

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOLOĢIJAS NODAĻA

AUGŠĒJĀ KRĪTA KAĻĶAKMEŅI UNTERSBERGA KALNA APKĀRTNĒ,
ALPOS: SASTĀVS, UZBŪVE UN SEDIMENTĀCIJAS APSTĀKĻU
INTERPRETĀCIJA

MAGISTRA DARBS

Autors: Edgars Klievēns

Stud. apl. *ek10060*

Darba vadītājs: asoc. prof., Dr.ģeol. Ģirts Stinkulis

RĪGA 2015

ANOTĀCIJA

Klievēns E., 2015. Augšējā krīta kaļķakmeņi Untersberga kalna apkārtnē, Alpos: sastāvs, uzbūve un sedimentācijas apstākļu interpretācija. Maģistra darbs. Rīga, Latvijas Universitāte. 67 lpp.

Maģistra darbā ir raksturots Untersberga kalna apkārtnē esošo augšējā krīta kaļķakmeņu sastāvs, uzbūve un sedimentācijas apstākļi. Darbā veikta zinātniskās literatūras analīze, kaļķakmeņu pieslīpņu un plānslīpējumu izgatavošana, sagatavotā kaļķakmens materiāla fotoskenēšana un datu kamerālā apstrāde, kaļķakmeņu uzbūves un komponentu identifikācija, un aprakstīšana, fāciju un fāciju asociāciju nodalīšana, pētīto kaļķakmeņu veidošanās apstākļu interpretācija. Secināts, ka kaļķakmeņi no Kīferas atradnes lielākoties veidojušies dažādu tipu lagūnās un seklā ūdenī Gosau jūras šelfa iekšējā daļā, savukārt pētītie kaļķakmeņi no Šteindlas atradnes veidojušies arī sekla jūras apstākļos, tomēr ir pazīmes, kas liecina par mazliet dziļākas jūras apstākļiem un aluviāli ietekmētu sedimentāciju, kā arī turbidītu un drupu materiāla plūsmām. Kaļķakmeņu graudu izmēri un konglomerātiskā materiāla daudzums palielinās virzienā uz dienvidiem.

Atslēgas vārdi: Karbonātu sedimentācija, konglomerāti, Ziemeļu kaļķakmens Alpi, lagūnas, sekla jūra.

ANNOTATION

Klievens E., 2015. Upper Cretaceous limestones at mount Untersberg vicinity, Alps: composition, structure and sedimentary environment interpretation. Master`s thesis. Riga, University of Latvia. 67 pp.

Master's thesis is focused on characterization of composition and structure of of the Upper Cretaceous limestones, in vicinity of mount Untersberg, and interpretation of their sedimentary environment. Work is based on analysis of scientific literature, preparation of limestone polished slabs and thin-sections, photoscanning of prepared limestone material, description and identification of limestone structure, composition and component identification, dividing of facies and their associations, as well as interpretation of sedimentary environments of studied carbonate deposits. It was concluded that limestones from Kiefer quarry were formed mostly in various types of lagoons and shallow water environment of the Gosau Sea inner shelf. Limestones from Steindl quarry were also formed mostly in shallow marine conditions, but there are numerous signs of a slightly deeper marine conditions and alluvial influence on limestone sedimentation, as well as active environments of turbidity flows and debris flows. The grain size and content of conglomeratic material in studied limestones increases towards the south.

Keywords: Carbonate sedimentation, conglomerates, Northern Calcareous Alps, lagoons, shallow sea.

SATURS

IEVADS	5
1. UNTERSBERGA KALNA UN TĀ APKĀRTNES ĢEOLOĢISKĀ UZBŪVE	7
1.1. Galvenās uzbūves iezīmes	9
1.2. Krīta nogulumieži un to izplatība.....	11
2. KAĻĶAKMEŅU UZBŪVE UN KLASIFIKĀCIJA	14
3. KAĻĶAKMEŅU VEIDOŠANĀS APSTĀKĻI.....	18
4. MATERIĀLS UN METODES.....	22
4.1. Pētījumā izmantotie materiāli	22
4.2. Pētījuma metodes	24
5. REZULTĀTI	30
5.1. Kaļķakmeņu fācijas un mikrofācijas.....	31
6. FĀCIJU ASOCIĀCIJAS	55
7. INTERPRETĀCIJA UN DISKUSIJA	57
SECINĀJUMI	62
PATEICĪBAS	64
IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI	65

IEVADS

Pētījumi par Ziemeļu kaļķakmens Alpu kaļķakmeņu sedimentācijas vidi un apstākļiem mūsdienās ir veikti diezgan nelielā apjomā un precīzu datu par to, kā veidojušies Untersberga kalna apkārtnes daudzveidīgie kaļķakmeņi, un it īpaši, kaļķakmeņu konglomerāti, nav. Svarīgi minēt, ka kaļķakmeņi Untersberga kalna apkārtne tiek iegūti un lielākoties izmantoti dekoratīvos nolūkos, t.i. ēku iekšējā un ārējā apdarē.

Untersberga kalns atrodas Eiropas Alpu ziemeļu daļā, uz Vācijas un Austrijas robežas. Maģistra darbā izmantotais materiāls iegūts no divām mūsdienās aktīvām dekoratīvā kaļķakmens ieguves atradnēm – Kīferas (*Kiefer*) un Šteindlas (*Steindl*) -, kuras abas atrodas Austrijā, Untersberga kalna apkārtne (Kieslinger, 1964). Abas atradnes atrodas Austrijas ceturtnē lielākās pilsētas Zalcburgas apkārtne.

Abās atradnēs iegūtie kaļķakmeņi tiek izmantoti kopš Romas impērijas laikiem ēku celtniecībā, apdarē, kā arī statuju un pieminekļu tēlniecībā, līdz ar to, šo kaļķakmeņu pētniecība ir arī ekonomiski pamatota, jo tos tādiem pašiem mērķiem izmanto arī mūsdienās (Moshammer *et al.*, 2015).

Pašreizējie pētījumi (piem., Höfling and Sanders, 2000) parāda to, ka šie kaļķakmeņi veidojušies seklas jūras apstākļos. Publikācijā (Höfling and Sanders, 2000) tiek raksturotas kaļķakmeņu fācijas vienā šaurā areālā, taču nav analizēti to lielās daudzveidības cēloņi un sedimentācijas apstākļi mazliet plašākā izpētes areālā, tādā kā autora pētītā Untersberga kalna apkārtnē, kā arī nav veikts fāciju asociāciju salīdzinājums netālu esošām atradnēm un tajās sastopamajiem kaļķakmeņiem.

Pētījuma autors darba izstrādes gaitā konstatējis, ka pētītajos kaļķakmeņos ir izteikti liels dažādu izmēru graudu klastiskā materiāla piejaukums, kas varētu liecināt par šī materiāla pienesi no kādas upes baseina, vai arī šis materiāls varētu būt akumulēts sauszemes (domājams, stāvkrasta) erozijas rezultātā. Konstatēts arī, ka kaļķakmens graudiem un citam materiālam pieslīpņos ir daudzveidīga uzbūve, struktūra un krāsa, kas vēl vairāk padara šo pētījuma objektu interesantu karbonātu sedimentoloģijas jomā.

Maģistra darba mērķis ir interpretēt Untersberga kalna apkārtne sastopamo augšējā krīta kaļķakmeņu veidošanās apstākļus, pamatojoties uz to sastāva un uzbūves pētījumiem pieslīpņos un plānslīpējumos.

Lai varētu sasniegt maģistra pētījuma mērķi, tika izvirzīti šādi **uzdevumi**:

- 1) Analizēt pieejamo zinātnisko literatūru par augšējā krīta kaļķakmeņiem Untersberga kalna apkārtne un Eiropas Alpu ziemeļu daļā;

- 2) Apstrādāt divās atradnēs Untersberga kalna apkārtnē iegūto kaļķakmens materiālu: zāgēt iežu paraugu gabalus, izgatavot pieslīpņus un plānslīpējumus, slīpēt un pulēt tos;
- 3) Veikt gatavo pieslīpņu un plānslīpējumu fotoskenēšanu un attēlu kamerālo apstrādi;
- 4) Dokumentēt pētīto kaļķakmeņu uzbūvi un to sastāvā esošos komponentus, ieskaitot fosīlijas;
- 5) Izvērtēt, aprakstīt un noteikt pētīto kaļķakmeņu fācijas un fāciju asociācijas, veikt to salīdzinājumu pētītajās atradnēs;
- 6) Interpretēt pētīto kaļķakmeņu veidošanās apstākļus un veikt salīdzinājumu ar citiem līdzīgiem pētījumiem.

1. UNTERSBERGA KALNA UN TĀ APKĀRTNES ĢEOLOĢISKĀ UZBŪVE

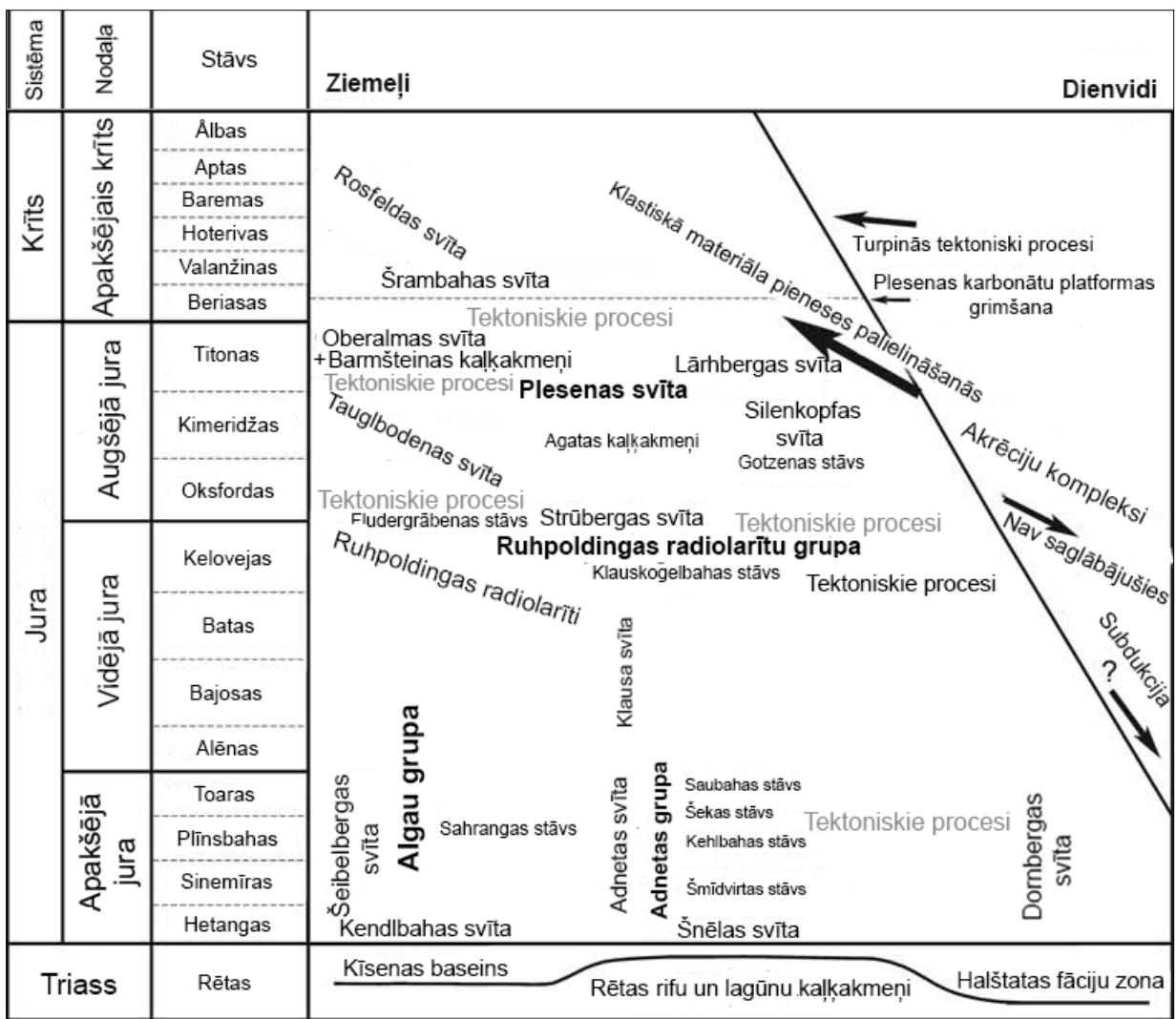
Ziemeļu kaļķakmens Alpu daļa, ieskaitot Alpu dienvidu daļu un Karpatu, ir veidojusies kontinenta šelfa zonā (Gawlick and Schlagintweit, 2007). Juras periodā Ziemeļu kaļķakmens Alpi bija daļa no Austroalpīnās platformas (Höfling and Sanders, 2000). Šīs struktūras veido aptuveni 300 km platu un 1500 km garu šelfa zonu. Šī šelfa zona sāka veidoties Neotetisa okeāna attīstības sākuma stadijā, kas ilga no triasa līdz agrās juras laikposmam. Sākot no vidējās juras līdz vēlajai jurai Neotetisa okeāns pamazām sāka sarukt un izveidotie ieži būtiski deformējās visā pašreizējā Ziemeļu kaļķakmens Alpu daļā. Šīs tektoniskās deformācijas un tās radītās sekas turku izcelsmes ģeologs Šengors (Şengör, 1990) sauc par Jauno Kimeridžas oroģenēzi (no angļu val. – *Young Kimmeridian Orogeny*).

Neotetisa okeāna rietumu daļas precīza paleoģeogrāfiskā rekonstrukcija juras periodam nav veikta, bet ir diezgan plaši diskutēts par to daudzās zinātniskajās publikācijās. Vēlās juras un agrā krīta epohu karbonātu platformu attīstība noslēdza šo lielo deformāciju ciklu. Šīs karbonātu platformas attīstījās jau mierīgos tektoniskajos apstākļos. Ziemeļu kaļķakmens Alpu daļā zem šiem karbonātu platformas nogulumiem, kas izveidojušies seklas jūras apstākļos, ieguļ tektoniski ietekmēti nogulumi, piemēram, melanžu veidojumi, kas ir lielizmēra brekčijas un to sakopojumi, kuru ietvaros iežu komponenti var sasniegt desmitiem līdz pat simtiem metru lielumu un cements starp tiem ir karbonātiska sastāva un smalkgraudains. Melanžas parasti ir visai izplatītas tektonisko lūzumu vietās un ap tiem. Tomēr jāmin, ka Ziemeļu kaļķakmens Alpi daudz izteiktāk ataino un raksturo Jaunās Kimeridžas oroģenēzes ārējo malas zonu (Gawlick and Schlagintweit, 2007).

Tajā Ziemeļu kaļķakmens Alpu daļā, kur atrodas Untersberga kalns, pirmās seklo jūru karbonātu fācijas sāka veidoties kā Plesenas (no vācu val. – *Plassen*) karbonātu platformas daļa. Tas norisinājās pakāpeniski, tai pat laikā veidojās uzbīdījumi un krokojumu zonas. Šo nākamo tektoniska rakstura notikumu, kas norisinājās tagadējā Zalcburgas apkārtnē, sauca par Tratbergas pacelšanos. Plesenas karbonātu platformas sedimentācijas cikls ilga no Kimeridžas līdz agrajam Beriasas laikmetam (1.1. attēls). Beriasas laikmetā atsākās tektoniski procesi, kā rezultātā Plesenas karbonātu platforma pamazām sāka grimt (Schlagintweit, 2008).

Plesenas karbonātu platformas grimšanas sekas atspoguļojas tajā, ka vēlajā Beriasas laikposmā izgulsnējušās daudz kalpionelīdu gliemeņu čaulu (*Calpionellopsis*). Sākot no vēlā Titonas laikposma tuvējos baseinos tika izgulsnēts liels daudzums karbonātu atlūzu un graudu. Viens no šādiem baseiniem ir Tauglbodenas baseins. Izteikti turbidītu slāņi, grauvaku

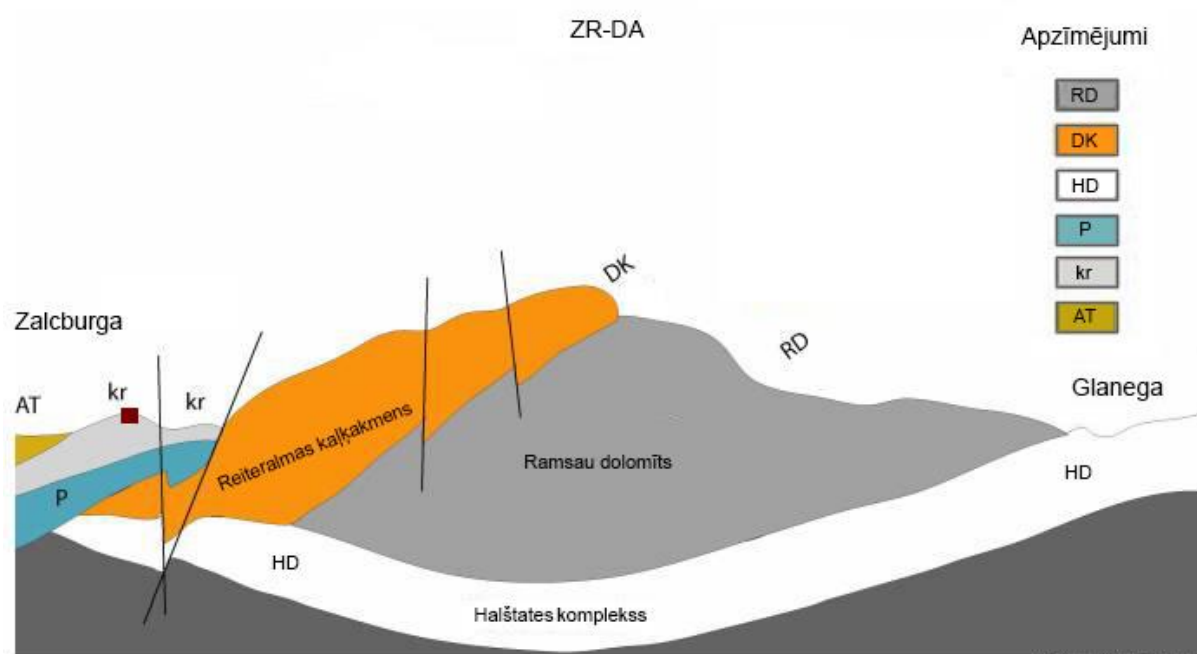
zonas un drupu materiāla plūsmu nogulumu vērojami Barmšteinas kaļķakmeņos. Šie nogulumi (Oberalmas svīta) interpretēti kā baseina nogulumu, kuru komponenti un viss materiāls atnests no netālu esošās Plesenas karbonātu platformas malām (Gawlick *et al.*, 2005). Aļģu atlieku sakopojumu mikrofācijas mazgraudainos kaļķakmeņos, pamatojoties uz to atlūzu pētījumiem, raksturojis Šteigers (Steiger, 1981), nosaucot šo kaļķakmens veidu par *Salpingoporella* kaļķakmeni. Citu vēlāku pētījumu autori (Gawlick and Schlagintweit, 2007) atklājuši to, ka Barmšteinas kaļķakmeņos ir pārstāvēta ļoti liela aļģu atlieku fāciju daudzveidība. Šo visu fāciju nogulumiežu pirmavots ir Plesenas karbonātu platformas nogulumu, kas laika gaitā tika erodēti un materiāls izgulsnēts Tauglbodenas un citos apkārtējos baseinos (Gawlick and Schlagintweit, 2007). Nelielas, gandrīz pilnīgi erodētā materiāla atliekas, kas bija daļēji neskartas, atrastas un identificētas atsevišķā kaļķakmeņu slānī Plesenas kalna apkārtnē, kur pārstāvētas vēlā Titonas laikposma lagūnu fācijas (Gawlick and Schlagintweit, 2007).



