsvormen

Een grote ijskap die een landoppervlak bedekt zal dit afschaven tot op de harde rotsbodem. Het landoppervlak krijgt een golvend karakter: harde gesteenten steken als afgeronde bulten omhoog, zachte formaties worden tot grote diepte uitgeslepen.

Een gletsjer die door een rivierdal omlaag stroomt zal dit dal sterk van vorm veranderen. Het 'karakteristieke' V-vormige rivierdal dat vrij steile, rechte hellingen vertoont zal, naast verdiept, vooral sterk verbreed worden en de typerende U-vorm krijgen. In dwarsprofiel vertonen veel dalen een zg. *kettingprofiel*. Prachtige U-vormige dalen, al of niet met kettingprofiel, zijn er vele in Ierland, onder meer het dal van het Glenveagh National Park in Donegal Co. Afb. 13.

Een rotsbodem waarover een gletsjer heeft gestroomd zal afgeronde vormen vertonen, heuvels van harde gesteenten zullen glad en afgerond worden. Gladgepolijste ronde heuvels zijn onder meer de Twelve Pins van Connemara. Zie afb. 5. Deze heuvels vertonen soms een langgerekte vorm, de lengteas loopt dan evenwijdig met de stroomrichting van het ijs. Eén zijde is glad en heeft een

lage helling, de andere zijde kan zeer ruw en steil zijn. Dit is de achterzijde van de bult, waar het ijs stukken van de rots heeft afgerukt. Zo'n heuvel is een *roche moutonnée*.

Een kleine gletsjer, die tegen een rotswand aan blijft zitten, zal deze wand uitslijpen. Hierbij ontstaat een zeer steile nis in een rotswand, waarvan het hogere gedeelte zeer steil en vaak vertikaal is. Aan de onderzijde van deze *kaarnis* of *cirque* is vaak een depressie gevormd en is vaak een wal aanwezig van morenemateriaal. Achter deze wal kan water blijven staan en zo vormt zich in deze kaarnis een *kaarmeertje*. Een schoolvoorbeeld van een kaarnis met een - drooggelopen - meertje zien wij in Gleniff Horseshoe in het Ben Bulbin-gebied. Afb. 14.



Afb. 14. Corrie of kaarnis in de Gleniff Horseshoe in het Ben Bulbin-gebied. Een riviertje slijpt een V-vormig dal uit in de steile niswand; boven de bomen links is een morenewal te zien, waarachter een drooggevalven meertje ligt. De afvoer hiervan deed een klein dal ontstaan.

Glaciale afzettingen

Als een ijskap of een gletsjer door het warmer wordend klimaat gaat verdwijnen komt onder het zich terugtrekkende ijs de rotsbodem te voorschijn, die hetzij volkomen kaalgeschaafd is, hetzij bezaaid is met een enorme massa keien, die verspreid liggen in zand met grind en klei: de *keileem*. De meeste keien bestaan uit gesteenten die in de wijde omgeving van de vindplaats van een bepaalde kei niet bekend zijn. De gesteentebrokken zijn door het ijs ergens vandaan meegenomen naar de plaats waar het ijs smolt en de steen werd neergelegd. Deze verplaatste keien worden *zwerfstenen* of beter: *glaciale erratica* genoemd. Uit de typen van de erratica kan men afleiden hoe het ijs is gestroomd.

Drumlins

Eén van de glaciale landschapsvormen betreft een onregelmatig en bultig landschap.

Afb. 15. Knocknarea bij de Sligo Bay, ten westen van Sligo. In het midden, boven de bossages, een drumlin-landschap. In de stenen van de muurtjes zijn vaak mooie koralen te zien.



Hierin komen zeer karakteristieke, afgeronde bulten van morenemateriaal voor. Deze ovale bulten, die verscheidene tientallen meters tot enkele honderden meters in lengte zijn en een tiental meters hoog, hebben een fraai afgeronde stroomlijnform. Dit zijn *drumlins*, ontstaan door de beweging van het ijs over zijn eigen afzettingen, dus over de grondmorene. Hun lengteas komt overeen met de richting van de ijsbeweging. Afb. 12 en 15.

Drumlins komen vaak in zwermen voor; dit landoppervlak noemt men een *eggs-in-a-basket landscape*. Grote delen van Ierland, met hun dikke afzettingen van glaciaal materiaal, tonen dit fraaie landschapstype. De drumlins steken meestal boven de moerassen uit, het zijn vaak de enige plaatsen waar cultivatie van de grond mogelijk is en waar men een huis kan bouwen.

