

STRATIGRAFINIO IR FACIJINIO PAŽINIMO MOKOMOSIOS PRAKTIKOS ŠVENTO KRYŽIAUS KALNUOSE (LENKIJA) VADOVAS

ELEKTRONINĖ MOKOMOJI PRIEMONĖ

DONATAS KAMINSKAS



*Recenzantai: Prof.hab.dr. Robert Mokrik
doc. Petras Šinkūnas*

VILNIAUS UNIVERSITETAS
GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
GEOLOGIJOS IR MINERALOGIJOS KATEDRA

Vilnius, 2009

TURINYS

Pratarmė	3
IVADAS	4
1. Pagrindinės sąvokos	8
2. Trumpa kalnakasybos istorija	15
3. Tektonika	17
4. Stratigrafija ir litologija	21
5. Teminiai vietovių aprašymai	31
5.1 Wiśniówka	31
5.2 Bardo	34
5.3 Ostrówka	38
5.4 Kowala	41
5.5 Miedzianka	45
Literatūra	48
1 priedas. Tarptautinė stratigrafinė skalė lenkų ir anglų kalbomis	50
2 priedas. Tarptautinė stratigrafinė skalė lietuvių kalba	51

PRATARMĖ

Šio praktikos vadovo tikslas supažindinti studentus su unikaliais geologiniu požiūriu Švento Kryžiaus kalnais, esančiais Lenkijoje, Kielcų vaivadijoje. Vadove pateikiama tik bendro pobūdžio informacija, nesigilinant į daugelį dar neatsakytų geologinių klausimų. Taip pat čia galima rasti iliustracijų ir nuotraukų iš pagrindinių praktikos metu lankomų vietovių. Minimi kalnai geologui yra unikalūs ne tik tuo, kad čia atsidengia praktiškai visų geologinių sistemų nuosėdos, bet ir tuo, kad jas galima betarpiškai tyrinėti atodangose ir karjeruose. Pažymėtina, kad dauguma karjerų yra veikiantys. Geologinės praktikos metu įgytos praktinės žinios yra nepaprastai vertingos būsimiems Lietuvos geologams, nes Lietuvoje daugelis geologinių sistemų uolienų slūgso arba giliai, arba yra perdengtos stora kvartero danga. Šiuo vadovu stengiamasi glaustai aprašyti minėtų kalnų stratigrafiją, tektoniką ir sedimentacines aplinkas. Taip pat pateikiama keleto lankomų vietovių geologijos detalesnis aprašymas. Pirmame skyriuje skaitytojai supažindinami su svarbiomis sąvokomis ir terminais. Vadove esama informacija palengvins studentams suprasti bendrą Švento Kryžiaus kalnų geologinio vystymosi istoriją, pasitikrinti ankstesniuose geologinių studijų kursuose (Istorinės geologijos, Nuosėdinių uolienų petrografijos ir kt.) įgytas žinias ir išmokti jas taikyti praktiškai. Norintiems daugiau sužinoti apie kalnų geologiją pridedamas atrinktos literatūros sąrašas ir internetinės nuorodos.

Žemiau pateikiama facijinio ir stratigrafinio mokomosios praktikos Švento Kryžiaus kalnuose tikslas ir uždaviniai.

Praktikos tikslas – išmokyti studentus lauko sąlygomis atpažinti pagrindinius nuosėdinių uolienų tipus, facijas, įvertinti jų susidarymo sąlygas.

Praktikos uždaviniai:

- susipažinti su pagrindinėmis nuosėdinių uolienų facijomis ir stratigrafija;
- išmokti atpažinti ir aprašyti lauko sąlygomis nuosėdines uolienas, struktūrinius elementus ir kt;
- remiantis literatūra ir lauko darbų metu surinkta informacija aprašyti uolienų stratigrafiją, tektoninę sąrangą ir sedimentacines aplinkas;
- remiantis geologiniu žemėlapiu ir literatūra sudaryti geologinius profilius;
- remiantis aukščiau paminėta informacija paruošti ataskaitą ir pateikti išvadas

IVADAS

Švento Kryžiaus kalnai pavadinti pagal to paties pavadinimo Švento Kryžiaus bažnyčios ir vienuolyno, kurį įkūrė benediktinai ant vienos iš aukščiausių kalnų viršūnių – Łysiec – XII amžiuje (1 pav.). Švento Kryžiaus kalnai yra palyginus žemai iškilę virš jūros lygio – 250-612 m. Kalnai, esantys pietinėje Lenkijos dalyje, einant iš rytų į vakarus, yra apie 90 km ilgio ir 30 km pločio (2 pav.).

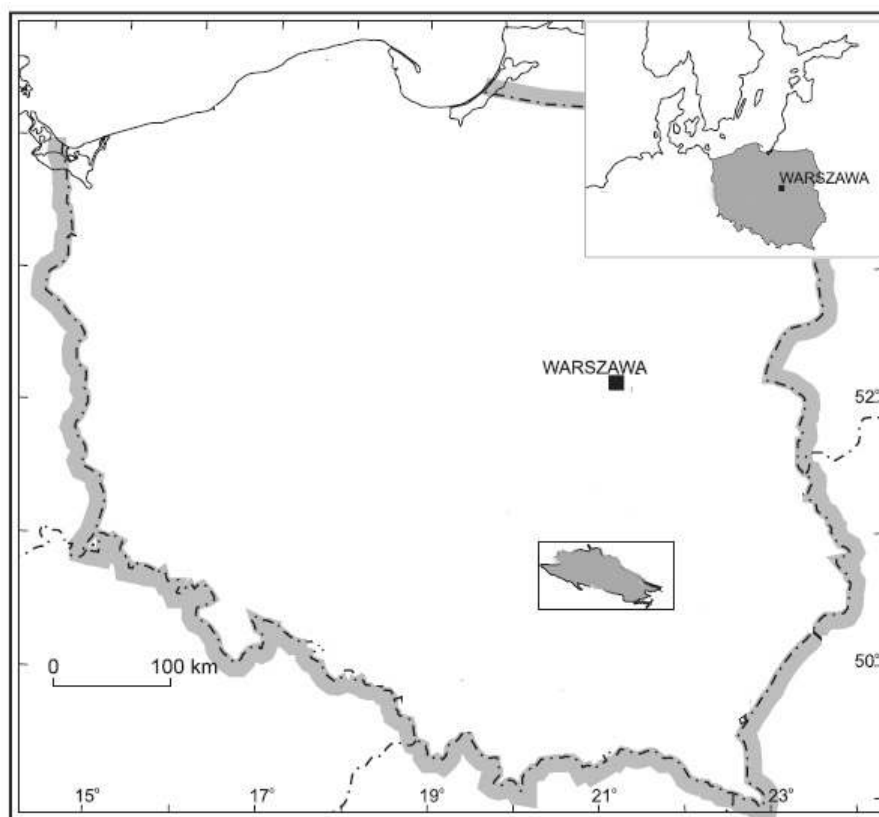
Švento Kryžiaus kalnų tektoninė struktūra susidarė daugelio tektoninių judesių, trukusių nuo kambro iki kvartero. Šie judesiai šiaurinėje (Łysogory blokas) ir pietinėje (Kielce blokas) kalnų dalyje buvo nevienodai intensyvūs.



1 pav. Švento Kryžiaus vienuolynas.

Kaledoninės ir Hercininės kalnodarų metu susiformavo blokinė-lūžinė struktūra, o Alpiškos kalnodaros metu – sudėtingos translokacinės senesnių blokų struktūros, dažniausiai susijusios su senesniuose blokuose esančiais lūžiais. Visos deformacijos vyko Rytų Europos platformos dalyje jai grimztant.

Paleozojaus metu kalnai buvo Baltikos kontinento pakraštyje. Seniausi tektoniniai judesiai vyko kambro ir ordoviko riboje. Patys svarbiausi tektoniniai judesiai vyko po ankstyvojo karbono (Hercininė orogenezę), kuomet ir susiformavo dabartiniai blokai. Anot Mizerski, Švento Kryžiaus kalnai nėra orogenas, o tik masyvas susiformavęs Baltikos kontinento pakraštyje, deformavus Paleozojaus uolienas (Mizerski, 2004).



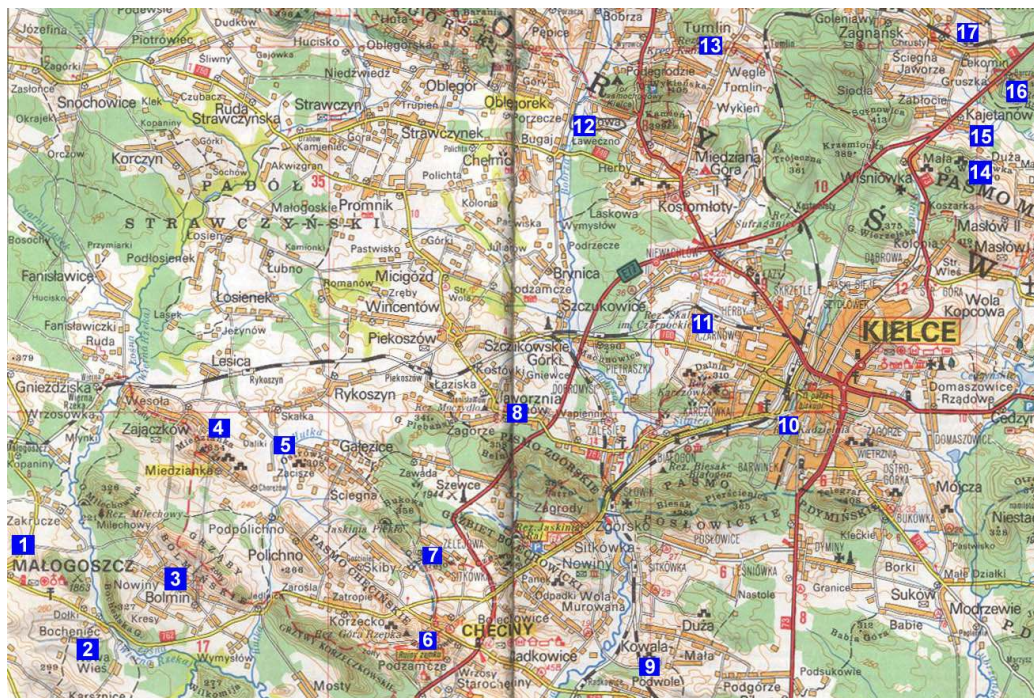
2 pav. Švento Kryžiaus kalnų geografinė padėtis.

Stratigrafinio – facijinio pažinimo praktikos metu apšviesti apie 18 karjerų ir atodangų (3-6 pav.). Kambro uolienas galima stebėti Wiśniówka karjere ir ant Švento Kryžiaus kalno, silūro – netoli Bardo kaimelio Pragowiec griovoje, devono – visur, išskyrus Małogoszcz, Tumlin, Ciosowa ir ant Švento Kryžiaus kalno, Wiśniówka ir Kajetanów, karbono – Ostrówka, permio – Ostrówka, Kajetanów, Jaworznia, triaso – Tumlin, Ciosowa, Jaworznia, Zachełmie, jūros ir kreidos – Małogoszcz. Aplink Bardo kaimelį plyti vėlyvojo pleistoceno lioso laukai.

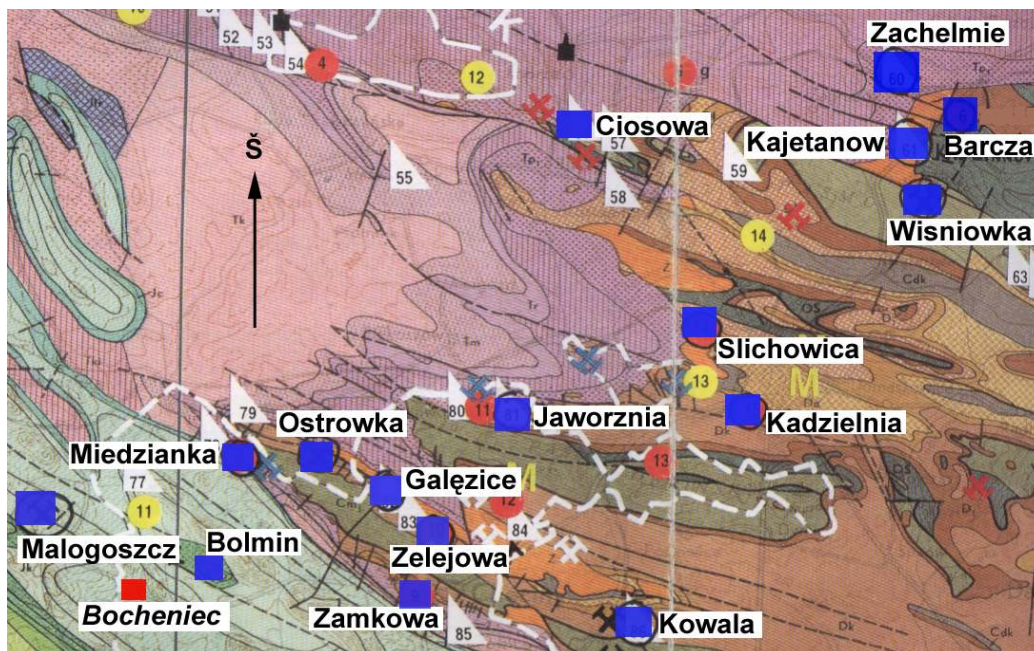
Švento Kryžiaus kalnuose uolienos labai įvairios: smiltainis, skalūnas, mergelis, klintis, gipsas, dolomitas ir kt. Taip pat gausu fosilijų. Paminėtina, kad Tumlin karjere buvo surasta ir triaso roplių pėdsakų. Małogoszcz karjere jūros uolienose randama amonitų, dvigeldžių, brachiopodų. Graptolitų gausu Pragowiec griovoje (silūras), karbono uolienose (Ostrówka) randama krinoidų (jūrų lelijų) liekanų. Nors ir retai, bet Wiśniówka karjere galima rasti kambro trilobitų ar jų paliktų pėdsakų (*cruziana*). Miedzianka kaimo apleistoje kasykloje galima rasti azurito ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$) ir malachito ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$), kalcito gyslų, piritų (FeS_2).

Labai gerą kampingą nedarnos pavyzdį galima pamatyti Zachełmie karjere, kur ant 45 laipsnių kampu pasvirusių vidurinio devono dolomito horizontaliai slūgso triaso raudonspalviai smiltainiai. Sluchowice karjere, kuris yra Kielce mieste, matomos viršutinio devono suraukšlėtos uolienos. Taip pat Kielce mieste esančiame Kadzielnia karjere atsidedžia dalis viršutinio devono franio amžiaus rifinio kūno, kurį iš viršaus dengia molingi viršutinio devono famenio dariniai (molinga klintis ir mergelis). Švento Kryžiaus kalnuose galima rasti uolienų susidariusių įvairiose sedimentacinėse aplinkose. Wiśniówka karjere atsidedžia kambro, o Zachełmie karjere devono meto seklios jūros „dugnas“. Kasant Tumlin karjerą buvo atidengtos palaidotos triaso eolinės kopos, bylojančios apie tuo metu vyravusį dykuminį klimatą. To pačio laikotarpio Ciosowa karjere galima stebėti būdingus dykumoms

sedimentacijos ypatumus. Facijiniu požiūriu įdomi greta Kowala karjero esanti atodanga, kurioje stebima facijinė kaita nuo seklių iki gilių facijų. Startigrafinės ribos daugelyje karjerų ir atodangų ryškios. Dažnai sistemos skiriasi litologija. Pavyzdžiui, kambriui būdingi skalūnai ir kvarciniai smiltainiai, silūrai – juodi graptolitiniai skalūnai. Tačiau, aišku, tai atskirti gali tik gerai vietovės geologiją išmanantis specialistas.



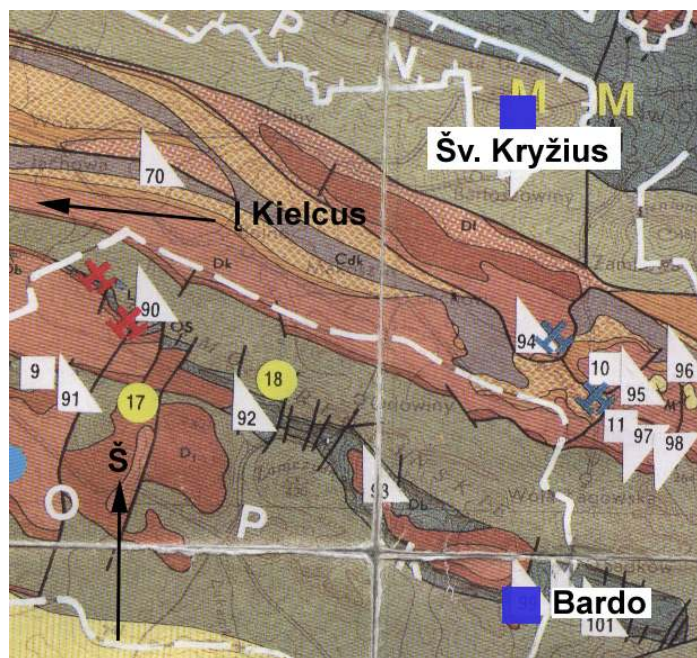
3 pav. Fizinis –geografinis žemėlapis ir lankomos vietos (1 – Małogoszcz, 2 - Bocheniec, 3 – Bolmin, 4 – Miedzińska, 5 – Ostrowka, 6 – Zamkowa, 7 – Zelejowa, 8 – Jaworzna, 9 – Kowala, 10 – Kadzielnia, 11 – Slichowice, 12 – Ciosowa, 13 – Tumlin, 14 – Wiśniówka, 15 – Kajetanów, 16 – Barcza, 17 - Zachelmie.



