
Enkele markante punten op een geologische Polen-reis

door René Fraaye
en Wim de Vries

A. Het Poolse landschap ten westen van Warszawa

In het landschap tussen de Pools-Duitse grens en Poznan zijn veel glaciële vormen herkenbaar. Zo zien we een bultig landschap met veel kleine meertjes en vennetjes, waarin lage heuvels liggen die enkele tientallen meters lang en een tiental meter hoog zijn: de drumlins. Op veel plaatsen zien we de glaciële erratica (zwerfstenen) liggen, veelal bestaande uit kristallijne gesteenten, zoals graniet of gneis, afkomstig van het Precambrische schild van Scandinavië. Zij liggen vaak langs de randen van de akkers waar ze door de boeren neergelegd zijn. Wie bij Konin de brug over de Warta overgaat heeft al een tijdje door het gebied van de grote rivierdalen gereden. Daarna strekt zich aan de noordelijke horizon een zeer brede riviervlakte uit waardoor de Warta stroomt. Het dal is zo breed dat de rivier erin verloren gaat. Dit dal is een onderdeel van de grote dalen die uitgeslepen werden door de grote smeltwaterstromen tijdens de nadagen van de IJstijd. Veel van de rivieren waterden af naar het westen, omdat het noorden van Polen nog bedekt was met ijs. Pas toen de Oostzee weer beschikbaar kwam om het water op te vangen ontstonden de noord-zuid gerichte rivierdalen. Deze ontwikkeling verklaart het merkwaardige verloop van vele Poolse rivieren. Vele hebben delen die vrijwel noord-zuid lopen en die dan plotseling met een scherpe hoek ombuigen in een oost-west richting, enzovoort. Daarnaast zijn er brede oost-west dalen waarin slechts kleine beekjes lopen, zoals het dal tussen Konin en Warszawa. In dit dal stroomde eens de Wisla, nu loopt er de Bzura, een zijriviertje van de Warta.

B. Langs de middenloop van de Wisla

De Wisla (Vistula, Weichsel) is met een lengte van 1047 km de langste rivier van Polen. Afb. B-1. In het gebied rond Warszawa is de Wisla een fraai voorbeeld van een meanderende rivier. De dalbodem van het dal van de Wisla is zeer breed, vele kilometers. Langs de randen der huidige meandervlakte zijn vlakke stroken te zien die op een aantal meters boven de vlakte liggen. Deze stroken zijn overgebleven delen van een vroegere, op een hoger niveau liggende meandervlakte. De rivier heeft zich in deze oudere vlakte ingesneden tot op zijn huidige hoogte. De resten van de oudere riviervlakte worden terrassen genoemd. De weg van Warszawa naar Pulawy loopt voor een deel op het terras langs de rand van de huidige riviervlakte en deze vrij steile helling is duidelijk zichtbaar in het terrein. De Wisla heeft een terrassenlandschap gemaakt dat tot 30 km breed is. Deze enorme breedte is te danken aan de grote hoeveelheden smeltwater die de rivier na afloop van de laatste koudeperiode te verwerken kreeg.

Het dal van de Wisla wordt bij Kazimierz belangrijk smaller, de dalwanden zijn daar steiler en er wordt wel gesproken van de gorge van de Wisla. De rivier heeft duidelijk problemen ondervonden met het maken van een dal in de Krijtgesteenten. Waar de San in de Wisla uitstroomt is een uitgestrekt moerasgebied ontstaan doordat de Wisla, zij het op een wat minder spectacu-

laire schaal dan de Rijn met diens doorsnijding door het Rijnleisteengebergte, moeite had met de vorming van deze gorge.

C. Pulawy

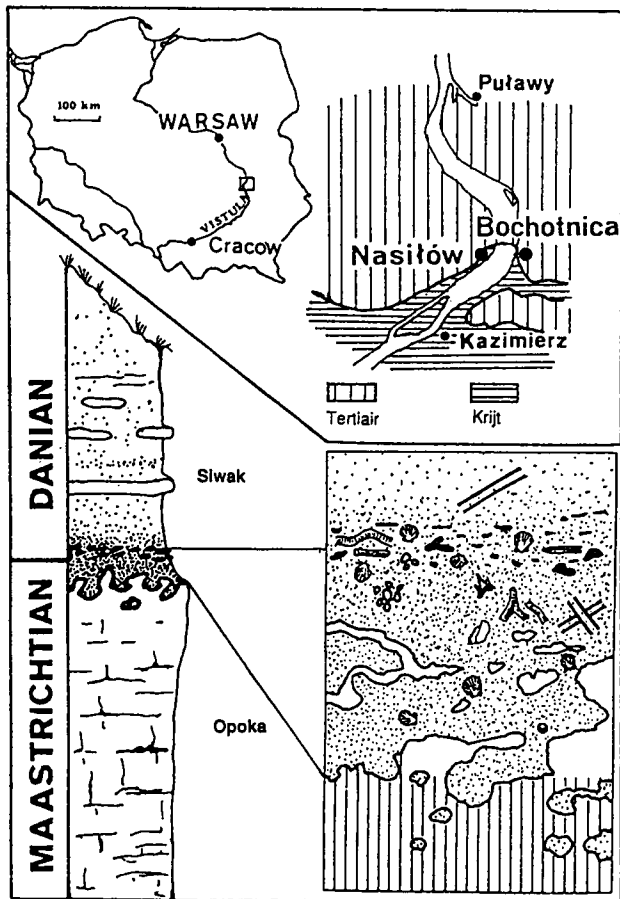
Ongeveer 130 km ten zuid-oosten van Warschau ligt Pulawy (50.000 inwoners) in het noordwestelijk deel van de hoogvlakte van Lublin. Behalve landschappelijk fraai, is dit gebied vruchtbaar en landbouw is dan ook de primaire bron van bestaan. Door de gunstige ligging aan de Wisla is er in Pulawy echter ook veel waterverbruikende chemische industrie (kunstmestfabriek). In de 16de eeuw werd Pulawy gesticht aan een oversteekplaats. Stanislaw Lubomirski liet in 1671 een groot paleis aanleggen, dat ten gevolge van de oorlog tegen Zweden in vlammen opging. In 1736 werd het paleis met bijbehorend park hersteld en uitgebreid door Alexander Czartoryski. In die tijd werd Pulawy met Warschau het middelpunt van het nationale culturele en politieke leven. Het paleis in het park is in aanleg barok, maar diverse verbouwingen hebben een neo-klassiek uiterlijk tot resultaat gehad. Er huizen nu een aantal wetenschappelijke instellingen. In het park van 30 ha, dat naderhand in een meer romantische stijl werd aangelegd, zijn paviljoentjes gebouwd.

D. Kazimierz Dolny

Het 13 km verder stroomopwaarts gelegen Kazimierz Dolny (4.500 inwoners) wordt de 'parel van de Wisla' genoemd. Het behoort tot de mooiste dorpen van Polen. Kazimierz Wielki (de Grote, 1333-1370) stichtte in de eerste helft van de 14de eeuw een burcht op de Wietrzna Góra (Windheuvel). Een legende vertelt dat de vorst een oneraardse gang liet graven van zijn kasteel naar het nabij gelegen Bochnica. Hier bouwde hij een kleinere vesting voor de lieflijke Esterka, de vrouw die hij beminde en die hij daar in het geheim kon ontmoeten. Doordat Kazimierz aan de Wisla lag, waarover belangrijke handelsroutes liepen, groeide de welvaart en bloeide de ambachtskunst. Rond het marktplein staan prachtige huizen in renaissancestijl. Het meest markante stukje bouwkunst zijn de twee Przybylohuizen aan de zuid-oostelijke zijde van het marktplein. Bekend zijn ook de graanpakhuizen langs de Wisla, gebouwd in de 17^e en 18^e eeuw.

Afb. B-1.
Landschap aan de Wisla (Weichsel) bij Kazimierz Dolny.
Foto: P.W. van Olm.