Een **pingo** is een vorstheuvel, bestaande uit een ijskern onder een mantel van los materiaal, die gevoed wordt door grondwater in een permafrost milieu. Bij het afsmelten treedt omkering van het reliëf op en ontstaat een **pingoruïne**. Deze is vaak met veen gevuld. Pingo's komen o.a. voor in het Wicklow District.

Fluvio-glaciale afzettingen

Veel materiaal dat door de gletsjer wordt aangevoerd en neergelegd, wordt beïnvloed door het smeltwater van de gletsjer zelf. Veel morenemateriaal wordt door het water uitgespoeld en bewerkt. Vaak is het moeilijk om een onderscheid te maken tussen afzettingen die alleen door de gletsjer werden gevormd en die welke ook door water werden beïnvloed.

Eskers

Waterstromen die onder het ijs lopen vormen een tunnel in het ijs. In de bedding van de onder het ijs stromende beek wordt sediment afgezet, veelal grof zand en grind. Door de sedimentatie op de bodem van de smeltwaterstroom komt het water op een steeds hoger niveau te stromen. Door de stroming wordt het ijs geërodeerd. In de loop van de tijd kunnen zich zo onder het ijs vele meters tot tientallen meters hoge en brede ruggen van sediment vormen. Als het ijs verdwijnt komen er van deze, soms vele tientallen kilometers lange, fluvio-glaciale afzettingen te voorschijn. De ruggen kunnen een slingerend patroon hebben doordat de onder het ijs stromende beek een meanderende loop had. Deze ruggen worden *eskers* genoemd. Ook eskers kunnen in zwermen voorkomen. Afb. 12.

Deze zandruggen vormden in vroeger tijden in Ierland vaak de enige mogelijkheid voor transport door de omringende laaggelegen, moerassige gebieden. Er zijn dan ook veel wegen op aangelegd.

Doodijsgaten (*kettle holes*) ontstaan doordat stukken ijs van de tong van een gletsjer losraken. Als deze ijsmassa's bedekt zijn met een dikke laag puin, zal het ijs door de isolerende werking van de puinlaag slechts langzaam afsmelten. Deze brokken ijs smelten langzaam weg, de puinbedekking zakt in en vormt als het ijs verdwenen is een kuil. Hierin ontstonden soms meertjes.

Post-glaciale landschapontwikkeling

Onder het zich terugtrekkende ijs komt de rotsbodemplak te voorschijn, die bezaaid kan zijn met een enorme massa keien en door zandlagen bedekt: dit is het materiaal dat de gletsjer zelf met zich mee voerde. Op een enkele plaats, in depressies tussen de rotsen, kan nog een weinig van de oorspronkelijke bodemplak achtergebleven zijn. Een dergelijk landoppervlak is weinig bruikbaar voor cultivatie.

Vele glaciale en fluvio-glaciale sedimenten bestaan voor een groot gedeelte uit grof zand en grind, deze gronden kunnen niet uit door hoge vruchtbaarheid. Een bijkomend punt is, dat de IJstijd slechts relatief korte tijd achter ons ligt. Vooral in de rotsachtige en koudere gebieden is de periode van slechts enkele duizenden jaren die verstreken is sinds het ijs verdween, nauwelijks voldoende geweest om op de glaciale en fluvio-glaciale gronden bruikbare bodems te vormen.

Behalve de vruchtbare bodems, die zijn gevormd op sedimenten in vroegere meren langs de rand van een landijsmassa en op die van kustvlakten, is het glaciale landschap, zoals we dit nu tegenkomen over grote oppervlakken van de noordelijke continenten, niet geschikt voor een intensief landbouwgebruik.

Een ander aspect van een landschap dat 'kort' geleden onder een ijsbedekking vandaan is gekomen en dat zich zodoende in een eerste stadium van vorming bevindt, is een zeer onregelmatig rivierstelsel met veel meertjes, watervallen en rivierlopen, die weinig systematisch verlopen. Depressies die door het ijs werden uitgeschuurd vullen zich met water. Ondiepe meren geven aanleiding tot een uitgebreide veenvorming. Zo ontstaat een landschap van moerassen, waarin op hogere gedeelten, de drumlins en eskers, op beperkte schaal landbouw mogelijk is.

Opgeheven strandlijnen (*raised beaches*), zowel van vroegere meren langs de ijsrand als van de verschillen in zeeniveau ten opzichte van het land, zijn op veel plaatsen zichtbaar. Fraai zijn de strandlijnen van de Burren langs de Galway Bay.

