

De geologische opbouw van Hongarije

door Dr. Anco Lankreijer,
Faculteit der Aard- en Levenswetenschappen, Vrije Universiteit, Amsterdam

Introductie

De geologie van Hongarije is niet los te zien van de ontwikkeling van het omringende Karpatengebergte. Het ontstaan van het Hongaarse laagland is nauw verweven met de vorming van de Karpatenboog: in het Karpatengebergte vinden we veel gesteente-eenheden die we kennen uit boringen in de Hongaarse laagvlakte. In dit stuk gaan we letterlijk wat dieper in op de geologie van het gebied dat wordt omringd door de Karpatenboog. Nederlandse geologen doen al decennialang onderzoek naar de wordingsgeschiedenis van dit gebied. De basis voor dit Nederlandse onderzoek is gelegd door R.W. van Bemmelen in 1931. Onderzoekers van de Vrije Universiteit in Amsterdam en de Universiteit van Utrecht verrichten er nog steeds veel onderzoek, vanzelfsprekend in nauwe samenwerking met lokale geologen. Het meest recente onderzoek wijst erop dat de allerjongste tektonische bewegingen veel recenter zijn dan tot nu toe werd aangenomen.

Geografisch overzicht

In figuur A - 1 zien we een overzicht van de belangrijkste topo-

grafische eenheden. De Hongaarse laagvlakte wordt omringd door gebergten van de Karpaten en de Dinariden. De laagvlakte wordt van het zuidwesten naar het noordoosten doorbroken door een laag gebergte, het Hongaarse Middelgebergte, dat onder meer bestaat uit de Bakony, Buda, Mátra, Bükk en Zemplén heuvels. Figuur A - 2.

De Hongaarse laagvlakte, ook wel het Pannoonse bekken genoemd, is de plaats waar we de uitgestrekte poesta's vinden. Deze laagvlakte wordt doorsneden door de Donau en de Tisza rivieren. In het Pannoonse bekken vinden we zeer dikke Tertiaire en Kwartaire sedimentpakketten. Op verschillende plaatsen prikken Tertiaire vulkanen door de sedimentaire bedekking.

Tektonische opbouw

De huidige geologische structuur van de Karpaten en het Pannoonse bekken is het gevolg van de Alpine orogenese (gebergtevorming) die in het Laat Krijt begon. Tijdens de Alpine orogenese, in het Laat Krijt en Vroeg Tertiair, werden vanuit het zuiden verschillende kleine continentblokken tegen de toenmalige Europese plaatgrens aangeduwd (figuur A - 3). Dit leidde tot de vorming van de Alpen en de Karpaten. Deze continentblokken heb-