4 pav. Geologinis žemėlapis ir lankomos vietos.



5 pav. Fizinis –geografinis žemėlapis ir lankomos vietos (18 – Bardo, 19 – Švento Kryžiaus vienuolynas (3 pav. tęsinys).



6 pav. Geologinis žemėlapis ir lankomos vietos (4 pav. tęsinys).

1. Pagrindinės sąvokos

Stratigrafija

Pjūvių intervalai, besiskiriantys nuo gretimų intervalų litologinėmis, paleontologinėmis, magnetinėmis ar kokiomis nors kitomis sąvybėmis, vadinami **stratigrafiniais padaliniais**, arba **stratonais**.

Geologinių pjūvių suskirstymo į stratigrafinius padalinius procedūra vadinama **stratigrafine klasifikacija**.

Yra trys pagrindinės stratigrafinių padalinių kategorijos:

- *Litostratigrafiniai* – išskirti remiantis litologija;
- *Biostratigrafiniai* – išskirti remiantis paleontologiniais duomenimis;
- *Chronostratigrafiniai* - išskirti remiantis geochronologija;

Be šių padalinių gali būti ir klimatostratigrafiniai (atspindintys globalinio masto klimato pakitimo epizodus), magnetostratigrafiniai (paremti paleomagnetiniais tyrimais), sekų stratigrafiniai (paremti nuosėdų kaupimosi eiliškumu).

Facija

Facija, lotyniškai *facies* – išvaizda, pavidalas. Nežiūrint į tai, kad terminas facija gali būti vartojamas labai įvairiose situacijose, visumoje galima teigti, kad tai *uoliena su jos susidarymo sąlygas atspindinčiais išskirtiniais bruožais*. Arba: *Facija yra tam tikrų susidarymo sąlygų uoliena* arba *uolienų susidarymo aplinka*.

Facija *plačiąja prasme* išskiriama pagal visą uolienų sąvybių kompleksą, o tuomet konkreči uoliena priklauso tik vienai facijai. Pavyzdžiui: lagūninė facija jungia visą konkrečios lagūnos nuosėdų visumą, jūrinė facija – bet kurią nuosėdą, susiformavusią jūrinėmis sąlygomis.

Facija *siaurąja prasme* išskiriama pagal koki nors vieną uolienos sudėties ar prigimties bruožą. Pagal uolienų litologinę sudėtį išskiriamos litofacijos (klinčių, dolomitų, smiltainių); pagal organinių liekanų įvairovę – biofacijos (brachiopodų, graptolitų) ir t.t.

Genetinis tipas

Genetinis tipas. Jis naudojamas kvartero dariniams, nes jie dažniausiai yra sudėtingi, paplitę nedideliame plote. Genetinių tipų pavyzdžiai: ežerų dugno nuosėdos, upių vagų ir salpų sankaupos ir kt.

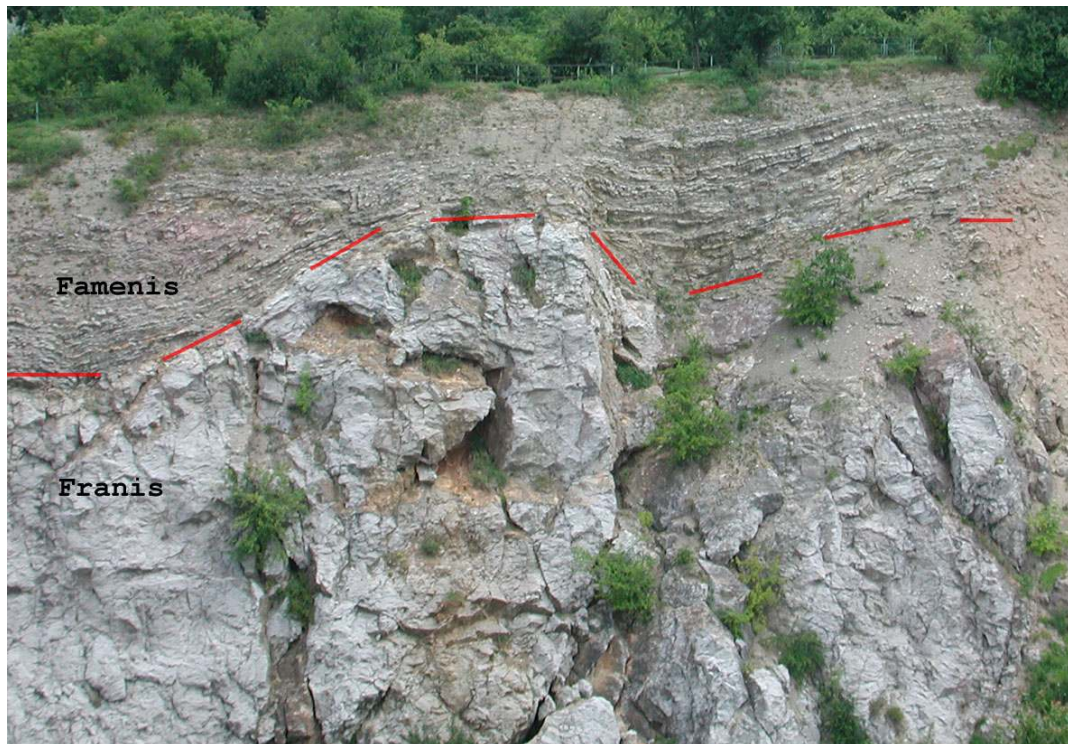
Stratigrafinės ir facijinės ribos

Stratigrafinė riba – tai fiziškai išreikštas arba įsivaizduojamas izochroninis (vienalaikis) paviršius geologinėje erdvėje, skiriantis žemiau (aukščiau jei sluoksnius “apverstas”) jo slūgsančius senesnio amžiaus uolienas nuo aukščiau slūgsančių jaunesnių.

Facijinė riba – tai ribos (paviršiai) skiriančios to paties amžiaus skirtingos sudėties uolienas susidariusias skirtingose sedimentacinėse aplinkose.

Stratigrafinė ir facijinė ribos gali sutapti arba ne. Sutampa tais atvejais, kai sedimentacinės sąlygos sinchroniškai pasikeičia dideliame plote (1.1 pav.). Kai skirtingose

sedimentacinio baseino dalyse nuosėdų sudėtis ar kitos jos savybės pasikeičia nesinchroniškai, vieno amžiaus nuosėdos yra skirtingos sudėties ir priklauso skirtingomis nuosėdoms.

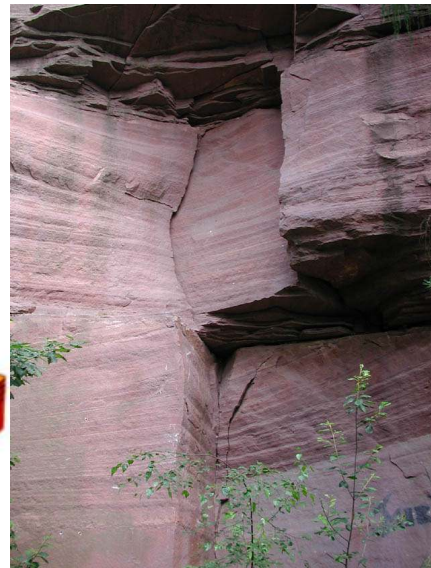


1.1 pav. Rifinę (seklią – D₃franis) faciją keičia gilesnė šelfo facija (klintys ir mergeliai – D₃famenis). Kadzielnia karjeras.

Kai kurie facijų pavyzdžiai ir diagnostiniai požymiai

Dykuminės - eolinės

- 1) pastovios arba dažnai besikeičiančios orientacijos įstrižas sluoksniuotumas arba subhorizontalus sluoksniuotumas (1.2 pav.);
- 2) smėlis kiekviename sluoksnyje gerai išrūšiuotas, ypač smulkus; tarp atskirų sluoksnelių ryškus grūdelių dydžio skirtumai;
- 3) didesni nei 5 mm grūdeliai labai reti, dažniausiai 0,06-2 mm;
- 4) beveik nėra žėručio;



1.2 pav. Kairėje Tumlin ir Ciosowa sedimentacinės aplinkos modelis ankstyvojo triaso metu; dešinėje – įstrižai sluoksniuotas raudonspalvis smiltainis Ciosowa atodangoje.

Nuosėdos kurios susidarė veikiant vandeniui:

- 1) sluoksniuotumas panašus į normalių vagų nuosėdų, t.y. įstrižai sluoksniuotas žvirgždas, ruzgos (1.3 pav.);
- 2) vietomis sluoksniuotumas panašus į purvo srautų ir potvynių – horizontalus ir įstrižas su deformacinių tekstūrų požymiais;
- 3) dažni molio tarp sluoksniai;
- 4) didelė smėlio dalis blogai išrūšiuota, dažnai yra žvirgždo;
- 5) tarp aleurito, smėlio ir stambesnių dalelių sluoksnių laipsniška kaita;



1.3 pav. Įstrižai sluoksniuotas apatinės kreidos albio smiltainis (Małogoszcz karjeras)

Žemiau esančiuose paveiksluose pateikti kai kurie facijų pavyzdžiai: 1.4 – pelaginė, 1.5 – lagūninė, 1.6 – lagūninė potvynio-atoslūgio ir 1.7 – žemyninė – erozinė-akumuliacinė.



1.4 pav. Juodi silicitiniai karbono sistemos skalūnai susidarę bedeguoninėje baseino vietoje (Ostrówka karjeras).



1.5 pav. Plonai horizontaliai sluoksniuotas vidurinio devono dolomitas – lagūninė facija (Zachemnie karjeras).



1.6 pav. Džiūvimo plyšiai vidurinio devono dolomite – susidarę potvynio-atoslūgio ruožė (Zachelmie karjeras).



1.7 pav. Kontinentinėmis sąlygomis permo – triaso metu susidariusi brekčija: įvairaus dydžio klinčių luistai sucementuoti raudonpalviu smiltainiu (Jaworznia karjeras).

Tektoniniai elementai

Raukšlės. Priklausomai nuo sluoksnių išlenkimo krypties skirstomos į dvi pagrindines rūšis – sinklinas ir antiklinas. Antiklinų branduoliai yra senesni sluoksniai, palyginus su raukšlės sparnų sluoksniais, o sinklinose – jaunesni sluoksniai (1.8 ir 1.9 pav.).



1.10 pav. Kampinė nedarna tarp devono ir triaso uolienu Zachėłmie karjere.

2. Trumpa kalnakasybos istorija

Jau paleolito metu Švento Kryžiaus kalnuose žmonės raudonų dažų gamybai naudojo *hematitą* (geležies oksidą). Romos imperijos laikais (I-IV a.pr.K) šiaurės rytinėje kalnų dalyje geležies rūda buvo lydoma primityviose krosnyse. Regionas priklausė taip vadinamam viduramžių (XII a.) Senosios Lenkijos pramonės regionui (Staropolsky Okręg Premyslowy). Jau tuo metu prie Kamienna upės buvo apie 14 kalybos dirbinių parduotuvių. XVII amžiuje Samsonów, Suchedniow ir Konskie vietovėse buvo nemažai dumplinių pūtimo krosnių. Be geležies, buvo išgaunama ir kitų metalų – švino, vario, alavo, sidabro ir cinko rūdos. Karjerai buvo Chęciny, Miedzianka, Kielce ir Łagow vietovėse.

Vystantis statyboms prireikė ir daug statybinio akmens. Akmenų blokai (dažniausiai iš smiltainio ir klinties) iš pradžių buvo naudojami sakralinių ir gynybinių romaninio stiliaus objektų statyboje. XVIII amžiuje buvo atidarytas Kadzielnia karjeras, šiuo metu esanti Kielce miesto teritorijoje (2.1 pav.).

Vystantis Renesanso architektūrai labai išaugo plokščių ir akmenų luistų paklausa. Buvo pradėta naudoti marmurą. XVI amžiaus pabaigoje marmuras buvo išgaunamas Zelejowa ir Zamkowa kalnų karjeruose, prie Chęciny miestelio (2.2 pav.).



2.1 pav. Kadzielnia karjeras 1920 metais (internetas).

Šis marmuras buvo naudojamas Krokuvos Vavelio karalių pilies statyboje. Permo konglomeratas ir brekčija panaudoti statant koloną Lenkijos karaliui Zigmantui III Vazai Varšuvoje. Dar ir dabar jis yra žinomas kaip Kielce arba Chęciny marmuras. Pačios žinomiausios yra Bolechowice, Sigmuntus, Morawica ir Slopiem marmuro rūšys. Greta paminėtinos „rozanka“ (rožinio kalcito), Płowianka ir Szewce rūšys.



2.2 pav. Karjeras Zelejowa kalne 1938 metų nuotrauka (internetas).

Šiuo metu išgaunamos žaliavos naudojamos statyboje, metalurgijoje, ugniai atsparių medžiagų, chemijos, keramikos pramonėje ir kitur.

Didžiausiuose atviruose karjeruose kasamas kambro ir devono kvarcinis smiltainis, devono klintis ir dolomitas, triaso ir jūros smiltainis ir argilitas, jūros klintis ir mioceno gipsas (2.3 pav.).



2.3 pav. Ostrówka karjeras 2006 metais.

Vienas didžiausių mioceno amžiaus sieros-grynuolės telkinių pasaulyje yra prie Vistula upės. Siera Švento Kryžiaus kalnų pietryčiuose atviru būdu buvo kasama apie 35 metus. Pastaruoju metu naudojamas gręžimo būdas.

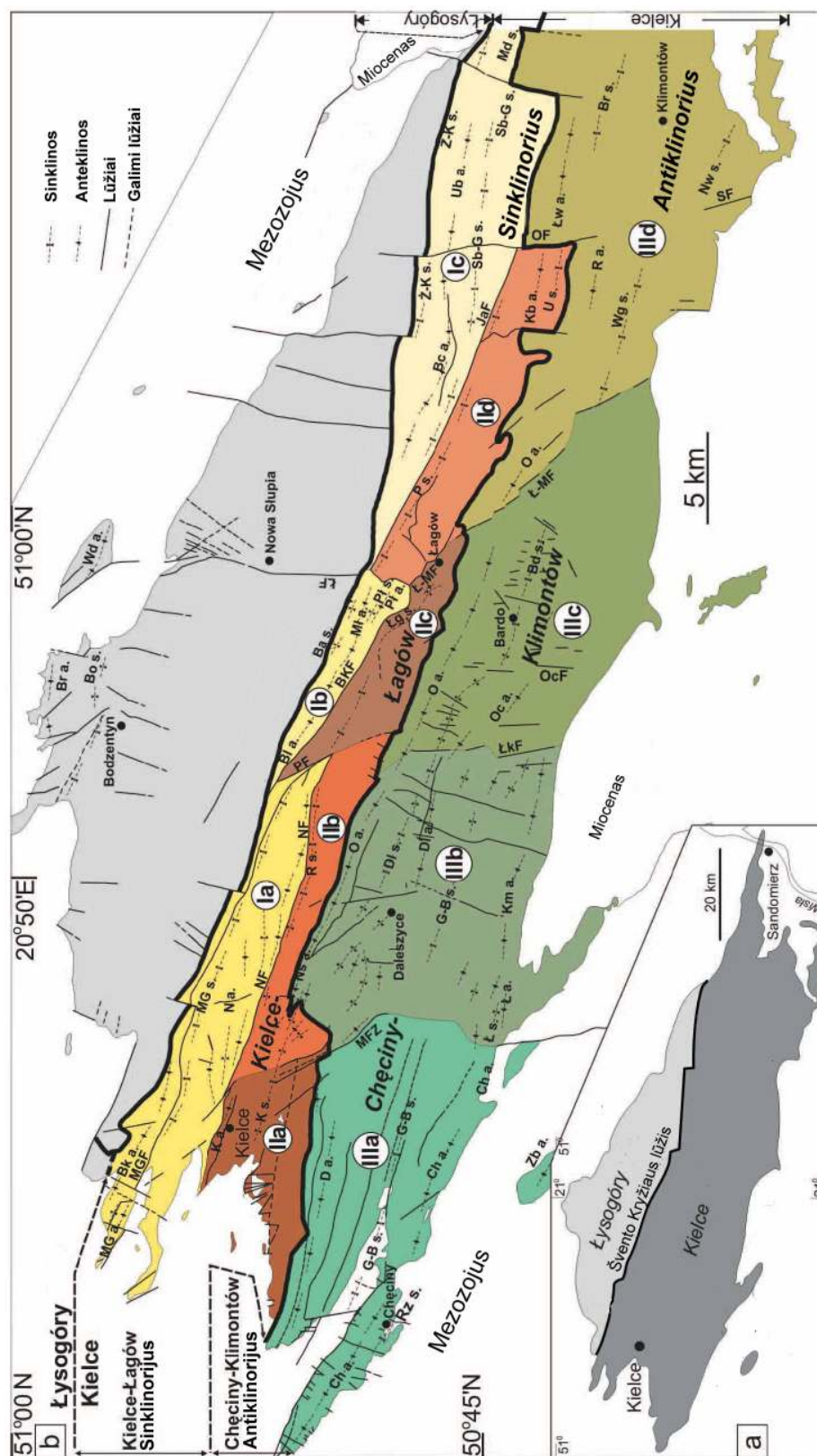
3. Tektonika

Švento Kryžiaus kalnai yra vadinamojoje Trans-Europinėje sandūros juostoje atskiriančioje Rytų Europos kratoną nuo jaunesnių Centrinės Europos orogenų (3.1 pav.). Švento Kryžiaus kalnai skirstomi į Łysogory ir Kielce regionus (3.2a pav.). Juos skiria Švento Kryžiaus antstūmis. Naujausi seisminiai duomenys rodo, kad šių blokų kristalinis pamatas yra toks pat kaip Rytų Europos kratono (Baltikos paleokontinento) (Malinowski et al, 2005). Kielcų regione išskiriami Kielce-Łagow sinklinorijus ir Chęciny-Klimontow antiklinorijus (3.2b pav.). Kielce-Łagow sinklinorijoje išskiriama daug smulkesnių sinklinų ir antiklinų: Miedziana Góra sinklina (MG s. – žiūrėti 3.2b pav.) ir Miedziana Góra antiklina (MG a.), Niewachlow antiklina (N a.), Kielcų sinklina (K s.) ir antiklina (K a.) ir kt. Chęciny-Klimontow antiklinorijoje taip pat yra išskiriamos sinklinos ir antiklinos: Chęciny (Ch a.), Dyminy (D a.), antiklinos, Gałęzice-Bolechowice (G-B s.) ir Bardo (B s.) sinklinos ir kt.