In Ierland zijn overal nog de sporen van de ijsbedekking in het landschap te zien: afgeronde bergen, U-vormige dalen, bultige landschappen en vele meertjes. Allemaal zijn het producten van de slijpende werking van het ijs. Zie afb. 12.

Landschapsvormen als doodijsgaten (*kettle holes*) en eskers zijn typerend voor de structuren van smeltende massa's ijs. Een fraaie esker is ontwikkeld ten noordoosten van **Dunmore** in Co. Galway. Behalve de reeds genoemde, herinneren nog vele andere landschapsvormen in Ierland aan de IJstijd: cirques en corrie-meren komen veel voor.

Gletsjerklassen komen voor ten noordoosten van de Mullagh More in de Burren in County Clare; resten van *pingo's* zijn te vinden in Co. Wexford; *drumlins* zijn wijdverspreid in Co. Clare en Co.'s Armagh tot Cavan. Vele veengebieden, de *bogs*, zijn de verlande overblijfselen van de talloze meren die de post-glaciale topografie beheersten.

Ierland na het ijs

Het onder het ijs uitkomende landschap wordt door de plantenwereld veroverd. Een opmerkelijke ontwikkeling heeft plaatsgevonden op de Ben Bulbin in Co. Sligo, waar tot op de dag van vandaag

een arctisch-alpine plantengemeenschap aanwezig is, die zich in eerste instantie heeft ontwikkeld op een bergtop die geheel door het ijs was omsloten (een *nunatak*).

De periode van klimaatsverbetering met de langzame afsmelting van het ijs werd echter onderbroken door een korte periode van hevige koude, die duurde van 10.500 tot 10.000 jaar geleden. Het ijs breidde zich weer uit, waarbij zich veel kleine gletsjers hebben gevormd. Deze kleine gletsjers lagen vaak tegen berghellingen en hierdoor ontstonden zeer steile, diep uitgeslepen nissen. De karakteristieke typelokaliteit van de 'opruk'-periode van het ijs is een cirque (in Ierland een *corrie* genoemd) in de Wicklow Mountains: **Lough Nahanagan**, ten westen van Wicklow. Dit is een cirquemeer dat achter een morenewal is gevormd. Nu is het de plaats van een moderne waterkrachtinstallatie; deze heeft twee reservoirs, waarvan het bovenste gevuld wordt vanuit het onderste tijdens uren dat er een overschot aan elektrische stroom beschikbaar is.

Ierland was vóór deze koudeperiode vrij sterk bebost. Eén van de beroemdste grote dieren die toen in Ierland leefden was het reuzenhert, met zijn 5 meter brede gewei. Het reuzenhert heeft deze koudeperiode niet overleefd, het stierf uit. Het rendier dat er toen voorkwam heeft deze koude wel doorstaan, doch is later toch ook uit Ierland verdwenen.

Flora en fauna

Zo'n 10.000 jaar geleden trad er een definitieve verbetering van het klimaat op. Dit is de grens tussen Pleistoceen en Holoceen, die internationaal is vastgelegd. (10.000 jaar B.P. = Before Present, het jaar 1950).

Er ontstonden berken-jeneverbesbossen. Later, zo'n 8500 jaar geleden, werd daar ook nog de hazelaar aan toegevoegd. Het voorkomen van de hazelaar is een aanwijzing dat de koudeperiode op dat moment volledig was afgesloten. De analyse van pollenkorrels (= stuifmeel) uit een veen bij Littleton in Co. Tipperary leidde tot deze gegevens. In Ierland wordt deze periode dan ook aangeduid als het Littletonian; de internationale aanduiding hiervoor is het Flandrien.

De volgende 5.000 jaar is er sprake van een natuurlijke ontwikkeling van het bos. Behalve de jeneverbes, berk en hazelaar groeiden nu ook de den, iep en eik. Het bos was ondoordringbaar door de dichte ondergroei. Er kwamen edelherten, everzwijnen en beren voor. Behalve deze grote zoogdieren bevolkten ook de wolf, vos, hermelijn, wezel, eekhoorn en boomarter deze dichte bossen.