Afb. E-1. De ligging van de groeve van Nasilow aan de Wisla en het profiel van de gesteenteopvolging in de groeve die de grens tussen Krijt en Tertiair bevat. (Naar Machalski en Walaszczyk, 1987)

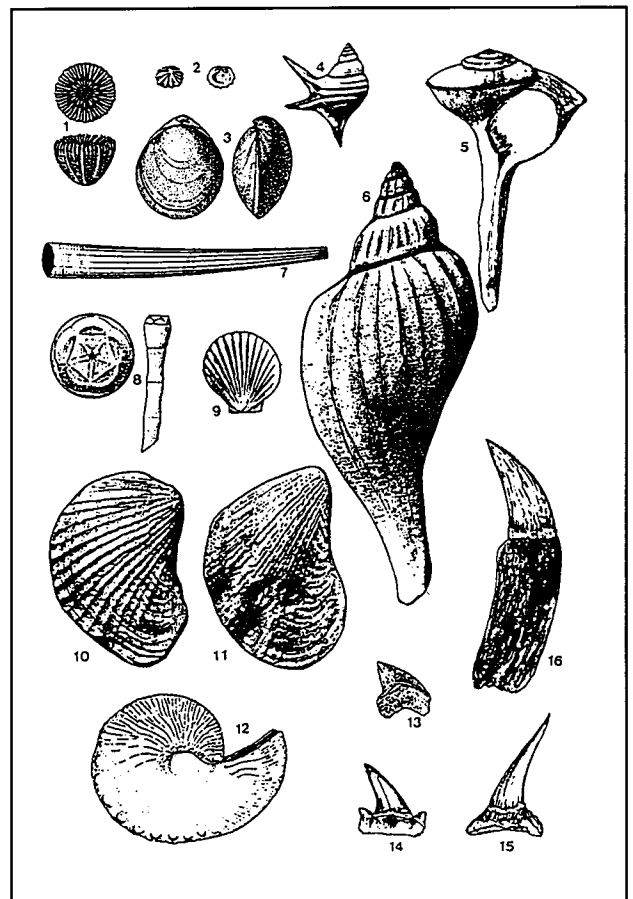
E. De kalksteengroeve van Nasilow

Iets ten noorden van Kazimierz op de westelijke oever van de Wisla ligt het dorpje Nasilow. Hier bevindt zich een groeve waar kalksteen gewonnen werd ten behoeve van de oeeverversterking van de Wisla.

Tot enkele jaren geleden werden na het springen met dynamiet de grote kalksteenbrokken klein gehakt met moker en beitel door ploegen van tussen de 20 en 30 man. Dit leverde enorme hoeveelheden fraaie fossielen op. Tegenwoordig wordt er in de groeve niet meer regelmatig gewerkt en kan het aanbod van fossielen beperkt zijn.

De sectie van Nasilow begint met mergelige kalken die een kleine hoeveelheid kwarts bevatten; de zgn. *Opoka*. Afb. E-1. Er komen veel fossielen voor, zowel van endemische als wereldwijd verspreide soorten. Vermeldenswaard zijn de tot 30 cm grote gastropode *Volutispina kasimiri*, de ammoniet *Scaphites constrictus*, die sexueel dimorfisme vertoont en de dinosauriër *Mosasaurus hoffmanni*. De Duitser Pusch was in 1837 de eerste die van deze plaats fossielen beschreef. Hij vermeldde vier nieuwe soorten gastropoden (slakken) en 13 soorten bivalven (twee-kleppigen). De meest uitgebreide studie van fossielen uit deze streek is die van de Egyptenaar Abdel-Gawad in 1986. Hij beschreef twee soorten scaphopoden (olifantstandjes), 92 soorten gastropoden en 105 soorten bivalven. Het voorkomen van deze soorten duidt op een ondiepe, warme zee met goede fotsche condities en een zeegrasvegetatie.

De top van de *Opoka* bestaat uit een *hardground* vol graafgangen. De J-vormige graafgangen van de krab *Ocypode* sp. duiden op een zeer ondiepe zee; het was een getijdenvlakte. Door deze verandering van het milieu veranderde ook de fauna. Karakteristiek voor deze *hardground* is het veelvuldig voorkomen van de belemniet *Belemnella kazimiroviensis*. De serie met



Afb. E-3. Enkele fossielen van Nasilow.

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1. <i>Trochocyathus</i> sp. | 9. <i>Lyropecten acuteplicatus</i> |
| 2. <i>Isocrania paucicostata</i> | 10. <i>Pholadomia kasimiri</i> |
| 3. <i>Carneithyris carnea</i> | 11. <i>Pholadomia esmarki</i> |
| 4. <i>Aporrhais pyriformis</i> | 12. <i>Scaphites constrictus</i> |
| 5. <i>Tudicla carinata</i> | 13. <i>Squalicorax falcatus</i> (tand) |
| 6. <i>Volutispina kasimiri</i> | 14. <i>Lamna serrata</i> (tand) |
| 7. <i>Dentalium multicostatum</i> | 15. <i>Oxyrhina</i> sp. (tand) |
| 8. <i>Bourgueticrinus</i> sp. | 16. <i>Mosasaurus hoffmanni</i> (tand) |

de vele graafgangen wordt bedekt met een rond 30 cm dikke, zachte laag met een lichtbruinige kleur, die rijk is aan glauconiet en fosfaatknollen. In dit laagje komen onder meer veel haaiantanden en gefosfatiseerde sponzen voor. Dit niveau representeert het laatste deel van het Maastrichtien (Boven-Krijt). Hierop volgt het Boven-Danien (Tertiair). Dit bestaat uit een mergelige kalk die aan de basis glauconietrijk is, de *Siwak*. Tussen de twee laatstgenoemde formaties ligt de grens tussen het Krijt en het Tertiair, deze grens is beroemd wegens het uitsterven van vele organismen, onder meer de grote dinosauriërs (afb. E-1). In de groeve van Nasilow is helaas de grens zelf niet aanwezig. Er is een klein

Afb. E-2. Wand met de Krijt-Tertiairgrens bij Nasilow, bij de Wisla.



en het begin van het Danien door een korte periode van erosie (Hanssen et al., 1989). Afb. E-2.

In deze groeve zijn fossiele vertegenwoordigers gevonden van foraminiferen, sponzen, korallen, bryozoën, zee-egels, zeesterren, slangsterren, zeelelies, scaphopoden, gastropoden, bivalven, ammonieten, belemnieten, nautilussen, vissen, reptielen en landplanten. Afb. E-3 en E-4.

Machalski en Walaszczyk (1987) gaven een overzicht.

F. De kalksteengroeve van Piotrawin

Een andere bekende kalksteengroeve is die van het meer dan 700 jaar oude dorpje Piotrawin. Ook hier wordt de Opoka-kalksteen gewonnen, deze is echter iets ouder dan die van Nasilow: de ouderdom is Laat-

Campanien. De voornaamste fauna-elementen zijn grote, dunwandige beker- en vaasvormige sponzen. Verder komen voor: *Inoceramus*-soorten en andere tweekleppigen, zee-egels en de rechte ammoniet *Baculites* sp. Kijken we naar recente voorkomens van dergelijke fauna-associaties dan komen deze voor in warme zeeën op diepten tussen 100 en 150 meter. De kalksteen van Piotrawin is dus in iets dieper water afgezet dan die van Nasilow. Van oud naar jong toe zien we dus een relatieve afname van de zeediepte.

Veel voorkomend zijn *Inoceramus*-soorten. Deze pasten de 'sneeuwschoen'-strategie toe. Door zich plat en breed te maken konden ze op de zeer zachte zeebodem blijven liggen.

Andere voorkomende bivalven zijn: *Pycnodonte vesiculare*, *Nuculana producta*, *Pholadomya decussata*, *Spondylus dutempleanus* en *Lyropecten campaniensis*. De sponzen hebben doorgaans dikke en lange wortels met erop een langgerekte kelk. Een van de voorkomende sponzen is *Ventriculites* sp.

Zee-egels (onder meer *Echinocorys* sp.) en veel bivalven leefden in het sediment. Al gravende en ploegende filterden zij de voedseldeeltjes uit de zachte zeebodem.

Minder frequent komen ook nog voor: serpuliden, korallen, brachiopoden, ammonieten (*Baculites* sp., *Nostoceras pozaryskii*, *Hoploscaphites* sp., *Acanthoscaphites quadrispinosus*, *Pachydiscus* sp.), nautilussen, belemnieten (*Belemnitella langei*), gastropoden en resten van gewervelde dieren. Afb. F-1.

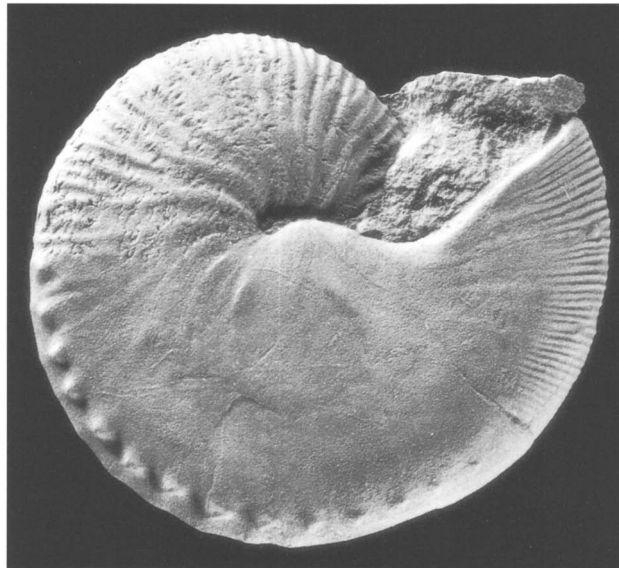
G. Het Heilig Kruis Gebergte

Het Heilig Kruis Gebergte, in het Pools 'Gory Swietokrzyski' is een *must* voor allen die op enige wijze geïnteresseerd zijn in de natuur, in archeologie of geologie.