Łysogory ir Kielce blokuose aiškiai išsiskiria struktūriniai – tektoniniai vienetai su jaunesnėmis (devonas, karbonas, permias) ir senesnėmis (kambras, ordovikas, silūras) Paleozojaus uolienomis.



3.1 pav. Švento Kryžiaus kalnų vieta tektoniniu požiūriu.



3.2 pav. Schematinis (a) ir detalus (b) Švento Kryžiaus kalnų tektoninis žemėlapis. Ia-c, Ia-d, IIIa-d – išskirti domenai su sinklinomis ir antiklinomis. Detalų šių blokų aprašymą ir kitus tektoninius struktūrinius vienetus žiūrėti literatūroje (Konon, 2006).

Švento Kryžiaus kalnuose išskiriami sekantys tektoniniai-struktūriniai kompleksai:

- Kaledoninis: vidurinis kambras – apatinis devonas;
- Hercininis: vidurinis devonas – apatinis triasas;
- Alpinis: nuo vidurinio triaso iki dabar.

Paleozojaus uolienos buvo iškeltos vėlyvojoje kreidoje (Laramininės fazės metu). Manoma, kad tiek Łysogory tiek Kielce regionuose sedimentacija vyko tame pačiame sedimentaciniame baseine, bet skirtinguose gyliuose (Mizerski, 2004).

Kielce regione išskiriama du pre-hercininiai tektoniniai įvykiai (fazės): vidurinio kambro – ordoviko ir vėlyvojo silūro-ankstyvo devono (emsio). Łysogory regione vidurinio kambro-ankstyvo karbono uolienos yra suraukšlėtos.

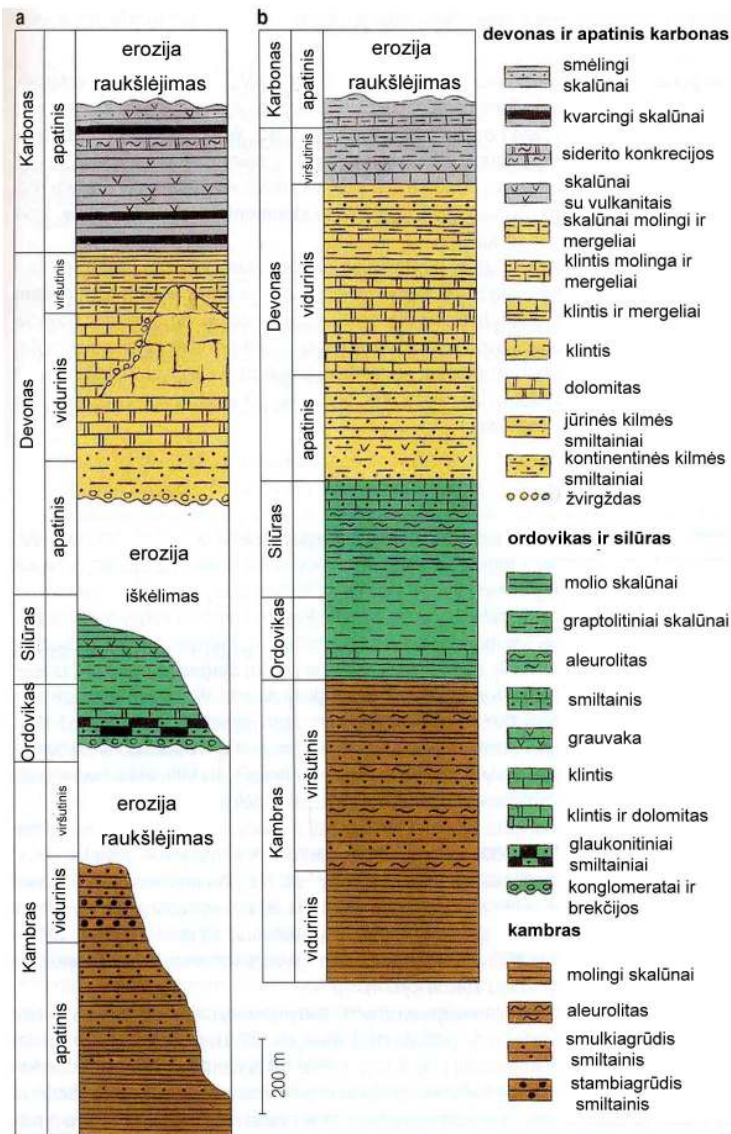
Kielce ir Łysogory blokų geologinis vystymasis skyrėsi. Kielce blokas paleozojuje buvo iškeltas ir ardomas tris kartus, o Łysogory – faktiškai sedimentacija vyko iki apatinio karbono (3.3 pav.).

Kielce regionas. Vėlyvajame kambre sedimentacija nutrūko. Apatinio ir vidurinio kambro 1500 metrų uolienų storumė buvo suraukšlėta. Vyko denudacija. Tai rodo apatinio ordoviko (tremadokio) konglomeratai. Silūro pradžioje vėl vyko sedimentacija jūrinėje aplinkoje. Silūro pabaigoje (pržidolyje) Kielce regiono uolienos vėl buvo iškeltos ir suraukšlėtos. Vyko vulkanizmas: apatinio paleozojaus uolienas kerta metabazaltai. Iškilus teritorijai iki devono emsio laiko uolienos buvo denuduojamos. Emsio metu vėl prasidėjo nuosėdų kaupimasis jūriniame baseine. Šio laikotarpio smiltainius dengia vidurinio devono eifelio dolomitai, živečio ir franio klintys su gausia koralų fauna, famenio mergeliai, skalūnai su klinčių tarpsluoksniais. Ankstyvo karbono metu baseinas pagilėjo ir kaupėsi juodi skalūnai su radioliarijų fauna. Permo metu regionas buvo iškeltas ir denuduojant uolienas susidarė konglomeratai ir brekčijos.

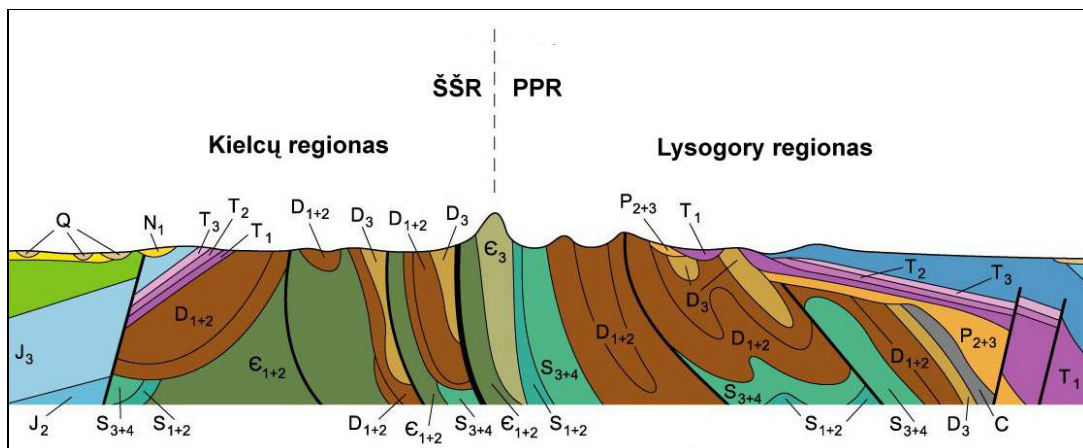
Łysogory regionas. Seniausios uolienos (skalūnai) priskiriamos viduriniam kambrui, kurias dengia keletas šimtų metrų aleulolitų, mergelių ir smulkiagrūdžių smiltainių storumė. Storumėje randama trilobitų. Šios uolienos susidarė iš medžiagos nusėdusios sekloje jūroje. Sedimentacija vyko iki ankstyvojo ordoviko. Vėliau, su nedidelėmis pertraukomis, sedimentacija vyko iki ankstyvojo karbono.

Kielce regiono uolienos buvo iškeltos ir raukšlėjamos kaledoniško ir hercininio etapo metu, o Łysogory regiono – hercininio etapo metu. Alpiško etapo metu Švento Kryžiaus kalnų pavidalas iš dalies pakito. Mezozojaus uolienos tiek Kielce tiek Łysogory regionuose nėra suraukšlėtos ir slūgso ant paleozojaus su polinkio kampu iki 45 laipsnių (3.4 pav.).

Visumoje kalnų tektoninė sandara labai sudėtinga. Iki šiol lenkų geologai nesutaria dėl pagrindinių Švento Kryžiaus kalnodaros procesų.



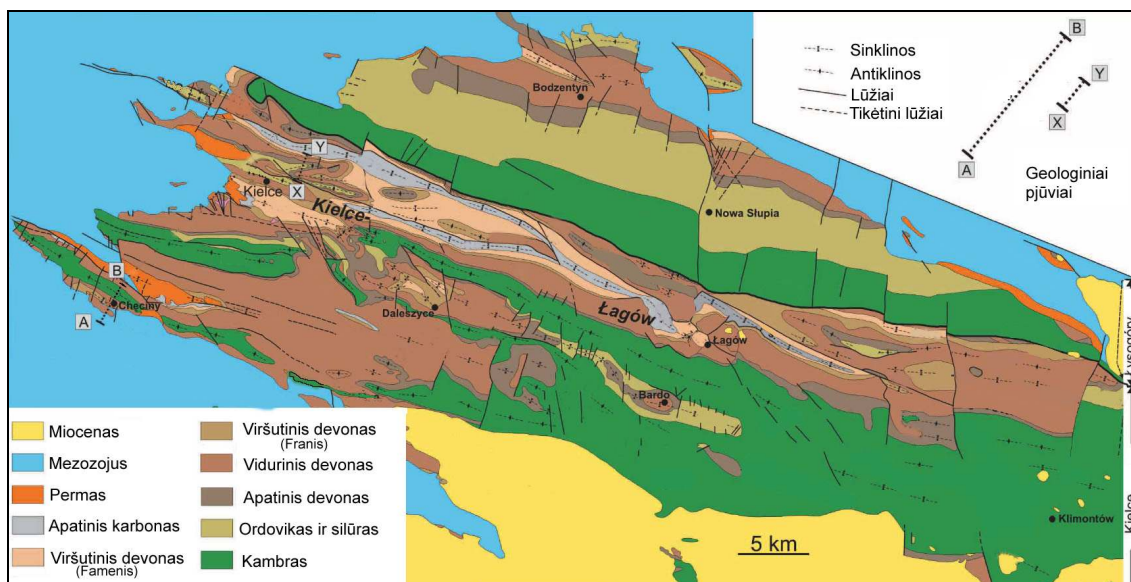
3.3 pav. Švento Kryžiaus kalnų paleozojaus nuosėdų pjūviai: Kielce (a) ir Łysogory (b) regionai.



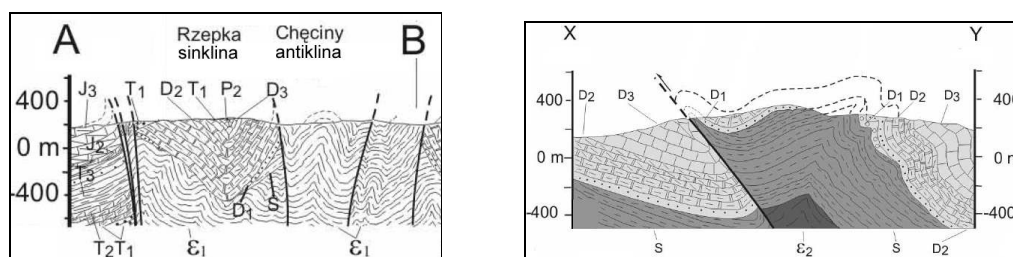
3.4 pav. Šv. Kryžiaus kalnų pjūvis (internetas).

4. Stratigrafija ir litologija

Švento Kryžiaus kalnuose atsidengia kambro, ordoviko, silūro, devono, karbono, permo, triaso, jūros, kreidos, paleogeno ir neogeno, t.y. visų fanerozojaus geologinių sistemų dariniai (4.1 pav. ir 1 bei 2 priedai). Kalnuose gausu sinklinų ir antiklinų, lūžių (4.2 pav.).



4.1 pav. Švento Kryžiaus kalnų geologinis žemėlapis (pagal Konon, 2006).



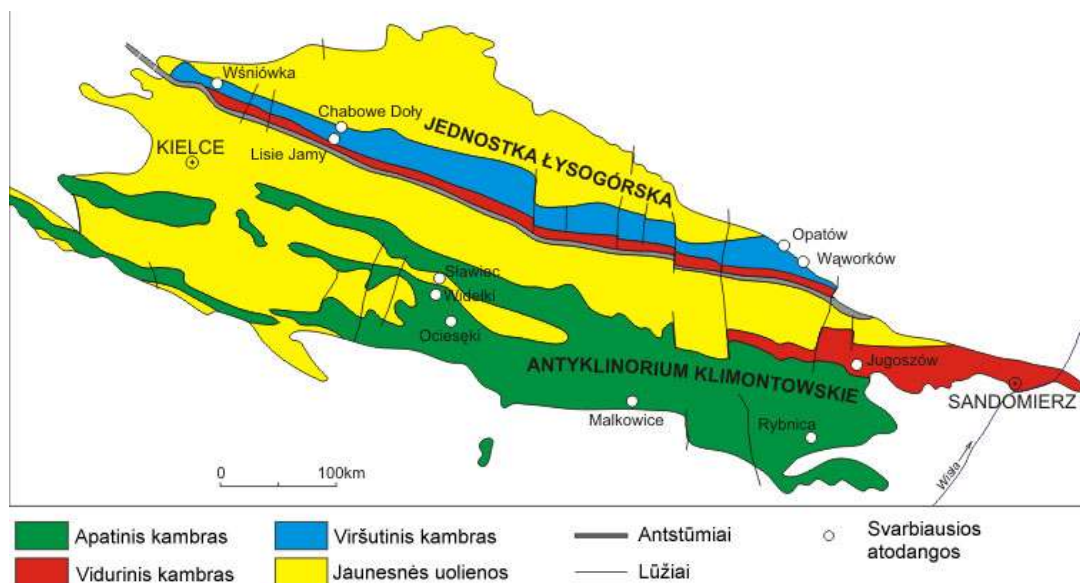
4.2 pav. Geologiniai pjūviai (žiūr. 4.1 pav.).

