

Geologie van de Maestrazgo (Aragón, Spanje)

door Tom J. A. Reijers
tjareijers@hetnet.nl

Het Iberische schiereiland, vernoemd naar de rivier de Ebro, heeft een complex geologisch en cultureel verleden. Dit artikel gaat over de geologie van het nationaal park 'Maestrazgo', in de Spaanse deelstaat Aragón (afb. 1). Het is vernoemd naar de 'Maestros', de leiders van geestelijke ridderorden die het gebied tot in de 19e eeuw bestuurden. Hier dwaalde in de 11e eeuw ook de Spaanse ridder El Cid rond om er zijn heldendaden te verrichten. Sommige plaatsnamen memoreren die geschiedenis nog.



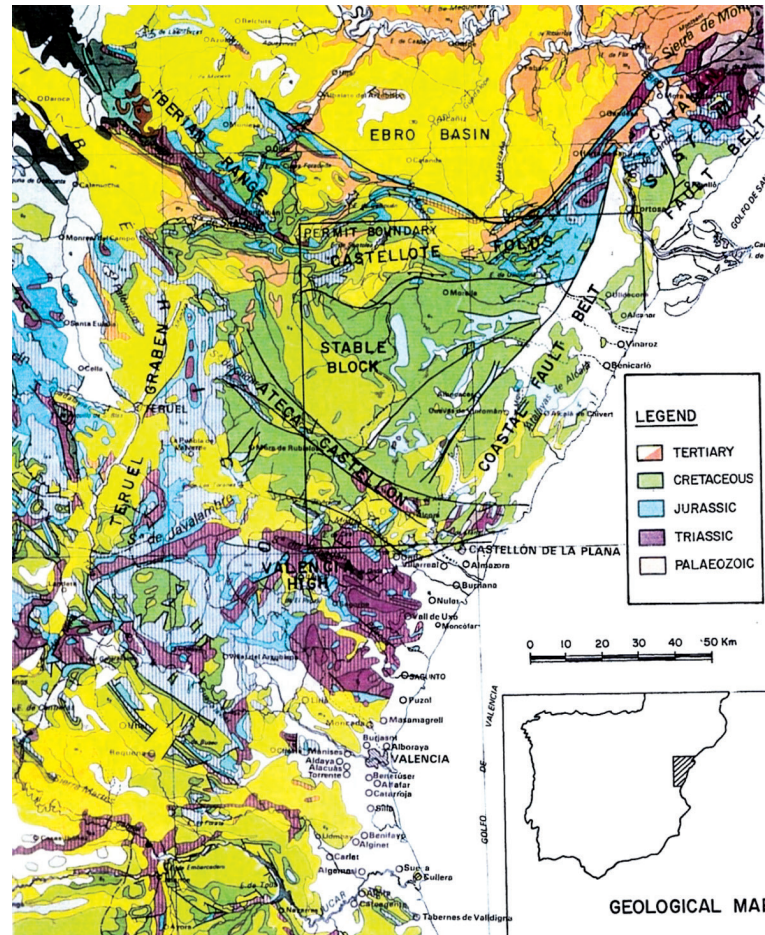
Afb. 1. De Maestrazgo in de Spaanse provincies Valencia, Teruel en Castellón. Bewerkt door Jezhotwells.

Mooie geologie

'Iberië', de voorloper van het Iberisch Schiereiland, was tot ongeveer 400 miljoen jaar geleden deel van zuidelijk supercontinent Gondwana. Het brak los en botste met Eo-/Paleo-Europa. Deze Hercynische orogenese was ongeveer 300 miljoen jaar geleden afgerond. Waar beide continenten botsten, ontstonden het Centraal Iberische scheidingsgebergte en de 'Hercynische boog', die van Zuid-Andalusië via Portugal en Galicië naar het noordelijke Cantabrische Gebergte loopt. Samen vormen deze het Iberische Massief (grondgebergte).



Afb. 2. Uitzicht op Villaluengo, in de 'Alta' (hoge) Maestrazgo, die is gelegen op een getuigeberg in het dal van Rio Palomita. Deze militair goed te verdedigen plaats lag op de Camino Cid. El Cid veroverde het koninkrijk Valencia in 1094 en verdedigde het daarna tegen de Moorse Almoraviden. Foto: IStock, OlafSpeier



Afb. 3. Geologische kaart van de Maestrazgo en omgeving met de voornaamste structuren. Het 'stable block' is de Maestrazgo, tussen de Ateca-Castellon Fault zone, de Coastal Fault Belt en de Castellote Folds. Het vierkant op de kaart toont de oude olieconcessie van Shell. Zie ook afb. 16.

Tussen de Hercynische en Alpiene gebergtevormende perioden overspoelden subtropische zeeën dit grondgebergte vanuit het oosten. Uit die ondiepe zeeën, die deel uitmaakten van de zich vormende Tethys Oceaan, ten oosten van Iberië, staken grondgebergte-reliëfelementen op. Er werden dikke lagen Mesozoïsche kalksteen afgezet die plaatselijk dolomitiseerden. In de kustgebieden om het Iberisch Massief vormden zich delta's met oppervlaktemoerassen met een rijke flora. In de loop van de geologische tijd ontstond hieruit steenkool. In die zompige gebieden leefden tijdens het Mesozoïcum kudden dinosauriërs, waarvan de fossiele resten nu vele museumcollecties sieren. Ten westen van het Iberische Massief opende zich gedurende het hele Mesozoïcum de Centraal- en Noord-Atlantische Oceaan. Dat veroorzaakte spanningen en vervormingen in de aardkorst. Aan het einde van het Krijt opende zich de Golf van Biskaje. Iberië draaide tegen de klok in naar zijn huidige positie. Zo eindigde het Mesozoïcum en begon de Alpiene gebergtevormende periode. Sommige grondgebergteresten verjongden zich. Er ontstonden nieuwe gebergten zoals de Pyreneeën, het Catalaans kustgebergte en de Betische Cordillera. Relatief beschermde plaatsen zoals de Maestrazgo rezen geleidelijk op. Daarin vormden zich diepe kloven met geïsoleerde getuigebergen (afb. 2),

die heden ten dage het landschap van de Maestrazgo bepalen. In de steile klifwanden zijn de Mesozoïsche gebeurtenissen goed af te lezen. In de Maestrazgo is sinds de jaren '60 veel veldwerk verricht door verschillende Spaanse geologen (zie Gibbons en Moreno 2002) en sinds de jaren '70 ook door Franse en andere internationale groepen. Ook Nederlandse studenten deden (en doen) daar veldwerk, wat verschillende ongepubliceerde doctoraalscripties opleverde. Veel van die gegevens zijn meegenomen in het kaartblad Viñaròs van het geologisch en mineralogisch instituut van Spanje (1985). Afb. 3. Amateurgeologen kunnen in de Maestrazgo interessante fossielen van dinosauriërs en mineralen vinden. Zo komt aragoniet hier in Aragón – dus in het typegebied – op verschillende plaatsen voor. Ook kan de geologie ter plekke worden bestudeerd in het Aliaga Geopark, gecentreerd rondom de gelijknamige plaats.