1.1. attēls. Triasa - apakšējā krīta stratigrāfiskā shēma Ziemeļu kaļķakmens Alpu centrālajai daļai, ieskaitot Untersberga kalnu (Gawlick and Frisch, 2003; autora tulkojums)

1.1. Galvenās uzbūves iezīmes

Ziemeļu kaļķakmens Alpi ir sarežģītas uzbūves ģeoloģisku veidojumu kopums. Šīs Alpu daļas uzbūvi lielā mērā noteikusi ilga un aktīva tektoniskā darbība. Untersberga kalnā un tā apkārtnē lielākoties atsedzas karbonātieži – kaļķakmeņi un dolomīti, tomēr zem šīm slāņkopām ir sastopams arī Halštates komplekss, kas veidots no granītiem, diorītiem un citiem magmatiskajiem iežiem (1.2. attēls). Karbonātisko iežu slāņkopām ir neliels kritums ziemeļu, ziemeļrietumu virzienā. Untersberga kalnā sastopamajos iežu veidojumos atklāti četri lieli un gandrīz vertikāli lūzumi. Divi no tiem ir kalna vidusdaļā un sniedzas caur Reiteralmas kaļķakmeņiem līdz Ramsau dolomītu slāņkopai. Otri divi lūzumi ir tuvāk pētījuma vietai (Šteindlas un Kīferas dekoratīvā kaļķakmens atradnēm) un sniedzas caur autora pētītajiem augšējā krīta kaļķakmeņiem, tad caur Plesenas karbonātu platformas kaļķakmeņiem un Reiteralmas kaļķakmeņiem līdz pat Halštates magmatisko iežu kompleksam. Kā noprotams, šie lūzumi ir jaunāki par augšējā krīta laikposmu, un visdrīzāk veidojušies paleogēna un neogēna tektoniskās epizodes rezultātā (Haubold *et al.*, 1999).



1.2. attēls. Untersberga kalna un tā tuvākās apkārtnes ģeoloģiskais griezum virzienā no ziemeļrietumiem uz dienvidaustrumiem, ar tumši sarkanu kvadrātu ģeoloģiskā griezumā kreisajā pusē iezīmēta aptuvenā pētījuma (Šteindlas un Kīferas dekoratīvās kaļķakmens atradnes) teritorija. Apzīmējumi: RD – Ramsau dolomīts (apakšējā līdz vidējā jura); DK – Reiteralmas kaļķakmens (augšējā jura); HD – Halštates komplekss (augšējais triass); P – Plesenas kaļķakmens (apakšējais līdz vidējais krīts); kr – augšējais krīts; AT – paleogēns (izstrādājis autors pēc: Kieslinger, 1964).

Ziemeļu kaļķakmens Alpi un Eiropas Alpi kopumā ir veidojušies klasiska tipa orogēnēzē liela mēroga konverģences rezultātā. Eiropas Alpu izveide ir bijis ilgstošs un sarežģīts process, taču kopumā to var raksturot kā Eirāzijas un Adrijas kontinentālo plātņu sadursmi pēc okeānu baseinu subdukcijas procesa (Behrmann and Tanner, 2006).

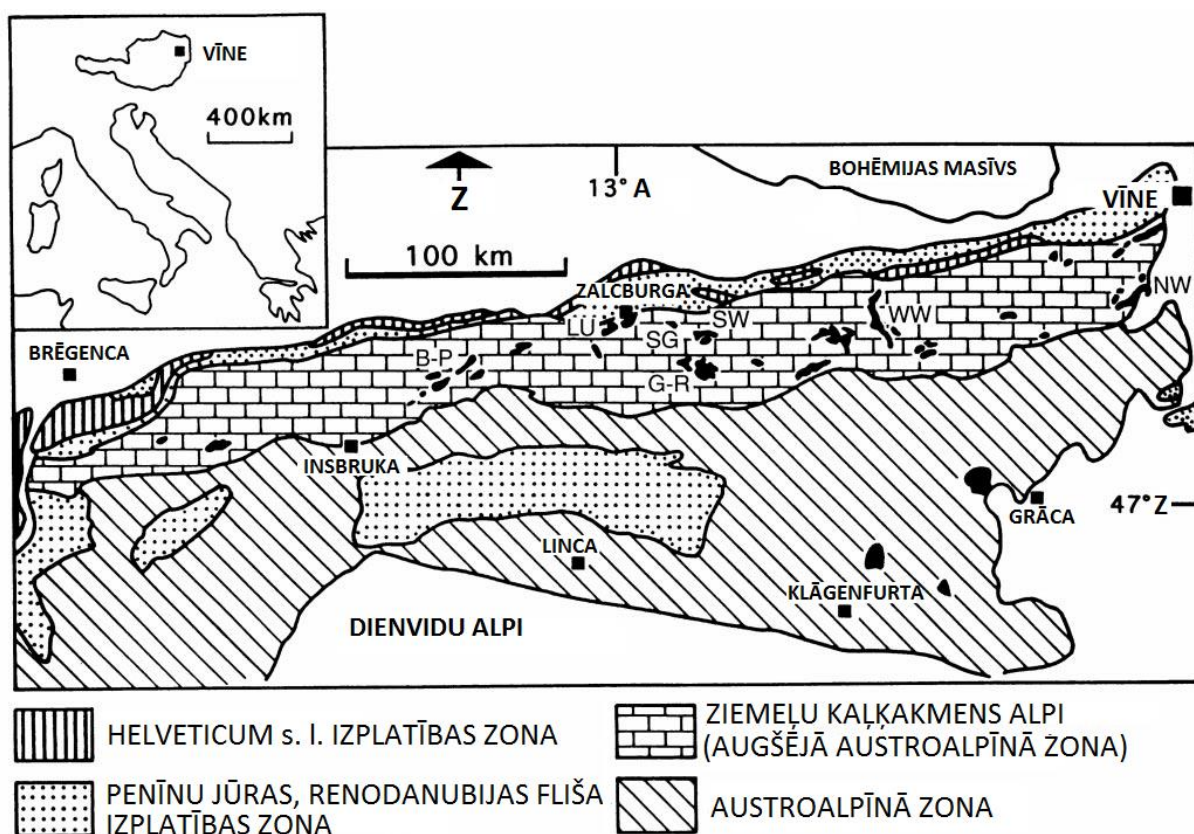
Untersberga kalna apkārtnē lielākoties izplatīti tikai kaļķakmeņi, savukārt kalna dienvidu daļā griezumā izplatīti arī Ramsau dolomīti. Kalna ziemeļu daļā ģeoloģiskais griezumums ir daudzveidīgāks par Untersberga kalna dienvidu daļā esošo griezumumu. Untersberga kalna ziemeļu daļā, sākot no vecākā, ir izplatīti Halštates kompleksa ieži, Reiteralmas kaļķakmeņi, Plesenas karbonātu platformas kaļķakmeņi, augšējā krīta kaļķakmeņi, kā arī paleogēna karbonātieži. Šajā daļā izplatītas arī izteiktas krokojumu un lūzumu zonas, kas apgrūtina slāņkopu izsekošanu, kā arī nogulumieži vietām ir haotiskas, sajauktas uzbūves.

Ziemeļu kaļķakmens Alpu uzbūvi Untersberga kalna apkārtnē lielā mērā noteikusi triasa Halštates kompleksa un tam uzguļošās juras dolomītu slāņkopas uzbūve, kā arī daudzie lūzumi. Tie arī ietekmējuši šīs Alpu daļas krokojumu uzbūvi, stratigrāfisko vienību pārstāvētību un konfigurāciju (Schramm, 2007).

Šlāgintvaits (Schagintweit *et al.*, 2013) ar kolēģiem savā pētījumā par Turonas līdz Santonas laikmetu paleoģeogrāfisko rekonstrukciju secinājis, ka augšējā krīta apakšējā Gosau apakšsērīja ir ļoti bagāta ar aļģu atliekām un arī izteiktu klastiskā, kā arī vietām, siliciklastiskā materiāla piejaukumu. Aļģu daudzveidība šī stāva nogulumiežos ir ļoti liela, bet tā būtiski samazinās virzienā uz augšu, t.i. līdz ar jaunākiem iežiem un klastiskā materiāla palielināšanos, ko varētu skaidrot ar jūras baseina transgresiju, klimatiskajām izmaiņām un aluviālu procesu iesaisti kaļķakmeņu sedimentācijas procesos (Schagintweit *et al.*, 2013).

1.2. Krīta nogulumieži un to izplatība

Krīta nogulumieži Untersberga kalna apkārtnē ir izplatīti diezgan plaši (1.3. attēls). Arī citviet Ziemeļu kaļķakmens Alpos krīta nogulumieži ir izplatīti, tomēr būtiski variē to uzbūve un slāņkopas biežumi. Austrijā krīta nogulumiežos vietām ir izteikti sarkanīgie okeāniskie nogulumieži, kuru krāsa liecina par oksiskiem apstākļiem. Krīta nogulumieži bieži vien sastopami arī kā turbidītu slāņi, kas ir saistīts ar to veidošanos šelfa nogāzes daļā (Wagreich and Krenmayr, 2005). Bieži vien augšējā krīta nogulumiežus šajā izplatības areālā zinātnieki (Hu and Sarti, 2002) raksturo kā zonu ar ļoti daudzveidīgu uzbūvi, kas ir izteikti mainīga. Organiskas izcelsmes melno slānekļu slāņi vietām mijas ar sarkanīgajiem “oksiskajiem” nogulumiežu slāņiem un tad tos nomaina turbidīti un konglomerāti, kas arī ir ļoti mainīgi savā uzbūvē un tekstūrās. Šī daudzveidība norāda uz veidošanos ļoti dažādā vidē un arī uz faktu, ka pēcsedimentācijas laikposmā daļu nogulumu ietekmējuši spēcīgi tektoniskie procesi, kā arī atkārtota pārgulsnešana jaunos nogulumos (Wagreich and Krenmayr, 2005).



1.3. attēls. Ziemeļu kaļķakmens Alpu izplatības areāls, kas lielā mērā sakrīt ar krīta nogulumiežu izplatības areālu; uzrādītas arī Penīnu jūras (okeāna) un Renodanubijas fliša izplatības zonas, Austroalpīnās mikroplātnes nogulumu izplatības zona un *Helveticum s.l.* izplatības zonas; ar melno krāsu apzīmētie laukumi ir Gosau sērijas izplatības areāli (Sanders and Höfling, 2000; autora tulkojums)

Augšējā krīta Gosau sērija Ziemeļu kaļķakmens Alpos iezīmē kompleksu un sarežģītu Austroalpīnās mikroplātnes ziemeļu daļas ģeodinamisko evolūciju. Sedimentācijas apstākļi un fāciju laterālais izkārtojums parāda izteiktu tektonisko darbību liecības, kuras noteica tas, ka norisinājās senā Penīnu – Ligūrijas okeāna plātnes sadursme ar Austroalpīnās mikroplātnes sānu malu (Krenmayr, 1996).

Krīta nogulumieži Untersberga kalna apkārtnē ir iedalāmi divās grupās. Viena no tām ir apakšējā Gousau apakšsērija (no angļu val. – *Lower Gousau Subgroup*), kas sastāv no aluviāliem līdz seklas jūras nogulumu fācijām. Augšējā Gousau apakšsērija (no angļu val. – *Upper Gousau Subgroup*) sastāv no dziļas jūras nogulumiem (Krenmayr, 1996). Apakšējās Gosau apakšsērijas nogulumieži veidojušies nelielos ūdens baseinos, kuros bijušas tektoniskas bīdes un cita veida tektoniskas ietekmes zonas, kā arī upju deltu zonās. Šajās zonās nelieli baseini bijuši sinsedimentāri aktīvi un baseina malas aktīvi attīstījušās ap lūzumiem (Wagreich and Faupl, 1994). Neilgu brīdi norisinājās tektoniska pacelšanās, deformācijas un erozija, kam sekoja strauja plātnes grimšana un hemipelāģisko un turbidītisko nogulumu sedimentācija. Plātnes grimšana, kuras laikā baseins mainījās no batiāla līdz abisālam dziļumam, norisinājās virzienā no ziemeļrietumiem (vietā, kur izplatīti Santonas stāva nogulumi) uz dienvidaustrumiem (vietā, kur izplatīti Māstrihtas stāva nogulumi). Fāciju izvietojums un nogulumu paleotransporta plūsmu virzieni norāda uz to, ka plātnes virsmai bijis kritums uz dienvidiem (Wagreich and Faupl, 1994).

Ļoti liela nogulumu daudzveidība ir Nierentāles svītai, kas sastopama ļoti plašos areālos Ziemeļu kaļķakmens Alpos. Šīs svītas ietvaros kopā ar kaļķakmeņiem un to daudzajiem paveidiem ir pārstāvēti arī merģeļi. Izplatīti arī mikrītiski kaļķakmeņi, kas ir veidojušies gan hemipelāģiskā vidē, gan apstākļos, kur izteikti dominē turbidītu plūsmas. Tomēr ne vienmēr ir iespējams noteikt šo mikrītisko kaļķakmeņu veidošanās apstākļus. Tas norāda uz sedimentācijas vides mainīgumu. Nogulumus ar ciklisku slāņu miju lielākoties veido hemipelāģiski un turbidītu plūsmu kaļķakmeņi, tomēr ir tādi arī slāņi, kas nepieder Boumas cikliem, bet tajos ir smilšakmeņi ar mālainām starpkārtnēm. Šie smilšakmeņi un kaļķakmeņi liecina par aluviālu plūsmu aktivitāti seklas jūras apstākļos, kā arī fāzēm, kad ūdens baseins bijis noslēgts un vide tajā izteikti mierīgāka. Gan hemipelāģiskajos, gan arī turbidītu kaļķakmeņos ir ļoti augsts karbonātiskā materiāla saturs, kas skaidrojams ar nanofosīliju un planktona foraminīferu nelielo daudzumu šajos nogulumos (Krenmayr, 1996). Tikai pavisam neliela daļa karbonātiskā materiāla ir detrīts.

Pelāģiskas jeb okeāniskas izcelsmes Nierentāles svītas nogulumu sedimentācijas vide iesākumā tika identificēta pēc planktona organismu bagātīgi pārstāvētas mikrofaunas paleorekonstrukcijas. Krenmairs (Krenmayr, 1996) savā pētījumā norāda uz to, ka Nierentāles

laikposmā bijuši nogāzei raksturīgi apstākļi, par ko liecina ļoti lielā fāciju daudzveidība un to nesistemātiskais vertikālais un horizontālais izvietojums. To pierāda arī progradējošiem apstākļiem raksturīgās graudu izmēru izmaiņas. Pretēji tam sastopami mikrociklītu slāņi, kā arī lieli brekčijotu un konglomerātisku nogulumu bloki, kas izvietoti laterāli, perpendikulāri nogāzes slīpumam un atrodas hemipelāģisku nogulumu secībās. Tie varētu norādīt uz liela mēroga tektoniskām aktivitātēm un arī šo nogulumu bloku mehānisku atrašanu no kaļķakmens stāvkrastiem jūras tuvumā aktīvos hidrodinamiskos apstākļos (Cook *et al.*, 1982; Krenmayr, 1996).

Ziemeļu kaļķakmens Alpos diezgan plaši izplatītais Renodanubijas flišs ir veidojies dziļās jūras apstākļos. Renodanubijas fliša izplatības zona ir aptuveni 150 kilometrus gara un 45 kilometrus plata. Tā atrodas starp Insbruku un Lincu. Vēl viena izplatības zona stiepjas visu Ziemeļu kaļķakmens Alpu garumā, to ziemeļu daļā uz robežas ar Austrumu Alpiem, un ir vidēji 5 līdz 25 kilometrus plata. Divi nedaudz mazāki izplatības areāli ir arī uz rietumiem no Insbrukas (1.3. attēls). Renodanubijas flišs tiek saukts arī par litostratigrāfisko supersēriju, jo šajā reģionā tā ir ļoti plaši izplatīta sērija un sasniedz biezumu pat vairākos simtos metrus (Egger and Schwerd, 2008). Vācijas dienvidos, Bavārijā, kopumā identificētas desmit ar turbidītu nogulumiežiem bagātas kaļķakmeņu svītas, kuras pieder Renodanubijas grupai, konkrētāk apakšējam Baremas līdz augšējam Kampanas pastāvam. Renodanubijas grupai piederošie krīta nogulumi tika pētīti (Kirsch, 2003) no biostratigrāfijas viedokļa, izmanojot dinoflagelātu zonas. Kopumā tika identificētas 11 dinoflagelātu zonas, kuru vecums variē no apakšējā krīta Baremas līdz augšējam krīta Albas pastāvam. Šajā ilgajā laika posmā bijusi stratigrāfiski nozīmīga epizode, kuras laikā kalkcītiskie nanoplanktona dinoflagelāti mituši dziļos baseinos. Šīs identificētās nanoplanktona sugas ir ļoti retas. Viena no izplatītākajām Renodanubijas supersērijā un tās kaļķakmeņos ir *Watznaueria barnesiae*, tomēr tā nedod pietiekami detalizētu informāciju stratigrāfiskajam iedalījumam un zonējumam, jo izplatīta arī cita veida un vecuma nogulumiežos (Egger and Schwerd, 2008).

Egers un Šverds savā pētījumā ir secinājuši, ka galvenie turbidītu veidošanos ietekmējošie faktori, domājams, ir tektoniskā aktivitāte, klimatiskie apstākļi, jūras līmeņa svārstības un kopējie sedimentācijas procesi reģionā. Šo nogulumu izplatību lielā mērā noteicis arī jūras baseina gultnes reljefs un stāvu sēkļu nogāžu izplatība, kā rezultātā eistatiskās jūras līmeņa svārstības izraisījušas turbidītu nogulumu veidošanos baseina austrumu daļā (Egger and Schwerd, 2008).

2. KAĻĶAKMEŅU UZBŪVE UN KLASIFIKĀCIJA

Kaļķakmeņu uzbūvi raksturo seši svarīgi komponenti – biogēnais materiāls (detrīts un *in situ* saglabājušās organismu atliekas), peloīdi, ooīdi un pizoīdi, agregāti, klastiskas izcelsmes graudi, litificēti un pārkristalizējušies litoklasti, kā arī karbonātisks cements (Wright and Burchette, 1996). Kaļķakmeņi savā uzbūvē var būt ļoti komplicēti, jo komponentu daudzums un variācijas var būt ļoti daudzveidīgas, kā arī var ļoti atšķirties cementa veids un citas īpatnības pat viena neliela parauga ietvaros (Tucker, 2001).