Švento Kryžiaus kalnų stratigrafinis suskirstymas paremtas įvairia fauna: trilobitais, konodontais, graptolitais, amonitais. Pastaraisiais metais gan plačiai taikomi absoliutaus amžiaus nustatymo (U-Pb, K-Ar ir Ar-Ar) ir paleomagnetiniai metodai. Šiame skyriuje pateikiamia tik bendro pobūdžio informacija apie Švento Kryžiaus kalnų uolienas ir stratigrafiją, pabrėžiant praktikos metu lankomų karjerų ir atodangų litologiją bei stratigrafiją. Norintiems susipažinti su naujausiais duomenimis apie regiono stratigrafiją patariu paskaityti 2006 metais vykusios lenkų geologų konferencijos medžiagą (Skompski ir Ziłyska, 2006).

Kambras

Kambro uolienos Švento Kryžiaus kalnuose gana paplitę (4.3 pav.) Šios sistemos uolienų storymė (iki 2 km) sudaryta iš įvairiagrūdžių smiltainių, aleurolitų ir molingų skalūnų. Smulkiagrūdės klastinės uolienos ir molingi skalūnai būdingi apatiniam kambrui. Pastarieji yra neatsparūs dūlėjimui ir dažniausiai randami tarpukalnėse, daubose, kloniuose ir kt. Vidurinio ir viršutinio kambro uolienas dažnai sudarantys dūlėjimui atsparūs kvarciniai smiltainiai sudaro teigiamas reljefo formas (4.3 pav.). Pažymėtina, kad būtent iš šių uolienų

sudarytos aukščiausios Švento Kryžiaus kalnų vietos (aukščiausias taškas Łysica – 612 m virš jūros lygio).



4.3 pav. Kambro uolienų paplitimas Šv.Kryžiaus kalnuose
(http://www.pgi.gov.pl/muzeum_geologiczne/wystawy/historia_w_kamieniu/fig_07.html)



4.4 pav. Viršutinio kambro įvairiagrūdžiai smiltainiai Wiśniówka karjere.

Plačiau apie kambą skaityti skyriuje “Wiśniówka”.

Silūras

Apatinis silūras sudarytas iš juodų graptolitinių skalūnų stromės (4.5 ir 4.6 pav.) Šios uolienos susiformavo iš bedeguonėje ir galimai gilioje baseino dalyje nusėdusių nuosėdų. Viršutinį silūrą sudaro grauvakinių smiltainių stromė siekianti 2 km. Łysogory regione visa silūro stromė vietomis siekia net 3 km. Detaliau apie silūrą skaityti skyrelyje “Bardo”.



4.5 pav. Prągowiec griova (netoli Bardo kaimo) sudaryta iš uenlokio graptolitinių skalūnų (kairėje) su gausia graptolitų fauna (dešinėje).

Devonas

Švento Kryžiaus kalnai devono atodangomis ir karjeriais yra garsūs visoje Europoje. Devono amžiaus dariniai susidarė esant labai įvairioms sedimentacinėms sąlygoms. Uolienos labai įvairios: įvairiagrūdžiai smiltainiai, įvairiausios klintys, dolomitai ir kt. Apatinis devonas (emsis) sudarytas iš sekliame jūriniame baseine susidariusio smiltainio (Barcza karjeras). Tai rodo jame randama brachiopodų fauna. Vidurinio devono aukštai skiriasi savo sudėtimi. Eifelio aukštas sudarytas iš smulkiai horizontaliai sluoksniuoto dolomito (4.6 pav.).



4.6 pav. Zachełmie karjero vidurinio devono (eifelis) dolomitai.

Zachełmie karjere galime pamatyti džiūvimo plyšius (4.7 pav.). Živečio amžiaus uolienų storymei būdinga įvairi organogeninė-detritinė klintis. Tuo metu Švento Kryžiaus kalnų plytėjusioje jūroje pradėjo augti rifai. Dar labiau jie suklestėjo franyje (vėlyvasis devonas). Pastarojo laiko Dyminy rifinis kūnas atsidengia Kowala ir Kadzielnia karjeruose (4.8 pav.). Jame gausu rifiniams kūnams būdingų stromoporų ir koralų. Viršutinio devono (famenio) uolienos – mergeliai ir molingos klintys, vietomis netgi juodi skalūnai – rodo, kad

tuo laikotarpiu teritorija pradėjo grimzdi, ko pasekoje sedimentacija vyko gilesnėje sedimentacinio baseino dalyje (4.9 ir 4.10 pav.). Devonas Švento Kryžiaus kalnuose pasižymi faunos gausa. Ji ypač suklestėjo viduriniajame devone. Manoma, kad tuomet teritorija buvo tropinėje klimato zonoje.



4.7 pav. Džiūvimo plyšiai Zachemnie karjero vidurinio devono dolomituose.

Randama brachiopodų, stromoporoidų, koralų, jūros lelijų, goniatitų, trilobitų, konodontų ir kt. Stratigrafinis devono suskirstymas yra paremtas konodontų fauna. Daugiau apie devoną skaityti skyreliuose “Kowala”, “Miedzianka” ir “Ostrówka”.



4.8 pav. Viršutinio devono (franio) rifo dalis Kadzielnia karjere perdengta famenio mergeliais ir molingomis klintimis.



4.9 pav. Viršutinio devono famenio klintis ir mergelis Kowala atodangoje.



4.10 pav. Viršutinio devono famenio klintis (šviesi spalva) ir mergelis (pilka ir juoda spalva) Kowala karjere.

Karbonas

Apatinio karbono darinių storis Švento Kryžiaus kalnuose kinta nuo 200 m (Kielce regione) iki 600 m (Łysogory regione). Turnėjo ir vizėjo amžiaus facijos abiejuose regionuose panašios. Manoma, kad Łysogory regiono blokas (šiaurinė kalnų dalis) grimzdo greičiau, nes storemė yra tris kartus storesnė.

Ankstyvojo karbono metu, grimstant devono karbonatinei platformai sedimentacija vyko gilioje baseino dalyje. Vėliau iš jų susidarė juodi skalūnai su gniutulinių klinčių tarpsluoksniais (4.11 pav.). Taip pat randama ir vulkaninių pelenų tarpsluoksnių. Klintyse randama fauna: goniatai, trilobitai, koralai ir krinoidai (4.12 pav.). Plačiau apie karbono darinius Kielce regione skaityti skyrelyje apie Ostrówka karjerą. Łysogory regione apatinis karbonas sudarytas iš juodų radioliarinių ir silicitinių skalūnų. Taip pat randama

smulkiagrūdžių grauvakų ir vulkaninių pelenų tarpsluoksnių. Kadangi čia labai reta fauna, todėl stratigrafiškai pjūvį suskaidyti yra sudėtinga.



4.11 pav. Apatinio karbono juodi skalūnai Ostrówka karjere.



4.12 pav. Karbono krinoidinė klintis Ostrówka karjere.

Permas

Vėlyvojo permo metu teritorija buvo cechšteino baseino pakraštyje. Permo jūrinės kilmės uolienos slūgso ant žemyninės kilmės uolienų – brekčijų ir konglomeratų (4.13 pav.). Pastarosios uolienos susidarė ardant senesnes paleozojinės (daugiausia devono) uolienas, kurios dažnai yra blogai išrūšiuotos. Sucementuoti apzulinti rieduliai ir neapzulinti uolienų luistai siekia iki 1 metro. Cementas sudarytas iš raudonspalvės, geležingos ir molingos medžiagos. Šios uolienos susidarė ant kalvų, pakilumų ir kalnų šlaitų. Užliejus teritoriją Cechšteino jūrai pradėjo kauptis nuosėdinės uolienos. Pradžioje vyravo organogeninės detritinės nuosėdos iš kurių susidarė klintis. Pakilus jūros lygiui formavosi klintis su mergelio tarpsluoksniais (4.14 pav.). Viršutinio permo pjūvyje randama ir plonų evaporitų tarpsluoksnių, rodančių buvus ir lagūnines sąlygas.



4.13 pav. Apatinio(?) – viršutinio permo brekčija Jaworznia karjere.



4.14 pav. Viršutinio permo (Cechšteino) bituminga klintis Kajetanów atodangoje.

Triasas

Švento Kryžiaus kalnuose triasas skirstomas į *Buntsandstone* (apatinis triasas), *Muschelkalk* (vidurinis triasas), *Keuper* (viršutinis triasas). Šie terminai dažnai vartojami Lenkijos geologų žemėlapiuose ir pjūviuose.

Triaso uolienos įvairios. Vyrauja raudonspalviai apatinio triaso smiltainiai (*Buntsandstone*) (Tumlin, Ciosowa) (4.15 pav).



4.15 pav. Kontinentinės kilmės raudonspalvis smiltainis - apatinis triasas Ciosowa atodangoje

Manoma, kad šio tipo uoliena susidarė žemyninėse sąlygose – erguose, t.y. barchanų laukuose. Zachełmie karjere virš vidurinio devono eifelio amžiaus dolomitų slūgsančiame apatinio triaso smiltainyje gausu žvirgždo, gargždo ir molingos medžiagos (4.16 pav.). Tai rodo tuo metu čia buvus laikinų vandens srautų ir telkinių.



4.16 pav. Žemyninės (upinių ir laikinų vandens baseinų) kilmės raudonspalvis smiltainis - apatinis triasas (Zachełmie karjeras)

Taip pat galima rasti jūrinės kilmės aleurolitų, raudonspalvių skalūnų ir klinčių. Pastarosios yra vidurinio triaso (*Muschelkalk*). Aleurolitai, smiltainiai, mergeliai ir molinga klintis sudaro viršutinį triasą (*Keuper*). Triaso pabaigoje kalnai buvo iškelti, o dauguma šio laikotarpio uolienų buvo nudenuduota. Vidurinio ir viršutinio triaso atsidengiančių darinių galima rasti Stare Chęciny ir Tokarnia kaimų apylinkėse. Apatinio triaso smiltainyje lenkų geologai yra suradę roplių pėdsakų. Tumlin karjere ir greta Ciosowa kaimelio atsidengia iki 20 m apatinio triaso smiltainių (4.17 pav.).



4.17 pav. Ciosowa atodanga prie to paties pavadinimo kaimo.

Jura

Apatinę jurą sudaro smulkiagrūdžiai smiltainiai su molio tarp sluoksniais, ir, rečiau, su žvirgždo tarp sluoksniais. Šios uolienos susidarė žemyninėse sąlygose ir paplitę šiaurinėje kalnų dalyje. Pietinėje kalnų dalyje šių darinių nėra. Vidurinė jura sudaryta iš batonio amžiaus juodų molių, susidariusių bedeguonėje sedimentacinėje aplinkoje. Viršutinėje šio amžiaus pjūvio dalyje randama stromatoporoidinių ir krinoidinių klinčių. Pastaroji klintis susidarė iš nuosėdų besikaupusių sekliame sedimentaciniame baseine ir esant šiltam klimatui. Viršutinės jūros pjūvis prasideda pinčių facija, rodančia atviro šelfo aplinką. Vidurinio ir vėlyvojo oksfordžio metu Švento Kryžiaus kalnų šiaurės rytinėje dalyje susiformavo karbonatinė platforma su jai būdingais uolienų kompleksais. Kimeridžio metu sedimentacinė aplinka nuolat kito nuo aerobinės (padidintas deguonies kiekis vandenyje) iki anaerobinės (bedegūnė aplinka). Tai gerai matyti Małogoszcz karjere (4.18 pav.).



4.18 pav. Kimeridžio klintys (šviesūs sluoksniai) ir mergeliai (tamsūs ir juodi sluoksniai) Małogoszcz karjere.

Žvelgiant į atsidengiančias uolienas galima manyti, kad čia sedimentacija vyko “aukštos energijos” priekrantės zonoje (įstrižai sluoksniuoti oolitinių klinčių tarp sluoksniai) ir ramiose sedimentacinės sąlygose (mikritinės klintys, mergeliai, molingi skalūnai). Pati viršutinė jūros pjūvio dalis sudaryta iš juodų molių. Plačiau apie viršutinės jūros uolienas skaityti skyrelį “Małogoszcz”.

Kreida

Apie kreidos sistemos uolienas Švento Kryžiaus kalnuose informacijos gana nedaug, nes lenkų geologai palyginti su kitomis sistemomis mažai dėmesio skyrė šio amžiaus uolienų geologijai. Praktikos metu galime stebėti tik apatinės kreidos albio aukšto smiltainį, susidariusį upių deltose (Małogoszcz, Bolmin) (4.19 ir 4.20 pav.). Jam būdingas įstrižas sluoksniuotumas, labai įvairi ir kaiti granuliometrinė sudėtis.



4.19 pav. Apatinės kreidos albio kvarcinis smiltainis (Małogoszcz).

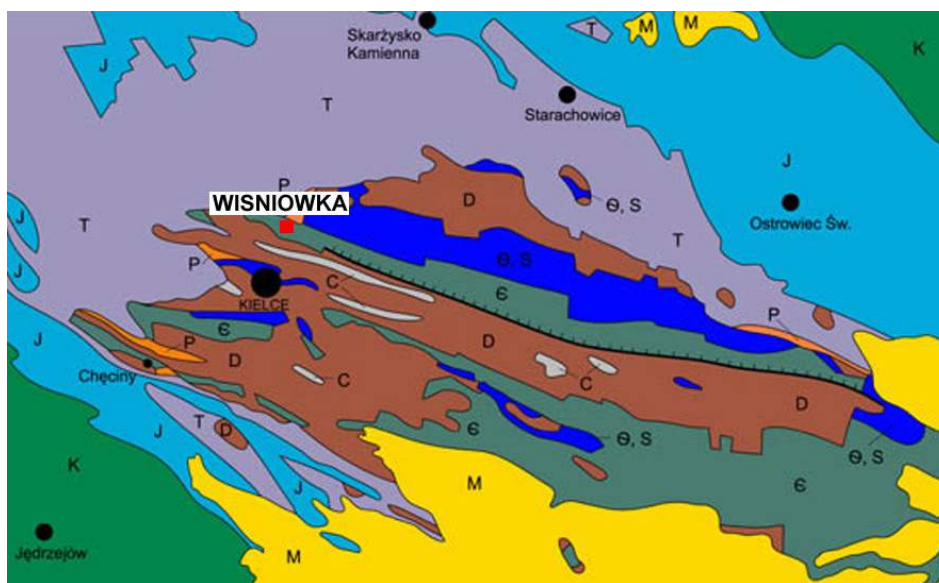


4.20 pav. Apatinės kreidos albio smiltainis (Bolmin)

5. Teminiai vietovių aprašymai

5.1 WIŚNIÓWKA

Apie 8 km nuo Kielce miesto esantis Wielka Wiśniówka karjeras yra vienas didžiausių Švento Kryžiaus kalnuose (5.1.1 pav.). Stratigrafiniu požiūriu tai viršutinis kambras – tiksliau jo apatinė dalis. Karjere galima stebėti net ~400 m pjūvį, sudarytą iš persisluoksniuojančių smiltainių ir skalūnų (5.1.2 pav.).



5.1.1 pav. Wiśniówka karjero vieta.

Smiltainiai vidutingrūdžiai-kvarciniai, kvarcitai su smulkiai horizontaliai sluoksniuotais skalūnais. Smiltainių sluoksnių storis kinta nuo kelių centimetrų iki 1 metro. Diagenėzės metu dalis smiltainių virto kvarcitu, todėl pirminę smiltainių tekstūrą, o tuo pačiu ir nagrinėti sedimentaciją galime ne visur. Vienas iš unikalių dalykų, ką galima stebėti atsidengiančiose uolienose, tai bangavimo ruzgos (5.1.3 pav.). Šios ruzgos, kaip ir viršutinio kambro uolienos, susidarė sekloje šelfo dalyje nuo keleto iki keliasdešimties metrų gylėje.



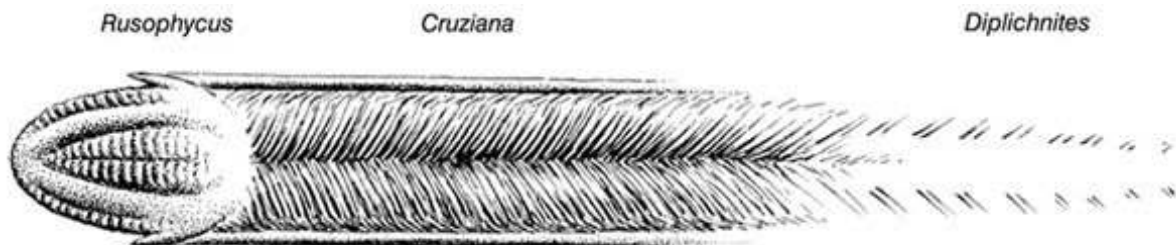
5.1.2 pav. Smiltainių, kvarcito ir skalūnų sluoksniai.

Dar vienas ypatingas dalykas karjere yra tai, kad uolienose gausu suakmenėjusių ichnofosilijų. Nors trilobitai surandami retai, tačiau dažni jų pėdsakai (5.1.4 ir 5.1.5 pav.). Iš randamų trilobitų paminėtini *Aphelaspis rara* (*rara* - retas), *Olenus solitarius* ir *Protopeltura aciculata* (5.1.6 pav.). Remiantis trilobitų faunos analize, manoma, kad vėlyvojo kambro laikotarpyje Łysogory regione vyravo trilobitai panašūs į randamus Velse. Pastaroji vietovė Paleozojaus metu buvo Avalonijos kontinento dalyje.