Het Heilig Kruis Gebergte is een wijds, glooiend heuvel landschap dat bestaat uit een aantal evenwijdig lopende, vrij smalle ruggen waar harde gesteenten het reliëf bepalen. Tussen de ruggen vinden we brede valleien die gevuld zijn met löss; deze dalen hebben hun vorm gedeeltelijk te danken aan de grote smeltwatermassa's. Het hoogste gedeelte van het Heilig Kruis Gebergte is de Lysa Gora met als top de Lysica van 611 meter. Er groeien beuken en sparren; aan dieren vinden we er o.a. reeën, wilde zwijnen, dassen en korhoenders. Hier ligt ook het op drie na grootste natuurreservaat van Polen: het Swiety Krzyz Nationaal Park (6.044 ha).

We vinden er zeer oude gesteenten, onder meer komen er Cambrische formaties van rond de 500 miljoen jaar oud aan de oppervlakte.

Cultureel en toeristisch centrum van het Heilig Kruis Gebergte is



Afb. E-4. *Scaphites constrictus*, een heteromorfe ammoniet uit het Boven-Krijt van Nasilow.

Kielce (135.000 inwoners). Er werd in de 17de en 18de eeuw op bescheiden schaal aan mijnbouw en metaalsmelterij gedaan, maar deze industrietrek is pas na 1945 goed op gang gekomen. Het centrum van Kielce wordt gemarkeerd door het Plac Partyzantow. Hier bevindt zich achter de voorgevels van de nrs. 3 en 5 het natuurhistorisch en geschiedkundig Swietokrzyskie Museum. Ten zuidwesten van het centrum ligt het Plac Zamkowy (Kasteelplein). Hier ligt het prachtige paleisje dat gebouwd werd in 1641. Nu doet het dienst als Nationaal Kunstmuseum. Ook staat hier de kathedraal van Kielce die dateert uit 1635.

Zuidelijk van de ul. Krakowska ligt de Kadzielnia-heuvel, waarvan de top op 295 m hoogte boven zeeniveau ligt. In de heuvel bevindt zich een oude kalk-

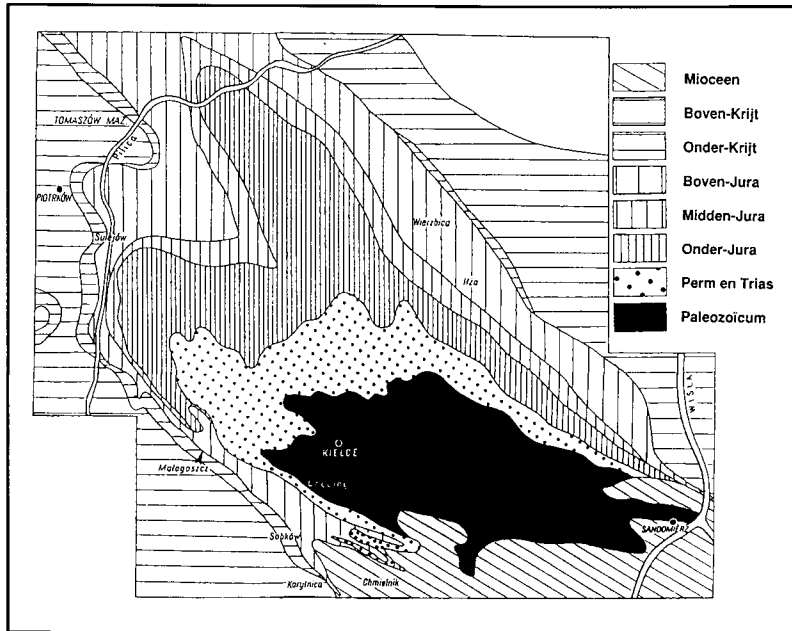
steengroeve. Reeds in de 19de eeuw zijn uit deze omgeving door Duitse, Poolse en Russische geologen fossielen beschreven.

Het Heilig Kruis Gebergte behoort tot het zuidelijke deel van de Deens-Poolse Trog. Een periode van opheffing, die plaats vond in het Oligoceen (Tertiair) na de zeer lange periode van een algemene dalende beweging, heeft tot blootlegging door verwerking en erosie van de Paleozoïsche kern van dit gebergte geleid. De belangrijkste opheffingen vonden plaats in de zogenoemde 'Circum-Karpatische Zone'. Deze opheffing staat in verband met de opheffende beweging van het zich vormende Karpatengebergte; tussen deze twee oprijzende gedeelten van de aardkorst ontstond als reactie een dalende trog: de 'Voor-Karpaten Depressie'. Deze opheffing van de 'Circum-Karpatische Zone' had de vorming van de heuvelgebieden van zuidelijke Polen tot gevolg.

De Paleozoïsche kern van het Heilig Kruis Gebergte is omgeven door een brede zoom van Mesozoïsche sedimenten. Afb. G-1. Er zijn veel kalksteenformaties uit Jura en Krijt, waarin zich verscheidene grote groeven bevinden; de meeste produceren cement. Direct na de Tsjernobyl-catastrofe werd hier de cement-



Afb. F-1. Sulejow: oude kalkbranderij, ca. 15 km ten zuiden van Piotrawin. Foto: P.W. van Olm.



Afb. G-1. Schematische geologische kaart van de omgeving van het Heilig Kruis Gebergte.

en dalen in gesteenten van Mesozoïsche ouderdom, voornamelijk Trias en Jura. De vrij zwak hellende formaties vormen heuvels die aan een zijde door steile(re) wanden zijn begrensd, het is een *cuesta*-landschap.

Zelf staan we op de zuidelijkste Paleozoïsche heuvelrug. Afb. H-1. Onder de ruïne dagzomen kalken met een Devonische ouderdom (Givetien-Frasnien). We zien de volgende gesteente-opeenvolging:

Boven:

- dikbankige micritische kalksteen (12 m)
- dunbankige micritische kalksteen met vuursteen (16 m)
- fijnkorrelige kalksteen (± 27 m); hierin bevinden zich twee niveaus met brachiopoden; hier komt ook het koraal *Disphyllum* sp. voor.

Onder:

- stromatoporenkalk (ongeveer 6 m dik).

Voorkomende fossielen zijn onder meer: stromatoporen (vertakt en bolvormig), koralen (o.a. *Disphyllum* sp.), crinoiden en brachiopoden (o.a.

Atrypa sp.). Afb. H-2.

productie enorm opgevoerd. Hoewel er destijds niets over de bestemming van het cement werd meegedeeld, heeft het cement gediend tot het inpakken in beton van de verwoeste kerncentrale.

H. Gora Zamkowa bij Checiny

De pittoreske 13de eeuwse kasteelruïne van Checiny ligt op een heuvel van vrij harde Devonische kalksteen en biedt bij helder weer een fraai uitzicht over een groot deel van het Heilig Kruis Gebergte. Naar het noorden kijkend zien we langgerekte heuvels, bestaande uit Midden-Devonische kalksteen, die een deel vormen van de zuidflank van de Checiny-anticlinaal. In het centrum van de anticlinaal bevinden zich vrij zachte Onder-Cambrische schalies, die de ondergrond vormen van een dal. We hebben hier te maken met een geomorfologische inversie: de oorspronkelijk hoogste delen van de anticlinale ombuiging vormen nu landschappelijk een dal.

Verder naar het noordoosten zien we de Dyminy-anticlinaal, waarvan de kern gevormd wordt door Midden-Cambrische kwartsieten, die in het landschap een duidelijke heuvelrug vormen. Tussen deze twee anticlinalen ligt een dal met Devonische, Carbonische en Permische sedimenten: de Galezice-Bolechowice-syncline.

Als we ons omdraaien en in zuidelijke richting kijken zien we een gebied met minder reliëf. Het zijn zwak glooiende heuvelruggen

Enkele honderden meters ten zuidwesten van de ruïne ligt langs de weg een ontsluiting in Permische conglomeraten. Deze Permische conglomeraten liggen met een hoekdiscordantie op de sterker geplooidere oudere Paleozoïsche gesteenten. Het verschil in helling van de conglomeraten en de eronder liggende formaties is duidelijk zichtbaar.

Dit conglomeraat is de opvulling van depressies in een oud reliëf (paleoreliëf). De rolstenen van het conglomeraat bestaan voornamelijk uit Devonische kalksteen.