Kaļķakmeņu uzbūvē lielākoties dominē divi kalcija karbonātu minerāli – aragonīts un kalcīts. Kalcītam ir divi veidi, kas savstarpēji atšķiras ar magnija saturu. Ir kalcīts ar augstu magnija saturu (vairāk nekā 4 mol.% $MgCO_3$) un kalcīts ar zemu magnija saturu (mazāk nekā 4 mol.% $MgCO_3$). Lielākoties magnija saturs kalcītā ir starp 11 un 19 mol. % $MgCO_3$. Svarīgi minēt, ka aragonīts ir nestabils krasu temperatūru izmaiņu un arī attiecīgu spiedienu izmaiņu intervālos, tomēr jebkurā gadījumā visi karbonātiskie nogulumi un karbonāti ar laiku diagenēzes rezultātā tiek pārvērsti par zema magnija satura kalcītu (Tucker, 2001).

Biogēnais materiāls ir pats galvenais komponents kaļķakmeņu uzbūvē. Biogēnais materiāls kaļķakmeņos sastāv no pārkaļķotiem protozoiem, metazojiem un augu atliekām. Biogēnais materiāls lielākoties ir sadalījies fizisku, ķīmisku un bioloģisku procesu iedarbībā – šajā gadījumā to sauc par detrītu. Kaļķakmeņu sastāvā esošās organismu atliekas lielākoties ir disartikulētas, abradētas un fragmentētas, tomēr koloniālie organismi (piemēram, koraļļi u.c.) un aļģes bieži vien kaļķakmeņos ir saglabājušas savu sākotnējo struktūru un ir *in situ* stāvoklī. Dzīvnieku un augu atliekas bieži vien ir visai būtisks paleovides indikators, kas ļauj noteikt nogulumu sedimentācijas dziļumu un enerģijas apmaiņas apstākļus (Wright and Burchette, 1996).

Svarīgi minēt, ka kalcija karbonātu nogulu sedimentāciju seklas jūras apstākļos ļoti būtiski ietekmē viļņu enerģija. Biogēnais materiāls, pārsvarā gliemeņu čaulas, ir veidotas no aragonīta, bet rudistu atlieku minerālais sastāvs ir jaukta tipa. Savukārt daudzas citas organismu atliekas bieži vien ir kalcītiskas. Bieži vien čaulās un citās atliekās aragonītu laika gaitā aizvieto kalcīts. Ja organismu skelets vai čaula ir veidota no kalcīta, tā daudz biežāk ir saglabājusi savu sākotnējo struktūru un uzbūves īpatnības (Tucker, 2001).

Peloīdi ir smilšu izmēra graudi un sastāv no karbonātiska mikrītiska materiāla - cementa. Daļa peloīdu ir litificētas granulveidīgas organismu izkārnījumu atliekas. Tomēr lielākā daļa peloīdu ir mikrītiski bioklasti vai ooīdi, kurus, veidojot ejas, iespaidojuši mikroorganismi, piemēram, ciānbaktērijas. Mikroorganismu eju diametrs un garums ir parametri, kas mērāmi mikronos, un šīs ejas gandrīz visos gadījumos ir aizpildītas ar mikrītu.

Tādejādi sākotnējais bioklasts pamazām laika gaitā tiek aizstāts ar mikrītu. Peloīdi veidojas arī no aļģu atliekām. Pēc peloīdu klātbūtnes nevar konstatēt sedimentācijas vidi vai kādus tās faktoros. Tomēr jāmin, ka peloīdi lielākoties veidojas seklas jūras apstākļos, kur nav izplatīta izteikta plūdmaiņu ietekme, piemēram, slēgta tipa lagūnu smiltīs (Wright and Burchette, 1996).

Ooīdi jeb oolīti ir poliģenētiskas izcelsmes ieapaļie graudi un var būt gan biogēni, gan abiogēni. Aļģu un mikroorganismu darbība ir ļoti nozīmīgs faktors onkoīdu, rodolītu un ooīdu izveidē. Ooīdi ir smilšu grauda izmēra graudi, kuriem ir koncentriskā, pārsvarā regulāra forma. Šīs koncentriskās tekstūras ir pētītas Takera un Vraitas darbā (Tucker and Wright, 1990). Ooīdi lielākoties veidojas ļoti seklos, siltos ūdeņos. Svarīgs faktors šo apaļo graudu izveidē ir ūdens piesātinājums un pārsātinājums ar kalcija karbonātiem, kas veicina ooīdu augšanu. Koncentriskā tekstūra atspoguļo ooīda izveides epizodiskumu, kad grauds ar viļņu un paisuma-bēguma straumju palīdzību ir pārvietots. Plūdmaiņu režīms ir viens no svarīgākajiem ooīdus veidojošajiem faktoriem. Ooīdi ir graudi, kas veidojas pie krasta līdz dažu metru dziļumam. Vieni no biežākajiem ooīdu kaļķakmens slāņiem sastāv no pārgulsnētiem ooīdiem, kuru kopums veido turbidītu nogulumu slāņus. Tāpat kā peloīdi, arī ooīdi kā graudu grupa nav indikators kādai konkrētai sedimentācijas videi (Wright and Burchette, 1996). Arī pizoīdi ir radniecīgi ooīdu formām. Ooīdi lielākoties ir izmēros no 0,2 līdz 0,5 mm diametrā, tomēr tie arī var sasniegt 1 mm diametru, savukārt pizoīdiem ir līdzīga forma un uzbūve, bet tie ir lielāki par 2 mm diametrā (Tucker, 2001).

Agregāti ir smilts graudu izmēra graudi, kas savstarpēji saistīti un veido graudu kopumu. Šo procesu veicina mikrobiāla sasaiste, kuru veicina ciānbaktērijas, aļģes un sēnītes. Šie mikroorganismi veido bioplēves, kuras sasaista šos graudus kopā. Bioplēvju veidošanās iespējama seklas jūras apstākļos, tādos kā sekli un slēgti līči, un lagūnas. Mikroorganismi veido ejas šajos graudos, līdz ar to materiāls mikritizējas (Wright and Burchette, 1996). Viens no izplatītākajiem agregātu veidiem ir mikritizētu ooīdu sakopojumi, kurus sauc par „vīnogiežiem” (no angļu val. - *grapestones*). Šī forma ir izplatīta norobežotās ūdens baseinu teritorijās netālu no oolītu sēkļiem, kuros ooīdi tiek ienesti vētru laikā un tiek nostabilizēti ar mikroorganismu (ciānbaktēriju) paklājiem. Šajā gadījumā nogulas netiek aizskalotas tik ātri, jo paklājs ir ļoti lipīgs un diezgan ātri pievieno sev nogulu kārtiņu. “Vīnogieži” mūsdienās veidojas un ir sastopami Bahamu salu apvidū (Tucker, 2001).

Klastiskas izcelsmes graudi ir, piemēram, kvarca smilts vai aleirīta graudi, kuri ir daļēji vai pilnīgi pārkristalizēti un ietverti kaļķakmens masā vai kalcītiskajā cementā. Viens piemērs ir jaukta sastāva kaļķakmens, kur vienā ieža masā ir apvienoti smilšakmens, karbonātisks

cements un tīrs kaļķakmens. Šo komponentu savstarpējās attiecības var variēt (Wright and Burchette, 1996).

Litificēti un pārkristalizēti litoklasti ir ļoti bieži sastopami kaļķakmens materiālā. Viens no piemēriem - juras kaļķakmens graudi krīta perioda kaļķakmens materiālā. Intraklasti ir fragmenti no litificētiem vai daļēji litificētiem nogulumiem. Lielākoties tie ir karbonātiski, mikrītiski nogulumu, kas atrauti no gultnes vētru, stipru viļņu laikā un pārgulsnēti citviet, bet to sākotnējā formā (Tucker, 2001). Pēc būtības litoklasti ir atkārtoti pārgulsnēti karbonātisko nogulu fragmenti. Viens no vienkāršākajiem piemēriem – oolītiska kaļķakmeņa grauds ir iekļauts oolītu kaļķakmens pamatmasā. Intraklasti ir visai bieži sastopami, jo ir rezultāts agrai litifikācijai, šādu nogulumu pārskalošanai un pārgulsnēšanai (Wright and Burchette, 1996). Vēl diezgan izplatītas ir karbonātiska cementa pārslīņas, atlūzas, kas veidojušās sausās vietās. Šīs pārslīņu brekcijas ir bieži sastopamas arī plūdmaiņu nogulumos.

Bieži vien vairums šādu atrautu intraklastu vai šo pārslīņu sakopojumi ir izgulsnēti vienā vietā un veido īpatnējus konglomerātu slāņus (Tucker, 2001).

Karbonātisks cements ir galvenais komponents karbonātiskajos nogulumos un kaļķakmeņos un tas ir poliģenētisks materiāls. Karbonātu aļģes sekas jūras apstākļos var veidot lielus daudzumus aragonīta dūņu, jo tās diezgan ātri atmirst un pārkaļķojas. Šīs dūņainās nogulas zaļāļģu gadījumā ir veidotas no aragonīta, bet kalcītiskās nogulas veidojas, jau sākotnējā kalcītiskā materiāla bioloģiskas erozijas rezultātā. Dziļāku ūdeņu apstākļos kalcītiskās nogulas veidojas no foraminīferu un kokolitoforu atliekām, kas tiek disartikulētas un fragmentētas ārējas iedarbības rezultātā (Wright and Burchette, 1996).

Bieži vien karbonātiskais cements nav izplatīts, bet tā vietā starp graudiem ir sastopams mikrīts, kas ir ļoti smalks karbonātiskais materiāls – graudu izmēri ir līdz 4 mikrometriem diametrā (Tucker, 2001).

Mikrīts dažos gadījumos var būt aizvietots ar mikrospārītu, kas ir ļoti smalki kalcīta kristāli (5 līdz 15 mikrometri diametrā). Mikrīts lielākoties veidojas plūdmaiņu līdzenumos, seklās lagūnās, bet bieži vien arī dziļās jūras gultnē, kur hidrodinamiskā vide ir mierīga (Tucker, 2001).

Šī pētījuma ietvaros kaļķakmeņi iedalīti atbilstoši Embrija un Klovena (Embry and Klovana, 1971) modificētās Danema (Dunham, 1962) klasifikācijas (2.1. attēls) (Wright, 1992). Lai arī Danema klasifikācija (Dunham, 1962) ir biežāk izmantota un populārāka, tika izmantota Embrija un Klovena kaļķakmeņu klasifikācijas tabula, jo autora pētītajos kaļķakmeņos bija arī lielāki komponenti, kuriem nepapildinātajā Danema klasifikācijā nebija piešķirts atsevišķs iedalījums un maģistra darba autors nevarētu nodalīt visus pētītos

kaļķakmens veidus. Embrijs un Klovens savā klasifikācijā pievērš īpašu uzmanību graudu izmēriem un to procentuālajam saturam paraugā (Embry and Klovan, 1971).

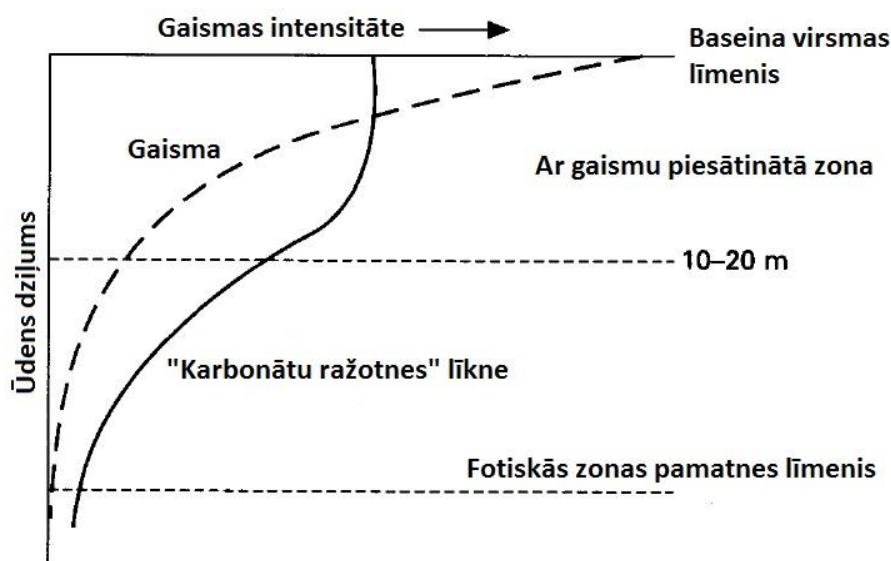
Alohtonu karbonātiežu komponenti nav organiski saistīti sedimentācijas laikā					
Mazāk kā 10% graudu un komponentu ir lielāki par 2 mm			Vairāk kā 10% graudu un komponentu ir lielāki par 2 mm		
Satur kaļķakmens mikrītu (< 0,03 mm)			Nav kaļķakmens mikrīta	Dominē cementis Dominē graudi un komponenti, kuri ir lielāki par 2 mm	
Dominē mikrīts		Dominē graudi			
Mazāk kā 10% tilpuma sastāv no graudiem (0,03 mm līdz 2 mm)	Vairāk kā 10% tilpuma sastāv no graudiem				
Mikrītisks kaļķakmens	Mazgraudains kaļķakmens	Daudzgraudains kaļķakmens	Pilngraudains kaļķakmens	Lielgraudu kaļķakmens	Pilngraudains lielgraudu kaļķakmens

2.1. attēls. Embrija un Klovena (1971) modificētā Danema (1962) kaļķakmeņu klasifikācijas tabula (Embry and Klovan, 1971; Dunham 1962; autora tulkojums).

Optimālos apstākļos kalcītiskās atliekas veidojošie organismi spēj veidot ļoti plašus atmirušā materiāla rifus. Šie organismi veido sākotnējo substrātu tādiem kalcītiskajiem ūdens augiem kā sārtaļģes un zaļāļģes, kā arī citiem organismiem ar kalcītiskām čaulām. Seklas jūras apstākļos veidojušies karbonātiskie nogulumi mēdz būt modificēti jau pēc to sedimentācijas, iedarbojoties daudziem organismiem, kam nav kalcītisku skeletu. Šie organismi spēj deformēt, pārveidot un pārstrukturēt sākotnējos nogulumus. Karbonātiskie substrāti var palikt savā uzbūvē vājāki, ja uz tiem iedarbojas tādi organismi kā mikrosūkļi, aļģes, sēnītes un mikroracējorganismi. Šie organismi sākotnējo substrātu spēj pārveidot, piemēram, par fekālajām lodītēm jeb peloīdiem, kas ir granulveidīgas formas konkrēcijas un ir savstarpēji vāji saistītas. Aļģu jeb ciānbaktēriju paklāji ir ļoti svarīgi karbonātisko nogulu un faunas stabilizēšanā. Ciānbaktērijas spēj stabilizēt ļoti plašas jūras gultnes platības tās krasta teritorijā un var veidot arī stromatolītus (Wright and Burchette, 1996).

3. KAĻĶAKMEŅU VEIDOŠANĀS APSTĀKĻI

Kaļķakmeņu veidošanās procesā ļoti liela nozīme ir temperatūrai, gaismas starojuma intensitātei un ūdens sāļuma pakāpei. Šie trīs faktori nosaka karbonātus veidojošo organismu tipu un izplatību, kā arī to, vai karbonātiskais materiāls, kas veidosies, būs organiskas izcelsmes. Kaļķakmeņu veidošanos būtiski ietekmē arī reģionāli un lokāli tektoniskie procesi, jūras līmeņa svārstības, klimata stabilitāte, ūdens duļķainības pakāpe, karbonātiskā substrāta īpašības, barības vielu plūsmas, viļņu un straumju režīms. Terīgēnā materiāla piesenes trūkums arī ir nozīmīgs faktors, kas būtiski ietekmē kaļķakmens izveidi. Mūsdienās nozīmīgākie karbonātiskā materiāla veidošanās areāli ir tropiskajā apvidū – Bahamu salās, Karību jūras - Jukatanas pussalas areālā, Persijas līcī, Austrālijas austrumu piekrastē, Indonēzijā un Klusā okeāna atolu tipa salās. Šīs vietas lielā mērā ir izolētas no klastiskā materiāla piesenes vai arī atrodas vietās, kurām raksturīgs arīds klimats (Wright and Burchette, 1996). Tomēr divi paši nozīmīgākie faktori, kuri ietekmē karbonātiskā materiāla, tai skaitā, kaļķakmeņu veidošanos un karbonātu platformu ģeometrisko raksturu, ir gaismas intensitāte un ūdens dziļums (3.1. attēls).



3.1. attēls. “Karbonātu ražotnes”, jeb “karbonātu fabrikas” līkne attiecībā pret gaismas intensitāti un ūdens baseina dziļumu (Bosscher and Schlager, 1992; autora tulkojums)

Klimats lielā mērā nosaka ūdens temperatūru un sāļumu, savukārt viļņu enerģija nosaka un ietekmē karbonātiskā materiāla veidošanos. Klimats ir tas faktors, kas ir atkarīgs no sedimentācijas areāla izvietojuma attiecīgajos platuma grādos un arī gaismas intensitātes. Klimata izpausmes nosaka arī gaisa plūsmas ierobežojošie faktori jeb mikroklimatiskie efekti – tas vai teritorija ir izolēta vai savienota ar sauszemi. Karbonātiskie nogulumu

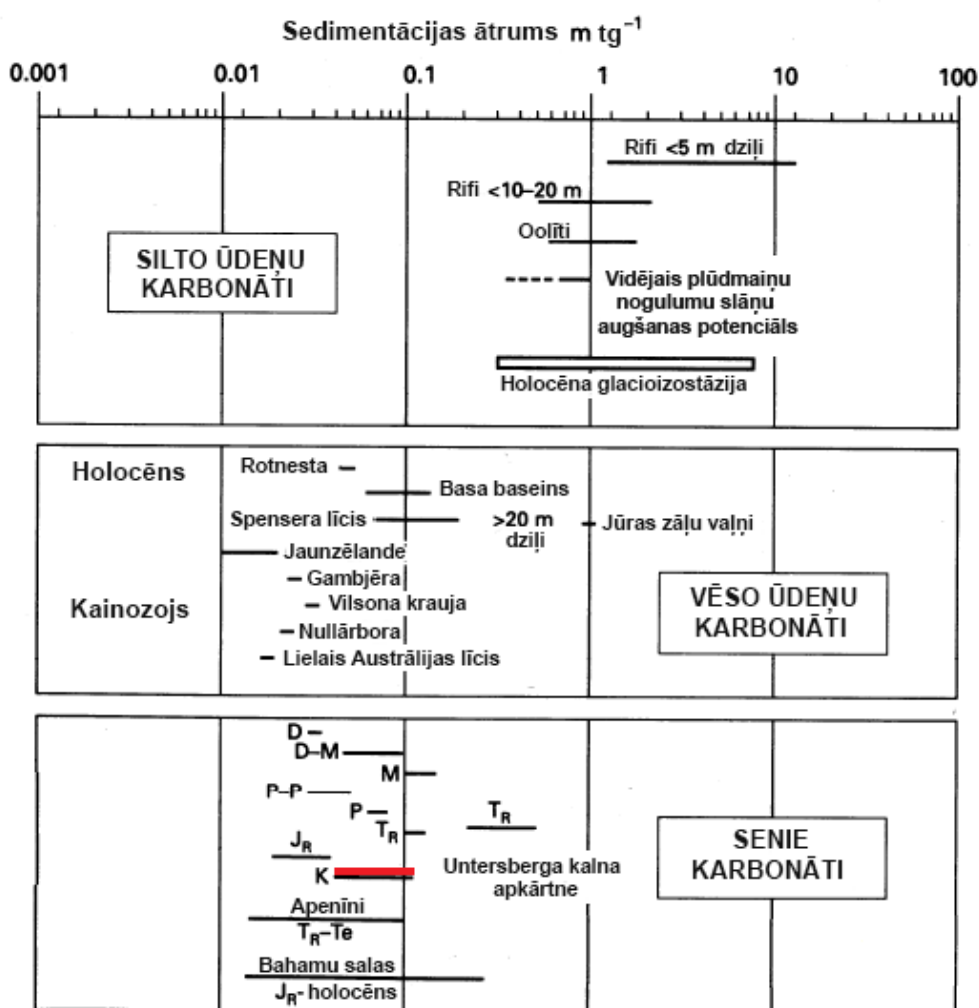
lielākoties veidojas subtropu apstākļos, seklos ūdeņos, un tos daļēji ietekmē arī stipras vētras un viesuļi (Wright and Burchette, 1996).