Dažniausiai sluoksniai palinkę į šiaurę. Sluoksniai, kuriuose molingos medžiagos daugiau (skalūnai) yra labiau suraukšlėti nei tie, kuriuos sudaro smiltainis ir kvarcitai. Atlikus elektrinės varžos tyrimus karjere nustatyti du kvarcitų “blokai”. Kambro uolienos karjere labai suskaidytos ilguminių lūžių. Deformacijų amžius diskutuotinas: manoma, kad tai įvyko iki devono. Bendras kambro uolienų storis Švento Kryžiaus kalnuose siekia iki 3,5 km.



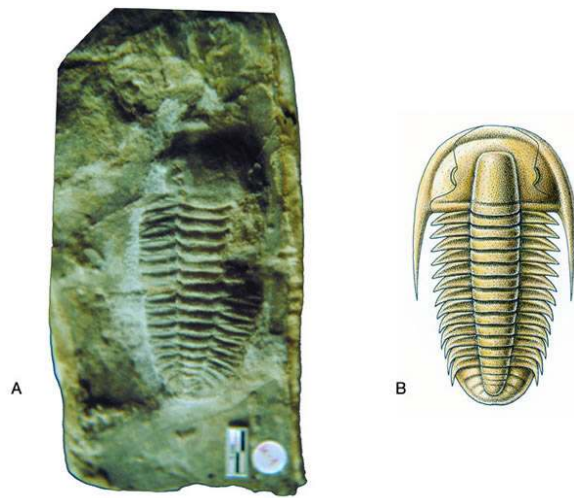
5.1.3 pav Bangavimo ruzgos smiltainių sluoksnių paviršiuje. Dešinėje – detalus vaizdas.



5.1.4 pav. Trilobito pėdsakų seka: Rusophycus, Cruziana, Diplichnites



5.1.5 pav. Trilobito šliaužimo pėdsakas (Cruziana).



5.1.6 pav. Trilobitas *Aphelaspis rara*: A - atspaudas; B - rekonstrukcija (internetas)

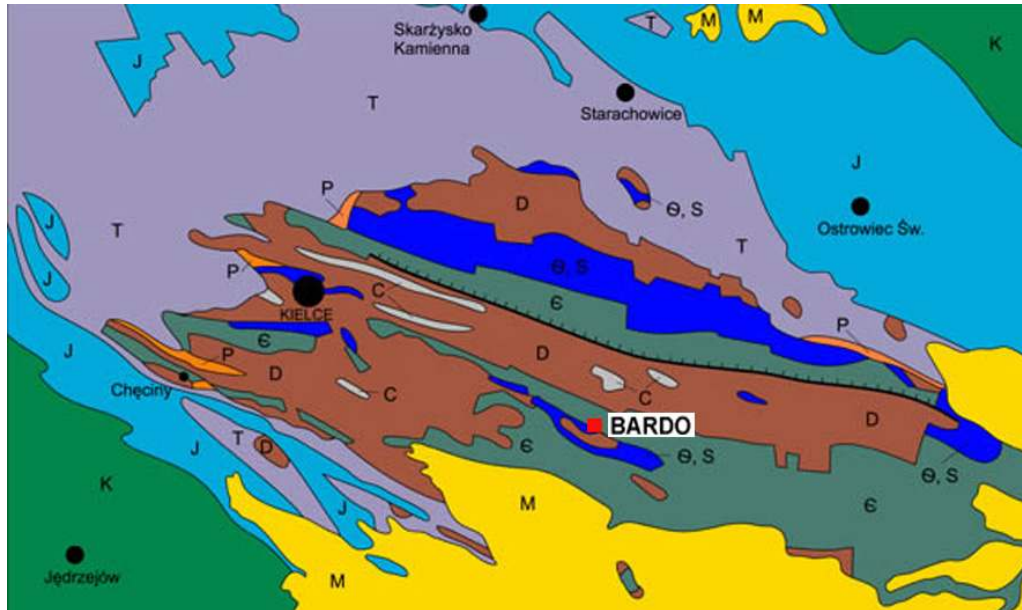
Karjere galima rasti ir hidroterminės kilmės barito (BaSO_4) gyslų, variscito mineralų ($\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (5.1.7 pav.).



5.1.7 pav. Variscitas ($\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

5.2 Bardo

Bendras silūro uolienų storis Švento Kryžiaus kalnuose yra apie 2000 m. Viršutinio uenlokio ir apatinio ludlovio uolienos atsidengia netoli Bardo kaimo, Pragowiec griovoje (5.2.1 pav.). Šią 800 m Silūro storymę sudaro molio skalūnų persisluoksniavimas griovos dugne ir jos šlaituose. Sluoksniai gelmėja pietų kryptimi 20-30 laipsnių kampu. Šioje storymėje H. Tomczyk išskyrė *lundgreni*, *testis*, *nasa*, *ludensis*, *dubius*, *spinosus-gotlandicus*, *nilssoni*, *scanicus*, *bohemicus* ir kitas graptolitines biozonas (Tomczyk, 1962) (5.2.2 pav.).



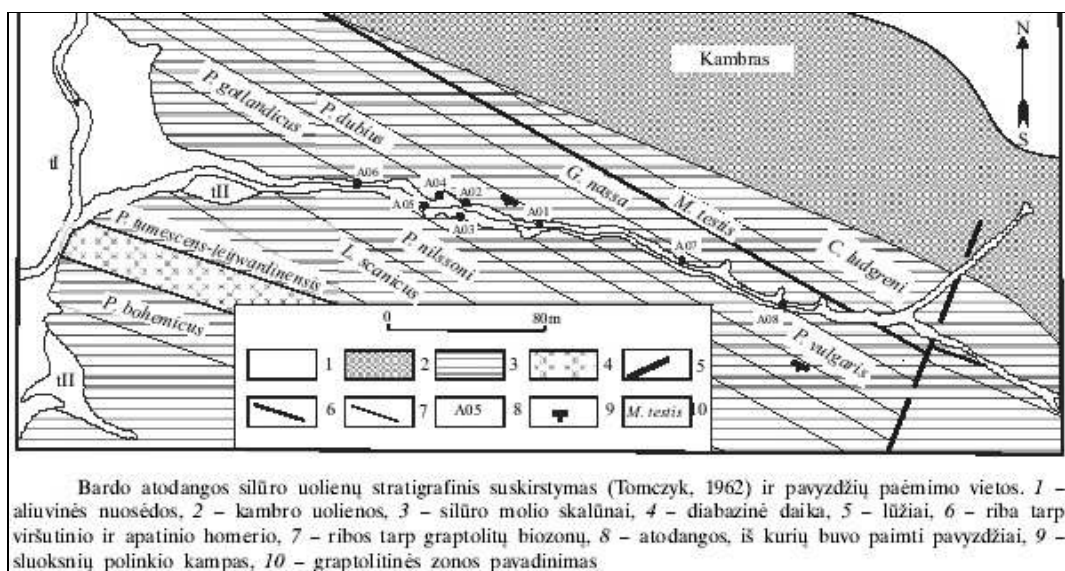
5.2.1 pav. Silūro uolienų atodangos vieta Švento Kryžiaus kalnuose netoli Bardo kaimo. (M 1:500 000) (http://aneksy.pwn.pl/historia_ziemi/przyklady/)

Tarp graptolitinių skalūnų ir grauvakinių smiltainių įsiterpia diabazinės daikos. Graptolitinių skalūnų spalva kinta nuo tamsiai pilkos iki juodos (5.2.3 - 5.2.5 pav.). Dažni tamsiai pilkų-žalsvų mergelių tarp sluoksniai. Visa tai rodo, kad vykstant sedimentacijai, baseinas buvo gilus, o deguonies kiekis labai ribotas. Redukcinę sedimentacinę aplinką patvirtina ir randami piritų kristalai. Graptolitiniuose skalūnuose, be graptolitų (5.2.6 pav.), gausu plonasienių brachiopodų, rečiau trilobitų (5.2.7 pav.). Apatinio ir viršutinio ludlovio riba Bardo sinklinoje nėra aiški. Ją galima atsekti, tik pagal graptolitų biozonų pokyčius.

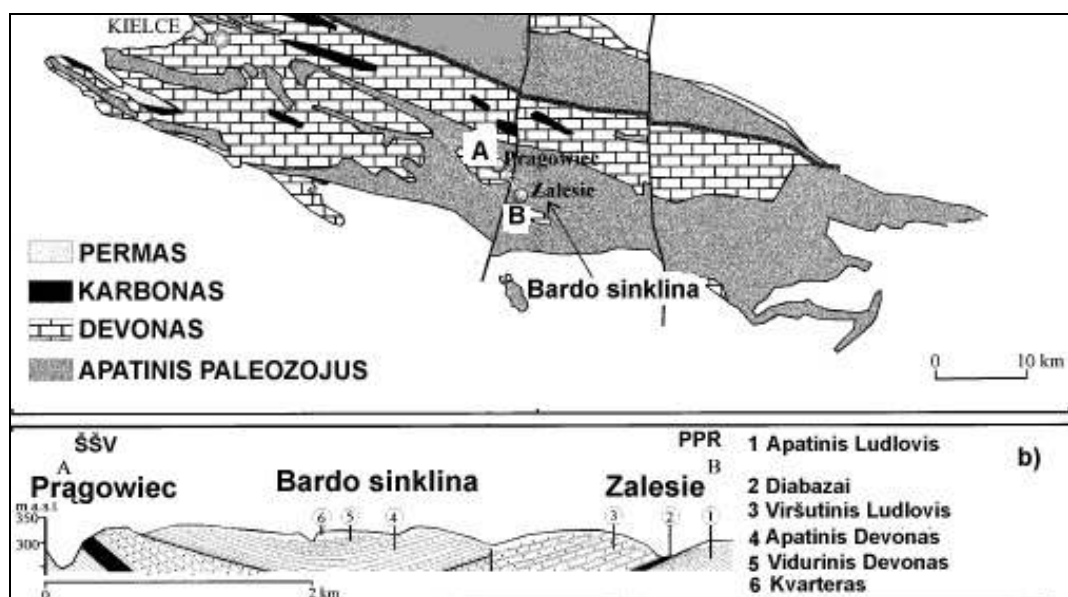
Bardo sinklina susidarė silūro-devono riboje (kaledoninė kalnodara). Pragowiec griovoje, kurios ilgis apie 400 m, atsidengia uenlokis ir ludlovis. Graptolitiniai skalūnai horizontaliai sluoksniuoti, nėra erozinių paviršių, vyrauja tik smulki frakcija. Tai rodo, kad šie skalūnai formavosi ramioje, gilaus baseino aplinkoje. Kadangi tokiam baseinui buvo deguonies trūkumas ir lėta vandens apykaita, todėl buvo tik planktoninės (graptolitai) ir nektoninės (galvakojai-nautiloideos) faunos.

Virš graptolitinių skalūnų slūgso viršutinio ludlovio stambiagrūdžiai smiltainiai (grauvakos). Ludlovio pabaigoje ordoviko ir silūro uolienos buvo suraukšlėtos. Virš silūro, nedarniai slūgso devono (emsio ir eifelio) uolienos, kurios jau priskiriamos hercininės kalnodaros struktūriniam aukštui.

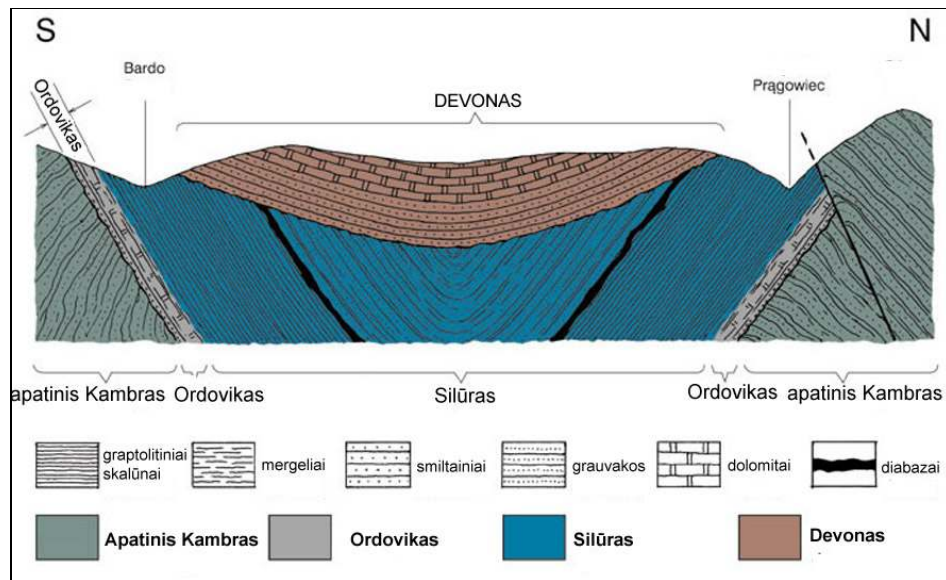
Vėlyvojo silūro Baltikos paleokontinentui būdinga graptolitų seka, stambiagrūdės-detritinės facijos, ta pati medžiagos pernešimo kryptis abėjuose (Kielce ir Łysogory) regionuose rodo, kad jie buvo tame pačiame sedimentaciniame baseine.



5.2.2 pav. Stratigrafinis Bardo sinklinos suskirstymas pagal H. Tomczyk (Radzevičius, 2003).



5.2.3 pav. Bardo sinklinos padėtis Švento Kryžiaus kalnuose (viršuje) ir supaprastintas pjūvis (Pragowice-Zalesie) apačioje. Apatinis ludlovis: molis, mergelis, aleurolitas; viršutinis ludlovis: grauvakos; apatinis devonas: smiltainis ir aleurolitas; vidurinis devonas: dolomitas; kvarteras: liosas



5.2.4 pav. Schematinis Bardo sinklinos pjūvis Bardo-Prągowiec
(http://aneksy.pwn.pl/historia_ziemi/przyklady/).



5.2.5 pav. Išdūlėję graptolitiniai skalūnai Prągowiec griovoje (kairėje); horizontaliai slūgsantys graptolitiniai skalūnai su žalsvai-pilkų mergelių prosluoksniais Prągowiec griovoje (dešinėje).

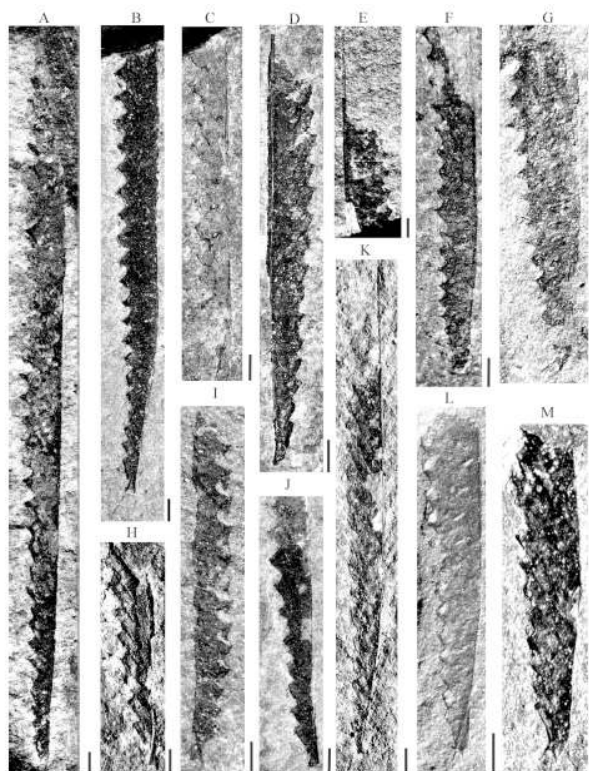


5.2.6 pav. Graptolitinis skalūnas su *Monograptus* graptolitais (P. Šinkūno nuotrauka).



5.2.7 pav. Trilobitas *Odontopleura ovata* graptolitiniame skalūne
(http://aneksy.pwn.pl/historia_ziemi/przyklady/)

Prieš keletą metų Švento Kryžiaus kalnų uenlokio ir ludlovio ribos monograptidus (*Graptoloidea*) tyrė S. Radzevičius (2003) (5.2.8 pav.).