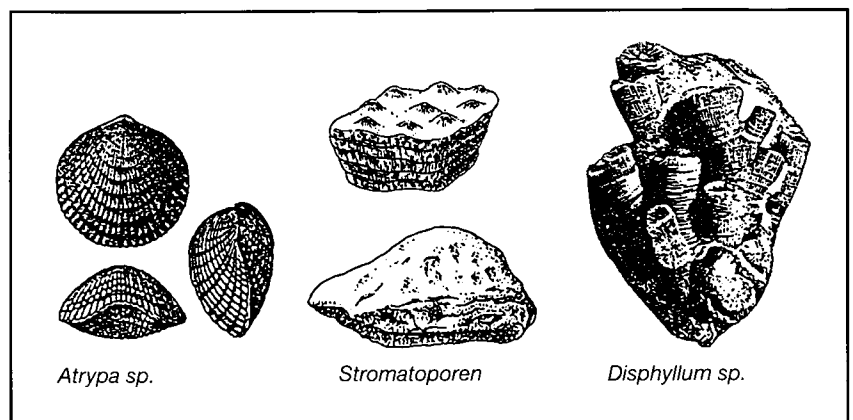
Op de heuvelrug waarop de Checiny-ruïne staat treffen we ook enkele fraaie exemplaren van de endemische *Larix polonica* aan.

I. Omgeving Kielce: Kowala en Wisniówka

In een aantal groeven rondom Kowala, ongeveer 10 km ten zuiden van Kielce, dagzomen Devonische kalken uit dezelfde tijd als die bij Checiny. Naast de massieve stromatoporenkalksteen en fijnkorrelige en micritische kalkgesteenten komen hier ook rode, knollige kalksteen en mergels voor. In dit knollige pakket komen kiezelsponzen voor. Hoewel er slechts weinig exemplaren worden gevonden zijn deze voorkomens van groot belang. De oudste tot op dat moment bekende kiezelsponzen van deze soorten waren uit de Trias; hier bij Kowala werden voor de eerste keer deze sponzen in een veel oudere periode gevonden: het Devoon.



Afb. H-1. De kasteelruïne van Checiny op de Devonische kalken van het Heilig Kruis Gebergte.



Afb. H-2. Enkele fossielen uit het Devoon bij Checiny

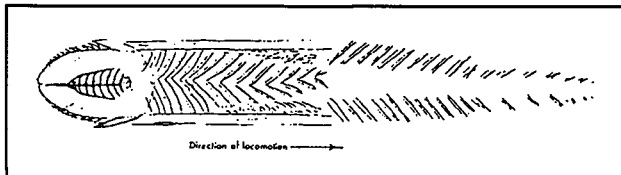
Zij werden in 1981 door J.K. Rigby et al. beschreven. De meest voorkomende fossielen zijn: brachiopoden (o.a. *Pammegetherhynchus* sp. en *Lingula* sp.), koralen en gastropoden. Daarnaast komen ook cephalopoden (nautiloïden en goniatieten), bivalven, crinoiden en visresten voor.

In de massieve stromatoporenkalken komen ertsmineralen voor. Er worden koralen gevonden die gedeeltelijk zijn omgezet in galeniet (loodsulfide). Daarnaast komen voor: het groene kopermineraal malachiet, het bruine ijzeroxide limoniet en donkerbruine dendriet van pyrolusiet, een mangaanoxide. Ook komen er holruimten voor waarvan de wanden bezet zijn met fraaie calcietkristallen.

In de noordelijke wand van de kalksteengroeve "Wola" nabij Kowala komt een pakket dun gebankte tot knollige kalkstenen, afgewisseld met zwarte schalies aan de oppervlakte. Behalve trilobieten komen er ook dunschalige bivalven (*Guerichia* sp.), platgedrukte cephalopoden (*Platyclymenia* sp.), brachiopoden (*Rozmanaria* sp.), solitaire rugose koralen en tentaculieten voor. De fossielen duiden op een Famennien-ouderdom (bovenste etage Devoon).

De meest voorkomende trilobieten behoren tot de familie van de Phacopidae, o.a. *Trimeroccephalus* sp.; deze is blind, wat kan wijzen op een ingegraven levenswijze. Meestal worden slechts fragmenten gevonden.

Andere overblijfsels van trilobieten zijn te vinden een tiental kilometers ten noorden van Kielce, in de steengroeve van Wisniówka. Daar dagzomen dikke kwartsitische zandstenen uit het Cambrium, afgewisseld met dunne silt en schaliebankjes. Aan de top van de zandsteenbanken zijn vaak sedimentaire structuren te zien. Zijn bekendheid dankt deze groeve echter aan de voorkomens van zeer fraaie ichno- (=sporen)fossielen van trilobieten. O.a. Radwanski heeft kruijsporen, rustsporen, loopsporen en zijwaartse graassporen weten te onderscheiden. Afb. I-1.



Afb. I-1. In het sediment achtergebleven sporen van een trilobiet. Van links naar rechts zijn achtereenvolgens te zien: ruststand; ploegspoor (<-vormig); wandelspoor en glijspoor.

J. Het Kadzielnia-rif in Kielce

In een grote verlaten groeve in het zuidelijk deel van Kielce zijn prachtige fossiele riffen (*biohermen*) te zien, die dateren uit het Boven-Devoon. Jan Czarnocki, een bekend Pools geoloog, heeft dit gebied in kaart gebracht. Zijn naam is verbonden aan de rotsplek in de groeve. Deze rots is al geruime tijd beschermd en wordt de 'geologenrots' genoemd. Geologen hebben veel moeite gedaan om de gehele groeve tot geologisch monument te maken. Het stadsbestuur heeft hieraan meegeholpen en de groeve werd niet, zoals zo vaak gebeurt, met puin en huisafval volgestort.

Men heeft een vijver aangelegd, waarin de geologenrots stond en aan de oever een openluchttheater gebouwd. De vijver is enkele jaren geleden op onverklaarbare wijze plotseling leeggelopen. Een mogelijke oorzaak is de verlaging van de grondwaterspiegel door de drinkwaterwinning van de stad. Bovenaan de rand van de groeve staat een oorlogsmonument. In de wand van de groeve zien we onderin massieve rifkalken uit het Frasnien. De rifkern bestaat uit kalkmodder, ingevangen door plaatvormige stromatoporen (*Actinostroma* sp.).



Afb. J-1

a. *Levensgemeenschap op een rif in het Devoon, met stromatoporen, koralen en andere rifbouwers.*

b. *Devonische fauna binnen het rif: o.a. zeelelies, brachiopoden, koralen en stromatoporen.*



Dit zogenoemde 'accumulatiemodel' treffen we tegenwoordig aan voor de kust van Florida. De randen van het rif werden bevolkt door koralen. Deze leverden veel afbraakmateriaal doordat de golven van de branding veel stukken van de koralenbouwsels afsloegen. Dit afbraakmateriaal kwam aan de voet van het rif op de diepere delen van het zeebekken terecht. Binnen het rif, waar het water zeer rustig was, kunnen we soms veel zeelelies en brachiopoden aantreffen. Afb. J-1 a en b.

Op de rifkalk volgt een pakket knollige kalken met groengrijze en rode kleuren. Rode kalk geeft aan dat er oxiderende omstandigheden heersten, groene kalk reducerende omstandigheden. De kleuren worden veroorzaakt door verschillende ijzeroxiden. In de knollenkalk komen veel goniatieten voor, zij worden uitverweerd uit het gesteente en rollen dan van de wand naar beneden, waar zij op het pad gevonden kunnen worden.

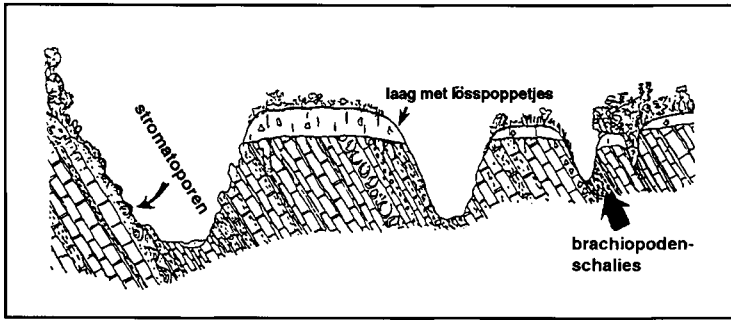
Op de knollige kalksteen volgen dungelaagde gele mergels, die dateren uit het Famennien (Boven-Devoon). In die tijd heeft het rif de stijging van de zeespiegel niet bij kunnen houden, de algen en koralen kwamen steeds dieper in het water terecht en stierven; het rif werd bedekt door een fijnkorrelige mergelafzetting.

In de kalksteen hebben zich karstspelen en orgelpijpen gevormd, die opgevuld zijn met rode aarde (*terra rossa*). Hierin zijn zoogdierresten gevonden.

Het Kadzielnia-rif werd in 1971 uitgebreid door de Poolse geoloog Szulczewski beschreven.