Zemos platuma grādos, kur seklās jūru piekrastēs ūdens temperatūras ir konstanti virs 20°C un ūdens sāļums ir vidēji 32 līdz 40 ‰, karbonātisko nogulu veidotājorganismi ir ļoti dažādi, sākot no zaļalģēm, hermatipajiem koraļļiem, līdz pat gliemjiem. Šie karbonātisko nogulumu veidotājorganismi pēc Līsa klasifikācijas (Lees, 1975) pieder pie hlorozoju asociācijas. Daudzi no šiem organismiem nespēj paciest lielākus ūdens sāļumus, tomēr šādos gadījumos biotas maina savu dzīves veidu un nespēj ražot, vai samazina ātrumu karbonātu nogulu izveidei. Koraļļi nespēj pārciest palielinātu ūdens sāļumu, savukārt zaļās aļģes turpina ražot nogulumus. Šo sauc par hloralģu asociāciju (Lees, 1975).

Palielināta ūdens temperatūra un sāļums var izraisīt jūras ūdens piesātinājumu ar kalcija karbonātiem, tādējādi ooīdi un mikrīts spēj veidoties arī pastiprinātu nokrišņu rezultātā (Wright and Burchette, 1996). Vietās, kur apkārtejās vides temperatūra nokrīt zem 20 un pat 15°C, hermatipie koraļļi un zaļās aļģes nav izplatītas, līdz ar to dominē briozoju, foraminīferas, sarkanās aļģes un moluski, veidojot kopēju foramolu asociāciju (Lees, 1975). Ilgtermiņa klimata izmaiņas, kuras izraisa kontinentu dreifēšana un citi globāli procesi, var atstāt ievērojamas sekas uz karbonātu, tai skaitā kalņakmeņu, sedimentācijas sistēmu. Šis fenomens ir izpaudies kainozoja nogulumos Austrālijas austrumu un dienvidu piekrastē – terciāra Euklas baseinā (no angļu val. – *Tertiary Eucla Basin*). Šajā vietā detritisko krīta kalņakmeņu slāņkopas biezums sastāda līdz pat 12 kilometrus, kurus pārsedz aptuveni 800 metrus bieza eocēna karbonātu slāņkopa, kas veidojusies vēsākos ūdeņos kā krīta kalņakmens slāņkopa un tiek saukta par Euklas slāņkopu (James and Bone, 1991).

Ūdens baseina dziļums būtiski ietekmē gaismas intensitāti, kas ir atkarīga no ūdens duļķainuma attiecīgajā ūdens baseina dziļumā. Daudzi galvenie karbonātiskās nogulas ražojošie organismi, galvenokārt kainozoja formas, bija atkarīgas no tiem nepieciešamā attiecīga gaismas daudzuma un intensitātes. Daži organismi nepaļaujas tikai uz gaismu kā galveno enerģijas avotu (fototrofie organismi, kā, piemēram, kalcītiskās aļģes), bet paļaujas daļēji arī uz fotosintētisko simbiozi (miksotrofie organismi, kā, piemēram, koraļļi un foraminīferas). Tomēr lielākoties šiem abiem organismu tipiem nepieciešama augsta gaismas intensitāte. Gaismas intensitāte samazinās pakāpeniski, līdz ar baseina dziļumu. Augšējos 10 līdz 20 metros pēc Bošera un Šlāģera (Bosscher and Schlager, 1992) ir ar gaismu piesātinātā zona. Dziļāk par šo zonu ir strauja organiskā materiāla izveides samazināšanās. Karbonātiskā materiāla izveide notiek līdz dziļumam 120 metros, bet vēl dziļāk tā praktiski vairs nav iespējama (Wright and Burchette, 1996).

Okeanogrāfiskie faktori sevī ietver dažādus apkārtējās vides, plūdmaiņu un viļņu režīmus, kas būtiski ietekmē sedimentācijas vidi (Tucker, 2001). Šie faktori ir savstarpēji saistīti ar tādiem faktoriem kā šelfa platums, blakus esošās jūras vai okeāna baseina platība, karbonātu platformas novietojums attiecībā pret dominējošajām straumēm un vēja virzieniem. Daļēji nozīmīgas ir arī augšupejošās ūdens straumes, kas veicina ūdens apmaiņu. Šajā gadījumā arī noteik ūdens temperatūras apmaiņa, kā rezultātā aukstie un ar organiskajām vielām bagātie okeāna dzelmes ūdeņi var nonākt seklas jūras apstākļos un “barot” karbonātu platformā mītošos organismus ar tiem nepieciešamajām barības vielām (Wright and Burchette, 1996).



3.2. attēls. Aprēķinātie karbonātu sedimentācijas ātrumi mūsdienu un senajās karbonātu sistēmās, norādīti metros tūkstošī gadu; ar sarkanu krāsu apzīmēts aptuvenais karbonātu sedimentācijas ātruma intervāls Untersberga kalna apkārtnē krīta laikposma kaļķakmeņiem (izstrādājis autors pēc: Wright and Burchette, 1996; modificēta pēc: James and Bone, 1991)

Mūsdienās lielle koraļļu rīfi, tādi kā Lielais Barjerrīfs, veidojas ūdeņos, kas ir nosacīti nabadzīgi ar organiskajām vielām. Tādejādi, strauji pieaugot organisko un citu barojošo vielu

daudzumam okeānā vai jūrā, koraļļi dabīgās atlases kārtā var tikt aizvietoti ar ātrāk augošajiem sūkļiem un aļģēm (Wright and Burchette, 1996), vai arī tos var negatīvi ietekmēt periodiski mikroorganismu aktivitātes uzplaisnījumi (Hallock and Schlager, 1986).

Viena no mūsdienu ūdens baseina daļām, kura ir ar organiskajām vielām bagāta, ir Klusā okeāna dienvidrietumu daļa, kurā ir izplatīti *Halimeda* sugas zaļāļģu veidotie zemūdens vaļņi. Vietām atsegto karbonātu platformu atkārtota applūšana var izraisīt lokālu un atkārtotu no augsniem izskaloto minerālvielu pārstrādi, kā arī var novest pie karbonātus ražojošo organismu zemas produktivitātes okeāna transgresiju laikā (Wright and Burchette, 1996).

Vraitā un Buršetas (Wright and Burchette, 1996) modificētajā Džeimsa un Bouna (James and Bone, 1991) karbonātu sedimentācijas ātrumu tabulā (3.2. attēls) vērojams, ka senie krīta karbonāti uzkrājušies ar ātrumu 0,6 līdz 1,1 metrs tūkstošī gadu, kas ir ļoti līdzīgs augšanas rādītājs kā holocēna karbonātu platformām Basa baseinā un Spensera līcī. Tomēr jāmin, ka holocēna karbonātu sistēmas veidojušās krietni vēsākos ūdeņos nekā krīta karbonātu sistēmas, kā arī dziļākos ūdens baseinos. Krīta karbonātu platformas, tādas kā sastopama Untersberga kalna apkārtnē, lielākoties attīstās seklas jūras apstākļos. Vēl ļoti līdzīgi augšanas ātrumi kā krīta karbonātu platformām un sistēmām, ir devona karbonātu sistēmām. Savukārt karbonātu sedimentācijas ātrumi seklos ūdeņos tropiska klimata apstākļos var būt pat ļoti augsti. Būtiskākais faktors, kas nosaka to, ka dažādos laikposmos ģeoloģiskajā pagātnē bijuši atšķirīgi karbonātu sedimentācijas ātrumi, ir dažādā fauna un klimatiskie apstākļi, kas eksistējuši attiecīgajā laikposmā.

Austriešu ģeologs Aleksanders Tollmans (Tollmann, 1976) savā zinātniskajā grāmatā par Alpu ziemeļu daļu aprakstījis, ka Gosau jūras izplatības areālā un laikā klimatiskie apstākļi bijuši ļoti līdzīgi mūsdienu Vidusjūras klimatam, tomēr periodiski bijuši arī ilgstoši nokrišņi, kādi raksturīgi tropu klimatam, kā arī bijuši sezonāli vēji, kas dažbrīd atnesuši spēcīgus nokrišņus. Dažbrīd sezonāli bijuši arī ilgstoši sausuma periodi, par ko liecina subaerālās atsegšanās epizodes un to veicinātas mikrodēdējumgarozas izveide uz atsevišķu graudu virsmām (Tollmann, 1976).

4. MATERIĀLS UN METODES

4.1. Pētījumā izmantotie materiāli

Pētījuma priekšmets ir augšējā krīta kaļķakmeņi no divām mūsdienās aktīvām dekoratīvā kaļķakmens atradnēm – Kīferas (*Kiefer*) un Šteindlas (*Steindl*). Abas atradnes atrodas Austrijā, Untersberga kalna apkārtņē un Eiropas Alpu ziemeļu daļā (4.1. attēls).



4.1. attēls. Kīferas un Šteindlas dekoratīvā kaļķakmens atradņu izvietojuma plāns Zalsburgas apkārtnes kartē (izstrādājis autors, 2015).

Lai raksturotu un izvērtētu pētīto augšējā krīta kaļķakmeņu sedimentācijas apstākļus, maģistra darba izstrādē tika izmantoti šādi materiāli:

- Kaļķakmens materiāls no divām dekoratīvā kaļķakmens atradnēm (Kīferas un Šteindlas) aptuveni 210 kilogramu apjomā;
- Pētījuma autora lauka grāmatiņa;
- Pētījuma autora veiktie fotouzņēmumi un Dr. geol. Markusa Mozera izsniegtie fotouzņēmumi, kā arī vēsturiskās fotogrāfijas;
- Pieejamā zinātniskā literatūra no iepriekš veiktajiem pētījumiem.

Pētījums veikts laika posmā no 2014. gada 22. maija līdz 2015. gada 26. maijam. Pētījuma ietvaros laika posmā no 2014. gada 21. maija līdz 2014. gada 21. augustam, autors pēc paša iniciatīvas piedalījās *Erasmus* prakses mobilitātē. Prakse norisinājās Bavārijas Paleontoloģijas un Ģeoloģijas Kolekcijā (no vācu val. - *Staatliche Naturwissenschaftliche*

Sammlungen Bayerns - Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie), Minhenē, Vācijā. Bavārijas Paleontoloģijas un Ģeoloģijas kolekcija ir valsts finansēta iestāde, kura ir Bavārijas Dabaszinātņu kolekcijas (no vācu val. - *Staatlichen Naturwissenschaftlichen Sammlungen Bayerns*) apakšstruktūra. Prakses vadītājs bija Dr. geol. Markuss Mozers (*Markus Moser*), kurš ir šīs iestādes Ģeoloģijas nodaļas vadītājs un Ģeoloģijas muzeja kurators.

Šī maģistra pētījuma izstrādē izmantots prakses vietā autora darbam piešķirtais kaļķakmens materiāls un laika gaitā iegūtās praktiskās zināšanas, kuras palīdzēja gūt iestādes darbinieki. Iestādes vadība pētījuma realizēšanai autoram deva iespēju izmantot atsevišķu darba telpu ar datoru, visu iestādes rīcībā esošo laboratorijas aparāturu, kā arī visus pieejamos literatūras materiālus, ieskaitot zinātniskos rakstus datu bāzēs, no Minhenes Ludviga Maksimiliāna Universitātes (*Ludwig-Maximilians Universität München*) dabaszinātņu bibliotēkas.

Kīferas dekoratīvā kaļķakmens atradne (dažviet saukta arī par *Steinbruch Untersberg* atradni) atrodas aptuveni 8 kilometrus uz dienvidrietumiem no Zalcburgas pilsētas centra (4.2. attēls). Kīferas (*Steinbruch Untersberg*) kaļķakmens atradnes adrese – Kieferbruch, 5082 Grödig, Austrija. Atradnes koordinātas - 47°44'15.9" ziemeļu platums un 12°59'22.2" austrumu garums.



4.2. attēls. A – Kīferas atklātā tipa atradne ap 1916. gadu; B – Kīferas atklātā tipa atradne 2013. gada augustā aptuveni tai pašā vietā (Markusa Mozera materiāli)

Savukārt Šteindlas dekoratīvā kaļķakmens atradne (dažviet saukta arī par *Steinbrüche Adnet* atradni) atrodas aptuveni 19 kilometrus uz dienvidiem no Zalcburgas pilsētas centra un 450 metrus uz austrumiem no Adnetas ciemata (4.3. attēls). Šteindlas (*Steinbrüche Adnet*) kaļķakmens atradnes adrese – 5421 Adnet, Austrija. Atradnes koordinātas - 47°41'48.7" ziemeļu platums un 13°08'23.0" austrumu garums.



4.3. attēls. A – Šteindlas pazemes tipa atradnes kaļķakmeņu blokveida zāģēšanas iekārta 2013. gada augustā; B – Šteindlas pazemes tipa atradnes štolles 2013. gada augustā (Markusa Mozera materiāli).

4.2. Pētījuma metodes

Darba izstrādē izmantotas šādas pētījumu metodes:

- Zinātniskās literatūras, tai skaitā agrāk veikto zinātnisko pētījumu referatīvs izklāsts un analīze;
- Lauka pētījums Izāras upes apkārtnē;
- Kaļķakmens materiāla apstrāde iežu pētījumu laboratorijā;
- Sagatavotā kaļķakmens materiāla fotoskenēšana un datu apstrāde datorā;
- Kvantitatīva un kvalitatīva iegūto datu apstrāde.

Lauka pētījums. Lai vispārīgi iepazītu Ziemeļu kaļķakmens Alpu uzbūvi, tika veikts neliels lauka pētījums jeb lauka darbi pie Izāras (no vācu val. – *Isar*) upes Flauhera (no vācu val. – *Flaucher*) parka teritorijā, Mīnhenē. Lauka pētījumu autors veica 2014. gada 22. maijā. Lauka pētījuma ietvaros tika veikti Izāras upes krastos esošā kaļķakmens materiāla vākumi un identifikācija. Kaļķakmens materiāls identificēts un tā uzbūve noteikta lauka darbu gaitā, turpat Izāras upes krastos kopā ar prakses vadītāju, Dr. geol. Markusu Mozeru, pieraksti veikti lauka grāmatiņā. Šie materiāli nav izmantoti maģistra darbā, bet tie tika apgūti, lai pētījuma autors iepazītos ar šim Alpu reģionam raksturīgo kaļķakmens materiālu.

Kaļķakmens materiāla apstrāde laboratorijā. Iežu pētījumu laboratorija, kurā tika veikta pētījuma praktiskā daļa, atrodas Bavārijas Paleontoloģijas un Geoloģijas kolekcijas ēkā. Ēkas un pašas laboratorijas adrese – Richard-Wagner Straße 10, 80333, München. Laboratoriska apstrāde tika veikta kaļķakmens materiālam, kas ievākts 2013. gada 28. augustā Kīferas un Šteindlas dekoratīvā kaļķakmens atradnēs. Kaļķakmens materiālu ievāca profesors Dr. geol. Markuss Mozers. Kopējais iegūtā materiāla apjoms ir aptuveni 210 kilogrami.

Visi kaļķakmens paraugi līdz 2014. gada maijam glabājās Bavārijas Paleontoloģijas un Ģeoloģijas kolekcijas pagrabstāva noliktavā, kur tie bija izvietoti uz skārda paletēm un ievietoti koka kastēs.

Sākotnēji kaļķakmens materiāls tika klasificēts un katram no 33 paraugiem, pēc tā ieguves vietas, tika piešķirts identifikācijas numurs (piemēram, S – A, kur S ir atradnes nosaukuma saīsinājuma abreviatūra (piem., *Steindl* (Šteindlas)), un A ir kārtas burts, kurš tika piešķirts alfabētiskā secībā). Plānslīpējumiem tika piešķirts tāds pat identifikācijas numurs, pievienojot tikai skaitli, piemēram, S – A 1, kas nozīmē to, ka tas ir A parauga no Šteindlas atradnes pirmais plānslīpējums.

Tad katrs kaļķakmens paraugs tika zāģēts, līdz tas ieguva tādus apveidus, kādi bija reprezentatīvi un derīgi turpmākai pētījuma veikšanai. Lielāko paraugu zāģēšanai tika izmantots ripas zāģis *Apparatebau GmbH Conrad D-38678* (4.4. attēls).



4.4. attēls. Zāģēšanas agregāts *Apparatebau GmbH Conrad D-38678* ar dimanta ripu (autora foto, 2014)

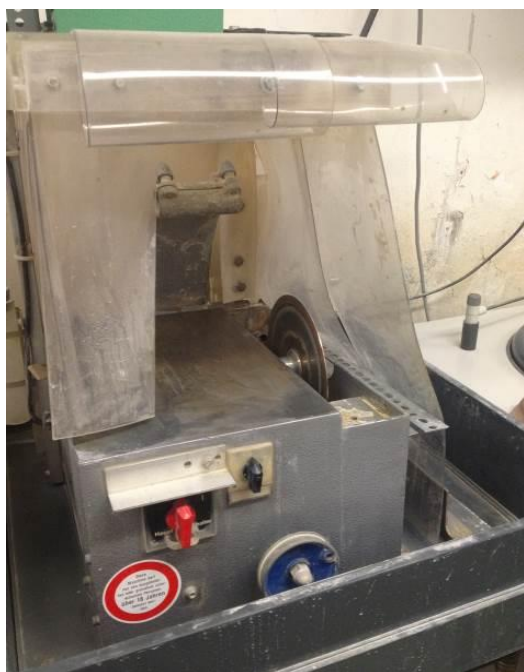
Visi paraugi lielākoties tika zāģēti tā, lai tiem vismaz viena plakne būtu gluda un pietiekami reprezentatīva, t.i. ar visizteiktāko un interesantāko uzbūvi. Labākajiem kaļķakmens paraugiem tika veikts paralēls zāģējums arī otrā parauga pusē, lai tas iegūtu nelielas plāksnes apveidus. Paraugiem, kurus vēlāk bija paredzēts izvietot Bavārijas Paleontoloģijas un Ģeoloģijas Muzeja ekspozīcijā, tika apzāģētas visas plāksnes malas, lai tā iegūtu četrstūra formu.