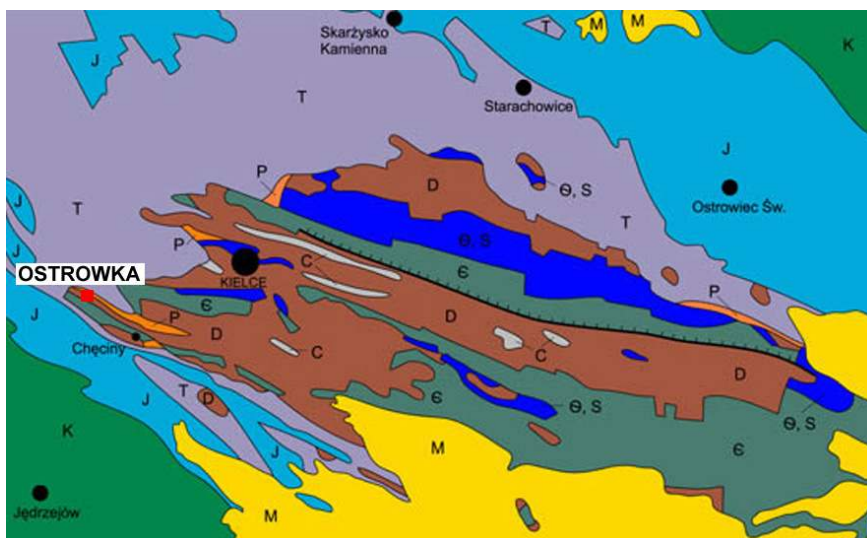


A, B, C, D, H, I, J, K – *Pristiograptus deubeli* (Jaeger), *deubeli* bizonos; E, F, G, L, M – *Pristiograptus ludensis* (Marchison), *ludensis* bizonos. Juoda linija atitinka vieną milimetrą

5.2.8 pav. Kai kurie graptolitai randami Pragowiec griovoje (S.Radzevičius, 2003).

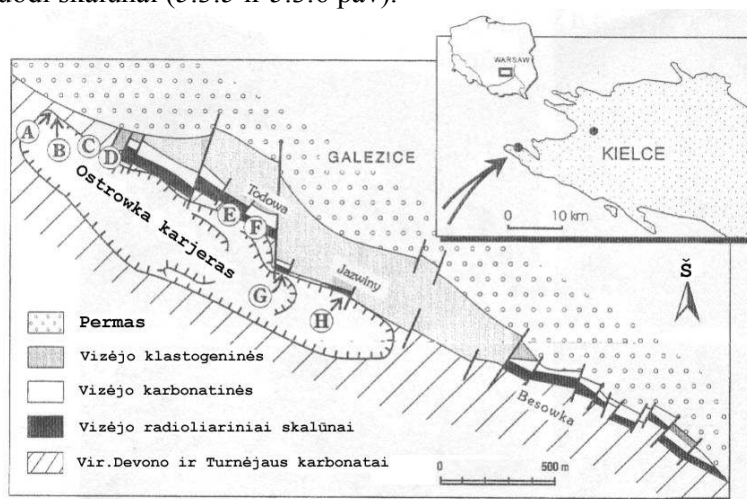
5.3 Ostrówka

Ostrówka karjeras, esantis Gąlecice apylinkėse yra labai geras karbonatinės paleo-platformos palaipsniško grimzdimo pavyzdys (5.3.1 pav.). Karjere atsidengia devono ir karbono uolienos, o netoli karjero į paviršių išeina permo ir triaso dariniai (5.3.2 pav.). Pastarųjų sistemų dariniai aptariami kituose skyriuose. Plati vidurinio devono karbonatinė platforma vėlyvojo devono ir ankstyvojo karbono metu buvo suskaidyta į atskirus izoliuotus blokus ir nugramzdinta. Stebimas Ostrówka karjere pjūvis iliustruoja šios karbonatinės platformos „povandeninio kalno“ grimzdimą. Išskirtos facijos atspindi palaipsnišką sedimentacinio baseino dugno grimzdimą (5.3.3 pav.).

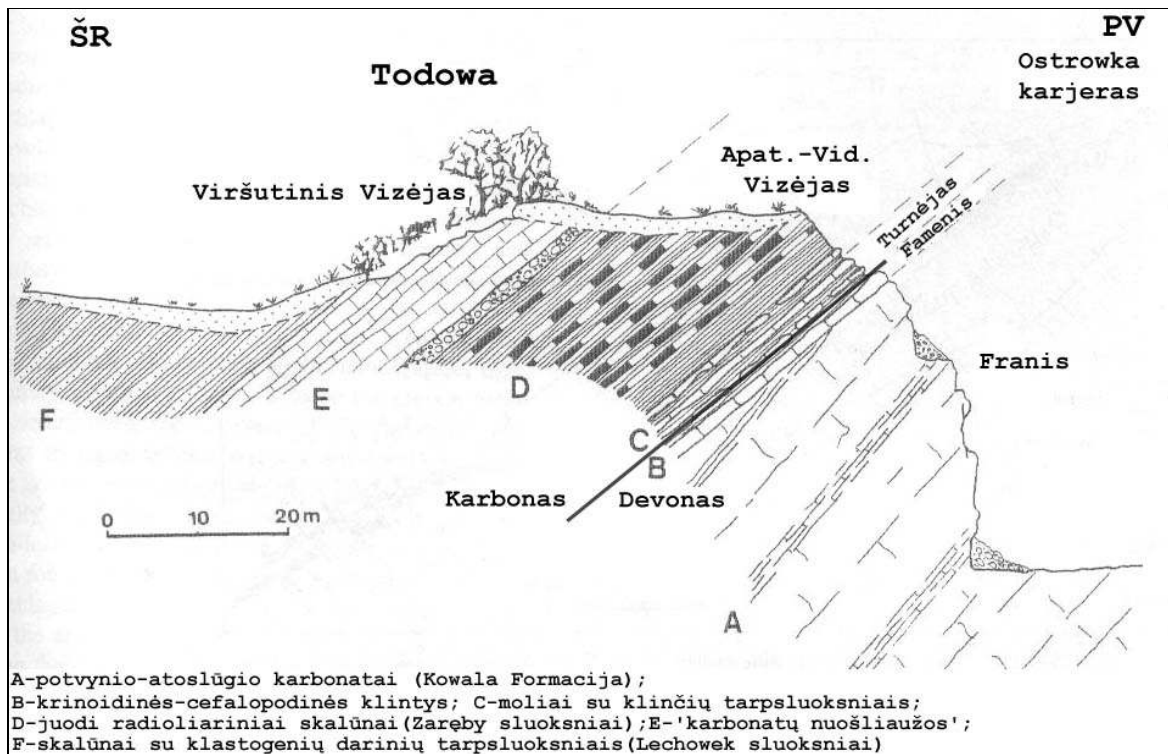


5.3.1 pav. Ostrówka karjero vieta (http://aneksy.pwn.pl/historia_ziemi/przyklady/)

Pradedant viršutinio devono priekrantės potvynio-atoslūgio facijomis, jaunėjant jos keičiasi į lagūninių, šelfo, o galiausiai į gilaus sedimentacinio baseino aplinką. Kampinė nedarna, susidariusi baseino dugnui iškilus į paviršių, atskiria sekliavandenius karbonatus nuo gilaus baseino darinių (5.3.4 pav.). Giliausias baseinas buvo vizėjaus (karbonas) amžiaus metu, ką rodo juodi skalūnai (5.3.5 ir 5.3.6 pav.).



5.3.2 pav. Supaprastintas Galezice apylinkių su Ostrówka karjeru geologinis žemėlapis (pagal Szulczewski et al, 1996)



Kompleksas A (Kowala sluoksniai). Lenkijos geologų santykinai vadinamas „Amphiphora klintis“, dėl jame gausiai esančių gausių amfiporų. Šio komplekso storis yra apie 80 m.

Kompleksas B. Ryškiai skiriasi nuo A komplekso. Pastarasis kompleksas sudarytas iš krinoidų ir cefalopodų. Pati klintis yra vidutiningrūdė ir stambiagrūdė, neaiškiai sluoksniuota.

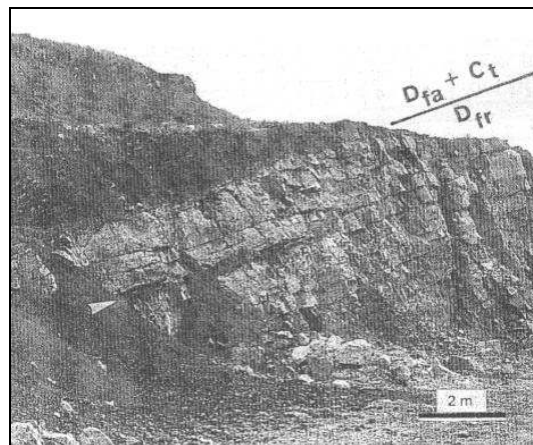
Kompleksas C. Moliai su mikritinių klinčių tarpfluksniais.

Kompleksas D (Zarėby sluoksniai). Gan plačiai paplitęs Šv.Kryžiaus kalnuose. Karjere jo storis apie 25 m ir daugiausiai sudarytas iš juodų silicitinių skalūnų.

Kompleksas E. Stambiagrūdės klintys. Matomai tai rodo ryšį su greta esančia karbonatine platforma. Komplekso storis apie 25 m. Sudarytas iš polimiktinių, blogai išrūšiuotų brekčiškų klinčių. Jose gausu įvairios faunos – krinoidų, koralų, brachiopodų. Lyginant su kompleksu E akivaizdžiai matomi sedimentacinio baseino pokyčiai.

Kompleksas F (Lechówek sluoksniai). Smėlingi skalūnai su smiltainio tarpfluksniais ir vulkanogeniniais dariniais. Šie sluoksniai žymi Hercininės kalnodaros pabaigą Šv.Kryžiaus kalnuose.

5.3.3 pav. Geologinis Ostrówka karjero pjūvis (pagal Szulczewski et al, 1996)



5.3.4 pav. Kampinė nedarna tarp franio, famenio ir karbono litologinių kompleksų.

D_{fa} – famenis, D_{fr} – franis, C_t – turnėjas.

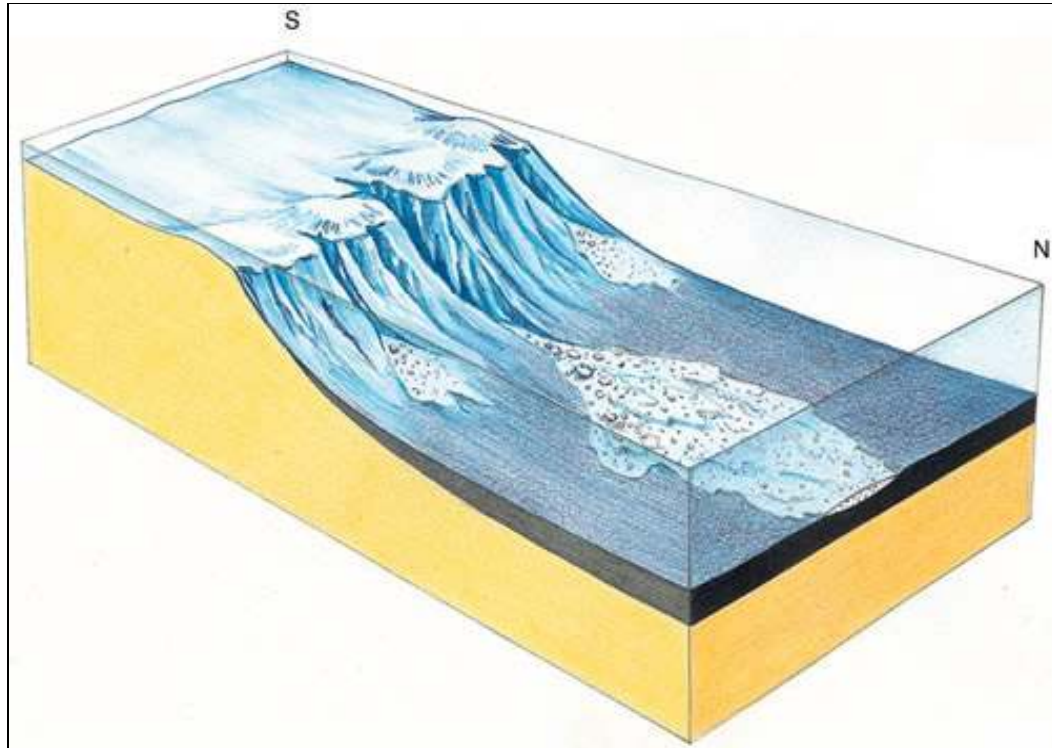


5.3.5 pav. Karbono juodas skalūnas slūgsantis virš viršutinio devono Ostrówka karjere.

Pjūvyje, kuris pavaizduotas 5.3.3 paveiksle matosi, kad storiausia yra franio (Kowala) klinčių formacija. Virš jos slūgsa famenio krinoidinė-cefalopodinė klintis ir turnėjo moliai su klinčių tarp sluoksniais. Pastarieji litologiniai vienetai susidarė palyginus negilioje jūroje. Tarp A ir B-C kompleksų yra žymi startigrafinė pertrauka, skirianti seklios jūros karbonatus (A kompleksas) nuo pelaginės aplinkos darinių (B ir C kompleksai) (Szulczewski, 1978).

Vulkaninės veiklos pėdsakai

Ostrówka karjere vulkaninių pelenų (bentonitų) sluoksnių storis yra nuo 1 iki 10 cm, rečiau 50 cm. Vietomis randami ir vitroklastinių bei kriptoklastinių tufų prosluoksniai, susidarę slenkant piroklastams paleošlaitu. Seniausi vulkanitų tarp sluoksniai karjere yra famenio amžiaus (devonas), jauniausi – vizėjo amžiaus (karbonas).



5.3.6 pav. Vizėjo (karbonas) laikotarpio baseino paleorekonstrukcija (http://aneksy.pwn.pl/historia_ziemi/przyklady/).

5.4 Kowala

Apie 10 km į ŠV nuo Kielce miesto ir apie 1 km nuo Kowala kaimo, greta geležinkelio, atsidengia labai įdomus viršutinio devono (franio) uolienų kompleksas (5.4.1 pav.). Viso atsidengia apie 80 m storymė, kuri priskiriama pietiniai Gąlezice sinklinos sparno daliai. Tarp Kowala kaimo ir atodangos, laukus dengia išdūlėję karbono uolienos (juodi skalūnai).

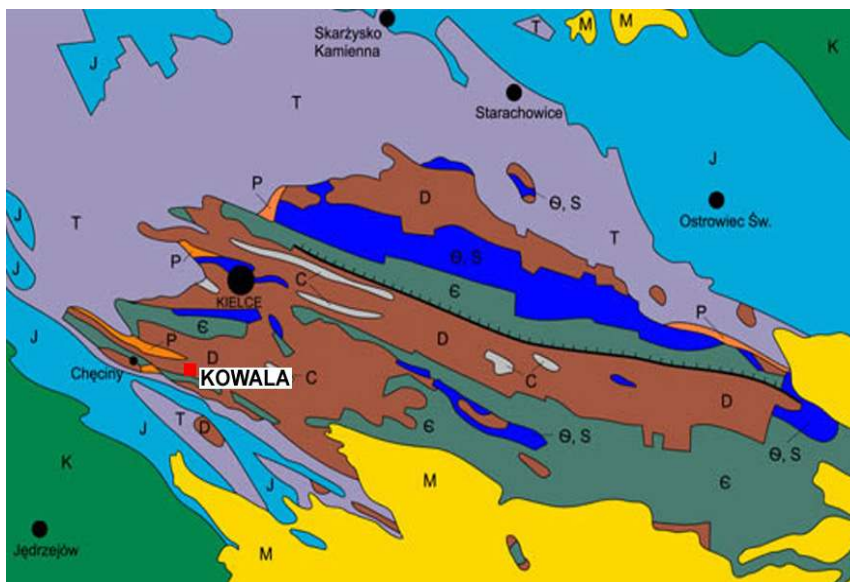
Profilis atodangoje prasideda nuo organogeninių klinčių (biolititas) (5.4.2-5.4.4 pav.). Organogeninėse klintyse gausu faunos: *Amphipora*, *Alveolites*, *Thamnopora*, *Disphyllum*. Tarp faunos didžiausi masyvūs stromotoporoidai, kurie siekia iki 50 cm. Daugelis šių masyvių stromotoporoidų yra išlikę savo pirminėje padėtyje.

Pačio rifinio kūno sandara nevienoda: apatinė dalis sluoksniuota, kas leidžia šią dalį vadinti biostroma, kai tuo tarpu viršutinė dalis sudaryta iš masyvios stromotoporinės-koralinės klinties – bioherma (5.4.3 ir 5.4.5 pav.). Biohermos aukštis apie 15 m. Virš biohermos slūgso smulkiadetritinė klintis su retais brachiopodais – *Phlogoiderhynchus*.