Stratigrafie, sedimentologie en paleogeografie

De stratigrafie illustreert de geschiedenis van het gebied; een geschiedenis die onder andere beïnvloed is door gebeurtenissen die ver weg op de oceanen plaatsvonden. De vereenvoudigde algemene stratigrafie van de Maestrazgo is weergegeven in afb. 4, in kolommen met de volgende betekenis:

- De 'Age'-kolom geeft Perioden, hun ouderdom in miljoenen jaren en namen aan: Trias, Jura, Krijt en Tertiair;
- De 'Lithologie'-kolom geeft gesteentesoorten aan, met rechts- onder een legenda. De golflijntjes tonen hiaten (discontinuïteiten), of ze begrenzen gebieden (die wit zijn gelaten) waarover geen informatie beschikbaar is. Zo is, in het Trias en Jura interval, de regio rechts (in het oosten) wit gelaten; hier opende

zich de Tethys Oceaan en er is geen lithologische informatie beschikbaar. In het Onder-Krijt is het deel links (het westen) wit gelaten; hier lag het Iberische Massief en daar heeft inder- tijd geen afzetting plaatsgevonden. In het Tertiair is twee keer rechts een deel wit gelaten. Er traden twee fasen van Alpiene gebergtevorming op (rond de Pyreneeën) die in eerste instantie zorgden voor erosie van het gebied, later gevolgd door afzetting van pakketten conglomeraat. Die conglomeraten zijn te zien aan de basis van de lithologie, links in de kolom. De zigzaglijntjes in de lithologie-kolom vertegenwoordigen faciesovergangen (over- gangen in lithologie, gelieerd aan het afzettingsmilieu).

- De 'Environment'-kolom geeft de afzettingsmilieus aan, va- riërend van land, kustnabij, ondiep- en diep marien. Zo is in Midden- en Boven-Jura in de lithologie-kolom te zien dat er in het westen (links) en in het oosten (rechts) van de Maestrazgo parallel aan elkaar verschillende milieus voorkwamen, namelijk een ondiep milieu met dolomietafzetting en een diep marien afzettingsmilieu waar mergelige kalksteen werd afgezet.

Trias: warm en kalm

Voor de lithostratigrafie voerde ITC (1976) de volgende een- heden in:

groep	formatie	afzettings- milieu	ouderdom
Montalban	Zarza dolomiet	ondiep marien	Laat-Trias (Keuper)
	Montforte mergel	warm droog klimaat	
	La Hoz dolomiet		Midden-Trias (Muschelkalk)
	Peñarroyas zandsteen	continentaal	Vroeg-Trias (Buntsandstein)

Algemeen

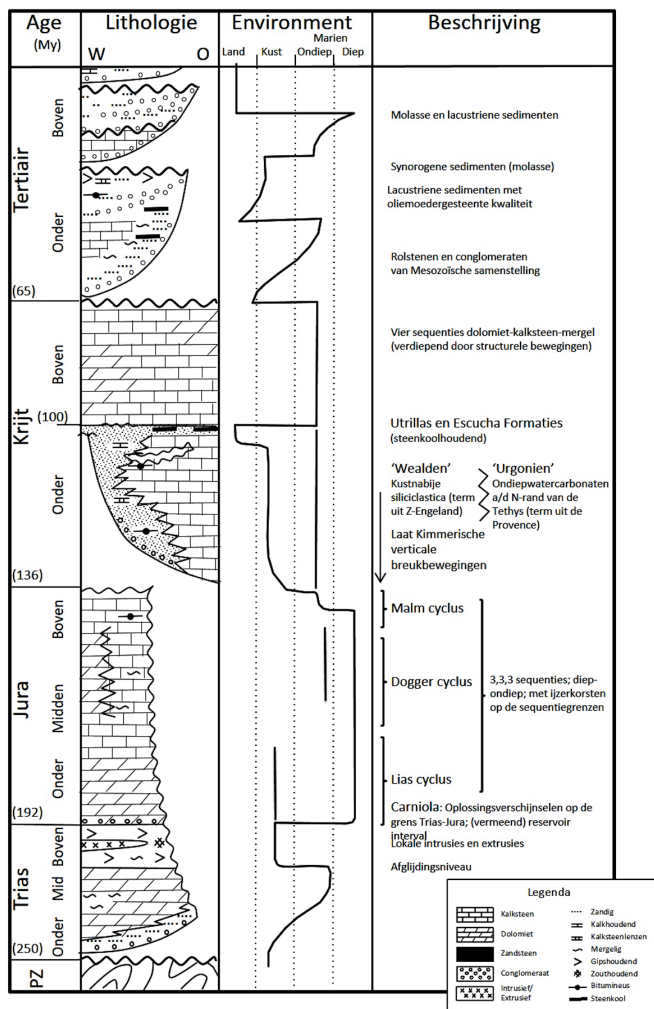
In de Maestrazgo is de Trias net zo ontwikkeld als in Duitsland. Daarom wordt het de 'Germaanse facies' genoemd. Die is ver- deeld in: 'Buntsandstein', 'Muschelkalk' en 'Keuper'. Het was een warme tijd, en dit gebied lag aanvankelijk boven zeeniveau en later eronder, vaak vlakbij de kust.