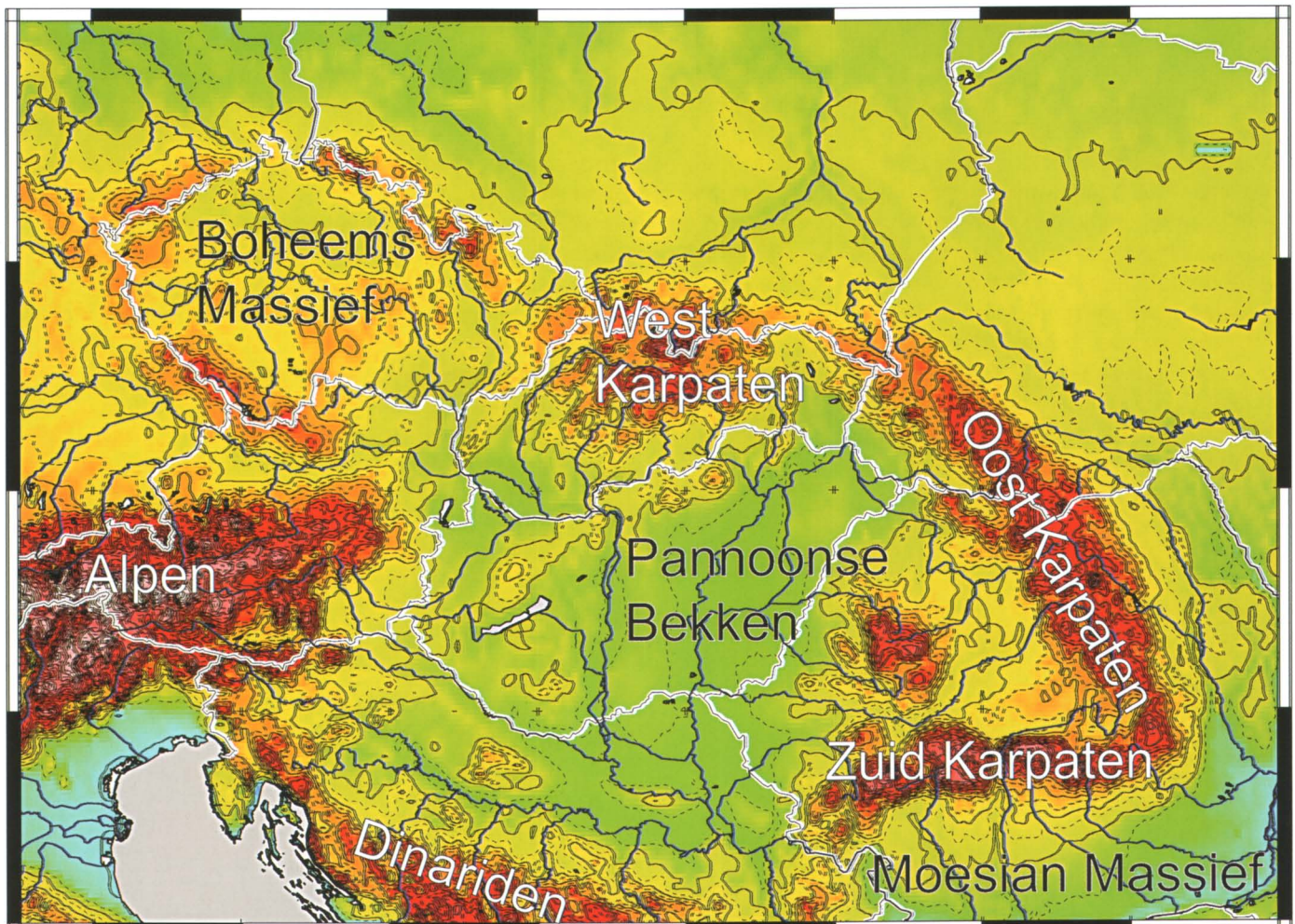


Fig. A - 1. Topografische overzichtskaart van Centraal Europa. Het Karpatengebergte omringt het Pannoonse Bekken.