K. Devoon en löss-poppetjes van Grzegorzowice

Langs het riviertje de Dobruchna tussen de dorpjes Grzegorzowice en Skaly ligt een fraaie sectie in Midden-Devonische gesteenten. Bij het begin van de sectie staan de lagen bijna ver-



Afb. K-1. Profiel van het Devoon langs de Dobruchna-rivier bij Grzegorzowice, met steilstaande lagen. Zie ook afb. J-1 a en b. Op het Devoon ligt een horizontale, Pleistocene lössl laag met lösspoppetjes.

tikaal in de wand. Hier zien we bolvormige stromatoporenkolonies. Afb. K-1. Na een korte wandeling langs het riviertje komt u bij een kleine groeve, waar dolomitische kalk gewonnen wordt. In het bovenste gedeelte van het profiel bevindt zich een dunne laag van voornamelijk zandsteen, waarin vele soorten goedbevaarde brachiopoden voorkomen. Afb. K-2. In holten en spleten van het gesteente vinden we calciëtkristallen en fraaie roze, suikerachtige dolomietkristallen. De dolomietformatie wordt bedekt door een pakket löss dat is afgezet tijdens één van de koudeperiodes van de Pleistocene IJstijd. In deze löss hebben zich lösspoppetjes gevormd, die los op de hellingen gevonden kunnen worden.

L. De Trias bij Wolica

Lichtgrijze fossielrijke kalksteen, daterend uit de Muschelkalk (Midden-Trias), is ontsloten in een oude, half onder water staande groeve bij Wolica. De kalksteenbanken zijn golvend en worden afgewisseld door dünnere schaliebanken. Lagen met graafgangen komen veelvuldig voor. Bovenin de groeve treffen we voornamelijk bivalven en een enkele nautilus aan. Onderin de groeve bevindt zich een niveau met *bonebeds*: laagvlakken rijk aan schubben, botjes en tanden van vissen en reptielen.

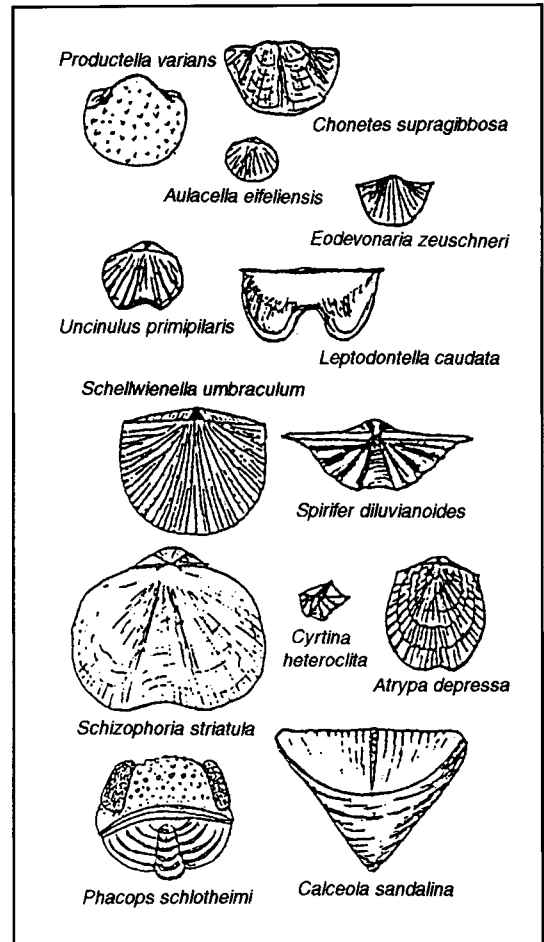
M. Boven-Jura van Malogoszcz

In een enorm grote cementgroeve nabij Malogoszcz zijn lichtgrijze kalken uit het Kimmeridgien ontsloten. Afb. M-1. De totale dikte bedraagt 170 meter. In het middengedeelte van de groeve treffen we een zeer dikke, extreem fossielrijke oesterbank aan. Deze bank wordt de Skorkow Lumachelle genoemd. Afb. M-2.



In het onderste deel wordt de fauna voor meer dan 90% bepaald door de oester *Lopha gregarea*. In het bovenste deel is het de kleinere oester *Nanogyra nana* die overheerst. Deze oesterbank is tenminste 80 km lang geweest en bestrijkt meer dan 10.000 km². Tussen de oesters komen vele andere tweekleppigen, zee-egels, brachiopoden, gastropoden, een enkele

Afb. M-1. De immense kalkgroeve in het Kimmeridgien (Boven-Jura) bij Malogoszcz. Foto: P.W. van Olm.



Afb. K-2. De Devonische brachiopodenschalies langs de Dobruchna-rivier bij Grzegorzowice (zie afb. K-1) bevatten talrijke soorten (verkleind).

grote ammoniet, sauriëresten en boomstammen voor. Opvallend is ook het grote aantal algen in de vorm van bolletjes en knollen (*onkoiden*). Een studie in 1985 van de Duitse hoogleraar Seilacher met de Poolse paleontologen Matyja en Wierzbowski leverde interessante gegevens op over de ecologie van de oesters. Verrassend was het grote aanpassingsvermogen van de oesters aan de verschillende bodemomstandigheden.



Afb. M-2. Een stukje van de oesterbank in de Skorkow Lumachellen-eenheid in de groeve van Malogoszcz.

N. De Voor-Karpatische Depressie

De Voor-Karpatische Depressie ligt langs de noordelijke rand van de Karpaten en strekt zich uit van Moravië in het westen tot de Oekraïne in het oosten. De noordelijke grens wordt gevormd door de zone van de Centraal-Poolse opwellingen, de zuidelijke door de overschuivingscontacten van de dekbladen van het Karpaten-gebergte. De Voor-Karpatische Depressie heeft, vanuit geologisch standpunt gezien, slechts relatief korte tijd bestaan. Hij ontstond in het Mioceen en werd ook in de loop van dit tijdperk opgevuld. De Voor-Karpatische Depressie maakte deel uit van een groot zeebekkensysteem dat zich uitstrekte over de gehele gordel die werd beïnvloed door de Alpiene gebergtevormende bewegingen. Dit gebied van zeebekkens wordt wel de Paratethys genoemd. Deze bekkens ontstonden toen de Alpengebergten uit zee oprezen. Langs en tussen de bergruggen, die als eilanden boven zee uit kwamen steken, ontstonden, vooral aan de noord- en de zuidzijde, zeearmen en binnenzeeën. In deze zeeën werden sedimenten afgezet. Ook nu zijn op vele plaatsen nog de bergen te zien, de voormalige eilanden in deze zee, waaromheen en waarlangs de horizontaal liggende sedimenten zich duidelijk aftekenen. Rond de bergen, die bestaan uit Paleozoïsche en Mesozoïsche gesteenten, kwamen de Miocene afzettingen te liggen.

Prachtige voorbeelden van de kustlijn tijdens het Mioceen vinden we aan de zuidkant van het Heilig Kruis Gebergte, waar de baaien en kapen van de grillige Miocene kustlijn nog te herkennen zijn. De structuur van het Heilig Kruis Gebergte, met zijn noordwest-zuidoost strekkende plooistrukturen en gesteentelagen, deed een aantal baaien ontstaan die ook in deze zelfde richting liepen.

De landtongen werden gevormd door de harde, resistente Devonische en Mesozoïsche kalken. De kustlijn, in de vorm van de vroegere strandafzettingen (littorale zone), is nu nog, na miljoenen jaren, goed zichtbaar. Het gebied van de Korytnica Baai is een voorbeeld van de opvulling van de baai door de sedimenten (een paleoreliëf-opvulling).

O. De Korytnica Baai

De Miocene fauna van de Korytnica Baai heeft sinds de studie van de beroemde Engelse geoloog Sir Roderick Impey Murchison wereldfaam gekregen. Murchison beschreef de fauna in zijn reisverslag van 1845. Hij was indertijd op doortocht naar Rusland. De Poolse paleontoloog W. Baluk gaf in zijn publicatie van 1975 een overzicht van eerdere publicaties. Daarnaast beschreef hij 178 soorten gastropoden, waaronder 18 nieuwe soorten. Afb. O-1.

Langs de randen van de baai kunnen we in de vroegere kliffen boorgaten zien met soms de fossiele boor-organismen er nog in! In de

Afb. P-1. Swiniary: profiel van de zandgroeve (Mioceen) en enkele van de fossielen die er voorkomen. Dit zijn vooral zeeëgels: *Psammechinus dubius*, *Schizechinus sp.*, *Echinocyamus sp.* (2), *Spatangus sp.* en *Echinocardium biaense*, en bivalven: *Ostrea sp.* (1). Verder: zeesterren *Serpuliden* (3), bryozoën, zeepokken, brachiopoden, visresten, algan en houtfragmenten.