Vroeg-Trias (Buntsandstein)

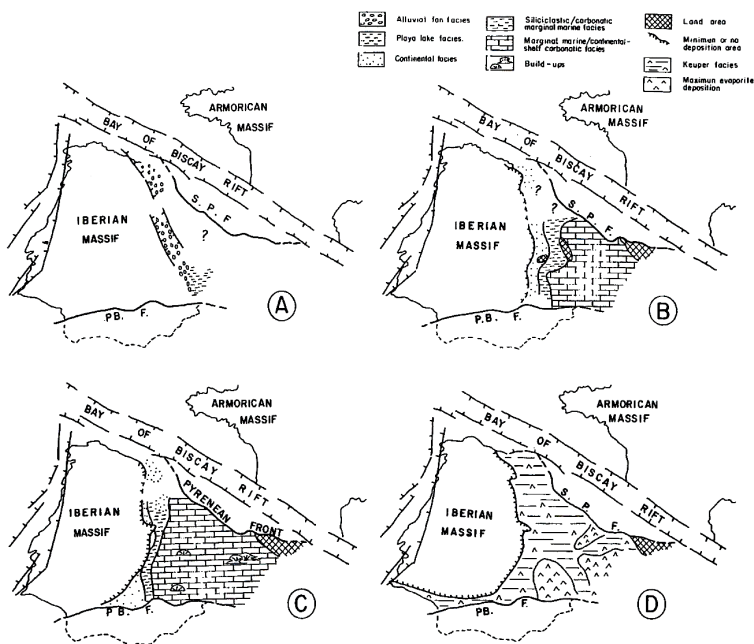
De Peñarroyas Formatie bestaat uit roodpurperen conglomo-



Afb. 5. Rode zandsteen van de Peñarroyas Formatie. Foto: J. Kriest.



Afb. 4. Vereenvoudigde stratigrafisch-sedimentologische kolom van de Maestrazgo, met nadruk op de discontinuïteiten. De milieus (environments) variëren van land, kust, ondiep tot diep marien. Tekening: F. Kunst.



Afb. 6. De paleogeografische evolutie van Iberië in Laat-Perm/Trias. A. Laat-Perm/Vroeg-Trias: vorming Iberische trog (Buntsandstein). B. Begin Midden-Trias: de Tethys Oceaan dringt het land binnen (begin Muschelkalk). C. Midden-Trias: mariene carbonaten over een groot deel van Iberië (hoogtepunt Muschelkalk). D. Laat-Trias: sabka-vorming en evaporieten (Keuper). Bron: Excursiegids Maestrazgo op basis van gegevens van Toulouse University, Canerot. 1971.

meraten en zandsteen met scheve gelaagdheid, polygonale krimpscheuren, golfribbeltjes en schaarse fossielen (afb. 5). Waarschijnlijk zijn ze deels als puinwaaiers afgezet in slenken (grabens) in de zogenaamde 'Iberische trog', die in het Trias dwars door Iberië ontstaat (afb. 6A) en waarin ook meren en rivieren voorkomen.

Midden/Laat-Trias (Muschelkalk/Keuper)

Naar het oosten loopt de Iberische trog uit in de zich vormende Tethys Oceaan (afb. 6B, C). Hier vormt het ondiepe zeeën met getijdenwerking. De Montforte en La Hoz Formaties zijn melkleurig grijze of geel roze dolomieten, dolomitische kalksteen, verbrokkelde cellulaire dolomiet (de La Hoz) afgewisseld met slecht gelaagde mergel met kleine pelecypoden, gastropoden en schelpengruis. De mergel is rood-groen-grijs met ertussen lagen gips en dolomiet (de Montforte). Naar het westen (richting het Iberische Massief) worden de milieus ondieper en vervingt mergel met dolomiet.

Naar het oosten opende de Tethys Oceaan zich verder (afb. 6C). Bij de kusten is die matig diep. Later wordt de zee ondieper en gaat indampen (afb. 6D). De kustnabije ondiep mariene bekens worden gevuld met rode klei, zand-siltsteen en 'sabka'-indampingsgesteenten (dat zijn sedimenten die zijn afgezet in de strook tussen laag- en hoogtij, dus afwisselend onder en boven water; ze bevatten onder andere zout), van de Montforte en de Zarza Formaties. Na bedekking met dikke pakketten Jura- en Krijt-carbonaten en door het optreden van krachten in de aardkorst (zie hierna) zijn deze indampingsgesteenten van de Montforte en Zarza Formaties gaan vloeien. Dit proces heet 'halokinesis', een proces waarbij zich zoutdiapieren hebben gevormd. Voor veel structurele deformaties in de Maestrazgo zijn deze evaporieten (zouten) een 'glijlaag' (=decollement) geweest. Op luchtfoto's en in het terrein hebben mergellagen weinig reliëf en zijn ze slecht begroeid, terwijl de dolomieten hellingen en heuveltoppen vormen.

Jura: zee met veel bewoners

De lithostratigrafische eenheden zijn:

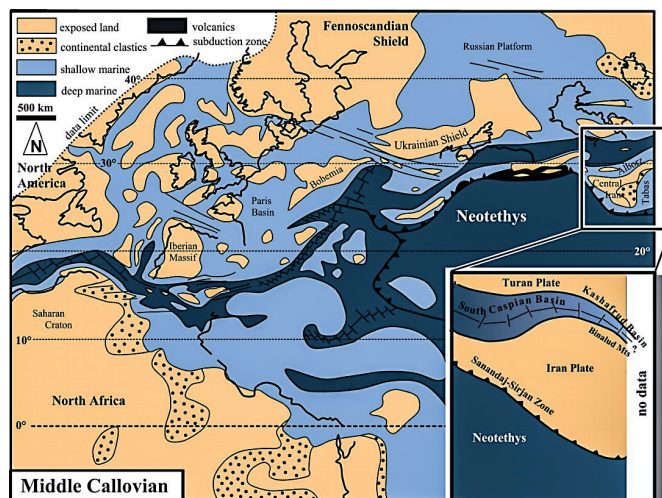
groep	formatie	afzettingsmilieu	Ouderdom
Oliete	Montero kalksteen	ondiep tot diep marien	Laat-Jura (Malm)
	Moyuela mergel		
	Cabra kalksteen		Midden-Jura (Dogger)
	Obón mergel	overgang (karst)	Vroeg-Jura (Lias)
	Alcaine kalksteen		
	Ariño mergel		
	Martin kalksteen		
	Cantalera dolomiet		

Algemeen

Jura-sedimenten zijn afwisselend afgezet in ondiep en diep mariene milieus (afb. 4) met rijke fauna's van brachiopoden, cephalopoden, pelecypoden en crinoiden. De kalksteen is massief tot goed gelaagd; de mergel soms onduidelijk gelaagd en knobbelig. Kalksteenlagen die onder een hoek staan vormen op luchtfoto's en in het terrein duidelijke ruggen/richtels. Vlak liggend vormen ze plateaus. Op carbonaten is vegetatie schaars en er is geen landbouw. Mergel verweert tot concave hellingen, soms met begroeiing en enige landbouw.