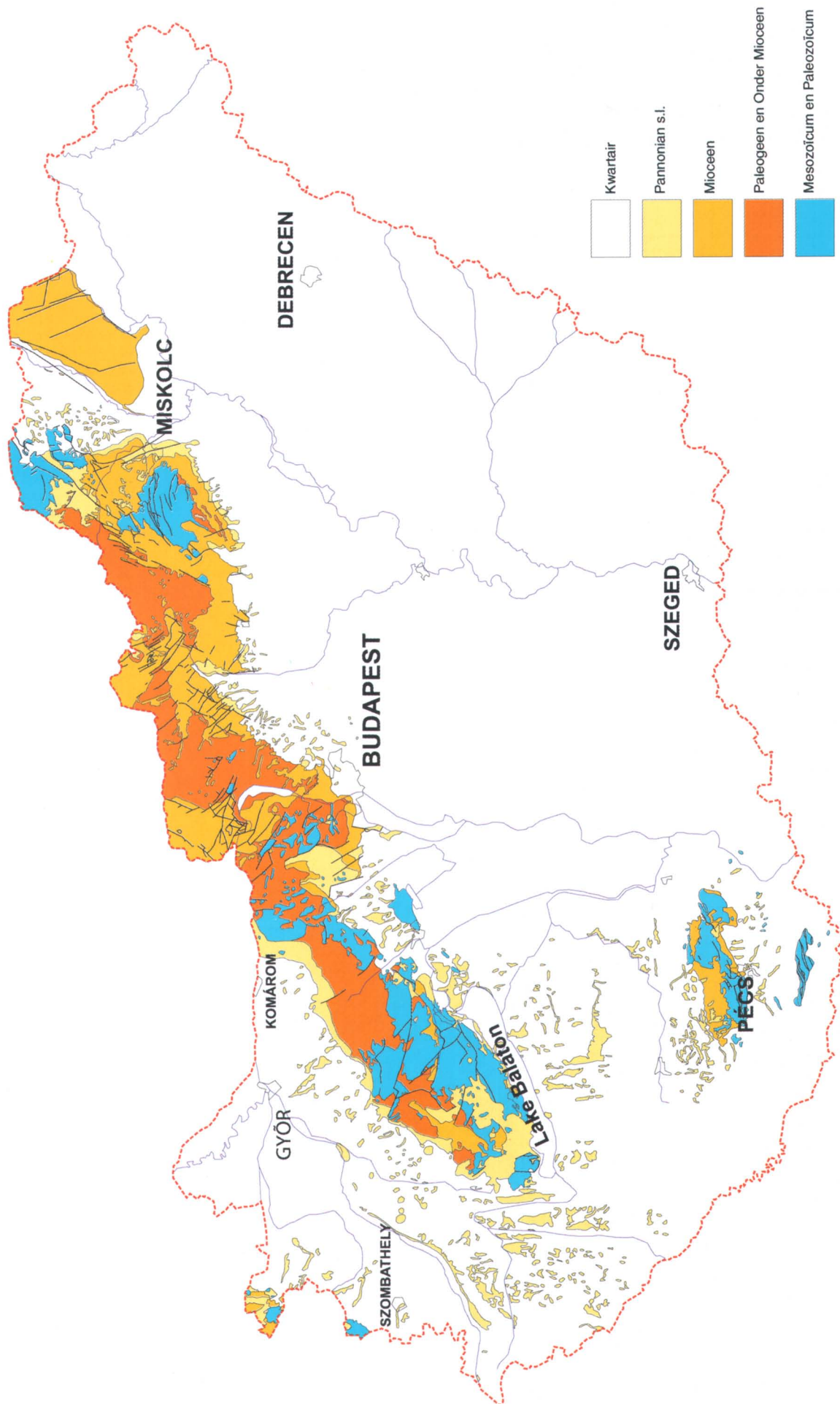
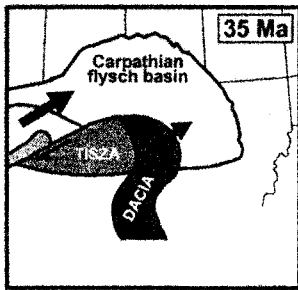
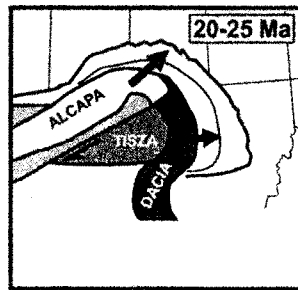


Fig. A – 2. Geologische overzichtskaart van Hongarije.