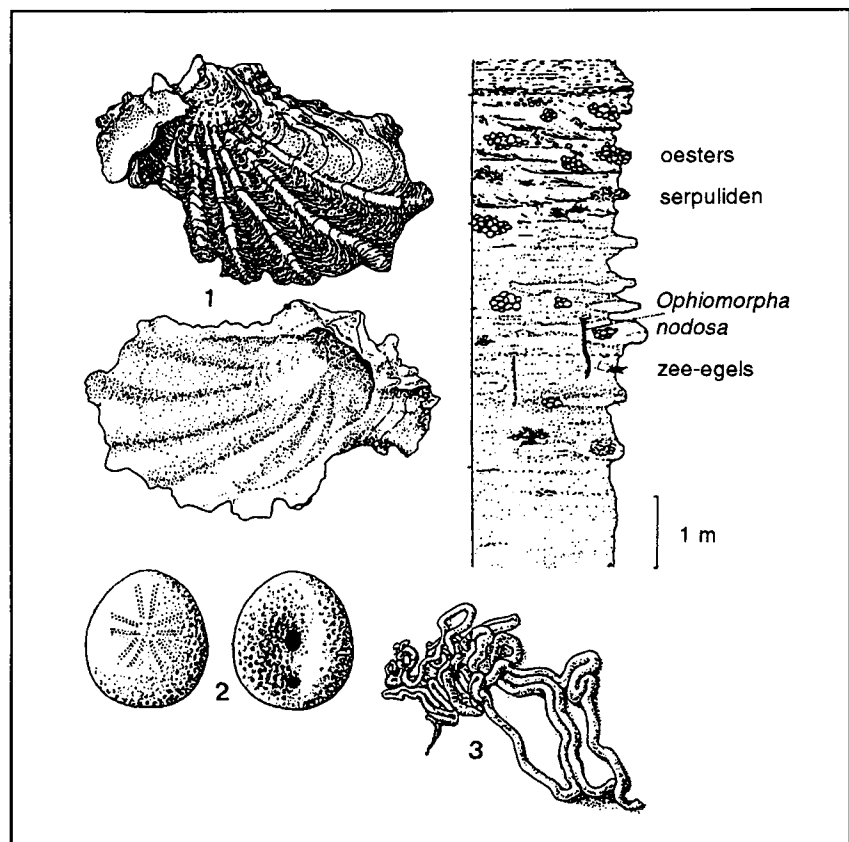


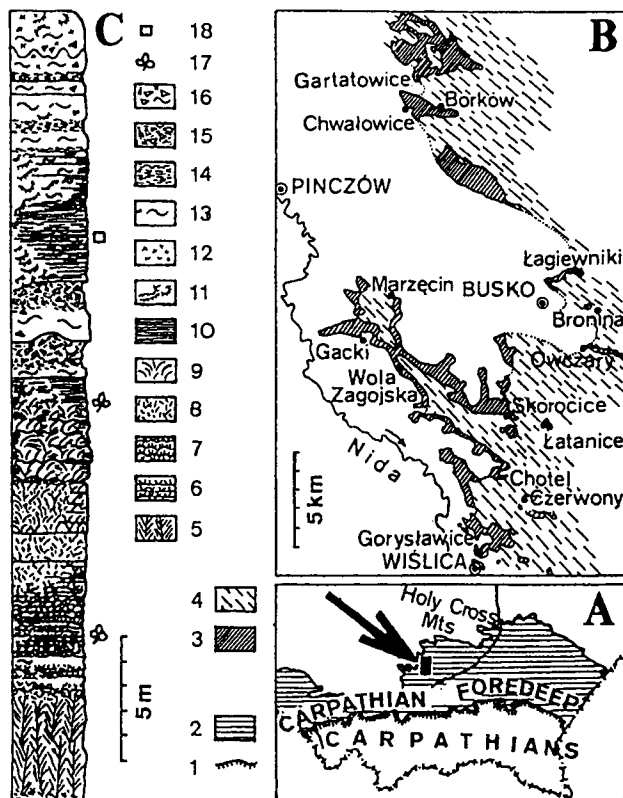
Afb. O-1. Fossielenoogst uit het Mioceen van Korytnica.

ondiepste delen komen algenkolonies voor. De meest voorkomende alg is de roodalg *Lithothamnium*. Kalken en mergels die langs de randen van de baai werden afgezet bestaan voor het merendeel uit afbraakmateriaal van deze algen. In de diepere delen kunnen verschillende leefgemeenschappen onderscheiden worden (Baluk & Radwanski, 1977; Gutowski, 1984). De diepe delen van de toenmalige zeebodem werden voornamelijk bevolkt door gastropoden en scaphopoden, de ondiepe delen onder meer door bivalven, serpuliden, koralen, kreeftachtigen en zee-egels. Verder kunnen we nog een leefgemeenschap van gesteenteboorders (Radwanski, 1970) en een brakwaterleefgemeenschap onderscheiden. Vanaf het begin van de dalende beweging, ongeveer 10 miljoen jaar geleden, werd het paleoreliëf opgevuld. In het centrum van de baai werden voornamelijk kleien en mergels neergelegd, aan de rand kalken en zanden. Na rond 2 miljoen jaar was de baai van Korytnica gevuld, het gebied verlandde en de zee verdween in zuidelijke richting.

P. De Miocene strandvlakte van Swiniary

Nabij Swiniary ligt een grote zandgroeve, afb. P-1. Het zeer fijne, witgele zand wordt er o.a. voor de glasindustrie gewonnen. Tussen de zanden bevinden zich keiharde zandsteenplaten. Deze platen zijn ontstaan doordat de zandkorrels aaneengekit (gecementeerd) zijn door kalkneerslag (calciet). Op de zandsteenplaten bevinden zich vaak fraai uitverweerde fossielen zoals oesters (1), wormkokers (3), mosdiertjes en zee-egels (2), de reguliere soms compleet met stekels en kauwapparaat. Ook in het losse zand bevinden zich fraaie fossielen. Deze zijn echter zeer fragiel, zodat één of meer flacons vloeibare secondenlijm noodzakelijk zijn om met name de fossiele zee-egels mee te kunnen nemen.





Afb. Q-1.

- A. Ligging van het Nida Gipsplateau. Horizontale arcering (2): Miocene afzettingen.
 B. Het Nida Plateau. Dichte arcering (3): gipsformatie.
 C. Profiel door de gipslagen. 5 tot en met 16: verschillende soorten gips; 17: gipsrozen; 18: haliet (zout).

In de enkele meters hoge groevewand zien we fraaie kruisge-laagdheid in de zanden. Dit duidt op eb- en vloedstromingen. Sommige laagjes van deze kruisge-laagdheid zien wit van kleine zee-egelstekeltjes. Dwars door de gelaagdheid heen treffen we graafgangen aan, voornamelijk gegraven door *Ophiomorpha nodosa*. In de diepst ontsloten lagen zijn prachtige 'nesten' met zee-egels gevonden, met enkele tientallen op een oppervlak ter grootte van een stoeptegels. Sporadisch komen ook zeesterren en haaiantanden voor. Opvallend zijn ook kleine zwarte mangandrietten op de witte schalen van oesters (Studencka, 1986).

Op het zandpakket ligt een laag brakwaterklei, een soort 'Waddenzee'-klei. Hierin bevinden zich lagen met kleine bivalven en visresten. Ook harde, lichtgrijze kalkknollen gevuld met honinggele calciëtkristallen komen voor. In 1989 werd in deze klei een enorm brok barnsteen gevonden. Volgens de groeuarbeiders worden er vaker dergelijke brokken aangetroffen. Deze worden dan meestal aangeboden aan de Universiteit van Krakow.

Q. Het Nida Gipsplateau, het resultaat van een opdrogende binnenzee

Door de voortdurende stijgende beweging van de gordel van de Alpiene gebergten, alsmede door de toenemende opvulling van de depressies langs de gebergteketens met sedimenten werden in de loop van het Mioceen de verbindingen met de open oceaan langzamerhand verbroken. In eerste instantie ontstond er een uitgebreid eilandengebied. Toen de landmassa's zich uitbreidden bleven er smalle zee-armen en een groot aantal geïsoleerde binnenzeeën en meren in zuidelijk Europa over. De binnenzeeën en meren droogden langzamerhand steeds verder op. (Ook de Middellandse Zee droogde in het Boven-Mioceen ver-

scheidene malen vrijwel helemaal op!) Door de verdamping van het zeewater werd het gehalte aan zouten, onder meer gips en steenzout, steeds hoger en uiteindelijk gingen deze uit het water 'neerslaan' ofwel kristalliseren. De lagen van gips en andere zouten die op deze wijze door indamping worden gevormd, worden evaporieten genoemd.