Vroeg-Jura (Cantalera dolomiet, Martin kalksteen, Ariño mergel, Alcaine kalksteen en Obón mergel, samen de Lias Cycle)

De onduidelijke overgang van Trias naar Jura is lithologisch gekenmerkt door gipslagen en roodachtige verbrokkelde dolomieten die worden gevormd door ingestorte oplossingsgaten ('Carniola'). Door de 'karstificatie' verdween de oorspronkelijke gelaagdheid. Deze formatie is indertijd door Shell beschouwd als een reservoir interval, maar er werd geen olie of gas in gevonden. Tijdens de Jura ontwikkelden zich op open ondiep-mariene platforms regressieve sequenties, drie in de Maestrazgo, die elk eindigen met droogvallen en een ijzer-verkorste sequentiegrens. Ze zijn het gevolg van zeespiegelfluctuaties en bodembewegingen door rek in de aardkorst als gevolg van het openen van de Centrale Atlantische Oceaan. Afb. 7. Lithologisch zijn het afwisselingen van grijze kalksteen/dolomiet en roodbruine



Afb. 7. Paleogeografie van Europa in Midden/Boven-Jura. Duidelijk zichtbaar (donkerblauw) zijn de diep mariene oceanische gebieden ten oosten en zuidwesten van Iberië: de Tethys en de Centraal Atlantische Oceaan. Iberië (en Maestrazgo) liggen grotendeels onder water. Kaart: Earth & Energy Educational software.

knobbelige zandige mergel die vaak worden afgesloten met discontinuïteiten. Sommige poreuze kalkige intervallen bevatten veel oölieten (in getijdenmilieu gevormde kalkballetjes) en ze kunnen (soms zeer) rijk zijn aan hele of gefragmenteerde ondiepe mariene brachiopoden en pelecypoden. Opvallend zijn plaatselijk 'weiden' met crinoïden, soms met hele stengels. Zulke ondiepe intervallen wisselen af met intervallen kalksteen met dieper mariene ammonieten en belemnieten. Samen vormen de vijf formaties de 'Lias Cycle'. Naar het oosten gaat het platform over in de open Tethys Oceaan. In de Maestrazgo is het vaak onduidelijk waar precies.

Midden-Jura (de Cabra kalksteen vormt de Dogger Cycle)

De discordante overgang van Onder- naar Midden-Jura is ontstaan door reactivatie van breuken. Het Onder-Jura carbonaatplatform breekt op in subbekkens. Daartussen liggen ondiepe platforms die in de Maestrazgo deels gedolomitiseerd zijn (afb. 3). Zulke dolomiet heeft vaak veel interkristallijne porositeit en heeft daarom reservoir-potentieel voor de olie-industrie. De Midden-Jura heeft een grote variatie in sedimentdiktes, facies-typen en gecondenseerde horizonten (dat zijn intervallen met weinig sedimentatie over lange tijd). Rondom het Montalban-Ejulve hoog was de zee vrij ondiep zoals blijkt uit veel oölieten en pisolieten (algenballetjes). Er zijn drie cycli herkenbaar in de Cabra Formatie die samen de Dogger Cyclus vormen. Met het ondieper worden van het milieu waarin de afzettingen plaatsvinden, neemt de energie in het zeewater af. Dit blijkt uit het type afzetting dat wordt gevonden. Het erosieoppervlak aan de top van deze formatie is opvallend door rode verkleuring (ijzer) en soms door polygonale krimp-scheuren, zoals goed te zien is bij de wegsectie door de Bobalar-anticline. De onder een hoek staande Cabra kalksteen vormt landschapsruggetjes; de vlakliggende lagen vormen plateaus.

Laat-Jura (Moyuela mergel, Montero kalksteen, samen de Malm Cycle)

Weer zijn er kenmerkende discontinuïteiten met ijzerhoudende 'korsten', in dun gelaagde kalksteen met veel ammonieten. Later in de tijd zijn de carbonaten in dieper water afgezet in een uitgestrekt langzaam dalend bekken. Nu is de Tethys Oceaan in het oosten nadrukkelijk aanwezig. Grote delen van Iberië zijn overspoeld (afb. 8). Aan het einde van de Jura wordt de zee weer ondieper en verschijnen in het Onder-Krijt landafzettingen.

Krijt: ter land en ter zee

De lithostratigrafische eenheden zijn:

groep	formatie	afzettingsmilieu	ouderdom
Aliaga	Guadalupe mergel	overgang	Laat-Krijt
	Cañadilla kalksteen	ondiep marien	
	Utrillas zandsteen	continentaal	Vroeg-Krijt
	Palomar kalksteen	ondiep marien	
	Parras	continentaal/ondiep marien	

Algemeen

Gedurende de hele Jura- en Krijtperiode opent zich de Noord-Atlantische Oceaan. Vanaf het Albien opent ook de Golf van Biskaje. De aardkorst van het Iberisch continent wordt deels scheefgesteld door blokvorming in het grondgebergte (afb. 8, zie voor dit proces afb. 9). Het Jura-carbonaatplatform breekt op. Op de Jura-Krijt grens ontwikkelt zich een prominent karstoppervlak met plaatselijk bauxiet en soms met conglomeraten aan de basis. Het centrum van het afzettingenbekken verschuift en eerdere topografie wordt afgesleten door erosie. Het per-