Paleogene



Early Miocene



Early to Late Miocene

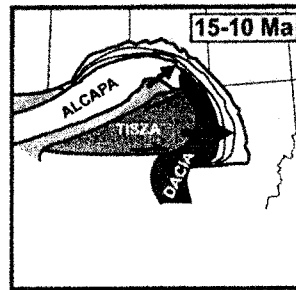


Fig. A - 3. Paleogeografische reconstructie volgens Csontos et al., 1992. In het Paleogeen bestond er een open bekken, vergelijkbaar met de huidige Zwarte Zee op de plaats waar nu het Pannoonse Bekken ligt. De Tisza- en de Pelso- (ALCAPA-)microplaat verplaatsten zich naar het noordoosten en botsten met de Europese plaat, waarbij de Karpaten werden gevormd. Rond het einde van het Mioceen was het bekken geheel verdwenen.

ben zeer verschillende fossielassemblages en daarom wordt aangenomen dat deze continentale blokken voor de orogonese werden gescheiden door oceanen. Over de omvang van deze oceanen kunnen we alleen maar speculeren.

De twee belangrijkste continentblokken die in Hongarije voorkomen zijn het Pelsoblok en het Tiszablok. In de Karpaten worden nog een aantal continentblokken teruggevonden die vergelijkbaar zijn met de grote dekbladsystemen in de Alpen.

Het Pelsoblok, ook wel Noord-Pannoonse eenheid of ALCAPA eenheid, kent een fossielassemblage die sterk overeenkomt met de "Afrikaanse" assemblage zoals in de Zuid-Alpine dekbladen. Het meer zuidelijk gelegen Tiszablok, ook wel Zuid-Pannoonse eenheid genoemd, kent een veel meer "Europese" fossielassemblage.

In het Laat Mioceen trad er gelijktijdig met de opheffing van de Karpaten een snelle daling op in het Pannoonse Bekken. Dit leidde tot een diep bekken met een waterdiepte van enkele honderden meters, dat in hoog tempo werd opgevuld met afbraakproducten van de omhoogkomende Karpaten (zie figuur A - 4). De snelle daling in het Laat Mioceen werd veroorzaakt door een sterke verdunning (uitrekking) van de korst.

Nadat aan het einde van het Pliocen het Pelso- en het Tiszablok hun uiteindelijke plaats hadden bereikt, en de omringende oceanische korst geheel was verdwenen, begon de meest recente tektonische fase. In deze fase werd het Pannoonse bekken samen-

gedrukt, wat leidde tot een scheefzetting, gedeeltelijke opheffing en zelfs op sommige plaatsen plooiing van de jongste Pliocene sedimenten. De tijdens de vorige fase sterk verdunde korst is daardoor ook veel warmer, en dat is er de oorzaak van dat de korst ook extreem zwak is. Dit laatste maakt het mogelijk om met relatief kleine krachten de hele korst te deformeren.

In het Pannoonse Bekken komen nog steeds regelmatig ondiepe aardbevingen voor, wat illustreert dat er nog steeds sprake is van tektonische activiteit. Deze aardbevingen lijken zich te concentreren op de grens tussen het Tisza- en Pelsoblok.

Recent onderzoek wijst er bovendien op dat de huidige topografie van het Pannoonse Bekken zeer jong is (<2 Ma). Dit betekent waarschijnlijk dat er in het Pliocen-Kwartair aanzienlijke verticale bewegingen (van enkele honderden meters) hebben plaatsgevonden.

Stratigrafie van Hongarije

Gesteenten ouder dan het Mioceen vinden we in Hongarije eigenlijk alleen in het Hongaarse Middelgebergte en enkele andere geïsoleerde voorkomens zoals de Mecsek en Villány heuvels in het zuidwesten, en bij Sopron in het noordwesten. De rest van Hongarije is bedekt met de dikke Laat Mioceen en Pliocene sedimentaire vulling van het Pannoonse Bekken.

Paleozoïcum en Mesozoïcum

De geologische ontwikkeling van het Tiszablok was tot aan het Mioceen afwijkend van de ontwikkeling van het Pelsoblok. Vandaar dat we de Paleozoïsche en Mesozoïsche opbouw van beide blokken apart beschrijven.