In het gebied van het huidige Nida Plateau werd 7 à 8 miljoen jaar geleden (in het Mioceen) een vele meters dik pakket gips afgezet. De gipsrijke laag werd afgezet in een afgesloten zeearm die de Voor-Karpatische Depressie vulde; de laag bereikte een dikte van 60 meter. De gipsafzetting strekte zich uit van het Miechow Hoogland tot de omgeving van Wislica en Busko-Spa op de zuidelijke hellingen van het Heilig Kruis Gebergte. Afb. Q-1 en Q-2.

Vorm en grootte van de gipskristallen hebben dit gebied wereldberoemd gemaakt. De groei van lange, vertikaal gerangschikte gipskristallen op de bodem van de indampingsbekkens is een van de meest spectaculaire kristalvormingen die de natuur ons hier biedt. De gipskristallen zijn vaak vertweelind en naar hun vorm worden zij zwaluwstaartkristallen genoemd. De kristallen van het Nida Gips Plateau bereiken een lengte van 3,5 meter en zijn, op de Mioceen gipskristallen van Cyprus na die een lengte van 5 meter halen, de grootste ter wereld. De reusachtige gipskristallen van Polen zijn gedetailleerd beschreven door M. Babel (1987).

Andere fraaie voorbeelden van gipszwaluwstaarten zijn die uit het Boven-Mioceen van Sicilië en uit het Kwartair van de Australische Salt Lakes.

In kleine verlaten groeven nabij Łatanice en Skorocice zijn de zwaluwstaartgipsen ontsloten. Bovenop de laag gipskristallen ligt een dunne serie mergels en zanden. In deze sedimenten vinden we gipsroosjes. Deze kleine gipskristallen ontstaan doordat er gips wordt opgelost door het grondwater en de oplossing terecht komt in de bedekkende laag waar het water verdampt of wordt opgenomen door de vegetatie. De gips zal dan neerslaan en zo de gipsroosjes vormen.

Een groot deel van het gipsplateau is beschermd in de vorm van een nationaal natuurreservaat. We treffen hier op de tsjarnosembodem, naast planten die zich thuis voelen op de gipshoudende grond, ook een vegetatie aan die een relict is van een relatief warme periode na de laatste glaciële periode van de IJstijd: het Atlanticum. Karakteristiek zijn onder meer *Linum hirsutum* (harig vlas) en de Mediterrane heester *Dictamnus albus* (essenkruid of vuurwerkplant). Deze planten overleefden hier op de warmste plek van Polen in de Voor-Karpatische Depressie.



Afb. Q-2. Nida Gipsplateau: reusachtige zwaluwstaartkristallen van gips in een wand in de omgeving van Gacki.

Gips-karst

Gips is een mineraal dat gemakkelijk oplost in water en zo vinden we in gebieden met dikke gipsafzettingen, zoals het Nida Plateau, landschapsvormen en structuren die overeenkomen met die in kalksteengebieden met karstverschijnselen. In een dergelijk 'gips-karst-landschap' zien we een bultig, onregelmatig landoppervlak, gevormd door onderaardse oplossing met onder meer dolines. Daarnaast zien we inzakkingsstructuren waar grotten in de gips zijn ingestort. We lopen over hol-klinkende gips waar in de gips-laag gaten zijn opgelost. Een verschil met veel kalklandschappen is, dat het gipsplateau niet opvallend droog is, blijkbaar zakken regen- en grondwater niet zo snel naar de diepte weg; de gips heeft geen breuksystemen zoals kalksteen.

Na de vorming van de gipslagen werd het gebied verder opgeheven, de zee verdween, het gebied verlandde en nu vinden we de gips zelfs op rond de 250 meter boven zeeniveau, voornamelijk in de randgebieden van het Nida Plateau. De opheffende beweging voltrok zich in slechts enkele miljoenen jaren.

R. Jaskinia Raj, de Paradijs Druipsteengrot

Tussen Checiny en Kielce ligt de beroemde grot 'Jaskinia Raj'. Deze grot is ontstaan in harde Devonische kalksteen. Afb. R-1. De Jaskinia Raj ligt op vrij geringe diepte onder het aardoppervlak, vaak is het dak niet meer dan een tiental meters dik; op veel plaatsen zijn de wortels van bomen zichtbaar. De grot is in eerste instantie ontstaan doordat een vrij grote hoeveelheid water door de kalk heen sijpelde en een grote onderaardse holte vormde. Dit gebeurde waarschijnlijk tijdens het Atlanticum, de warme en vochtige periode die rond de 7000 jaar geleden zijn hoogtepunt had. Daarna werd het klimaat droger. De grot, die veelal slechts enkele meters hoog is, werd niet verder door het water uitgeslepen en nu konden de druipsteenformaties ontstaan. Dak en vloer van de ruimten zijn bezaaid met enorme aantallen kleine druipsteenstructuren, die een heel bijzondere indruk achterlaten. De stalactieten en stalagmieten zijn klein, vele meten niet meer dan enkele decimeters bij een doorsnede van veelal één tot twee centimeter. De druipsteenstructuren zijn dan ook van relatief recente datum. Uit vondsten is gebleken dat de Jaskinia Ray onderdak heeft geboden aan de paleolithische mens.

Karstverschijnselen

Als kalkgesteenten aan het oppervlak komen worden deze opgelost door het regenwater. Kalksteen is echter uitstekend bestand tegen zuiver water, dat zal de kalk niet kunnen oplossen. De oplossende werking van regen- en ook van grondwater is te danken aan de aanwezigheid van opgelost koolzuur, opgenomen uit de atmosfeer of de zuren uit de humus van de bodem. Deze zure oplossing kan de kalk uitstekend de baas en kalksteen kan, geologisch gezien, zeer snel worden opgelost. De oplossing van kalk is een vorm van chemische verwerking. Het oplossen van kalkgesteente gaat sneller langs barsten in het gesteente, hier verzamelt het aflopende regenwater zich. Een kalkgesteente is een zeer bros materiaal, dat al bij een vrij geringe spanning in de aardkorst snel breekt. Een kalkgesteente is dan ook vrijwel altijd op zeer intensieve

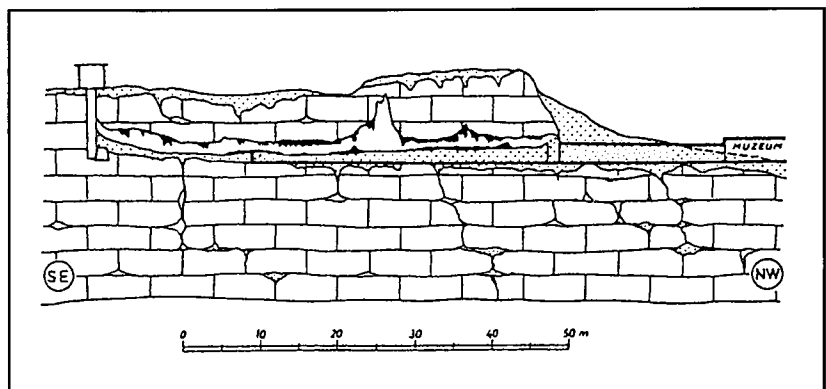
wijze doorsneden met barsten, deze worden diaklazen genoemd. Het water loopt langs deze diaklazen het gesteente in en de barsten zullen door de oplossende activiteit van het water sterk verbreed worden. Zo ontstaat een zeer onregelmatig oppervlak, doorzet met systemen van vele oplossingsgeulen met ertussen vaak scherpgerande kalkrichels. Een dergelijk 'karren'-oppervlak is niet bepaald comfortabel om over te lopen.

De oplossende werking van het koolzuurhoudende water beperkt zich niet tot het aardoppervlak. Ondergronds gaat de oplossing vaak in een sneller tempo door omdat ook het grondwater zuren bevat: naast koolzuur ook humuszuren. Uiteindelijk kunnen er zo complete ondergrondse grotten systemen ontstaan.

Ook het omgekeerde proces is van groot belang: het neerslaan van kalk uit de oplossing. Ook dit is een proces dat zowel aan het aardoppervlak plaats vindt als ondergronds. Bij het verdampen van water zal de opgeloste kalk neerslaan en kalkkorsten op het oppervlak vormen, zo ontstaan de fraai gevormde druipsteenformaties in een grot. Stalactieten (hangende druipstenen) en stalagmieten (staande druipstenen) ontstaan in geventileerde grotten waar het water kan verdampen en het koolzuurgas kan ontsnappen.