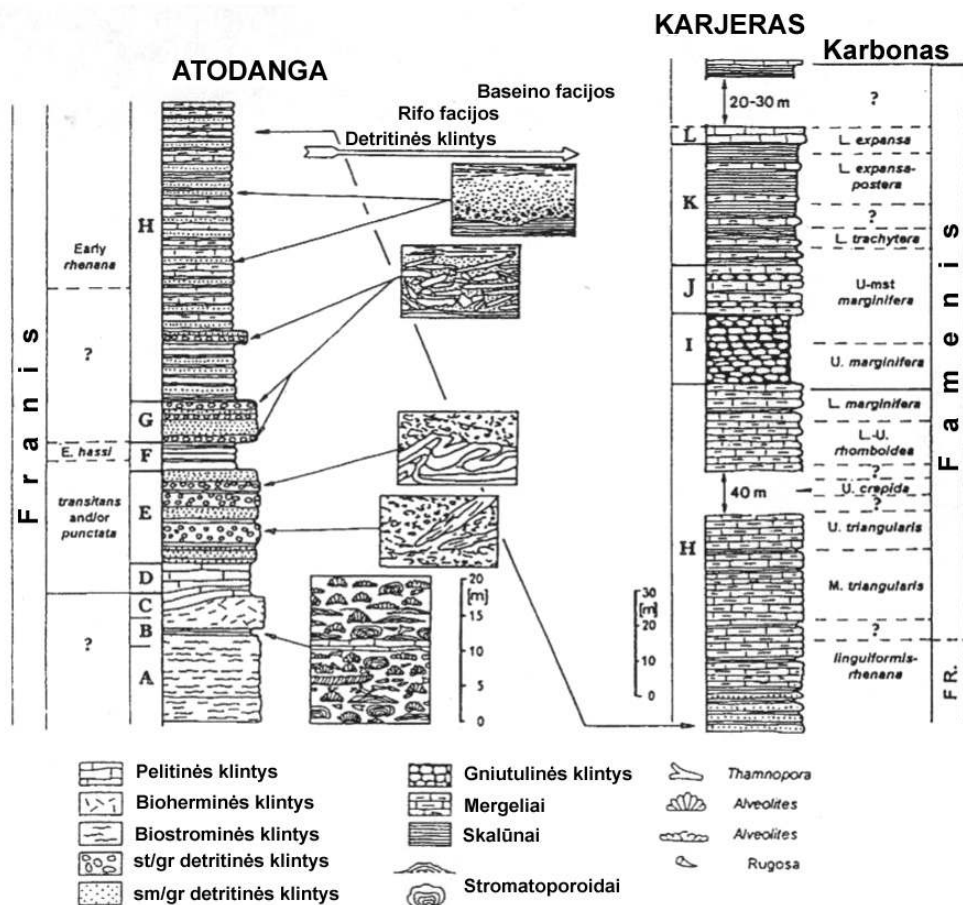
Toliau profilyje slūgso vidutingrūdė klintis su mikritinės klinties ir mergelių tarp sluoksniais (5.4.3 ir 5.4.6 pav.). Šiuose dariniuose randamos stromotoporoidų ir koralų nuolaužos, matomai atneštos iš anksčiau paminėtų darinių.

Pjūvis baigiasi klinčių ir mergelių persisluoksniavimu. Makrofaunos šioje storymėje faktiškai nėra, tik atlikus detalius paleontologinius tyrimus nustatyta daug mikrofaunos - konodontų.

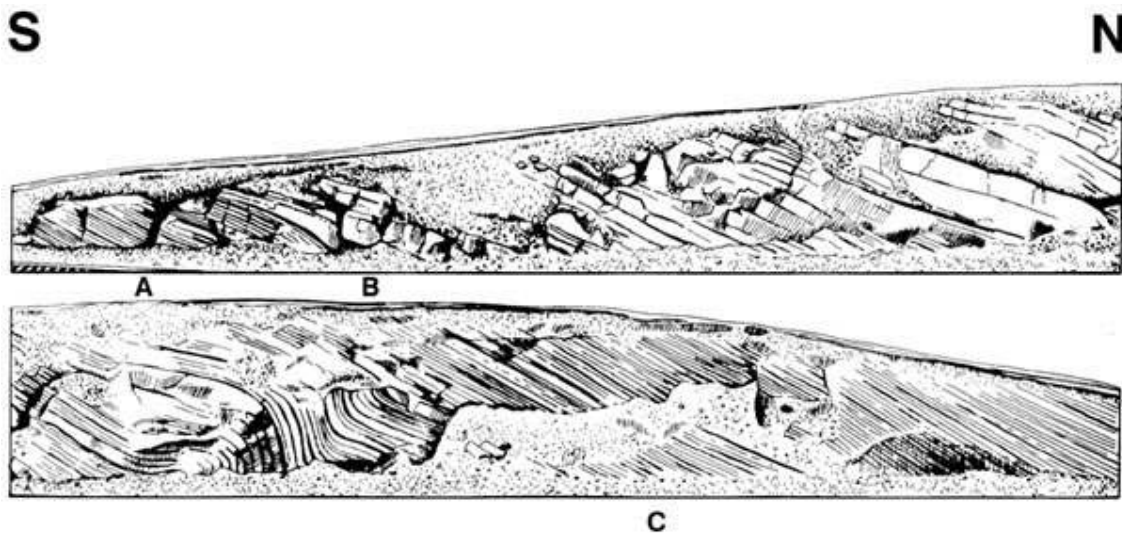
Šis profilis yra geras sedimentacinio baseino lėto grimzdimo ir tuo pačiu facijų kaitos pavyzdys: nuo pačių sekiausių karbonatinės platformos – koralai-stromotoporos, iki gilesnių, ką rodo vis didėjantis molingos medžiagos kiekis, ir plonėjantys klinčių tarp sluoksniai (5.4.7 pav.).



5.4.1 pav. Kowala atodangos ir karjero vieta (http://aneksy.pwn.pl/historia_ziemi/przyklady/).



5.4.2 pav. Viršutinio devono (franis ir famenis) startigrafinis suskirstymas Kowala atodangoje ir karjere (pagal Szulczewski et al., 1996).



5.4.3 pav. Schematizuotas Kowala atodangos pjūvis (A – biostrominės klintys, B – bioherminės klintys, C – klinčių ir mergelių persisluoksniavimas su turbiditais) (http://aneksy.pwn.pl/historia_ziemi/przyklady/)



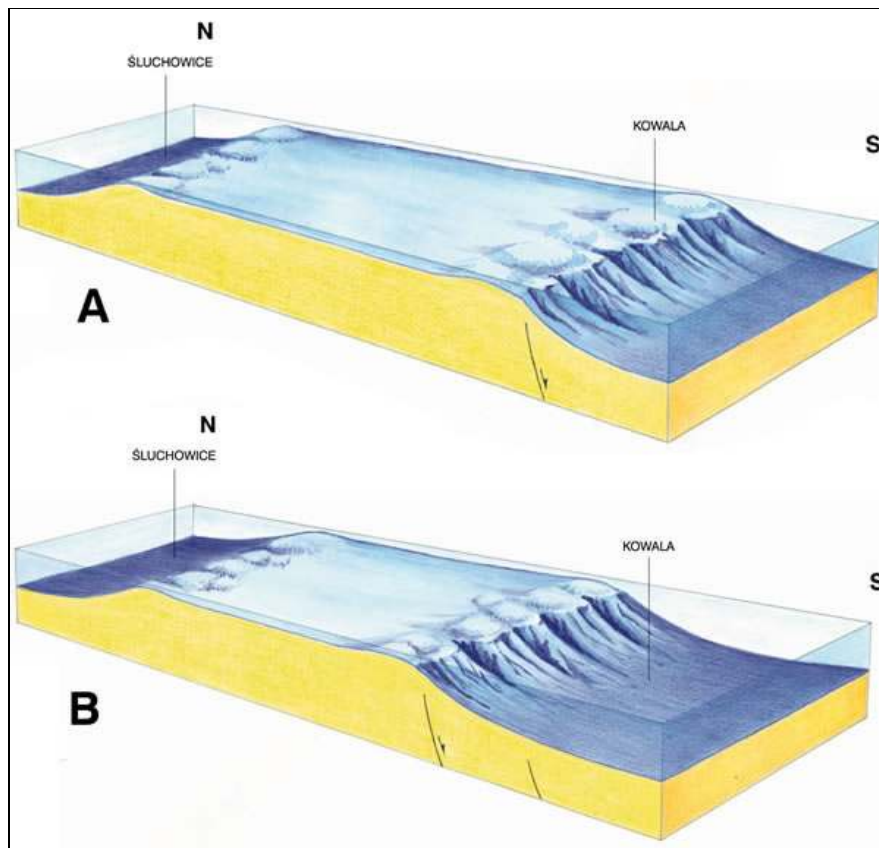
5.4.4 pav. Stromatoporoidinės - koralinės biostrominės klintys (žiūr. 5.4.3 pav. - **A**).



5.4.5 pav. Stromatoporoidinės - koralinės bioherminės klintys (žiūr. 5.4.3 pav. - **B**).



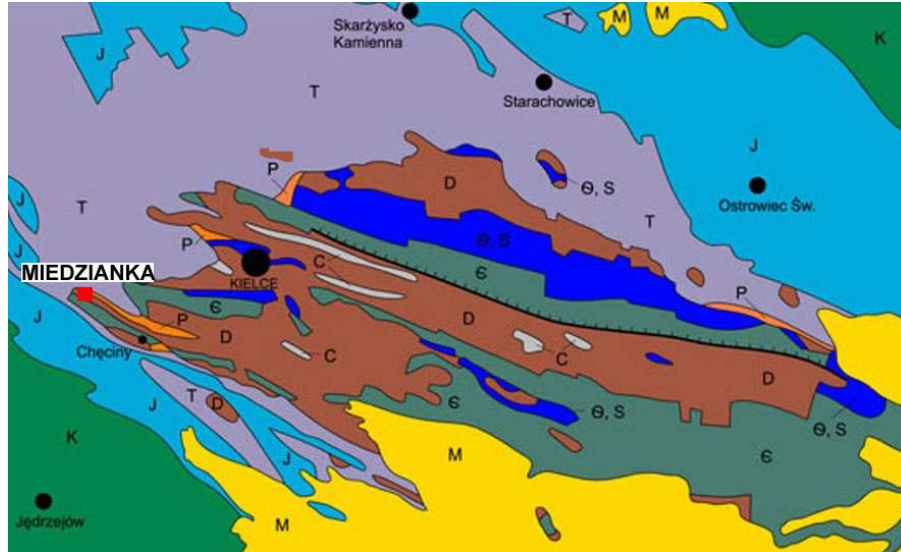
5.4.6 pav. Klinčių ir mergelių persisluoksniavimas (žiūr. 5.4.3 pav. - **C**).



5.4.7 pav. Karbonatinės platformos grimzdimas franio metu. Pradžioje Kowala yra priekrantinėje zonoje (A), vėliau atsiduria gilesnėje baseino vietoje (B) (http://aneksy.pwn.pl/historia_ziemi/przyklady/)

5.5 Miedzianka

Medziankos apylinkių geologija gana sudėtinga, nes čia susiduria du stambūs paleozojaus ir mezozojaus kompleksai. Medzianka vietovė priskiriama pietinei Chęciny antiklinos sparno daliai (5.5.1 pav.). Šis sparnas gelmėja vakarų kryptimi ir paleozojaus uolienos yra perdengtos mezozojaus uolienomis.



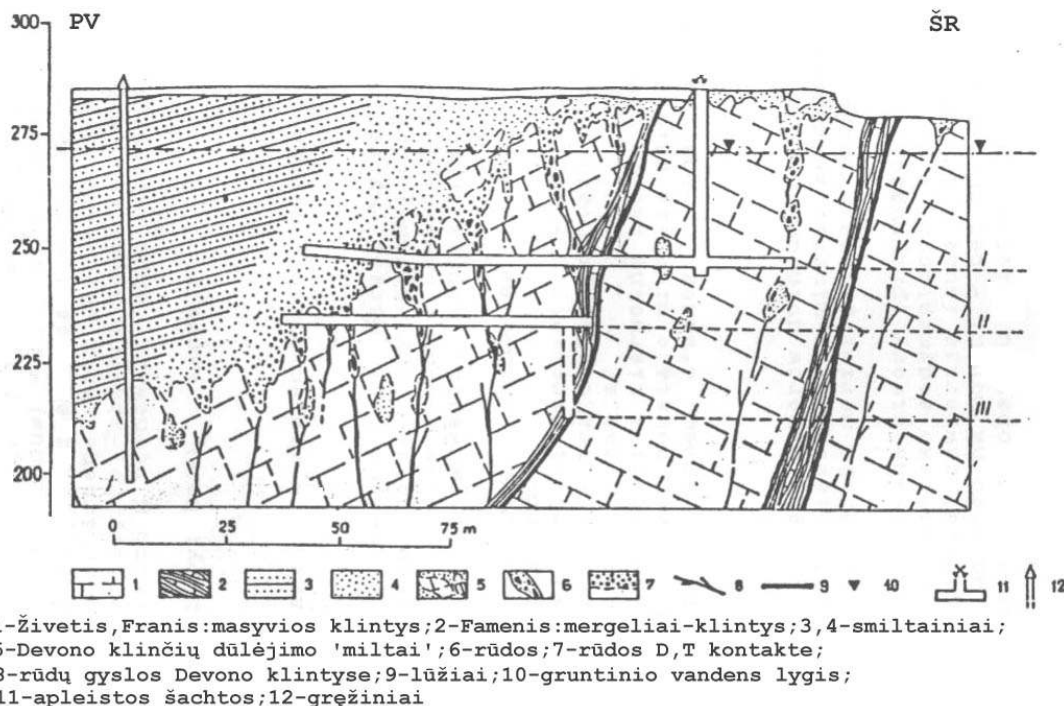
5.5.1 pav. Miedzianka atodangos vieta.

Tokią sandarą lėmė du tektoniniai įvykiai. Hercininės orogenezės metu buvo suraukšlėtos paleozojaus uolienos, o alpiškos (laraimiška fazė) orogenezės metu Švento Kryžiaus kalnai buvo iškelti. Miedzianka vietovėje atsidengia živečio ir franio (viršutinis devonas) stromatoporoidinės- koralinės klintys (5.5.2 pav.).



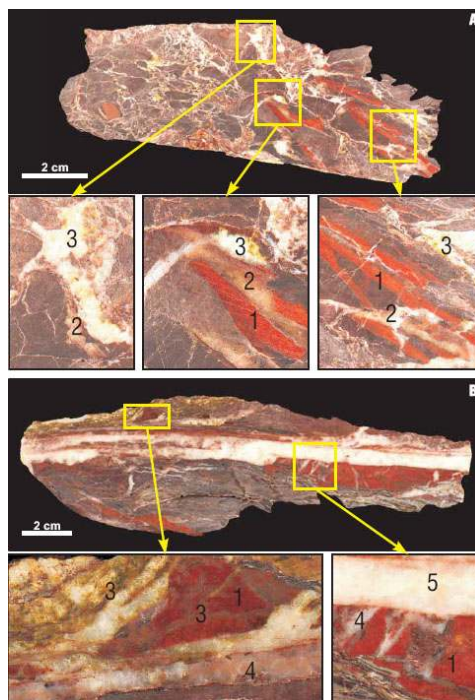
5.5.2 pav. Atsidengiančios živečio ir franio klintys ant Miedzianka kalno.

Vietomis paviršiuje yra klinčių ir mergelių (famenis). Pietinėje ir vakarinėje dalyje matomi dar ir triaso raudonspalviai smiltainiai (5.5.3 pav.).

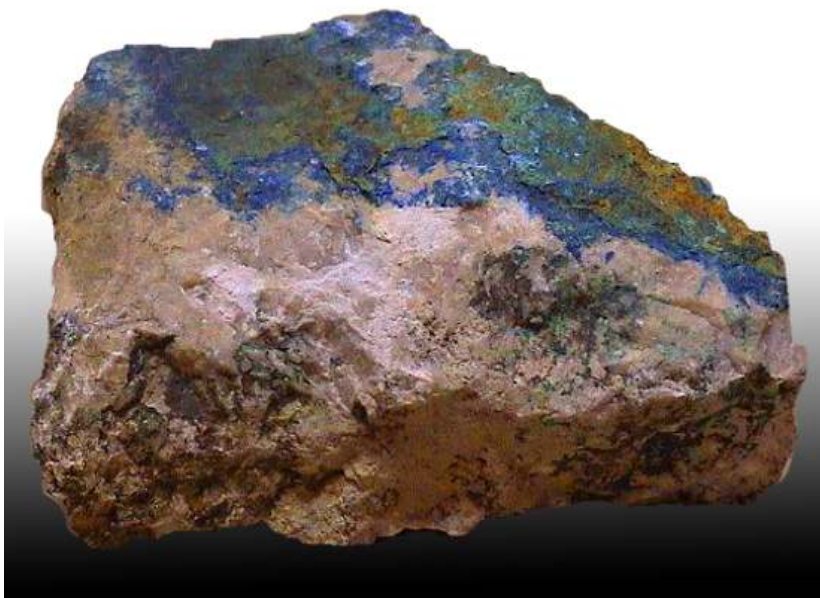


5.5.3 pav. Miedzianka kalno geologinis pjūvis.