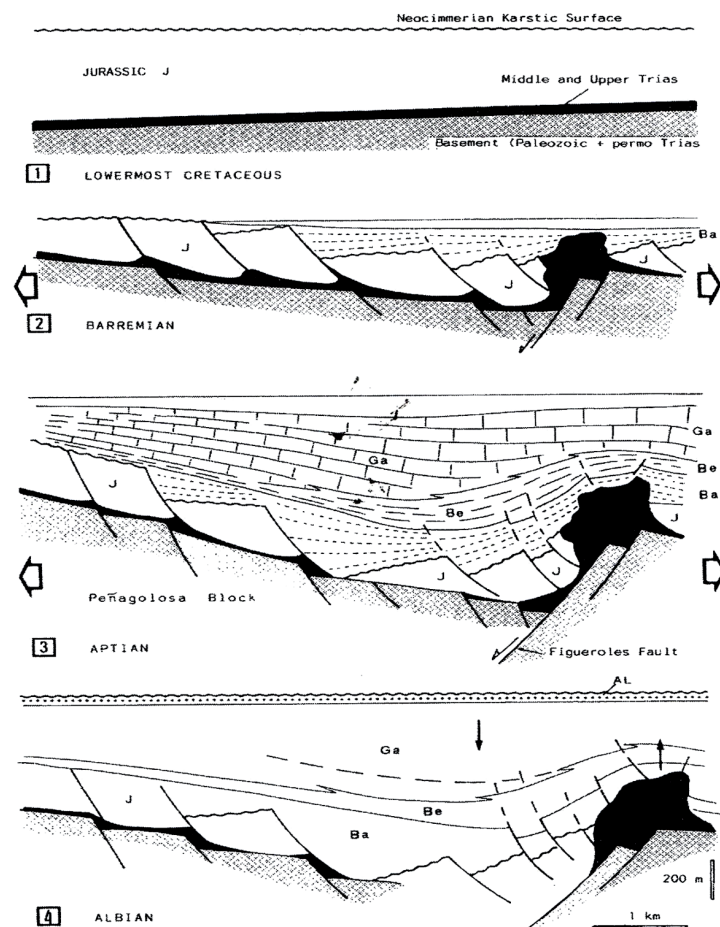


Afb. 8. Oliete, gelegen op een scheefgesteld blok. Boven-Jura/Onder-Krijt, noordelijke Maestrazgo. Foto: A. Groenendijk.

centage siliciklastica in de Aliaga Groep (de gezamenlijke Krijt-formaties) is regionaal veel hoger dan in de Oliete Groep van de Jura, wat wijst op meer invloed van het land tijdens het Krijt.

Vroeg-Krijt (Parras, Utrillas/Escucha, Palomar Formaties)

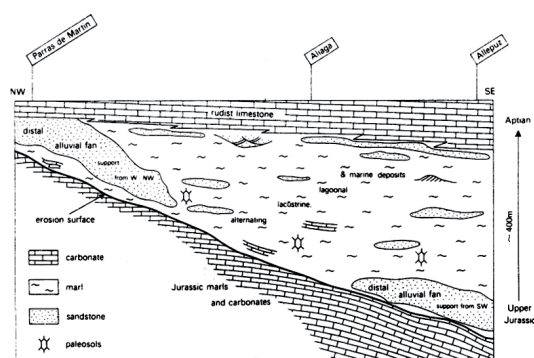
In het Vroeg-Krijt ontwikkelen zich in de Maestrazgo deels parallel aan elkaar drie contrasterende facies, die de Parras,



Afb. 9. Scheefstelling van basementblokken als gevolg van vloeijing van zout (= halokineses) in het zuidelijke Maestrazgo Bekken. Het gevloeiende zout is aangegeven in zwart. Ba = Barremien (= Midden Vroeg-Krijt), B = Bedoulien en Ga = Garganien (delen van het Aptien = Midden Vroeg-Krijt), Al = Albien (= Laat Vroeg-Krijt). Bron: Excursiegids Maestrazgo op basis van gegevens van Toulouse University, Canerot. 1971.

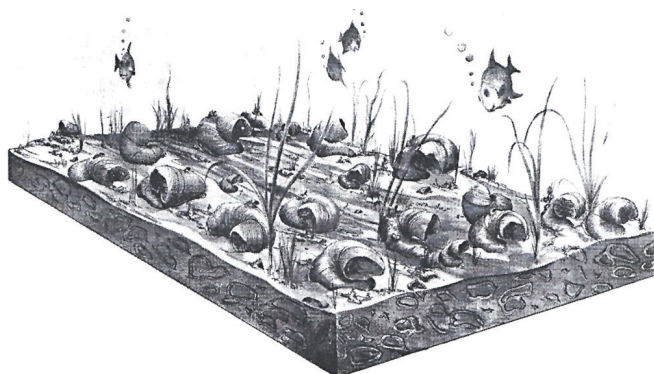


Afb. 10A. De Parras Formatie, de 'Wealden' van de Maestrazgo.
Foto: José Manuel Gasca (publiek domein).



Afb. 10B. De 'Wealden facies van de Parras Formatie bij Aliaga.
Tek. doctoraal scriptie L. v. Geuns, RU Leiden, 1980.

Palomar en Utrillas/Eschucha Formaties opleveren. De afzetting begint in een ondiep marien milieu met lokaal getijdenafzettingen en stranden. De kustnabije rood-paars gekleurde siliciklastische gesteenten worden de Parras Formatie (afb. 10A) genoemd. In het westen zijn er ook continentale afzettingen op een deltavlaakte met veel plantengroei. In die zompige omgeving leefden grote kuddes dinosauriërs. Het plantenmateriaal uit het deltamoeras is nu ligniet (bruinkool) geworden. De gesteenten zijn vergelijkbaar met de 'Wealden' facies, een term die vaak gebruikt wordt en die zijn naam ontleent aan het Wealden-gebied in Zuid-Engeland. Parallel aan de Parras Formatie, in het oosten, verder van de kust, ontwikkelt zich een ondiep mariene carbonaafacies: de Palomar Formatie (afb. 10B). De beschermde



Afb. 11. Tocsia-rudisten drijven in de kalkmodder. Rudisten hebben veel porositeit (met name ook binnen de schelp) en zijn daarom b.v. in het Midden-Oosten (Oman) belangrijke reservoirs voor koolwaterstoffen. Bron: Seminar handout van KSEPL (het exploratie- en productielab van Shell in Rijswijk).

shelf (continentaal plat) wordt o.a. gekenmerkt door rudisten: tweekleppige weekdieren met één grote en één kleine klep (afb. 11). Zo'n facies wordt ook wel de 'Urgoon-facies' genoemd, naar een vergelijkbare rudistenformatie in de Provence, aan de noordkant van de Tethys Oceaan. In beide carbonaat/mergelformaties komen pelecypoden (oesters), gastropoden en micro-organismen voor waaronder veel foraminiferen en algen-oögonia. In de Palomar worden ook



Afb. 12. Trigonia, een grote bivalve die o.a. in de Palomar Formatie wordt gevonden, 9 cm lang. Foto A. Groenendijk.

grote bivalven, zoals Trigonia, gevonden (afb. 12). De Parras en Palomar Formaties gaan over in een deltaïsche zandsteen met steenkool en mergels: de Utrillas/Eschucha Formatie. Het pakket is meer dan 100m dik en de steenkool wordt gemijnd (afb. 13; zie ook afb. 14 en 17). De Utrillas/Eschucha Formatie is dus gevormd op de grens van land en zee. Vanaf midden Aptien tot eind Albien wordt de mariene invloed groter en groeit er in het oosten een carbonaatplatform.