Pelso

Het gehele Hongaarse Middelgebergte, met uitzondering van het meest noordoostelijke deel (Zemplén), wordt gevormd door Paleozoïsche en Mesozoïsche gesteenten van het Pelsoblok. Er zijn maar weinig plaatsen waar gesteenten ouder dan het Perm zijn aangetroffen. In de omgeving van Sopron vinden we amfibolieten, gneizen en micaschisten die mogelijk van Devonische ouderdom zijn. Over de ontwikkeling van het Pelsoblok vóór het Perm is dan ook zeer weinig bekend.

In het Bakonygebergte direct ten noorden van het Balatonmeer komt een Permische opeenvolging voor.

De basis wordt gevormd door een karakteristieke continentale rode zandsteenformatie, bedekt door evaporitische afzettingen en ondiep mariene dolomietafzettingen. De maximale dikte van deze Permische afzettingen is 1000 m.

De Permische afzettingen worden bedekt door een dikke (>2 km) afzetting van Trias-ouderdom, die bestaat uit kalkstenen en

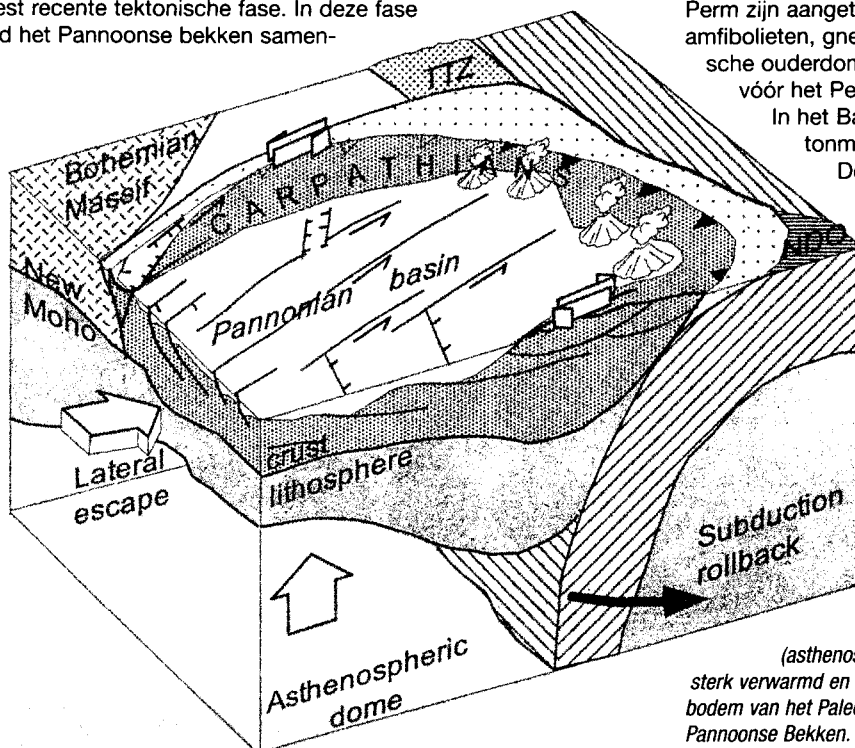


Fig. A - 4. Model voor de vorming van het Pannoonse Bekken. De tektonische bewegingen in het Pannoonse Bekken zijn te verklaren met een combinatie van drie processen. De Oost Alpen worden samengedrukt, en er ontsnapt een gesteentemassa naar het oosten (lateral escape). Door het verdunnen van de lithosfeer (asthenospheric dome) wordt de korst van het Pannoonse Bekken sterk verwarmd en verzwakt. Het wegzakken van de oceanische korst die de bodem van het Paleogene bekken vormde veroorzaakt een rekracht in het Pannoonse Bekken.