In kalkgebieden komen grotten voor door de onderaardse oplossing van de kalk. Instortingen van oplossingsholten veroorzaken depressies in het landoppervlak. Een andere wijze van het ontstaan van depressies in het landoppervlak is, dat aflopend water zich op bepaalde plaatsen gaat verzamelen en de kalk op deze verzamelplaatsen door de grote hoeveelheid water sneller oplost. Bij oplossing van kalk blijft altijd wel een kleine hoeveelheid klei achter, die oorspronkelijk in vele kalken aanwezig is; daarnaast voert het water dat zo'n depressie inloopt ook klei aan. Een dergelijke depressie, die een zeer vlakke bodem van klei kan hebben, kan relatief klein van afmetingen zijn, bv. enkele tientallen meters in doorsnede, en wordt dan een doline genoemd. Een depressie van grotere afmetingen, bv. van enkele kilometers doorsnede, heet een polje. Een kenmerk van doline en polje is dat deze depressies geen natuurlijke afvoer kennen. Het regenwater, dat van alle zijden wordt aangevoerd, zakt door de kleilaag weg in de kalk en wordt dan onderaards door de vele barsten in de kalk afgevoerd. De kleilaag kan zo ondoorlaatbaar zijn dat er zich een moeras vormt of zelfs een meertje. Alle genoemde verschijnselen die betrekking hebben op het oplossen van kalkgesteenten en het weer neerslaan van kalk uit een oplossing worden samengevat onder de naam 'karstverschijnselen', genoemd naar het Karst Plateau in het noorden van Joegoslavië, nabij Triëst.

Stalactieten ontstaan als de doorsijpelende waterdruppels aan de zoldering van de grot uitkomen en daar het water of het opgeloste koolzuurgas gaan afgeven. Ragfijne kalkneerslagringen ontstaan, die zich aan elkaar rijen tot dunne buisjes. De eerste holle kalkbuisjes hebben slechts een doorsnede van enkele millimeters. In de loop van de tijd kunnen deze buisjes uitgroeien tot een grote hangende kegel met meer dan een meter doorsnede. Breekt een kegel, dan zien we een soort 'jaarringen' met radiaire kristalletjes loodrecht op het centrum.



Afb. R-1. Profiel van de Jaskinia Ray in zijn huidige vorm. Naar T. Wróblewski.

Onder de stalactieten vindt men op de grond de stalagmieten. Dit zijn meestal afgeronde heuvels en kegels van neergeslagen kalk. Deze ontstaan uit het water dat van de stalactieten naar beneden valt. Stalagmieten kunnen soms enorme afmetingen aannemen, tot enkele tientallen meters in hoogte en breedte. Als stalactieten en stalagmieten steeds groter worden, kunnen ze samengroeien tot zuilen van druipsteen. Beide vormen kunnen wisselende groeisnelheden hebben maar, het gemiddelde is ongeveer 0,025 cm/jaar.

Literatuur

Abdel-Gawad, G.I., 1986. Maastrichtian Non-Cephalopod Mollusks of the Middle Vistula Valley, Central Poland. *Acta Geol. Polon.*, 36, 1-3, 224 p.

Babel, M., 1987. Giant Gypsum Intergrowths from the Middle Miocene Evaporites of Southern Poland. *Acta Geol. Polon.*, 37, 1-2, p. 1-20.

Baluk, W., 1975. Lower Tortonian Gastropods from Korytnica, Poland; Part 1. *Palaeontol. Polon.*, 32, 1-186. Warszawa-Krakow.

Baluk, W. & A. Radwanski, 1977. Organic Communities and Facies Development of the Korytnica Basin. *Acta Geol. Polon.*, 27, 2, p. 85-123.

Belka, Z., B.A. Matyja and A. Radwanski, Eds., 1986. Field-Guide to the Geological Excursion to Poland. Inst. of Geology, University of Warsaw.

Gutowski, J., 1984. Sedimentary Environment and Synecology of Macrobenitic Assemblages of the Marly Sands and Red-Algal Limestones in the Korytnica Basin. *Acta Geol. Polon.*, 34, 3-4, p. 323-340.

Hansen, H.J. et al., 1989. The Cretaceous/Tertiary boundary in Central Poland. *Acta Geol. Polon.*, 39, 1-4, p. 1-12.

Hurcewicz, H., 1968. Siliceous Sponges from the Upper Cretaceous of Poland, Part II. *Acta Palaeont. Polon.*, 13, 1, p. 3-85.

Machalski, M. and I. Walaszczyk, 1987. Faunal Condensation and Mixing in the Uppermost Maastrichtian/-Danian Greensand. *Acta Geol. Polon.*, 37, 1-2, p. 75-91.

Maczynska, S., 1988. Echinoids from the Middle-Miocene (Badenian) sands from Southern Poland. *Prace Muzeum Ziemi*, 40, p. 59-64.

Martonne, E. de, 1931. Europe Central. In: P. Vidal de la Blache

et L. Gallois, Ed.: Géographie Universelle, Tome IV, 2ième partie. Librairie A. Colin, Paris.

Osmolska, H., 1963. On some Famennian Phacopinae (Trilobita) from the Holy Cross Mountains. *Acta Palaeont. Polon.*, 8, 4, p. 495-514.

Pawlowska, K., Ed. 1968. The Paleozoic and Mesozoic in the Swietokrzyskie Mts. and the Caenozoic in the Carpathian Foredeep. Guide to Excursion No. c-45, Poland. Int. Geol. Congress, 23th Session, Prague.

Polen. Reisgids ANWB, 1981, 312 p.

Polen, Warszawa. Reisgids van het Pools informatiebureau voor Toerisme "Orbis", Leidsestraat 64, 1017 PD Amsterdam.

Polunin, O., 1979. Flowers of Europa. Oxford Univ. Press, London.

Radwanski, A., 1970. Dependence of Rock-borers and Burrowers on the Environmental Conditions within the Tortonian Littoral Zone of Southern Poland. In: T.P. Crimes & J.C. Harper (Eds.): Trace Fossils, *Geol. Journ.*; Special Issues, 3, p. 371-390. Liverpool.

Rigby, J.K. et al., 1981. Occurrence of Dyctyid Hexactinellid Sponges in the Upper-Devonian of the Holy Cross Mts. *Acta Geol. Polon.*, 31, 3-4, p. 163-172.

Rozkowska, M., 1980. On Upper Devonian Habitats of Rugose Corals. *Acta Palaeont. Polon.* 25, 3-4, p. 597-611.

Seilacher, A., B.A. Matyja and A. Wierzbowski, 1985. Oyster Beds: Morphologic Response to Changing Substrate Conditions. In: U. Bayer & A. Seilacher (Eds.): Sedimentary and Evolutionary Cycles, p. 421-434.

Studencka, B., 1986. Bivalves from the Badenian (Middle-Miocene) Marine Sandy Facies of Southern Poland. *Palaeont. Polon.*, 47, p. 3-128.

Sulimski, A., 1968. Remains of Upper Cretaceous Mosasauridae of Central Poland. *Acta Palaeont. Polon.*, 13, 2, p. 243-251.

Szafer, W., 1966. The Vegetation of Poland. In: R.C. Rollins and G. Taylor: International Series of Monographs in Pure and Applied Biology, Vol. 9. Pergamon Press, Oxford.

Szulczewski, M., 1971. Upper Devonian Conodonts, Stratigraphy and Facial Development in the Holy Cross Mountains. *Acta Geol. Polon.*, 21, 1, p. 1-129.

Topografische kaart: Polska Atlas samochodowy, schaal 1 : 250.000, 1997. Van harte aanbevolen!

Polen als fossielenland

door Marcin Machalski
vertaling uit het Duits door Ruud Poort

Inleiding

Met uitzondering van het Precambrium heeft Polen sedimenten en fossielen uit alle geologische perioden. Polen heeft veel bekende fossielenvoorkomens, hoewel moet worden gezegd dat geen van de vindplaatsen de status heeft van de Burgess Shale of van Solnhofen. Al in de 18^e en 19^e eeuw wordt in de literatuur verwezen naar Poolse fossielen. De eerste monografie (1837) is van de hand van Georg Pusch, een uit Sachsen afkomstige professor aan de mijnbouwhogeschool van Kielce. Hierin worden meer dan 400 fossiele vormen beschreven, voor het grootste deel ongewervelden.

In Polen komen nagenoeg alle denkbare landschapsvormen voor, van laagland in het noorden tot hooggebergte in het zuiden:

den: de Sudeten en de Karpaten. Tussen het laagland en het hooggebergte bevindt zich het hoogland van midden Polen, waarvan de bekendste elementen worden gevormd door het Silezisch-Krakauer Hoogland met de Poolse Jura in het oosten, het Heilig Kruis Gebergte en het Hoogland van Lublin. Het hoogland van midden Polen wordt van de Karpaten gescheiden door een slenkgebied. Afb. 1.

Het laagland

Het Poolse laagland wordt gevormd door glaciële afzettingen uit het Kwartair, die zijn opgebouwd door ijs en rivieren. Slechts op weinig plaatsen komt de oudere ondergrond, veelal bestaande uit Tertiaire bruinkool en zoetwaterklei, aan de oppervlakte.