De lithologie van de Parras Formatie levert landschappelijk weinig reliëf. Alleen harde, erosieresistente lagen zijn herkenbaar in het landschap en op luchtfoto's. Op sedimenten van de Parras



Afb. 13. Mijndorp Utrillas. In 2015 was er nog een actieve steenkoolmijn in de Utrillas/Eschucha Formatie. Credits: Wikimedia Commons.

Formatie wordt vrij veel landbouw bedreven, dit in contrast met bodems op de Palomar Formatie met kalkstenen en mergel. Kalksteenlagen zijn gekenmerkt door vegetatie. De klastische sedimenten en steenkool van de Utrillas/Eschucha vertonen golvende landschappen (afb. 14).

Laat-Krijt (Cañadilla en Guadalupe Formaties)

Sedimentatie blijft beïnvloed worden door rifting van de zich openende Noord-Atlantische Oceaan en de golf van Biscaye en, te-



Afb. 14. Utrillas Formatie. Let op het achterliggend gebergte: de Castellote overschuivingszone. Foto: Barriada Obrera del Sur, cuencas mineras, utrillas.

gen het eind van het Krijt, ook door het draaien van Iberië (tegen de klok in). Dit roteren luidt de Alpiene gebergtevormende periode in, waarin o.a. de Pyreneeën worden gevormd. In deze periode spelen het Centraal Iberische Massief in het westen en het Ebro Massief in het noorden voor de Maestrazgo een grote rol. Het carbonaatplatform dat aan het eind van het Vroeg-Krijt is ontstaan, ondervindt de invloed van (1) zeespiegelfluctuaties, (2) structurele bewegingen van de zeebodem, en (3) zoutvloeiingen (halokineses). De aardkorst wordt ten gevolge van tektonische bewegingen gedeformeerd: breukbewegingen worden geholpen door de Trias-zouten (Montforte Formatie), die als glijlaag fungeren (afb. 9). Als gevolg van deze factoren ontstaan vier opeenvolgingen, die elk een cyclus van afzetting van ondiep naar iets dieper milieu vertonen. De oudste twee vormen samen de Cañadilla-kalksteen Formatie. De jongste twee vormen de Guadalupe Formatie, die bestaat uit mergel met ammonieten. De Guadalupe is in haar totaliteit in een dieper marien milieu afgezet dan de Cañadilla.

Laat in het Krijt ontwikkelen zich plaatselijk dolomieten, carbonaat met radiolarien en gipsachtige mergel. Verschillende 'discordanties' wijzen op voortdurende structurele activiteit van de ondergrond. In het Maastrichtien begint een regressie, en het milieu wordt ondieper. Er worden lacustriene (meer-) afzettingen met veelkleurige kleien en conglomeraten van Maastrichtien-Paleoceen ouderdom gevormd.

Tertiair en Kwartair: land in zicht

De lithostratigrafische eenheden zijn:

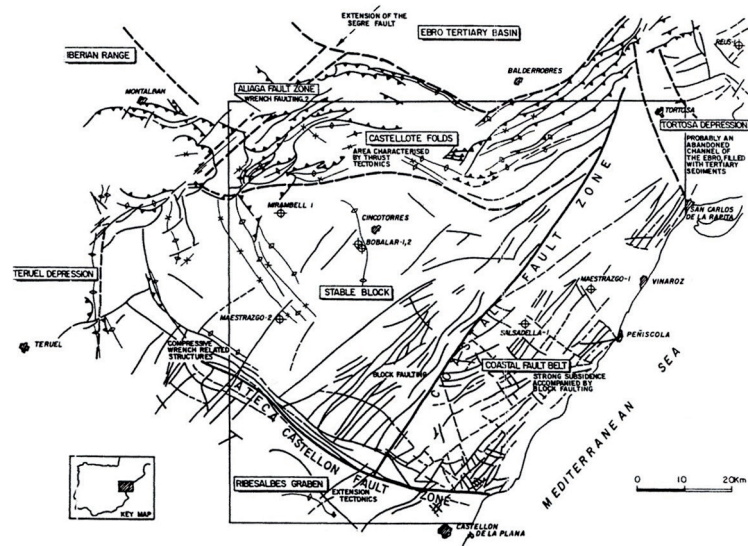
groep	formatie	afzettingsmilieu	ouderdom
	alluviaal	continentaal	Kwartair
Torrecilla	Mioceen zandsteen/schalie	continentaal/lacustrien	Tertiair
	Oligoceen conglomeraat		

Algemeen

De afzettingen van Tertiair en Kwartair zijn continentaal. Ernstige erosie na de Alpiene plooiing (de Pyreneeën) en verjonging van delen van het Iberische scheidingsgebergte brengen dikke pakketten conglomeraten en andere klastische sedimenten voort. De Torrecilla Groep heeft een Oligoceen deel met rood-gele conglomeraten, zandsteen, schalie en mergel en een Mioceen deel van rood-lichtgekleurde zandsteen, silt en schalie. Soms komen kalksteen, travertijn en lagen gips voor. Plaatselijk, zoals in de Ribesalbes graben ten zuiden van het Ateca Castellon Hoog (afb. 3) komen ook lacustriene mergel en schalie met os-



Afb. 15. Mioceen conglomeraten van Montserrat (= zaagand-) gebergte in het Ebro-bekken. Credits: Wikimèdia Commons.



Afb. 16. Structurele kaart van de Maestrazgo, met faults (breuken) en folds (plooien). De Ateca-Castellon Fault zone, de Coastal Fault Belt en de Castellote Folds zijn goed te zien, maar er zijn ook plooien zichtbaar in het stabiele Maestrazgo-blok, zoals die bij Bobolar.

tracoden en plantresten voor (lacustrien=afgezet in een meer). In de Kustbreukzone bij Segorbe vindt men gelamineerde papierachtige schalie met volledige visresten. Landschappelijk vormen de conglomeraten vaak prominente kliffen met steile wanden, zoals, bijvoorbeeld in Catalonië, het Montserrat-gebergte (afb. 15). Landbouw en begroeiing vinden we alleen op vlakke zandig-kleige delen. Bij Rubielos de Mora zijn de ruïnes aanwezig van een schalieoliedestilleerderij (Cerro de Porpol) die gedurende de Eerste Wereldoorlog en in de Franco-periode Spanje, dat arm was aan olie, moest voorzien van brandstof.