dolomieten. Het bovenste deel van deze afzettingen wordt gevormd door de Hauptdolomiet en de Dachsteinkalken die we kennen uit de Oostenrijkse Alpen. Deze opeenvolging van Permische en Triassische sedimenten geeft een geleidelijke verdieping van de zee weer (transgressie). Jurassische afzettingen bestaan uit een enkele honderden meters dikke opeenvolging van ondiep mariene kalksteen waarin rijke fossiele fauna's zijn aangetroffen. Afzettingen van Krijt-ouderdom komen voornamelijk voor in het Bakonygebergte. Tektonische bewegingen tijdens het Krijt zorgden ervoor dat de dikte van deze afzettingen sterk varieert. Afzettingen uit het Vroeg Krijt bestaan uit kalksteen en zijn op sommige plaatsen zeer rijk aan fossielen. In het Laat Krijt werd de sedimentatie steeds meer beïnvloed door de tektonische activiteit van de Alpine orogenese. Dit leidde ertoe dat de sedimenten uit het Laat Krijt in steeds ondieper water zijn afgezet (regressie).

Tisza

De ondergrond van het Tiszablok is maar op enkele plekken aan de oppervlakte te zien. Diepe boringen onder de Hongaarse laagvlakte tonen aan dat vergelijkbare gesteenten ook in de ondergrond van het Pannoonse Bekken voorkomen.

De ondergrond van het Tiszablok wordt gevormd door Precambrische en Paleozoïsche gesteenten die meerdere malen aan metamorfose zijn blootgesteld. In het Mecsekgebergte komen zeer oude metamorfe sedimenten voor. Door enkele auteurs wordt hieraan een ouderdom tussen de 1900 en 1500 miljoen jaar (Ma) toegeschreven. Deze gesteenten zijn bedekt door zandstenen van Perm tot midden Carboon-ouderdom. In Mecsek en Villány vinden we zandstenen van Trias-ouderdom aan de oppervlakte. Van Vroeg Jurassische ouderdom zijn de koollagen in het Mecsekgebergte, waarvan er enkele dik genoeg zijn om als delfstof te dienen. Deze koollagen worden bedekt door een dik pakket Jurassische mergels. In deze Jurassische afzettingen komen uiteenlopende fossielen voor, die echter niet erg goed gepreserveerd zijn. In de omgeving van Nagyarsány komt een bauxietafzetting voor in de kalkstenen van Vroeg Krijt-ouderdom.

Tertiair

Vanaf het Tertiair hebben de Tisza en Pelsoblokken een vergelijkbare ontwikkeling. De Vroeg Tertiaire afzettingen van Hongarije worden gekenmerkt door een zeer grote rijkdom aan fossielen.

Na de terugtrekking van de zee in het Laat Krijt vinden we in het

Paleoceen (Vroeg Tertiair) een hernieuwde transgressie in Pelső, en daarna ook in Tisza. De geologische ontwikkeling van het Vroeg Tertiair wordt gekenmerkt door grootschalige transgressies en regressies. Er worden verschuivingen van afzettingsmilieus, die een sterk variërende waterdiepte hebben. Het gevolg hiervan is dat we tijdens Paleoceen, Eoceen en Oligoceen een zeer afwisselende sedimentatie hebben. Figuur A - 5.

Vanaf het Mioceen heeft het Pannoonse bekken geen open verbinding meer met de oceaan. Hierdoor ontstond een endemische fauna in het Pannoonse bekken, die vervolgens leidde tot het opstellen van afwijkende chronostratigrafische etages. In figuur A - 6 worden deze specifieke etages voor het Pannoonse Bekken vergeleken met de bekende etages van de Middellandse Zee.

Vorming van het Pannoonse Bekken

Het Vroeg en Midden Mioceen wordt gekenmerkt door een sterke tektonische invloed. Er worden veel kleine, langgerekte bekken geopend. Het gevolg hiervan is dat we tijdens het Eggenburgian, Otnangian, Karpatian, Badenian en Sarmatian een lokaal zeer wisselende sedimentatie vinden. In het Karpatian (ongeveer 17 Ma) begint in het gehele Pannoonse bekken een sterke daling. In het Badenian worden dikke, massieve kalksteenpakketten afgezet (Leithakalk). In het Sarmatian zien we de waterdiepte weer afnemen.