Lielu paraugu zāģēšanai tika izmantots arī automatizēts ripas zāģis *EDUS Schleiftechnik GS 600A* (4.5. attēls).



4.5. attēls. Automatizētais zāģēšanas agregāts *EDUS Schleiftechnik GS 600A* ar dimanta ripu (autora foto, 2014)

Paši mazākie paraugi tika zāģēti ar nelielu zāģēšanas agregātu *Clausthall – Zellerfeld* (4.6. attēls).



4.6. attēls. Zāģēšanas agregāts *Calusthall – Zellerfeld* ar ripu (autora foto, 2014)

Kad visi paraugi bija sazāģēti un ieguvuši iecerēto pieslīpņa formu, tie, izmantojot slīpēšanas iekārtu *Wirtz Buehler 100* (4.7. attēls), tika slīpēti ar SiC (silīcija karbīda) pulveri.



4.7. attēls. Slīpēšanas agregāts *Wirtz Buehler 100* ar divām slīpēšanas ripām (autora foto, 2014)

Kaļķakmens pieslīpņi tika slīpēti ar dažādas frakcijas silīcija karbīda pulveriem. Iesākumā visi pieslīpņi tika slīpēti ar 600 mikronu (0,6 mm) silīcija karbīda pulveri, kurš šajā gadījumā bija visrupjākais pieejamais un ar lielāko daļiņu diametru. Kad visi pieslīpņi tika noslīpēti vienmērīgi ar šo pulveri un tiem nebija izcilņu, gropju un nelīdzenu vietu, tika izmantots 400 mikronu silīcija karbīda pulveris. Tad, kad tas bija paveikts, tika veikta tālāka slīpēšana ar 220 mikronu silīcija karbīda pulveri. Visbeidzot visi kaļķakmens pieslīpņi tika slīpēti ar 60 mikronu silīcija karbīda pulveri.

Pirms kaļķakmens pieslīpņu pulēšanas tie vēl pēdējo reizi tika slīpēti ar *Buehler MetaServ 250* slīpēšanas iekārtu (4.8. attēls). Šajā gadījumā tika izmantota dimanta slīpēšanas ripa ar 18 mikronu daļiņu izmēru. Lai iegūtu kaļķakmens pieslīpņus bez skrāpējumiem, tos pēc katras slīpēšanas reizes pētījuma autors mazgāja zem augstspiediena ūdens strūkļas. Tikai pēc kārtīga kaļķakmens pieslīpņa mazgāšanas, kā arī slīpēšanas ripas mazgāšanas, tika pāriets uz nākamās, zemākas frakcijas silīcija karbīda pulveri.



4.8. attēls. Slīpēšanas un pulēšanas agregāts *Buehler MetaServ 250* ar divām slīpēšanas ripām (autora foto, 2014)

Kad slīpēšana bija pabeigta, visi kaļķakmens paraugu pieslīpņi pēdējo reizi tika mazgāti un pēc tam žāvēti. Paraugi tika žāvēti aptuveni trīs diennaktis. Pēc tam katrs kaļķakmens pieslīpnis tika pulēts ar *Buehler MetaServ 250* slīpēšanas un pulēšanas agregātu (skat. 4.8. attēlu). Pulēšanai tika izmantota 3 mikrometru (0,003 mm) dimanta suspensija “*Magnum-Top-Duo 3 μm*”. Pulēšana norisinājās tādejādi, ka uz silikona materiāla ripas virsmas tika uzlietas pāris pīles dimanta suspensijas, uz ripas novietots kaļķakmens pieslīpnis, ieslēgta iekārta, un tad ar lineārām kustībām, riņķojot ar rokām pieslīpni, tika veikts pulēšanas process. Katra kaļķakmens pieslīpņa plakne tika pulēta aptuveni 15 līdz 30 minūtes. Un process katrai pieslīpņa plaknei tika atkārtots vismaz divas reizes. Kaļķakmens pieslīpnis bija kvalitatīvi nopulēts, kad tam bija vērojams stiklam raksturīgs spīdums un nebija redzama neviena iedobe vai skramba uz tās virsmas. Pieslīpņiem, kurus bija paredzēts izvietot muzeja ģeoloģijas sekcijā, tika slīpētas un pulētas ne tikai abas lielākās plaknes, bet arī četras pārējās plaknes.

Prakses ietvaros tika iesākta arī kaļķakmens materiāla plānslīpējumu izgatavošana, tomēr laika trūkuma dēļ darba autoram kopīgi ar prakses vietas personālu izdevās izgatavot tikai pavisam nelielu daļu plānslīpējumu. Atlikušos plānslīpējumus pēc maģistra darba autora īpaša lūguma izgatavoja Bavārijas Paleontoloģijas un Ģeoloģijas Kolekcijas iežu pētījumu laboratorijas tehniķis Štefans Sonji (*Stefan Sónyi*). Kopumā tika izgatavoti 26 plānslīpējumi -

11 plānslīpējumi no Kīferas kaļķakmens atradnes un 15 plānslīpējumi no Šteindlas kaļķakmens atradnes. Tālākai analīzei un aprakstīšanai tika izvēlēti 6 reprezentatīvākie plānslīpējumi, no kuriem 3 plānslīpējumi ir no Kīferas kaļķakmens atradnes un 3 plānslīpējumi ir no Šteindlas kaļķakmens atradnes.

Materiāla fotoskenēšana un datu apstrāde datorā. Gatavās kaļķakmens pieslīpņu plāksnes tika skenētas ar *Epson Perfection 4180 Photo* foto skeneri. Lai nesaskrāpētu skenera stiklu, uz tā novietota A3 formāta caurspīdīga plastikāta plēve, aptuveni pusmilimetra biezumā. Šī plēve neatstaro gaismu, kā arī nekropļo attēlu un nerada varavīksnes atspīduma efektu, kas ir svarīgi, lai iegūtu augstas izšķirtspējas un kvalitātes attēlus ar dabiskām krāsām.

Sākotnēji tika atvērta ar *Mac OS X Yosemite* operētājsistēmu savietojama *Epson Scan* programmatūra. Tad ar “On/Off” pogu tika ieslēgts *Epson Perfection 4180 Photo* skeneris. Uz skenera stikla, kas pārklāts ar caurspīdīgo plastikāta plēvi, tika uzlikts katrs no paraugiem. Kad paraugs uzlikts uz skenera virsmas, tika aizvērts skenera vāks. Tad programmā *Epson Scan* izvēlēti šādi parametri: 900 dpi izšķirtspēja ar 6800 x 9359 punktu blīvumu, kas ir pati augstākā iespējamā izšķirtspēja. Foto skenera uzstādījumos tika izvēlēts arī RGB krāsu filtrs un 24 bitu punktu dziļums. Kad tas paveikts, ieslēgta komanda “Scan”.

Šādi tika ieskenēti visi izgatavotie pieslīpņi, kā arī plānslīpējumi, kā rezultātā tika iegūti visu pieslīpņu un plānslīpējumu skenētie fotoattēli augstākajā iespējamā kvalitātē, to tālākai novērtēšanai un apstrādei datorvidē.

5. REZULTĀTI

Šajā nodaļā pētījuma autors apraksta un analizē kaļķakmeņu fācijas, pamatojoties uz visu to pieslīpņu pētījumiem, kas tika izgatavoti no 2013. gada augustā Untersberga kalna apkārtnē esošajās divās dekoratīvā kaļķakmens iegulās – Šteindlas un Kīferas atradnēs – ievāktajiem kaļķakmeņu paraugiem. Veicot sagatavoto kaļķakmens pieslīpņu aprakstīšanu, tika nodalītas 17 atšķirīgas kaļķakmens fācijas. Kopumā šo fāciju ietvaros tika analizēti un aprakstīti 33 kaļķakmens pieslīpņi. Daļa pieslīpņu tika aprakstīti kā viens paraugu kopums vienas fācijas ietvaros.

Pieslīpņi tika aprakstīti makroskopiski, kā rezultātā tika iegūti reprezentatīvi un kvalitatīvi dati par pieslīpņos esošo graudu izmēriem, graudu noapaļotības pakāpi, fosilijām, kā arī graudu, organismu atlieku un cementa krāsu un citiem nozīmīgiem elementiem, kas varētu dot priekšstatu par šo kaļķakmeņu sedimentācijas vidi un kopējiem veidošanās apstākļiem.

Aprakstītajiem pieslīpņiem, izmantojot darba autora personīgās zināšanas un pieejamo zinātnisko literatūru, kas ir arī ar pētījuma tēmu saistīto zinātnisko rakstu palīdzību, tika veikts neliels šo kaļķakmeņu veidošanās apstākļu interpretācijas apraksts.

Šajā nodaļā fāciju aprakstos tiek iekļauti arī dati par sešiem reprezentatīvākajiem plānslīpējumiem, kurus izgatavoja pētījuma autors un Bavārijas Paleontoloģijas un Ģeoloģijas Kolekcijas iežu pētījumu laboratorijas tehniķis Štefans Sonji (Stefan Sonyi). Izmantoti trīs plānslīpējumi, kas izgatavoti no Šteindlas dekoratīvā kaļķakmens atradnē noņemtajiem iežu paraugiem un trīs plānslīpējumi, kas izgatavoti no Kīferas dekoratīvā kaļķakmens atradnē noņemtajiem kaļķakmens iežu paraugiem. Pētījuma ietvaros tika veikta kaļķakmens plānslīpējumu aprakstīšana, kā rezultātā tika iegūti dati par kaļķakmeņu struktūru, mikrotekstūrām un citiem parametriem.

Autora nodalītās fāciju asociācijas pa atradnēm aprakstītas nākamajā nodaļā (6. nodaļa), bet pētīto nogulumiežu veidošanās apstākļu interpretācija un diskusija ir iekļauta darba 7. nodaļā.

5.1. Kaļķakmeņu fācijas un mikrofācijas

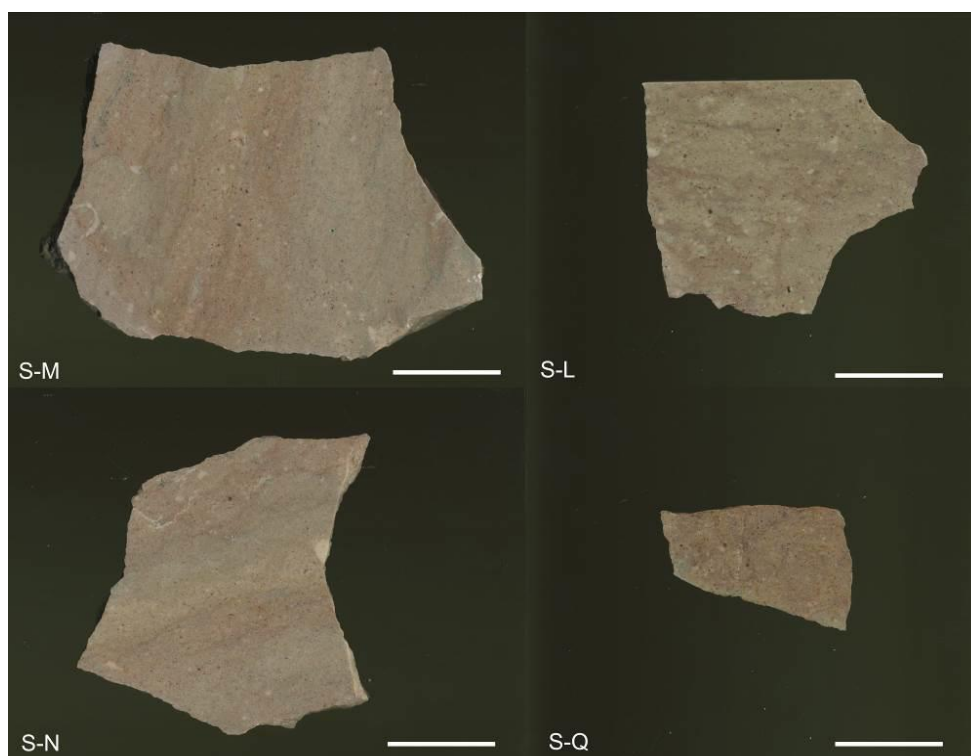
Fācijas ir nodalītas pēc pieslīpņu, kā arī plānslīpējumu pētījumu datiem.

Šteindlas (*Steindl*) dekoratīvā kaļķakmens atradnē sastopamo kaļķakmens fāciju apraksti:

1. fācija: **Daudzgraudaini kalkakmeni ar aļģu un retām gliemeņu atliekām** (5.1. attēls).

To raksturo pieslīpņi: **S-L; S-M; S-N; S-Q.**

Vietām pieslīpņos ir konstatēts mikrīts, kurš ir starp kaļķakmens graudiem, taču šīs fācijas kaļķakmeņu paraugos lielākoties dominē graudi. Pieslīpņī *S-M* ir liela gliemenes atlieka, kas ir pārkristalizēta par sparītu. Arī pārējos pieslīpņos konstatētas fosīlijas, kuras ir vāji līdz pilnīgi pārkristalizētas. Pēc Embrija un Klovena (*Embry and Klovan, 1971*) klasifikācijas visi šīs fācijas ieži ir daudzgraudaini kaļķakmeņi ar kalcīta ieslēgumiem un dažādu organismu veselām čaulām un detrītu. Viegli sarkanīgā un sārtā krāsa dažos pieslīpņos liecina, kas šīs fācijas kaļķakmeņos ir dzelzs oksīdi un hidroksīdi, iespējams, arī hematīta formā. Dažviet konstatēta arī zilgana un viegli pelēcīga krāsa, kas lielākoties ir ap plaisām. Šīs krāsas varētu nozīmēt to, ka ir notikušas pēcsedimentācijas izmaiņas, kuru laikā kopā ar dzelzs savienojumiem uzkrājušies mangāna oksīdi un hidroksīdi. Augšējais krīts: Šteindlas atradne, Untersberga kalna austrumu pakāje netālu no Zalcburgas, Austrija.



5.1. attēls. Daudzgraudainu kaļķakmeņu ar aļģu un retām gliemeņu atliekām fācijas iežu pieslīpņi no Šteindlas atradnes—S-M; S-L; S-N; S-Q. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014).

Interpretācija: Daudzgraudaino kaļķakmeņu struktūra (dominē graudi, bet mikrīta daudzums ir neliels) liecina par samērā aktīvu sedimentācijas režīmu. Organismu atlieku kopums norāda uz atvērta tipa lagūnas apstākļiem līdz iekšējā šelfa apstākļiem. Novērojamas arī graudu izmēru izmaiņas, kas liecina par karbonātisku smilšu un lielāku kaļķakmens graudu pienesi dažādos laika posmos (Höfling, Sanders, 2000).

2. fācija: **Sarkanīgs daudzgraudains bioklastisks kaļķakmens** (5.2. attēls). To raksturo pieslīpnis: **S-P**

Pēc Embrija un Klovena (Embry and Klovan, 1971) klasifikācijas šis iezis ir daudzgraudains kaļķakmens, kurā dominē graudi. Graudi pārsvarā ir izmēros līdz 1 mm, bet tie izvietoti kompakti un mikrīts gandrīz nav redzams, bet ir nelielā daudzumā. Graudi, kuru diametrs ir lielāks par 2 mm, aizņem aptuveni 5% no ieža platības. Kaļķakmens graudi ir samērā vāji šķiroti. Kaļķakmens ir sarkanīgs ar gaišākiem plankumiem, kas nozīmē, ka dzelzs savienojumu sadalījumu ir ietekmējusi pazemes ūdeņu darbība. Gaišāko laukumu forma gan liecina arī par karbonātisko nogulu bioturbāciju. Ieži, domājams, ieguvuši sākotnējo sarkano krāsu sakarā ar dzelzs savienojumu nonākšanu karbonātu sedimentācijas baseinā. Augšējais krīts: Šteindlas atradne, Untersberga kalna austrumu pakāje netālu no Zalcburgas, Austrija.

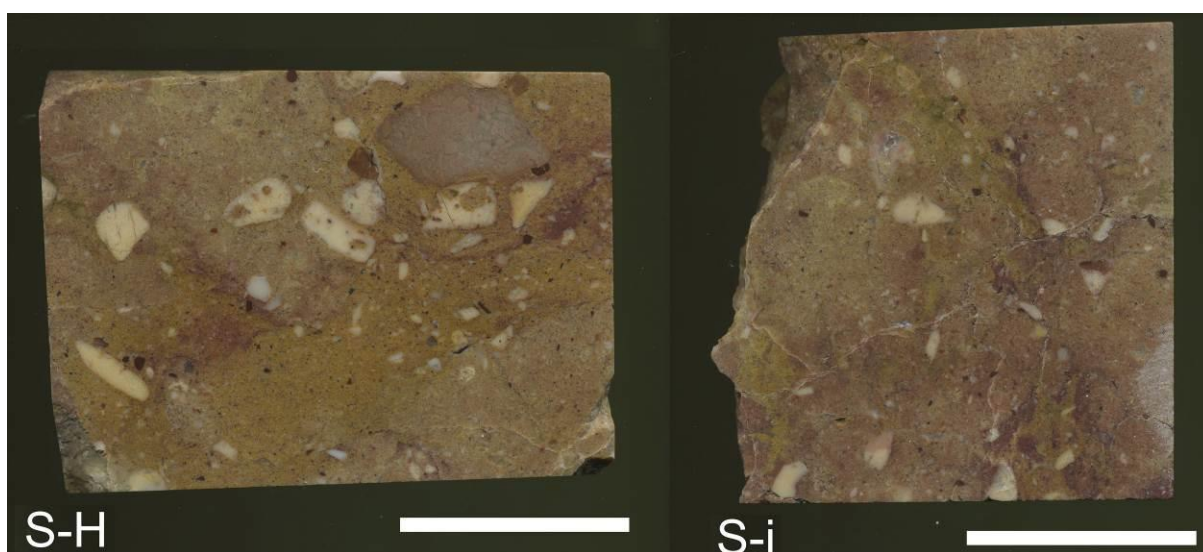


5.2. attēls. Sarkanīga daudzgraudaina bioklastiska kaļķakmeņa fācijas ieža pieslīpnis, Šteindlas atradne - S-P. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

Interpretācija: Šī daudzgraudainā kaļķakmens tekstūra liecina par nogulu uzkrāšanos vājas līdz vidējas aktivitātes hidrodinamiskajā režīmā, visticamāk slēgtas lagūnas apstākļos. Nelielais mikrīta daudzums to apstiprina. Visdaudzveidīgākās bioturbācijas pazīmes parasti ir raksturīgas sublitorālei (Nichols, 1999), kas norāda arī uz attiecīgo nogulu veidošanos šādos apstākļos.