Structurele geologie van de Maestrazgo

De structurele geologie van de Maestrazgo is te zien op de twee kaarten (afb. 3 en – voor meer detail – afb. 16). De Maestrazgo is beïnvloed door de Hercynische (Varistische) en de Alpiene orogenese. De eerste orogenese trad op in het Carboon en plooid het grondgebergte; het veroorzaakte noordwest-zuidoost georiënteerde structuren. De tweede werd actief vanaf eind Krijt en culmineerde in het midden van het Tertiair. Die leverde aan de randen van het Ebro Bekken indrukwekkende conglomeraatmassa's. Gedurende het hele Mesozoïcum ontstonden lichte plooiingen door voortdurende bewegingen van het grondgebergte. Met toenemende Mesozoïsche bedekking ontstonden plastische bewegingen in de Montforte mergel (van Midden-Trias). Die plastische lagen bevorderden afglijdingen van erosie-bestendige (=competente) lagen en loskoppeling van het grondgebergte (afb. 9). Opheffing en daling van de aardkorst (=epirogenetische bewegingen) veroorzaakten hiaten in Jura en Krijt sedimenten. De structurele noordwest-zuidoost georiënteerde hoofdrend loopt parallel aan die van het Iberisch-Castiliaans scheidingsgebergte. Er was echter ook een noord-zuidgeoriënteerde plooiing. Zoals de Bobalar-anticline, die later nog besproken wordt.

De Maestrazgo vormt een relatief 'rustig' blok te midden van grote breukzones (afb. 3 en 16). De 'Coastal Fault Zone' (Kustbreukzone) ligt in het oosten. Parallel aan de grote breuk loopt in het kustgebied een zwerm kleinere breuken (afb. 17). De Kustbreukzone snijdt door de Utrillas/Escucha Formaties (afb. 14), die in hun typegebied goed zijn ontsloten. Naar het noorden gaat de Kustbreukzone over in overschuivingen die dikke pak-

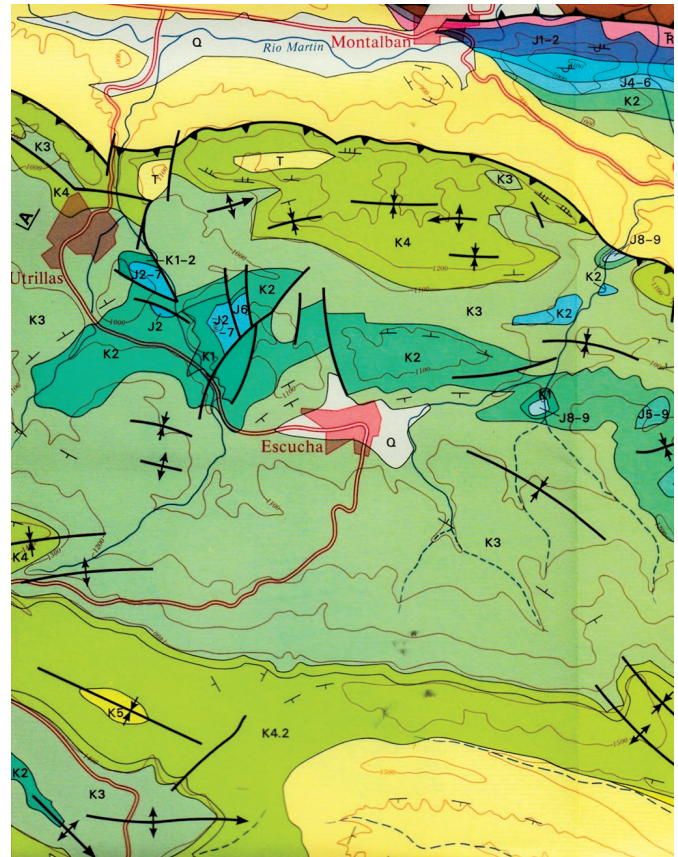


Afb. 17. Normale breuken in de Utrillas Formatie. Bron: Vermoedelijk Alonso, J.L., et al, 1996.

ketten conglomeraten hebben gegenereerd. Eén van die overschuivingen is de overschuivingszone die bij Utrillas (afb. 14 en 18) te zien is. In het zuiden gaat de Kustbreukzone over in een reeks breuken van de Ateca Castellon Fault Zone. Ondanks dat de Maestrazgo een 'rustig blok' is, zijn ook hier tektonische structuren aanwezig. De structurele complexiteit van de Maestrazgo is goed te bestuderen bij het gehucht Villarluengo (afb. 2). Niet ver van 'Hostal La Trucha' is een steil toegeknepen syncline ontsloten als 'Organos de Montoro' (afb. 19A en B). De Rio Palomita snijdt in een diepe kloof de kern van de syncline aan en maakt de structuur in de oostwand zichtbaar. De regionale noordwest-zuidoost hoofdrichting is ook spectaculair ontsloten in het dorp Aliaga, de locatie van een Geopark. Een ander voorbeeld is de Bobalar-anticline (afb. 20), waarvan men hoopte dat er olie in zat, maar waar Shell tevergeefs naar olie boorde.

Conclusies

In 'de Maestrazgo' kunnen goed ontsloten geologische opeen-



Afb. 18. Kaartbeeld van de omgeving van Utrillas en Escucha.

Legenda: K1-3 Onder-Krijt, K4 Boven-Krijt, J1-9 Jura, Tr Trias, geel: Alluviaal en Tertiair. De overschuiving is in het noorden (bovenaan) te zien als de lijn met haaiantanden, die geel van groen scheidt. Bron: ITC Information no 33, 1976.

volgingen worden bestudeerd van Trias- tot Kwartair-ouderdom. In het Mesozoïcum domineert kalksteen; in het Onder-Trias en Onder- tot Midden-Krijt komen ook siliciklastica en steenkool voor. Het gebied werd Alpien opgeheven en het is doorsneden

Iets over oliegeologie

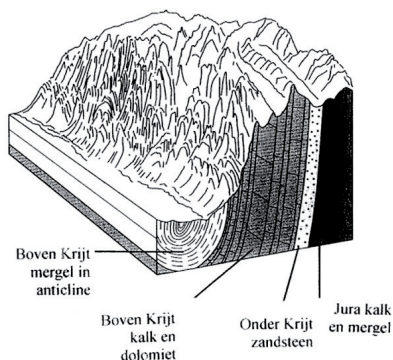
Voor natuurlijke accumulatie van olie en gas onder de grond zijn vier condities essentieel:

- 1) Reservoirsteente met voldoende porositeit (vanaf ca. 15%) en permeabiliteit (vanaf ca. 100 Millidarcy) om olie en gas in te kunnen opslaan en bij productie aan te onttrekken.
- 2) Olie/gas moedergesteente dat over lange tijd olie of gas genereert ten gevolge van hoge temperatuur waarna het uit het moedergesteente naar het reservoirsteente migreert;
- 3) Een afdekkende laag met lage permeabiliteit en porositeit (vaak klei of zout), die voorkomt dat het migrerende olie/gas verder naar boven wegsijpelt;
- 4) Een structuur (vaak een anticline) die zorgt dat olie of gas niet zijwaarts kan wegvloeien.