Gausu lūžių su kalcito gyslomis bei chalkozino, chalkopirito, galenito – mineralų nusėdusių iš hidroterminių tirpalų. Lūžiai formavosi hercininės orogenezės metu. Tačiau daugiausiai buvo eksploatuojami antriniai mineralai – malachitas ir azuritas, susidarę vėlesnių adsorbcinių ir joninių mainų procesų metu (5.5.5 pav.). Grynį malachitas ir azuritas randami retai – dažniausiai apnašos. Tyrimais nustatyta iki 5 kalcito gyslų formavimosi etapų (Dębowska, U. 2004) (5.5.4 pav.).



5.5.4 pav. Kalcito generacijos (Dębowska, 2004)



5.5.5 pav. Malachitas ir azuritas.

Literatūra

- Belka, Z., Skompski. 1988. Mechanizm sedymentacji i pozycja facjalna wapienia węglowego w południowo-zachodniej części Gór Świętokrzyskich. *Przegląd Geologiczny*, 8.
- Belka Z., Matyja B.A., Radwanski A. (red.) 1991. Field guide of the geological excursion to Poland. Institute of Geology and University of Warsaw. 170.
- Belka, Z., Skompski, S., Sobon-Podgórska, J. 1996. Reconstruction of a lost carbonate platform of the shelf of Fennosarmatia: evidence from Visean polymictic debrites, Holy Cross Mountains, Poland. W: Strogon, P., Somerville, I. D., Jones, G. L. (Red.). Recent Advances in Lower Carboniferous Geology. Geological Society Special Publication, 107
- Belka, Z., Valverde-Vaquero, P., Dörr, W., Ahrendt, H., Wemmer, K., Franke, W., Schäfer, J. 2002. Accretion of first Gondwana-derived terranes at the margin of Baltica. W: Winchester, J. A., Pharaoh, T. C., Verniers, J. (Red.). Palaeozoic Amalgamation of Central Europe. Geological Society, London, Special Publications, 201.
- Dębowska, U. 2004. Some aspects of tectonics and mineralization in the Devonian rocks in the western part of the Chęciny Anticline: Miedzianka Mt., NW part of the Holy Cross Mts., central Poland. *Prz. Geol.*, 52: 920–926.”
- Jankauskas T. 2005. Teorinė ir taikomoji stratigrafija. Vilniaus universitetas. 167 p.
- Konon, A. 2006. Buckle folding in the Kielce Unit, Holy Cross Mountains, central Poland. *Acta Geologica Polonica*, 56 (4), 375-405, Warszawa.
- Kozłowski, R. 1948. Les graptolites et quelques nouveaux groupes d'animaux du Tremadoc de la Pologne. *Palaeontologia Polonica*, 3.
- Kozłowski, W. 2003. Age, sedimentary environment and palaeogeographical position of the Late Silurian oolitic beds in the Holy Cross Mts (Central Poland). *Acta Geologica Polonica*, 53, 4.
- Malinowski, M., Żelazniewicz, A., Grad, M., Guterch, A. ir Janik, T. 2005. Seismic and geological structure of the crust in the transition from Baltica to Palaeozoic Europe in SE Poland – BUCKLE FOLDING IN THE HOLY CROSS MOUNTAINS, CENTRAL POLAND CELEBRATION 2000 experiment, profile CEL02. *Tectonophysics*, 401, 55-77.
- Masiak M., Podhalanska T. and Stempień-Salek M. 2003: Ordovician–Silurian boundary in the Bardo Syncline, Holy Cross Mountains, Poland — new data on fossil assemblages and sedimentary succession. *Geol. Quart.*, 47 (4): 311–330. Warszawa.
- Mizerski V., 2004. Holy Cross Mountains in the Caledonian, Variscan and Alpine cycles—major problems, open questions. *Przegląd Geologiczny*, vol. 52, no. 8/2, 774-779.
- Nawrocki, J. 1999. Przedfaldowa pozostałość magnetyczna intruzji diabazów z synkliny Barda w Górach Świętokrzyskich. *Przegląd Geologiczny*, 47, 12.
- Orłowski, S. 1975. Jednostki litostratygraficzne kambru i górnego prekambriu Gór Świętokrzyskich. *Acta Geologica Polonica*, 25, 3.

- Orlowski, S., Radwanski, A., Roniewicz, P. 1970. The trilobite ichnocoenoses in the Cambrian sequence of the Holy Cross Mountains. W: Crimes, T. P., Harper, J. C. (Red.). Trace Fossils. Geological Journal Special Issues, 3.
- Orlowski, S., Radwanski, A., Roniewicz, P. 1971. Ichnospecific variability of the Upper Cambrian *Rusophycus* from the Holy Cross Mts. *Acta Geologica Polonica*, 21, 3.
- Paškevičius J., Brazauskas A., Musteikis P. 1989. Bendrosios geologijos laboratoriniai darbai. Vilnius. "Mokslas". 137 p.
- Przewodnik 53 Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego. Kielce. 6-8 wrzesnia 1981. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1981.
- Przybyłowicz, T. & Stupnicka, E. 1991. Przejawy wulkanizmu w ordowiku i sylurze południowej czesci Gór Swietokrzyskich. *Archiwum Mineralogiczne*, 47.
- Racki, G. 1993. Evolution of the bank to reef complex in the Devonian of the Holy Cross Mountains. *Acta Palaeontologica Polonica*, 37.
- Radzevičius, S. 2003. Šv. Kryžiaus kalnų uenlokio ir ludlovio ribos monograptidai (*Graptoloidea*). *Geologija*. Nr.1. 44-49.
- Skompski S., Zilyska A. (red.). 2006. Procesy i zdarzenia w historii geologicznej Gór Swiętokrzyskich. 77 Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Geologicznego. 211.
- Szulczewski, M., Z., Belka, S., Skompski. 1996. The drowning of a karbonate platform: an example from the Devonian-Carboniferous of the southwestern Holy Cross Mountains, Poland. *Sedimentary Geology* 106. 21-49.
- Szulczewski, M. 1971. Upper Devonian conodonts, stratigraphy and facial development in the Holy Cross Mts. *Acta Geologica Polonica*, 21, 1.
- Szulczewski, M. 1995. Depositional evolution of the Holy Cross Mts. (Poland) in the Devonian and Carboniferous - a review. *Geological Quarterly*, 39 (4).
- Szulczewski, M. 1996. Devonian succession in the Kowala quarry and railroad cut. W: Szulczewski, M., Skompski, S. Sixth European Conodont Symposium ECOS VI, Excursion Guide.
- Trimonis E. 2005. *Sedimentologija*. Vilniaus universitetas. 263 p.
- Zakowa, H. 1976. Wybrane problemy karbonu Galezic w swietle najnowszych badan. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 296.
- Zylinska, A. 2001. Late Cambrian trilobites from the Holy Cross Mountains, central Poland. *Acta Geologica Polonica*, 51, 4.
- Zylinska, A. 2002. Stratigraphic and biogeographic significance of Late Cambrian trilobites from Lysogóry (Holy Cross Mountains, central Poland). *Acta Geologica Polonica*, 52, 2.

1 priedas. Tarptautinė stratigrafinė skalė lenkų ir anglų kalbomis.

EROTEM EOTHEM EON EON	ERATHEM ERATHEM ERA ERA	SYSTEM SYSTEM OKRES PERIOD	ODZIAŁ SERIES EPOKA EPOCH	PIETRO STAGE WIEK AGE	WIEK (min lat) AGE (Ma)	EROTEM EOTHEM EON EON	ERATHEM ERATHEM ERA ERA	SYSTEM SYSTEM OKRES PERIOD	ODZIAŁ SERIES EPOKA EPOCH	PIETRO STAGE WIEK AGE	WIEK (min lat) AGE (Ma)	
FANEROZOIK PHANEROZOIC	KENOZOIK CENOZOIC	NEOGEN NEOGENE	HOLOCEN HOLOCENE		0,0115	FANEROZOIK PHANEROZOIC	PALEOZOIK PALEOZOIC	PERM PERMIAN	LOPING LOPINGIAN	CZANGSING CHANGHSINGIAN	251,0±0,4	
			PLEJSTOCEN PLEISTOCENE	GÓRNY/PÓŹNY UPPER/LATE					WUCZIAPING WUCHIAPINGIAN	260,4±0,7		
				ŚRODKOWY MIDDLE					GWADELUP GUADALUPIAN	WORD WORDIAN		
				DOLNY/WCZESNY LOWER/EARLY	1,806					ROAD ROADIAN	270,8±0,7	
			PLIOCEN PLIOCENE	GELAS GELASIAN						KUNGUR KUNGURIAN		
				PIACENT PIACENTIAN						ARTYNSK ARTINSKIAN		
				ZANKI ZANCLIAN	5,332					SAKMARIAN SAKMARIAN		
				MESSYN MESSINIAN						ASSEL ASSELIAN		
				TORTON TORTONIAN								
				SERRAVAL SERRAVALIAN							299,0±0,8	
	PALEOGEN PALEOGENE	PALEOGEN PALEOGENE		LANG LANGHIAN				KARBON CARBONIFEROUS		GZEL GZELIAN		
				BURDYGAL BURDIGALIAN						KAZIM KASIMOVIAN	306,5±1,0	
				AKWITAN AQUITANIAN						MOSKOW MOSCOWIAN	311,7±1,1	
					23,03					BASZKIR BASHKIRIAN	318,1±1,3	
										SERPUKHOV SERPUKHOVIAN	326,4±1,6	
										WIZEAN WISEAN	345,3±2,1	
										TURNIEJ TOURNAISIAN	359,2±2,5	
	KREDA CRETACEOUS	KREDA CRETACEOUS						DEVON DEVONIAN		FAMEN FAMENIAN	385,3±2,6	
										ZYWET ZYWETIAN		
										EIFEL EIFELIAN	397,5±2,7	
										EMSIAN EMSIAN		
										PRAG PRAGIAN		
										LOCHKOW LOCHKOVIAN	416,0±2,8	
	JURA JURASSIC	JURA JURASSIC						SYLUR SILURIAN		LUDFORD LUDFORDIAN	418,7±2,7	
										GORST GORSTIAN	422,9±2,5	
										HOMER HOMERIAN		
										SHEINWOOD SHEINWOODIAN	428,2±2,3	
										TELYCH TELYCHIAN		
										AERON AERONIAN	443,7±1,5	
										RHUDDAN RHUDDANIAN		
										HIRNANT HIRNANTIAN		
MEZOZOIK MESOZOIC	JURA JURASSIC	JURA JURASSIC				MEZOZOIK MESOZOIC	ORDOVIK ORDOVICIAN				460,9±1,6	
											471,8±1,6	
											488,3±1,7	
											501,0±2,0	
											513,0±2,0	
											542,0±1,0	
	TRIASK TRIASSIC	TRIASK TRIASSIC					PROTEROZOIK PROTEROZOIC				1000	
PREKAMBR PRECAMBRIAN	PROTEROZOIK PROTEROZOIC	PROTEROZOIK PROTEROZOIC				PREKAMBR PRECAMBRIAN	ARCHAIK ARCHEAN	PROTEROZOIK PROTEROZOIC				2500
												2800
												3200
												3600

TARPTAUTINĖ STRATEGINĖ SKALĖ
Tarptautinė strategijos komisija, 2004 m.

Fanerozojuos				Eonotema Eonas
Kainozojuos				Eratema Era
Mezozojuos		Paleogenas		Sistema Periodas
Kreida		Neogenas		Skyrius Epocha
Apatinis		Holocenas		
	Viršūnitis		Pliocenas	Aukštas Amžius
	Vidūnitis		Pliocenas	Amžius (Ma)
	0.0115		Pliocenas	PSPT
	0.126		Pliocenas	
	0.781		Pliocenas	
	1.806		Pliocenas	
	2.588		Pliocenas	
	3.600		Pliocenas	
	5.332		Pliocenas	
	7.246		Pliocenas	
	11.608		Pliocenas	
	13.65		Pliocenas	
	15.97		Pliocenas	
	20.43		Pliocenas	
	23.03		Pliocenas	
	28.401		Pliocenas	
	33.9±0.1		Pliocenas	
	37.2±0.1		Pliocenas	
	40.4±0.2		Pliocenas	
	48.6±0.2		Pliocenas	
	55.8±0.2		Pliocenas	
	58.7±0.2		Pliocenas	
	61.7±0.2		Pliocenas	
	65.5±0.3		Pliocenas	
	70.6±0.6		Pliocenas	
	83.5±0.7		Pliocenas	
	85.8±0.7		Pliocenas	
	89.3±1		Pliocenas	
	95.5±0.8		Pliocenas	
	99.6±0.9		Pliocenas	
	112.0±1		Pliocenas	
	125.0±1		Pliocenas	
	130.0±1.5		Pliocenas	
	136.4±2		Pliocenas	
	140.2±3		Pliocenas	
	145.5±4		Pliocenas	

[illegible]

Ēnotema Eonas	Ēratema Ēra	Sistēma Periods	Skryrius Epocha	Aukštas Amzius	Amzius (Ma)	PSPT
Fanerozojs	Paleozojs	Devonas	Višutinis	Famenis	359.2 ± 2.5	✓
			Frānis	374.5 ± 2.6	✓	
Kambras	Ordovikas	Silūras	Žvētis	385.3 ± 2.6	✓	✓
			Vādininis	391.8 ± 2.7	✓	✓
			Eifēlis	397.5 ± 2.7	✓	✓
			Ensiss	407.0 ± 2.8	✓	✓
			Prēgis	411.2 ± 2.8	✓	✓
			Loekovis	416.0 ± 2.8	✓	✓
			Prīdolis	421.7 ± 2.7	✓	✓
			Ludlovis	421.3 ± 2.6	✓	✓
			Uenoklis	422.9 ± 2.5	✓	✓
			Virsutinis	Vādininis	Landoveris	Homēris
Šēnvudis	428.2 ± 2.3	✓				✓
Tēļčēis	436.0 ± 1.9	✓				✓
Aeronsis	439.0 ± 1.8	✓				✓
Rudānis	443.7 ± 1.5	✓				✓
Hūmānis	445.6 ± 1.6	✓				✓
Darvilis	455.8 ± 1.6	✓				✓
Tremadoklis	460.9 ± 1.6	✓				✓
Apatinis	468.1 ± 1.6	✓				✓
Fugogis	Vādininis	Apatinis				471.8 ± 1.6
			478.6 ± 1.7	✓	✓	
			488.3 ± 1.7	✓	✓	
Vādininis	Apatinis	Apatinis	501.0 ± 2	✓	✓	
			513.0 ± 2	✓	✓	

apbīvētājuma (Renne et al 1996, „Episodes” 19, 77- 81). Daugus sistēmu pavadīšanai yta tarp lygu rītu stratotipizācijai pītvu geoloģino pītvu atitīkamo lygo. Kākvieno PSPT ir PSAS aprī palāpīnās tīnlāpījē (vww.stratigraphy.org).

Nepāzīmēti kambrī ir orovīko aukštā bus pavadīti tādā, kāi Fanerozojūs pādālinātī anīzīus rītu numerācija yta revīzījūs Zēnīpīnījī komisijūs vārītojamūs spāvkonūs (vww.ogm.gov. Scale, 2004⁴). Grādīstīno, Oggo Smītho ir kī (Cambridge University C 2004) tīpīnīpī stratīfīkīzījī komisījā

Priekambras										
Archējus					Proterozojus					Eonotema Eonas
Neo- archējus					Paleopro- terozojus					Eratema Era
Mezo- archējus					Mezopro- terozojus					
Paleo- archējus					Stenias					
Eo- archējus					Tonas					
Apatne rība neapbrežta					Ediakars					
					Kriogēns					Sistema Periodas
					1000					542
					850					Amžius (Ma)
					1200					PSPT
					1400					
					1600					
					1800					
					2050					
					2300					
					2500					
					2800					
					3200					
					3600					

Pasaulines geologinės skalės suskirstymas yra formaliausia muskamos pėdinių apimne riba. Kiekvienam faunozojams padalinimo intervalui (~542 Ma nuotolinis) ir eilaktos sistemos apimne riba yra pabrėžta. Pasaulinio standartinio pjūvio ir lapinies pnyti lauko (PSPT), tada kai perkramo intervalas yra formaliai suskirstytas pagal absoliutų amžių. Pasauliniai stratigfinio amžiaus standartai (PSAS). Ši skalė patalpa tapatinamus stratigrafijos padalinimus ir rangą, pavadinimą ir formali status. Šie padalinimai yra patvirtinti Tapatinamas stratigrafines komisijas (TSK) ir ratifikuoti Tapatinamas reguluojami sąjungos (TGAIN). TSK vadovauja reguliuojam tapatinam patalpinam laikotarpiais bei / arba amžius PSPT faktikai turi ankstyvumą ir / arba vytyje, tada kai PSAS yra abstraktus amžiaus neparinkiamas nusitampa duotas „Episodai“, 27: 204 208 (2000) ir

Tapatinam mąstui bus sustatita del jų PSPT limitavimo klausimas. Spalvos sudėtums su Pasaulines geologinio amžiaus, ankstyvumą yra paminėta iš „A Geologic Time Scale“ by Press, 2004). Skale buvo pateiktia Gabi Osgoo Copyright