3. fācija: **Brūngani sarkanīgi pilngraudaini lielgraudu kaļķakmeņi** (5.3. attēls). To raksturo pieslīpņi: **S-H; S-i**

Šīs fācijas abos pieslīpņos izteikti dominē graudi, starp kuriem nav mikrīta. Pēc Embrija un Klovena (Embry and Klovan, 1971) klasifikācijas šie ieži ir pilngraudaini kaļķakmeņi ar kalcīta cementu. Abos pieslīpņos starp maziem graudiem ir arī izteikti lielāki graudi (0,3 līdz 2 cm diametrā). Graudi ar diametru <0,3 cm aizņem lielāko daļu iežu platības un ir labi šķīroti. Tomēr kopumā graudi iežos ir vāji šķīroti. Lielākie komponenti ir kaļķakmens litoklasti ar bioturbācijas pazīmēm. Lielie graudi ir gaiši, krēmkrāsas līdz balti un tiem ir dažāda veida struktūra – dažos vērojami ooīdi un dažos peloīdi. Dažviet vērojami ir arī tumši sarkanīgi un brūni iecirkņi, kuru maksimālais diametrs ir aptuveni 0,4 cm. Pārējo graudu krāsa lielākoties ir brūngana, tomēr dažviet ieži ir sarkanīgi un oranži. *S-H* pieslīpņī ir arī viens lielāks litoklasts, kurš ir 2,5-3,5 cm diametrā un tam ir ooīdu struktūra. Šis lielais grauds ir pārkristalizēts par kalcītisku sparītu un tā ietvaros krāsas variē no pelēcīgi baltas līdz bālgani rozā. Graudi, kuri ir lielāki par 0,5 cm diametrā, aizņem aptuveni 10% no abu pieslīpņu virsmas platības. Augšējais krīts: Šteindlas atradne, Untersberga kalna austrumu pakāje netālu no Zalcburgas, Austrija.

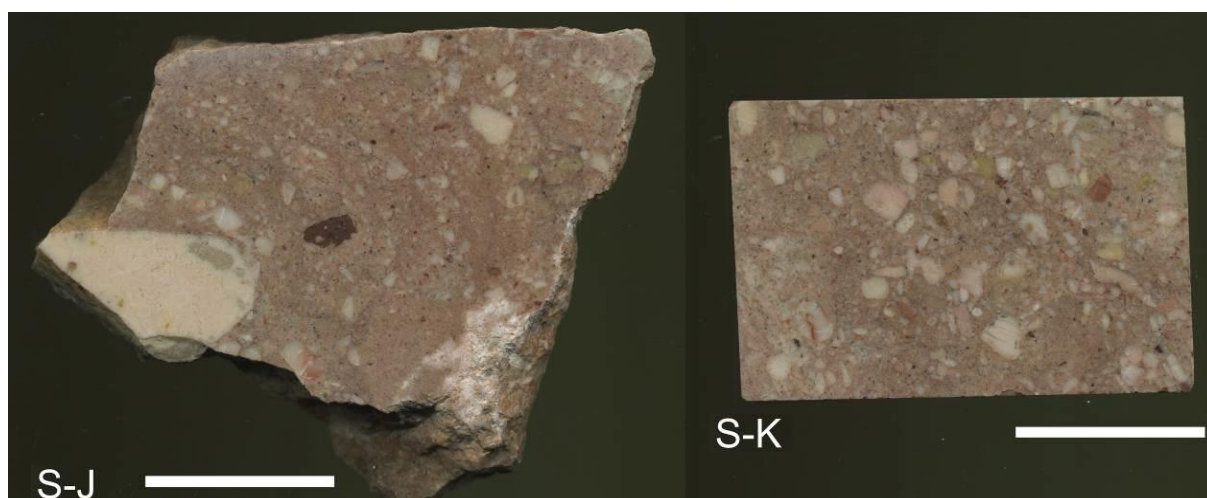


5.3. attēls. Brūngani sarkanīga pilngraudaina lielgraudu kaļķakmeņa fācijas iežu pieslīpņi no Šteindlas atradnes - S-H; S-i. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

Interpretācija: Šo kaļķakmeņu litoklastu izteikti vājā šķirotība un to sliktā noapaļotības pakāpe liecina par šo nogulu un kaļķakmens komponentu uzkrāšanos stipras viļņu enerģijas (iespējams, vētras laikā) rezultātā tuvu viļņu bāzes atzīmei īsā laikposmā (Höfling and Sanders, 2000). Sarkanie litoklasti liecina par oksisku vidi, kas varētu būt raksturīga apakšējā krīta nogulumiem (Albas, Aptas stāviem) – tie ir pārgulsnēti jaunākos nogulumos (Hu *et al.*, 2005).

4. fācija: **Brūngani sarkanīgi, samērā labi škiroti pilngraudaini lielgraudu kalkakmeni** (5.4. attēls). To raksturo pieslīpņi: **S-J; S-K**

Pēc Embrija un Klovena (Embry and Klovan, 1971) klasifikācijas šīs fācijas ieži ir pilngraudaini kaļķakmeņi, jo starp graudiem nav mikrīta. Graudi pārsvarā ir lielāki par 2 mm un vietām ir arī graudi, kas lielāki par 1 cm. Šīs fācijas ieži ir pilngraudaini lielgraudu kaļķakmeņi. Kaļķakmens graudi ir litoklasti – tie ir krēmkrāsas līdz balti un lielākajos no tiem ir dažādu izmēru oolīti. *S-J* pieslīpņī ir aptuveni 1,7 cm liels tumši brūns brekčijots grauds, kurā ieslēgti mazāki kaļķakmens graudi. Šajos abos pieslīpņos daļa graudu ir pārkristalizēti un sastāv no tīra kalcīta. Sarkanā un brūnā graudu un cementa krāsa varētu liecināt par sarkanajiem slāņiem (no angļu val. - *Oceanic Red Beds*) – domājams, ka šie graudi ir atlūzas no šo slāņu dēdējumgarozas. Sarkanīgo un brūngano, jeb sarkano slāņu nogulumu graudi visdrīzāk ieskaloti jūras piekrastē ar viļņu un straumju palīdzību un tad atkārtoti izgulsnēti karbonātisko nogulu substrātā. Dažviet pieslīpņos ir vērojamas krinoīdu atliekas. Dažos lielākajos graudos identificētas arī plaisas, ap kurām ir sarkanīgs krāsojums, kas liecina par pēcsedimentācijas izmaiņām un dzelzs savienojumu klātbūtni. Augšējais krīts: Šteindlas atradne, Untersberga kalna austrumu pakāje netālu no Zalcburgas, Austrija.



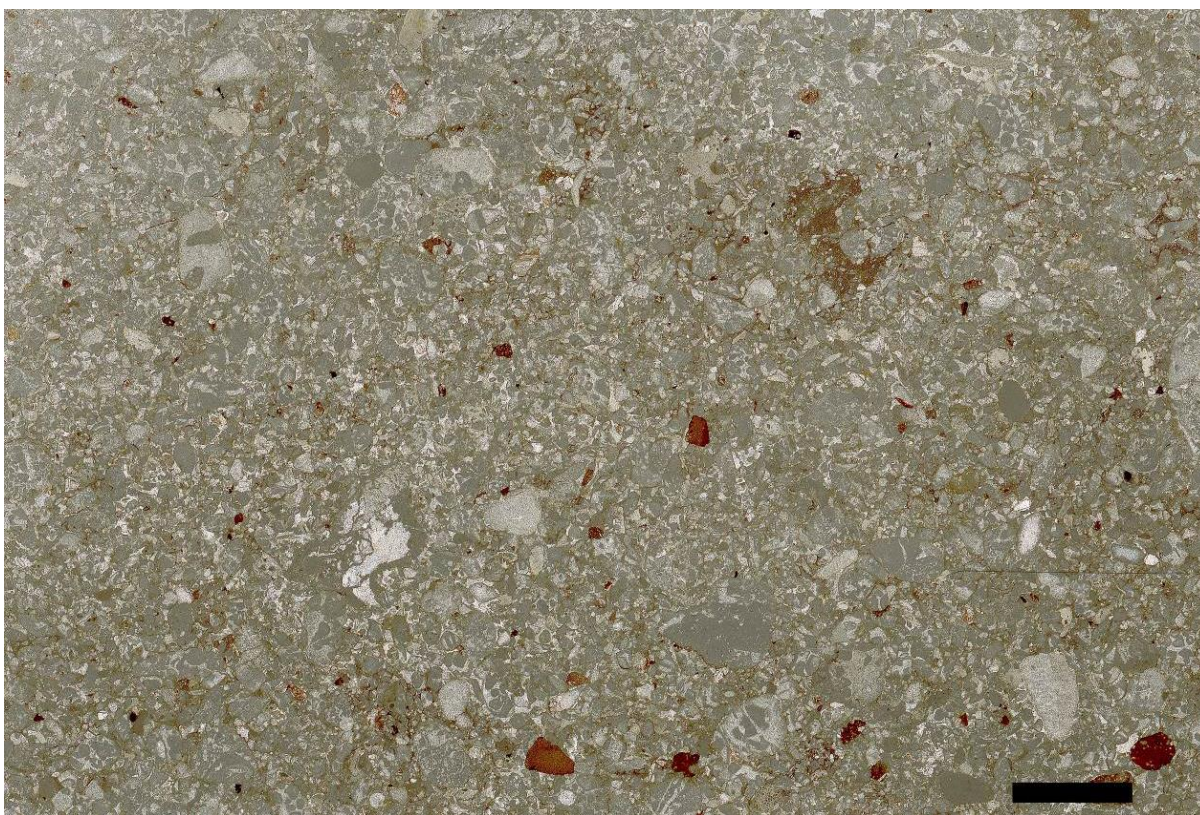
5.4. attēls. **Brūngani sarkanīga, samērā labi škirota pilngraudaina lielgraudu kaļķakmeņa fācijas iežu pieslīpņi no Šteindlas atradnes - S-J; S-K.** Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

Interpretācija: Šo kaļķakmeņu graudu samērā vājā šķirofība un to vidēji labā noapaļotības pakāpe liecina par uzkrāšanos tuvu viļņu bāzes atzīmei – viļņu aktīvajā zonā un aktīvā straumju režīmā (Höfling and Sanders, 2000). Tumši brūnie un sarkanie litoklasti pārgulsnēti no anoksiskos un oksiskos apstākļos izgulsnētiem apakšējā krīta Albas un Aptas stāvu nogulumiem (Hu *et al.*, 2005).

Šīs fācijas kaļķakmeņiem atbilst šāda mikrofācija, kas nodalīta pēc plānslīpējumu pētījumiem: labi šķirots pilngraudains lielgraudu kaļķakmens ar smilts piejaukumu (5.5. attēls).

Plānslīpējums: **S-K 2**

Plānslīpējuma analīze apstiprina pieslīpņa pētījumu datus un norāda uz to, ka šīs fācijas kaļķakmens ir pilngraudains, un starp graudiem tajā ir cements, nevis mikrīts. Šajā plānslīpējumā redzams, ka kaļķakmens graudi (atbilstoši Dunham, 1962) ir labi līdz ļoti labi noapaļoti, kas liecina par aktīvu viļņu darbību un samērā tālu materiāla transportu. Graudi izmēros no 1 līdz 5 mm aizņem aptuveni 90% no plānslīpējuma platības. Graudi izmēros virs 5 mm plānslīpējumā nav sastopami. Graudi, kas ir mazāki par 1 mm, aizņem aptuveni 10% no plānslīpējuma platības. Tie pārsvarā ir kvarca graudi – klastiskais materiāls.

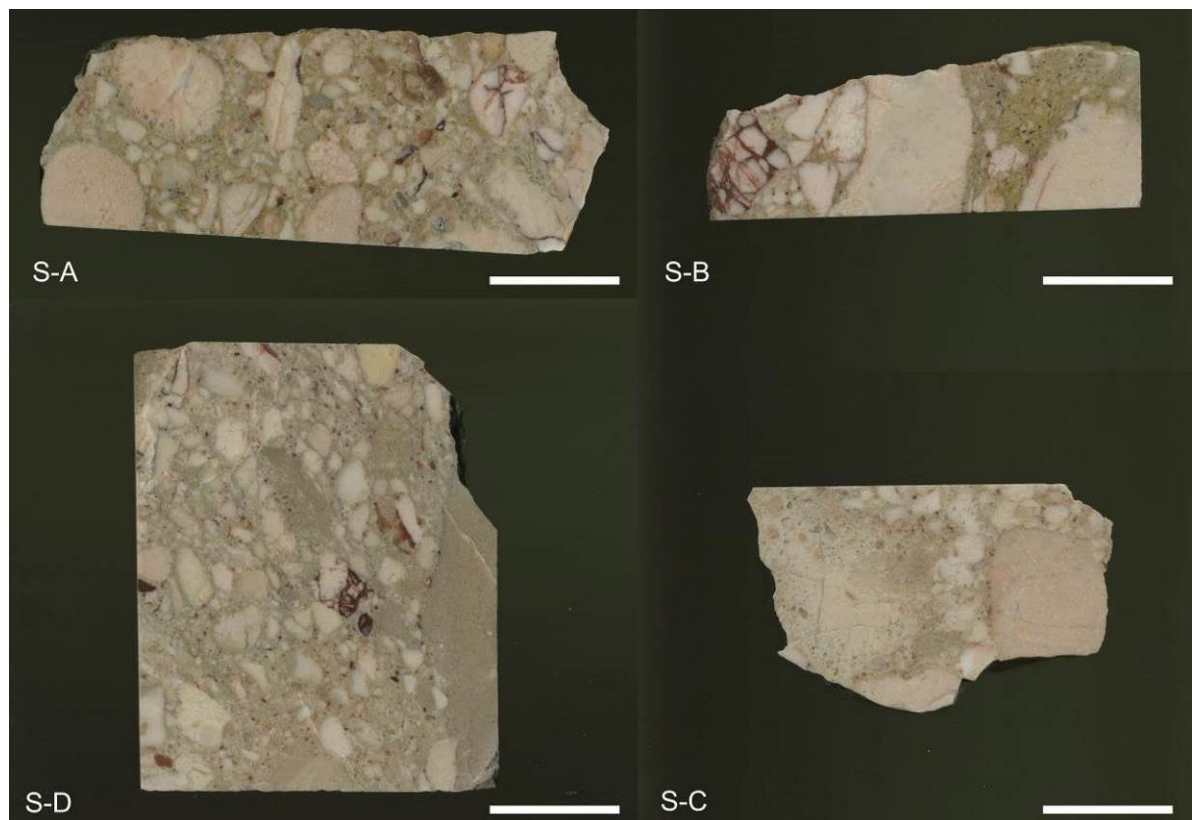


5.5. attēls. Kaļķakmens plānslīpējums no Šteindlas atradnes – S-K 2. Mēroga lineāla izmērs - 5 mm (autora foto, 2014)

Šie graudi ietverti kalkcīstiskajā cementā. Šajā plānslīpējuma ir ļoti maz organismu atlieku. Sastopamas tikai koncentriskas formas atliekas (ooīdi un peloīdi), kas liecina par ciānbaktēriju atkīvo darbību sedimentācijas laikā. Pelēcīgā graudu krāsa liecina par samērā neitrālu vidi, kurā nav izteiktas dzelzs oksīdu iedarbības uz nogulumiem, tomēr dažviet ir sarkani graudi un cements, kas liecina, ka tomēr dzelzs savienojumu ieskalojumi un oksidācija ir notikusi, tikai mazākā apmērā kā citviet – šie nelielie graudi varētu būt pārgulsnēti no cita materiāla. Melnie graudi visdrīzāk ir pirīts. Plaisas plānslīpējuma gandrīz nav sastopamas, kas liecina par salīdzinoši mierīgu tektonisko režīmu pēc to izveides (Flügel, 2004). Plaisas sastopamas tikai dažos kaļķakmens graudos. Ieža pamatmasā konstatētie klastiskā materiāla – kvarca – graudi lielākoties ir sliktāk noapaļoti par kaļķakmens graudiem un pārsvarā ir asšķautņaini.

5. fācija: **Kalkakmens konglomerāti “Untersberga marmors”** (5.6. attēls). To raksturo pieslīpņi: **S-A; S-B; S-C; S-D**

Visi četri pieslīpņu paraugi savstarpēji ir ļoti līdzīgi un ir tipiski Untersberga apvidus karbonātiskie konglomerāti.



5.6. attēls. Klastiska kaļķakmens konglomerāta “Untersberga marmors” fācijas iežu pieslīpņi no Šteindlas atradnes - S-A; S-B; S-C; S-D. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

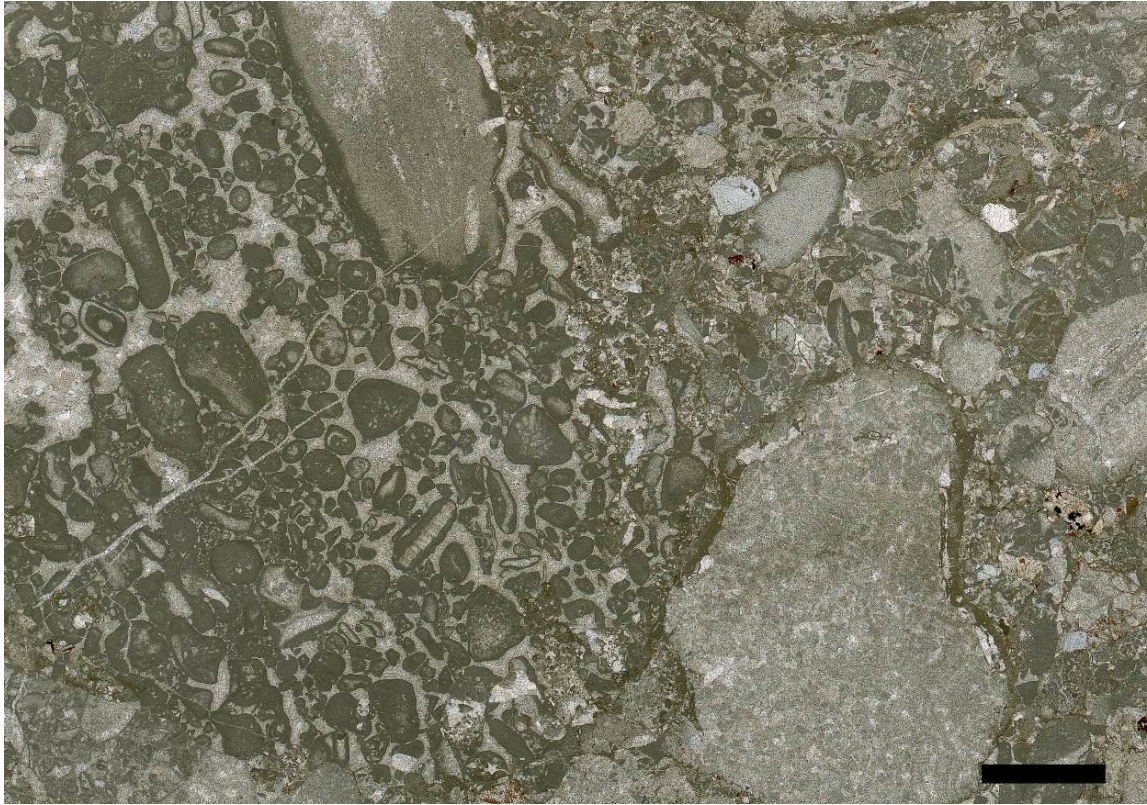
Šie konglomerāti veidoti no gaiši pelēcīga un brūngana cementa un ar dažādu izmēru kaļķakmens graudiem. Kaļķakmens graudi lielākoties ir bālgani līdz krēmkrāsas mazgraudainu kaļķakmeņu litoklasti, kuros vietām ir vērojamas krinoīdu atliekas un ieapaļie graudi. Ieapaļie graudi ir dažādi, bet lielākoties pārstāvēti ooīdi un peloīdi. Pieslīpņos vietām identificēts arī krēmkrāsas līdz viegli rozā krāsas mikrītisks kaļķakmens (pēc Embrija un Klovena (Embry and Klovan, 1971)). Daži graudi ir izteikti brekcijoti. Dažviet pieslīpņos ir arī retas pārkrystalizētas fosīlijas un nelieli nenosakāmas izcelsmes graudi. Kopumā graudi pieslīpņu ietvaros ir diezgan vāji šķiroti. Kaļķakmens graudi izmēros no 0,5 līdz 3 cm diametrā aizņem līdz pat 40% iežu platības. Augšējais krīts: Šteindlas atradne, Untersberga kalna austrumu pakāje netālu no Zalcburgas, Austrija.