Shell heeft zonder succes getracht in de Maestrazgo olie of gas te vinden. De potentiële reservoirs worden gevormd door lagen van poreuze kalk, soms extra poreus gemaakt door karstoplossingen. De afdekkende lagen zijn de weinig doorlaatbare lagen van mergel/schalie. Structuren zijn er ook, zoals de Bobalar-anticline (afb. 19). Ook olie/gasmoedergesteente is er te vinden. In proefboringen zijn 'olie shows' aangetroffen: gas- en oliegeur en olie-fluorescentie. Ten oosten van het fraaie Aragonese gehucht Cincorres stroomt de rivier

de Caldes. In de oevers is het bovenste Onder-Krijt (de Pararas Formatie, of 'Wealden') deels als okerbruine grove kalk grainstone (met cement opgevulde kalksteen met fossieldeeltjes) en mergel ontsloten. De mergel/schalie is groenachtig en sterk gelamineerd. Het gesteente reageert positief op pyrolyse (verhitting in een reageerbuis van fijngestampt gesteente, waardoor eventuele olie wordt uitgedreven) en heeft dus kwaliteit als olie/gasmoedergesteente. Dat geldt trouwens voor de Wealden in het hele Maestrazgo-gebied, en ook voor de steenkoollagen van de Utrillas/Escucha Formatie.

Een samenspel van de voor olie gunstige factoren dacht men te vinden bij Bobalar in het midden van de Maestrazgo. Het potentiële reservoir, de afdekkende lagen en de structuur van de Bobalar-anticline kunnen in het veld worden bestudeerd langs de weg tussen Portell de Morella en Cincorres. Twee boringen in de Bobalar-anticline bereikten na ca. 1000 m de top van de La Hoz Formatie (Muschelkalk). In beide geboorde putten werden in de bovenste Muschelkalk zwakke aanwijzingen gevonden voor olie. Er werden tests uitgevoerd die echter alleen zout water opleverden. De putten werden daarom 'economisch droog' verklaard en afgesloten en verlaten. Dat beëindigde de activiteiten van de oliemaatschappij.



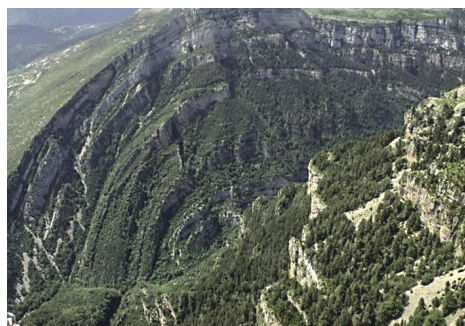
Afb. 19A. Syncline Villarlengo. Organos de Montoro. De tekening toont de dichte plooï. Bron: Seminar handout van KSEPL (het exploratie- en productielab van Shell in Rijswijk).



Afb. 19B. Syncline Villarlengo. Dal Rio Palomita, Organos de Montoro. Credits: Wikimedia Commons.

met kloven waar de opeenvolging van formaties goed is te zien. De structurele hoofdtrend is noordwest-zuidoost, maar er is ook noord-zuid georiënteerde plooïing. In het Geopark van Aliaga, met zijn spectaculaire landschap, is dit goed te bestuderen. Er worden allerlei fossielen gevonden, evenals interessante mineralen. De gesteenten hebben ook economische betekenis. De Utrillas/Escucha Formatie leverde lange tijd steenkool. De goede ontsluitingen en ingewikkelde structuren waren een uitdaging voor studenten en staf van verschillende universiteiten uit binnen- en buitenland. Het leverde een reeks goede gedetailleerde kaarten op, die door de geologische dienst van Spanje zijn gebruikt bij de officiële kartering van het gebied. Voor amateurgeologen is het een rijk gebied om te zoeken naar fossielen, van foraminiferen tot dinosauriërresten. Voor ieder die geïnteresseerd is in geologie, landschappen en cultuur is het een nog onontdekt paradijs.

Cultureel en geschiedkundig is dit het gebied waarin El Cid zijn heldendaden verrichtte, die zijn beschreven in het gedicht 'Cantar de Mio Cid' uit 1140. Het is ook het gebied waar het 'Grote Westerse Schisma' (1378-1417) culmineerde. Op een gegeven moment waren er drie pausen tegelijkertijd; een paus in Rome, één in Avignon en de derde was 'Papa Luna' uit Aragón'. De Maestrazgo is een gebied dat uitnodigt om het te begrijpen en te 'proeven' (via de gastronomie waaronder truffels). Regelmatig worden excursies georganiseerd. De volgende staat gepland van 2-7 juli 2016. Nadere informatie daarover bij de auteur.



Afb. 20. De ontsloten Bobalar-anticline tussen Portell de Morella en Cincorres. Foto: Jorje Franco 2013.

Referenties

- Canerot, J. (1971). Recherches géologiques aux confins des chaînes ibérique et catalane (Provinces de Castellon, Tarragona et Teruel). Toulouse: Université Paul Sabatier, Laboratoire de Géologie C.2.A.R.N. (Trabajos de tesis. Serie 5; 4)
- Gibbons, Wess, Teresa Moreno (editors) 2002, The Geology of Spain (Hoofdstukken 10-13). The Geological Society, London 649 pp.
- Instituto Geologico y Minero de España (IGME), 1985, Mapa Geologico de España 1:200.000, Viñarò 100 pp.
- International Institute for aerial Survey and Earth Sciences (ITC) 1976. Explanation of the geological Maps of the Monies – Opiate and Montalbán-Obón Regions 50 pp.