Aanvankelijk lag de zeespiegel lager dan het huidige peil en was Ierland nog niet door het water van Engeland afgesneden. Met het warmer worden van het klimaat steeg de zeespiegel en werd Ierland een eiland. Hierdoor werd het voor vele soorten planten en dieren moeilijk om zich er te vestigen. De soortenrijkdom van Ierland is dan ook belangrijk minder dan die van Engeland. Het klimaat was niet alleen warmer, maar door een hogere regenval ook vochtiger. Vele meren verlandden door veenvorming, de toenemende vochtigheid deed de grondwaterspiegel stijgen en in vele gebieden, die tot dan toe een woudbedekking hadden, verdroog het bos. Er heersten nu ideale omstandigheden voor veenmosgroei.

Rond 5.000 B.P. wordt de invloed van de mens duidelijk weerspiegeld in de fossiele pollengemeenschappen: de iep verdween in



Afb. 16. Profiel door 8000 jaar veenafzetting. Op de bodem: fluvio-glaciaal zand. Tegen de wand oude boomwortels (kienhout) uit het vroegere bos, dat toen het klimaat natter werd verdronk. De wand is een mechanisch afgegraven, tot 8 meter hoog turf-pakket. Bovenop: sparrebomen van de recente aanplant. *Connemara*, omgeving Tievebaum.

snel tempo, terwijl adelaarsvaren en weegbree (o.a. smalle weegbree, *Plantago lanceolata*) verschenen. Van toen af was de invloed van de mens overheersend.

Goed gedraineerde gronden vormden de eerste plaatsen waar de mens landbouw ging bedrijven en daarvoor werden de bomen gekapt, met name de iep. Door de nomadische leefwijze van de eerste landbouwers werden stukken bouwland weer verlaten. Toch keerde de iep veelal niet terug, maar werd de hazelaar de meest voorkomende struik in deze door de natuur teruggewonnen gebieden.

Rond 2.350 B.P. trad er een klimaats-

verandering op. Deze datum markeert de overgang van het drogere en warmere klimaat van de Subboreale periode naar de koelere en nattere Subatlantische fase. Een belangrijke ontwikkeling is de uitbreiding van de *blanket-bogs*, of *spreihoogvenen*.

De blanket-bog, die het gehele landoppervlak, de hellingen en de heuveltoppen bedekt, ontwikkelde zich uitstekend op de verlaten stukken gecultiveerd land. De gebruikte landbouwmethodes waren hier debet aan: podzolvorming werd in de hand gewerkt door het ploegen. De slechte drainage en het natte klimaat werkten tevens mee, want nieuwe bosvorming werd door deze omstandigheden sterk geremd.

In de eerste jaren van deze periode van het Subboreaal tot het Subatlanticum hebben de iep en de es zich toch enigszins weten te herstellen. Een herstel dat echter rond het jaar 300 abrupt werd afgebroken. Dat jaar markeert een belangrijke verandering in Ierland. De bevolking nam aanzienlijk toe, mede doordat er sterk verbeterde landbouwmethoden doorgevoerd werden, die gebaseerd waren op de kennis van de Romeinen. Ook kwamen in deze tijd, waarin de macht van Rome taande, veel slaven naar Ierland terug. Deze periode markeert ook het begin van een intensieve ontbossing, die doorging tot in de 18de eeuw en waardoor Ierland in feite geheel ontbost werd.

Daarna begon een periode van boomaanplant, voornamelijk door de grootgrondbezitters, wie het *typical naked, bleak, reary view* vanuit de grote ramen van hun kastelen ging tegenstaan. Deze overigens zeer plaatselijke 'herbebossing' geeft een zeer grote variatie te zien: er werden vele uitheemse soorten bomen en planten aangeplant. Enkele tuinen van de grote buitenverblijven zijn heden ten dage wereldberoemd.

In het midden van de vorige eeuw bestond 3 % van Ierland weer uit bos. Rond 1920 is echter door de politieke onrust tijdens de laatste decennia van de 19de en het begin van de 20ste eeuw het overgrote gedeelte hiervan weer gekapt.

Dank zij een intensieve herbebossingscampagne is in recente tijd het aandeel aan bos weer gestegen, maar het is nog altijd bepaald geen hoog getal vergeleken bij het wereldgemiddelde. Daarnaast is twijfel over de wijze waarop het herbebossingsprogramma wordt uitgevoerd gerechtvaardigd. Men plant uitsluitend naaldbomen en deze worden dwars door en over alles heen gezet. Daarbij bekommert men zich niet om het landschapsbeeld, de bodemgesteldheid (veel moerassige gronden, waarop deze coniferen slecht gedijen) en de natuurlijke vegetatie. Afb. 16.