Interpretācija: Šo kaļķakmens konglomerātu struktūra liecina par to, ka tie ir piekrastes konglomerāti un veidojušies viļņu aktīvajā zonā (Höfling and Sanders, 2000). Sedimentācija notikusi ļoti strauji, jo graudi ir vāji noapaļoti un izteikti vāji šķiroti.

Šīs fācijas kaļķakmeņiem atbilst šāda mikrofācija, kas nodalīta pēc plānslīpējumu pētījumiem: kaļķakmens konglomerāts ar fosīlijām un smilts piejaukumu (5.7. attēls).

Plānslīpējums: **S-B 1**

Šajā plānslīpējumā vērojamie graudi ir ļoti labi noapaļoti. Šī noapaļotības pakāpe liecina par izteikti aktīvu viļņu un straumju darbību, kā arī tālu vai ilgu materiāla transportu līdz sedimentācijas fāzei. Graudi izmēros no 1 līdz 5 mm aizņem aptuveni 70% no plānslīpējuma platības. Graudi izmēros virs 5 mm aizņem aptuveni 20% no plānslīpējuma platības. Plānslīpējuma augšdaļā vērojams viens iegarenas formas grauds 1,5 cm garumā. Šajā graudā ir iegareni veidojumi, kas varētu būt racējorganismu ejas. Otrs lielākais grauds ir 1,5 līdz 2 cm liels un tas ir veidots no klastiskā materiāla (kvarca) graudiem. Vietām graudos sastopamas arī iegarenās rudistu un jūras liliju atliekas. Graudi, kas mazāki par 1 mm, aizņem aptuveni 10% no ieža platības. Šie lielākoties ir kvarca graudi – klastiskais materiāls. Pelēcīgā krāsa liecina par neitrālu vidi, kurā kopā ar nogulumiem un tajos esošajiem graudiem neuzkrājās dzelzs oksīdi, tomēr ir daži melnie graudi, kuros ir pirīta piejaukumus un tie liecina par reducējošu vidi. Vietām ir arī koncentriskas formas graudi – ooīdi, peloīdi un citi, kas liecina par ciānbaktēriju un citu organismu aktīvo darbību (Flügel, 2004). Dažviet konstatētas arī nerineīdu un citu gliemeņu sugu atliekas, tomēr jāmin, ka tās nav lielākas par 3 mm. Plaisas plānslīpējumā liecina par tektoniskām darbībām pēcsedimentācijas procesos; tās ir aizpildītas ar klastisko materiālu.

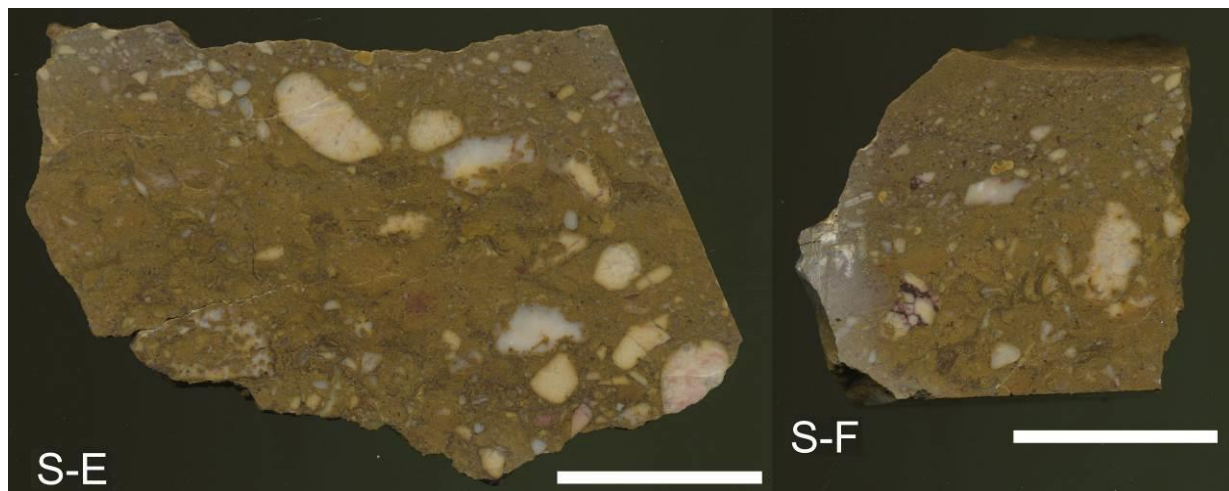


5.7. attēls. Kaļķakmens plānslīpējums no Šteindlas atradnes – S-B 1. Mēroga lineāla izmērs - 5 mm (autora foto, 2014)

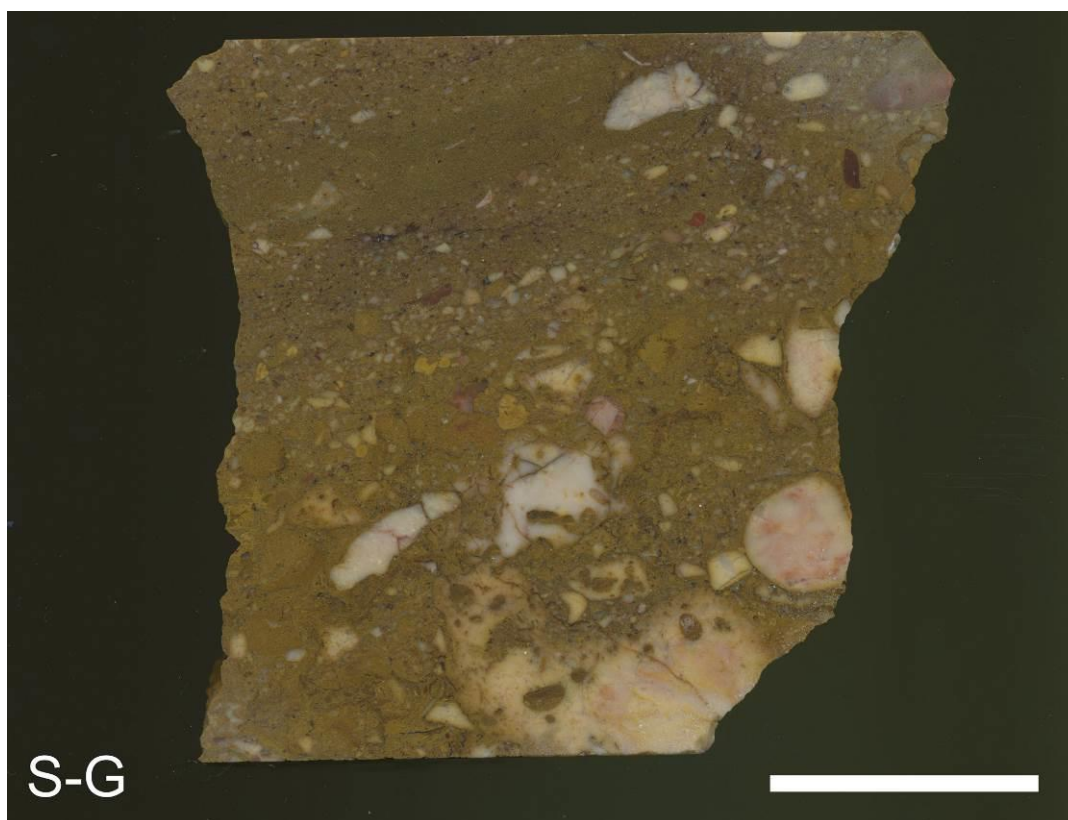
6. fācija: **Dzeltenīgi brūni pilngraudaini lielgraudu kaļķakmeņi ar fosilijām un smilts piejaukumu** (5.8. attēls un 5.9. attēls). To raksturo pieslīpņi: **S-E; S-F; S-G**

Šie trīs ieži ir pilngraudaini lielgraudu kaļķakmeņi. Izteiktā dzeltenbrūnā krāsa, domājams, ir tādēļ, ka iežos ir liels daudzums dzelzs oksīdu un hidroksīdu, kā arī citu minerālu. Visos trīs pieslīpņos identificētas dažādu sugu fosilijas. Lielākoties pārstāvētas nerineīdu gliemeņu atliekas, kas šajos pieslīpņos sastopamas kā nelielas, diezgan tievas, ieliektas un tumšas līnijas. Šīs fācijas pieslīpņos sastopamas arī rudistu atliekas. Pieslīpņu daļa, kurā nav nedz lieli kaļķakmens graudi un fosilijas, izskatās pēc karbonātiska smilšakmeņa, līdz ar to secināms, ka šie kaļķakmeņi daļēji ir drupieži. Tālāk sekojošais plānslīpējuma apraksts ļauj precizēt, ka lielākā daļa drupu graudu ir karbonātiska sastāva, taču ir vērojams arī smilts izmēru klastiskā materiāla piejaukums. Kaļķakmens graudi lielākoties ir intraklasti – tie ir krēmkrāsas līdz gandrīz baltas krāsas un ir klasificējami kā mazgraudaini kaļķakmeņi un mikrītiski kaļķakmeņi (Embrija un Klovena klasifikācijas (Embry and Klovan, 1971)). Lielā daļā graudu sastopamas ieapaļo graudu tekstūras (ooīdi). Dažviet graudi ir rozā un daļa to ir pārkristalizēta par sparītu. Kopumā graudi un fosilijas abos pieslīpņos ir vāji šķiroti un lieli graudi (virs 0,5 cm diametrā) aizņem aptuveni 15 līdz 20% iežu platības.

Augšējais krīts: Šteindlas atradne, Untersberga kalna austrumu pakāje netālu no Zalcburgas, Austrija.



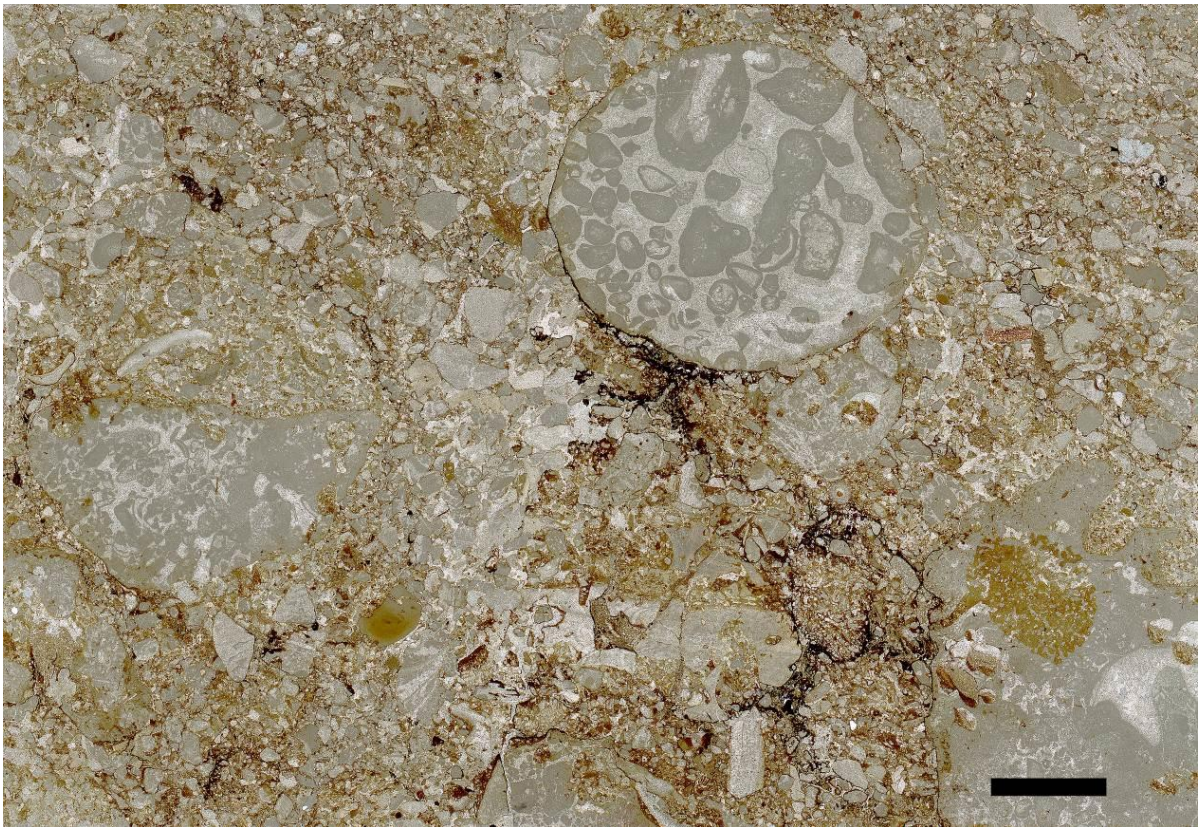
5.8. attēls. Dzeltenīgi brūnu pilngradainu lielgraudu kaļķakmeņu ar fosilijām fācijas iežu pieslīpņi no Šteindlas atradnes - S-E; S-F. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)



5.9. attēls. Dzeltenīgi brūna pilngradaina lielgraudu kaļķakmeņa ar fosilijām fācijas ieža pieslīpnis no Šteindlas atradnes - S-G. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

Interpretācija: Šo kaļķakmens komponentu samērā vājā šķirotība un kaļķakmens graudu labā noapaļotības pakāpe liecina par uzkrāšanos tuvu viļņu bāzei viļņu aktīvās darbības zonā. Tomēr vērojamas arī nerineīdu gliemeņu (*Simplioptyxis*) atliekas, kas liecina par to, ka nelielā attālumā notikusi nerineīdu masveida akumulācija (Nichols, 1999). Rudistu klātbūtne liecina par rifu apstākļiem, savukārt tumšie graudi, visdrīzāk pārgulsnēti no apakšējā krīta Albas, Aptas stāvu nogulumiem (Hu et al., 2005). Svarīgi minēt, ka mikrītiskie gaišie kaļķakmeņi, to graudi veidojušies mierīgā vidē un pārgulsnēti esošajā materiālā jau aktīvākā režīmā.

Šīs fācijas kaļķakmeņiem atbilst šāda mikrofācija, kas nodalīta pēc plānslīpējumu pētījumiem: pilngraudains lielgraudu kaļķakmens ar mikrofosīlijām, atsevišķiem intraklastiem un smilts piejaukumu (5.10. attēls).



5.10. attēls. Kaļķakmens plānslīpējums no Šteindlas atradnes – S-G 1. Mēroga lineāla izmērs – 5 mm (autora foto, 2014)

Plānslīpējums: **S-G 1**

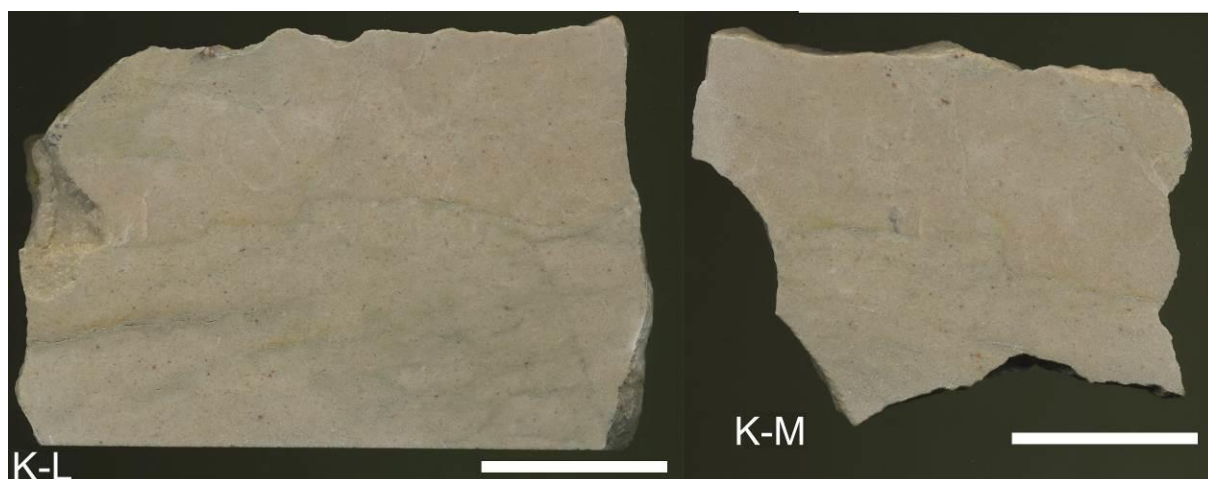
Šajā plānslīpējumā vērojamie graudi lielākoties ir vidēji līdz ļoti labi noapaļoti, kas liecina par aktīvu viļņu darbību, kā arī samērā tālu materiāla transportu. Graudi izmēros no 1 līdz 5 mm aizņem aptuveni 65% no plānslīpējuma platības. Graudi izmēros virs 5 mm aizņem

aptuveni 20% no plānslīpējuma platības. Plānslīpējuma vienā iecirknī vērojams arī viens apaļš intraklasts 2 cm diametrā. Šajā graudā ir daudz nerineīdu un citu gliemeņu atlieku. Arī citos lielajos graudos, kuri ir izmēros virs 5 mm, sastopamas šo organismu fosilijas. Vietām sastopamas arī atsevišķas gliemeņu atliekas izmēros līdz 6 mm, kas nav ietvertas lielāku graudu sastāvā. Graudi, kas mazāki par 1 mm, aizņem aptuveni 15% no plānslīpējuma platības. Šie graudi lielākoties ir kvarca graudi – klastiskais materiāls. Sarkanīgā cementa krāsa liecina par lielu daudzumu dzelzs oksīda. Vietām ir arī koncentriskas formas graudi, kas, domājams, ir ooīdi. Plaisas plānslīpējumā liecina par tektoniskajām aktivitātēm pēcsedimentācijas fāzē (Flügel, 2004). Plaisas ir daļēji vai pilnīgi aizpildītas ar drupu materiālu – kvarca graudiem, kas ietverti calcītiskajā cementā.