Aan het begin van het Laat Mioceen (ongeveer 12 Ma) vinden we in het centrale gedeelte van het Pannoonse bekken een tweede fase van sterke daling. Het zo ontstane bekken wordt gedurende het Laat Mioceen en Vroeg Plioceen ingevuld met conglomeraten en zandsteen. De beide dalingsperiodes worden gekoppeld aan uitrekking en verdunning van de korst. (Figuur A - 4).

In het Kwartair zien we de meest centrale delen van het Pannoonse Bekken verder dalen, maar tegelijkertijd zien we de randen van het bekken en het Hongaarse Middelgebergte omhoogkomen.

Vulkanisme in Hongarije

Gedurende bijna de gehele wordingsgeschiedenis van het Pannoonse Bekken is er vulkanisme opgetreden. De meest opvallende vulkanische periode begon echter in het Mioceen.

Het jongere vulkanisme kan het best in twee groepen verdeeld worden. Een groot deel van de Hongaarse vulkanen dateert uit het Mioceen en vertoont een kalkalkalische chemie. Ze lijken gerelateerd aan de subductie van een oceanische plaat. Een mooi voorbeeld hiervan is de *Dunazug*, in Visegrád, waarop de overblijfselen van een voormalig koninklijk kasteel zijn te bewonderen.

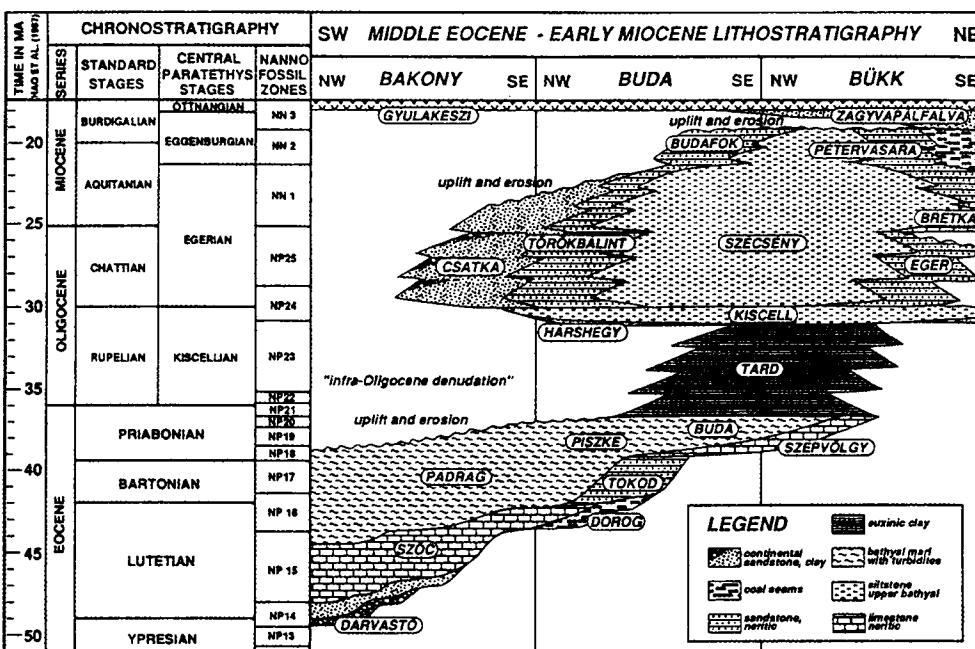


Fig. A - 5. Lithostratigrafie van het Paleoceen in Hongarije. De oudste sedimenten werden in het zuidwesten (Bakony) afgezet. De afzettingen schuiven in de tijd steeds verder naar het noordoosten. Op hetzelfde tijdstip worden op verschillende plaatsen, verschillende sedimenten afgezet.

age (Ma)	epochs	stages	Central Paratethys stages
5	Pliocene	Quat.	
		1.8	
	Pliocene	Piacenzian	Romanian
		3.4	3.6?
	Pliocene	Zanclean	Dacian
		5.3	5.6
	Late Miocene	Messinian	Pontian
		7.1	
	Late Miocene	Tortonian	Pannonian
		11.0	
	Middle Miocene	Serravallian	Sarmatian
		11.5	13.6 (13.0)
	Middle Miocene	Langhian	Badenian
		14.8	
Middle Miocene	Burdigalian	Karpatian	
	16.4	17.5	
Early Miocene	Burdigalian	18.3 Ottnangian	
	20.5	Eggenburgian	
Early Miocene	Aquitanian		
	23.8		
Oligocene	Oligocene	Egerian	
		27.5	
	Oligocene	Chattian	
Oligocene	Rupelian	Kiscellian	
	28.5		
Oligocene	33.7	33.7	

Fig. A – 6. Geologische tijdschaal voor het Midden- en Laat-Tertiair, met de conversie van standaard-chronostratigrafie naar Centraal Paratethys-stratigrafie.

Het meest recente vulkanisme is basaltisch van samenstelling en lijkt meer op intra-plaatvulkanisme, een oorsprong die tot op zekere hoogte vergelijkbaar is met het vulkanisme in de Eifel. Een van de mooiste voorbeelden is de Pliocene vulkaan *Badacsony* aan de noordoever van het Balatonmeer.

Delfstoffen

Hongarije beschikt over een van de rijkste bauxietreserves in Europa. Deze bauxietvoorkomens zijn gevormd door verwerking onder tropische omstandigheden in karsthouten in kalkstenen uit het Krijt.

De olie- en gasvoorraden van Hongarije komen vooral voor in de zandstenen van Pannonian ouderdom en worden op grote schaal gewonnen door de Hongaarse oliemaatschappij MOL.

De winning van steenkool bij Villány is inmiddels beëindigd. Vanwege de zeer dunne korst is er in Hongarije een groot potentieel aan aardwarmte. De Romeinen gebruikten in de omgeving van Budapest al heetwaterbronnen voor hun badhuizen. Nog steeds wordt er in Buda, aan de voet van het Hongaarse Middelgebergte, thermaal water gebruikt voor de beroemde Turkse baden.

Uitdagingen voor geologen

Geologen waren in het verleden vooral gericht op het opsporen en winnen van de natuurlijke hulpbronnen. Dat doen ze nog steeds. Maar zeker in Hongarije bestaan er op dit moment nog belangrijker uitdagingen voor geologen.

Het waterpeil van het Balatonmeer is in de afgelopen twee jaar met enkele decimeters gedaald. Dat lijkt niet veel, maar het is een regelrechte ramp als we bedenken dat het meer op de meeste plekken niet meer dan twee meter diep is, en dat het een van de belangrijkste toeristische trekpleisters van het land is. Daarom heeft de Hongaarse overheid een omvangrijk onderzoeksprogramma gestart om antwoord te vinden op de vragen: waar het water gebleven is, of dit een natuurlijk proces is dat in het (geologische) verleden vaker is voorgekomen, en wat er eventueel aan gedaan kan worden.

Nog een voorbeeld. In de afgelopen jaren zijn er in Noordoost-Hongarije, langs de Tiszarivier, enorme overstromingen geweest. De reden is een combinatie van ontbossing en klimaatsverandering. Geologen weten dat een rivier van nature geneigd is om zijn loop te verleggen en zo nu en dan buiten zijn oevers te treden, zeker in een gebied dat zo vlak is als de Hongaarse poesta's. Als we daarbij optellen dat we recentelijk hebben ontdekt dat er nog steeds sprake is van tektonische bewegingen, dan is het verhogen van de dijken misschien niet de meest verstandige oplossing.

Literatuur

Trunkó, L., Geology of Hungary, 1996, Beiträge zur Regionalen Geologie der Erde, Band 23, Gebr. Borntraeger, Berlin, 464p.