Kīferas (*Kiefer*) atradnē sastopamo kaļķakmens fāciju apraksti:

7. fācija: **Pelēcīgi līdz krēmkrāsas daudzgraudaini kaļķakmeņi ar smilts piejaukumu un sparītu** (5.11. attēls). To raksturo pieslīpņi: **K-L; K-M**

Abos šīs fācijas kaļķakmeņus raksturojošie pieslīpņi pēc Embrija un Klovena (Embry and Klovan, 1971) klasifikācijas ir daudzgraudaini kaļķakmeņi, kuros dominē kaļķakmens graudi. Kaļķakmeņos starp graudiem ir smalkkristālisks karbonāts cements, tomēr dažviet cementa kristāli ir lielāki - konstatēts pilnkristālisks calcīts jeb sparīts. Graudi ir labi šķīroti un šīs fācijas paraugos nav izteikti lielāku graudu. Sastopams arī smalkgraudains klastiskais materiāls – smilts piejaukums. Kaļķakmeņu krāsa variē no krēmkrāsas līdz pelēcīgai.



5.11. attēls. Pelēcīgas līdz krēmkrāsas daudzgraudainu kaļķakmeņu ar smilts piejaukumu un sparītu fācijas iežu pieslīpņi no Kīferas atradnes – K-L; K-M. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

Dažviet ir arī plaisas, ap kurām pēcsedimentācijas procesu ietekmē veidojies pelēcīgi zilgans krāsojums. Daži kaļķakmens graudi ir arī sarkanīgas krāsas. Pieslīpnī *K-L* konstatēta neliela izmēra gliemenes atlieka – tā ir atlūza, kas ir melna un ar nedaudz izliektu formu. Augšējais krīts: Kīferas atradne, Untersberga kalna ziemeļu pakāje netālu no Zalzburgas, Austrija.

Interpretācija: Šo kaļķakmeņu tekstūras liecina par nogulu uzkrāšanos lagūnas apstākļos, kur bijusi klastiska materiāla pienese (Höfling and Sanders, 2000). Iespējams, materiāla pienese notikusi samērā lēni, jo nav nekādas pazīmes par drupu materiāla izmēru izmaiņām, kas varētu liecināt par nevienmērīgu materiāla piensēti dažādos apstākļos (piemēram, stipras vētras laikā).

8. fācija: **Silti pelēcīgas tonkrāsas līdz krēmkrāsas brūngans daudzgraudains kaļķakmens ar dažām gliemeņu atliekām un smilts piejaukumu** (5.12. attēls). To raksturo pieslīpnis: **K-O**

Šīs fācijas pieslīpnis pēc Embrija un Klovena (Embry and Klovan, 1971) klasifikācijas ir pilngraudains līdz daudzgraudains kaļķakmens, kurā dominē graudi. Graudi ir dažādu izmēru un vāji šķiroti. Daži kaļķakmens graudi (intraklasti) ir mikrītiski un daļa ir arī mazgraudaini ar ooīdiem.



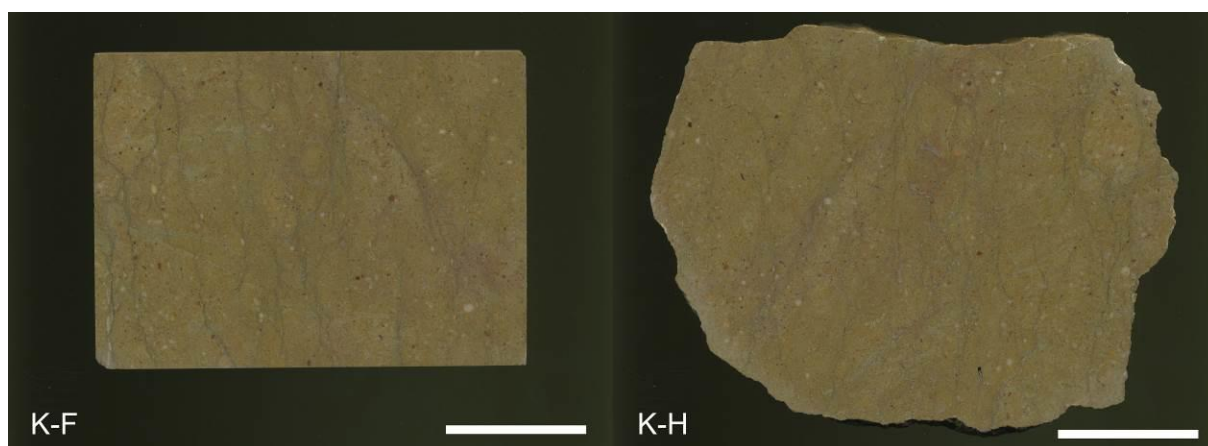
5.12. attēls. Silti pelēcīgas tonkrāsas līdz krēmkrāsas brūngana daudzgraudaina kaļķakmeņa ar dažām gliemeņu atliekām un smilts piejaukumu fācijas ieža pieslīpnis no Kīferas atradnes – **K-O**. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

Dažviet graudi ir sarkanīgas un brūnas krāsas, kas būtu skaidrojams ar to, ka uzkrājies liels daudzums dzelzs oksīdu un hidroksīdu. Pieslīpnī ir arī gliemeņu atliekas un dažu krinoīdu atliekas. Sastopams arī neliels daudzums smalkgraudaina klastiskā materiāla - smilts. Ap plaisām, pieslīpņa krāsojums ir nedaudz pelēcīgi zils. Augšējais krīts: Kīferas atradne, Untersberga kalna ziemeļu pakāje netālu no Zalzburgas, Austrija.

Interpretācija: Arī šī kaļķakmens tekstūra liecina par nogulu uzkrāšanos lagūnas apstākļos, kur bijusi klastiska materiāla pienese. Šajā gadījumā pārstāvētas arī gliemeņu un krinoīdu atliekas, kas norāda uz tādu lagūnu, kura periodiski bijusi norobežota no atklātā šelfa (Höfling and Sanders, 2000). Mikrītiskais materiāls pieslīpnī liecina par laika posmiem, kuros bijuši mierīgāki apstākļi un lagūna bijusi noslēgta.

9. fācija: **Gaiši brūni līdz okera dzeltenī pilngraudaini kaļķakmeņi ar smilts piejaukumu** (5.13. attēls). To raksturo pieslīpņi: **K-F; K-H**

Pēc Embrija un Klovena (Embry and Klovan, 1971) klasifikācijas šie abi pieslīpņi ir pilngraudaini kaļķakmeņi ar calcītisku cementu. Šīs fācijas abos pieslīpņos ir ļoti daudz nelielas organismu atliekas. Lielākoties tās ir nelielas gliemeņu, rudistu atliekas un krinoīdu atliekas. Daļa no krinoīdu atliekām ir disartikulētas un nav *in situ* pozīcijā. Dažas no fosilijām ir arī pārkristalizētas par sparītu. Pieslīpņu krāsa ir no dabīgas dzelzs oksīdu radītas pigmentācijas. Kopumā graudi abos pieslīpņos ir vidēji labi šķiroti – tikai dažviet ir laukumi, kuros graudi ir labi šķiroti. Ir sastopams arī liels daudzums smalka klastiskā materiāla - smilts. Mikrīts nav konstatēts. Daļa graudu ir sarkanīgas un brūnganas krāsas. Pieslīpņi ir plaisaini un plaisas ir aizpildītas ar sekundāru minerālu kristāliem.



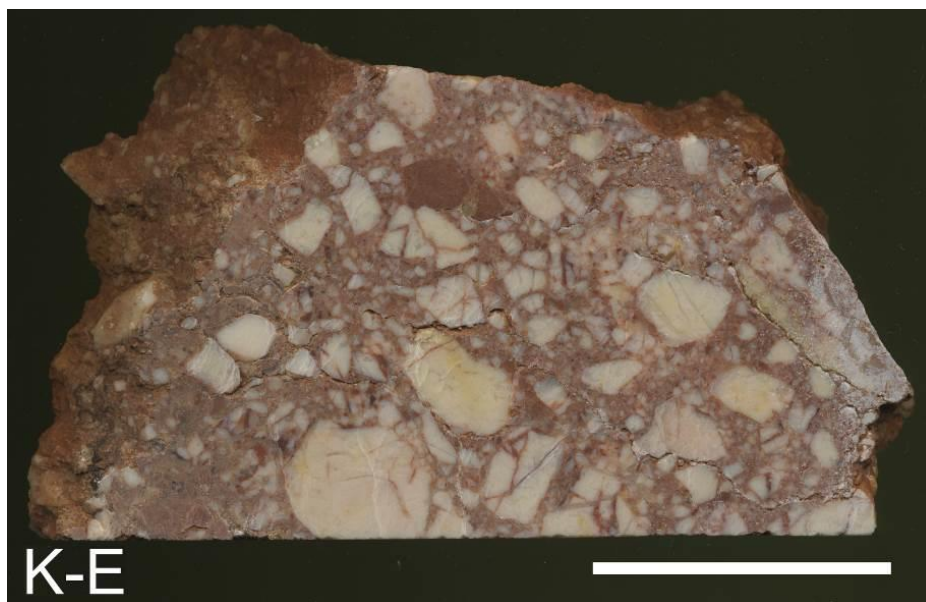
5.13. attēls. Gaiši brūna līdz okera dzeltena pilngraudaina kaļķakmeņa fācijas iežu pieslīpņi no Kīferas atradnes – K-F; K-H. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

Ap plaisām kaļķakmens ir zilganpelēks krāsas, dažviet arī zaļgans. Augšējais krīts: Kīferas atradne, Untersberga kalna ziemeļu pakāje netālu no Zalcburgas, Austrija.

Interpretācija: Šo kaļķakmeņu tekstūras liecina par atvērta tipa lagūnas līdz iekšējā šelfa apstākļiem (Höfling and Sanders, 2000). Vietām vērojamas arī graudu izmēru izmaiņas – kvarca smilšu slānīši mijas ar smalkāku karbonātisko materiālu. Šīs tekstūras norāda uz pludmales vidi, visticamāk pludmali ar izkļiedētu viļņu enerģiju (no angļu val. - *dissipative beach*).

10. fācija: **Kalkakmens konglomerāts-brekcija ar kalcītisku graudu un dzelzs oksīdu-hidroksīdu matrici** (5.14. attēls). To raksturo pieslīpnis: **K-E**

Šai fācijai pieder ļoti vāji cementēts kaļķakmens konglomerāts, kurā ir daudz plaisas. Tam raksturīga gandrīz mikrītiska un ļoti smērējoša, ar dzelzs savienojumiem bagāta matrice. Matrice ļoti vāji satur kopā kaļķakmens graudus, kas arī ir dažādu izmēru un plaisaini. Šie kaļķakmens graudi ir mikrītiski līdz mazgraudaini kaļķakmeņi (pēc Embrija un Klovena (Embry and Klován, 1971)), kuriem ir interesantas ieapaļo graudu tekstūras. Jāmin, ka daļa no šiem graudiem ir oolīti un daļa – peloīdi. Graudi lielākoties ir gaiši un krēmīgas krāsas, vietām pat gandrīz balti. Daļa kaļķakmens graudu ir tumši sarkani līdz brūni un pēc Danema (Dunham, 1962) klasificējami kā daudzgraudaini kaļķakmeņi.



5.14. attēls. **Kalkakmens konglomerāts-brekcijas ar kalcītisku graudu un dzelzs oksīdu-hidroksīdu matrici** fācijas ieža pieslīpnis no Kīferas atradnes – **K-E**. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

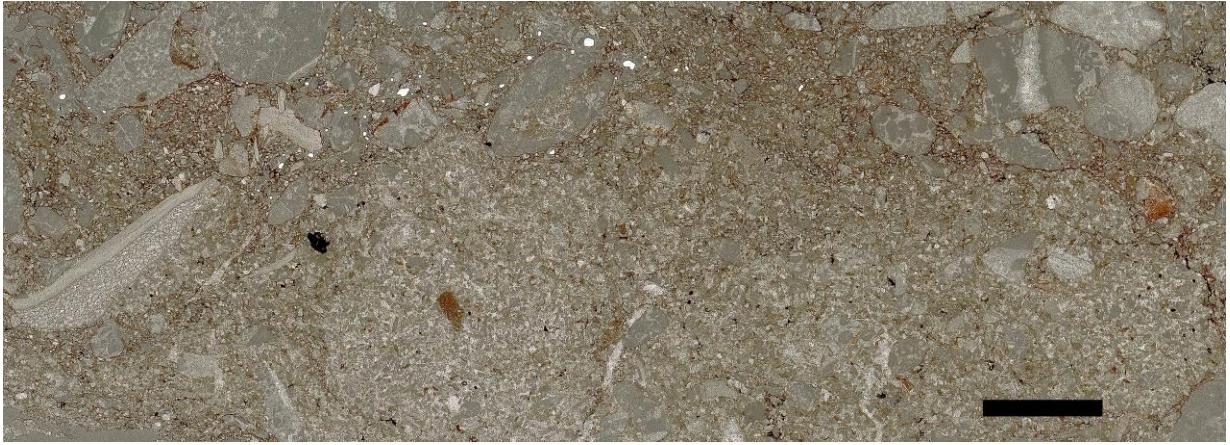
Ievērojamais sarkano dzelzs savienojumu piejaukums kaļķakmeņos norāda uz kontinentālas izcelsmes dēdēšanas produktu ieskalošanu nogulu uzkrāšanās areālā. Augšējais krīts: Kīferas atradne, Untersberga kalna ziemeļu pakāje netālu no Zalcburgas, Austrija.

Interpretācija: Konglomerāti veidojušies piekrastē, vilņu aktīvajā zonā. Sliktā kaļķakmens graudu noapaļotības pakāpe liecina par nogulu un komponentu uzkrāšanos augstas enerģijas apstākļos un samērā īsā laika periodā. Daļa konglomerāta graudu (tumšākās krāsas) ir pārgulsnēti no citiem nogulumiem, kas varētu būt apakšējā krīta Albas un Aptas laikposmu kaļķakmeņi, jo šim laikam raksturīgi izteikti tumšāki nogulumieži, kas veidojušies anoksiskos apstākļos, kā arī tumšie slānekļi (Hu *et al.*, 2005). Mikrītiskie kaļķakmens graudi pārgulsnēti no nogulumiežiem, kas veidojušies mierīgos apstākļos, visticamāk noslēgtas lagūnas veidojumiem.

Šīs fācijas kaļķakmeņiem atbilst šāda mikrofācija, kas nodalīta pēc plānslīpējumu pētījumiem: kaļķakmens konglomerāts-brekcija ar kalcītisku graudu un dzelzs oksīdu-hidroksīdu tumši sarkanas krāsas cementu (5.15. attēls).

Plānslīpējums: **K-E 1**

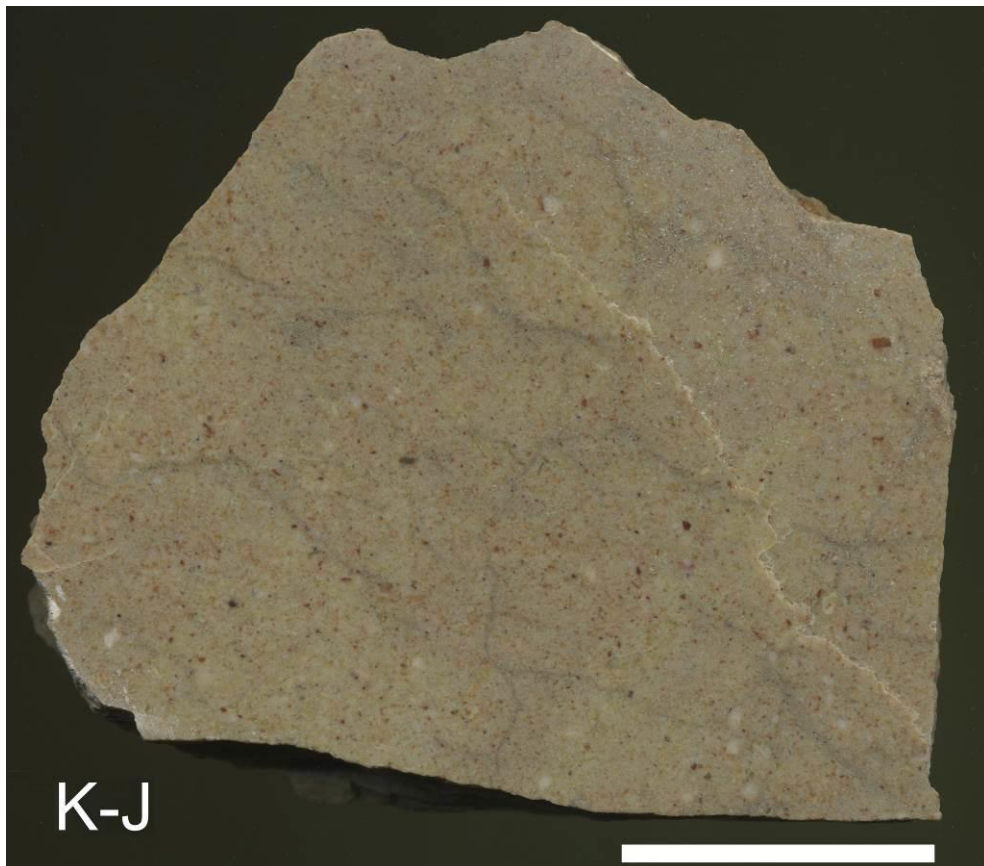
Šajā plānslīpējumā no Kīferas atradnes vērojami graudi lielākoties ir slikti līdz vidēji labi noapaļoti. Graudi izmēros līdz 1 mm aizņem aptuveni 75% no plānslīpējuma platības. Graudi izmēros no 1 līdz 5 mm aizņem aptuveni 20% no plānslīpējuma platības. Graudi, kas lielāki par 5 mm, aizņem tikai līdz 5% no plānslīpējuma platības. Izmēros virs 5 mm ir tikai 4 kaļķakmens graudi. Viens no tiem ir iegarena, aptuveni 1 cm liela gliemenes atlieka. Vietām vērojamas vēl pāris nerineīdu un citu gliemeņu sugu pārstāvju atliekas, tomēr tās ir mazākas par 5 mm. Daudzviet graudos sastopami koncentriskas formas graudi. Tie ir ooīdi un peloīdi, kas liecina par ciānbaktēriju un citu organismu aktīvo darbību. Graudi, kas ir izmēros līdz 1 mm lielākoties ir kvarca graudi – klastiskais materiāls. Graudi lielākoties ir slikti noapaļoti, asšķautņaini, kas liecina par īsu materiāla transporta attālumu. Pelēcīgā krāsa liecina par neitrālu vidi, kurā nav bijusi izteikta dzelzs oksīdu klātbūtne uz nogulumiem. Dažviet matricē starp graudiem tomēr ir sarkanīgs materiāls, kas tomēr liecina par dzelzs oksīdu un hidroksīdu klātbūtni. Vietām ir arī nelieli melni graudi izmēros līdz 1 mm, kuros ir pīrīta piejaukums. Tie liecina par reducējošu vidi. Plaisas plānslīpējumā esošajos kaļķakmens graudos (izmēros virs 2 mm) liecina par nelielu tektonisku aktivitāti pēcsedimentācijas procesos (Flügel, 2004). Šīs nelielās plaisas aizpildītas ar klastisko materiālu.



5.15. attēls. **Kaļķakmens plānslīpējums no Kiferas atradnes – K-E 1.** Mēroga lineāla izmērs - 5 mm (autora foto, 2014)

11. fācija: **Krēmkrāsas daudzgraudains kalkakmens** (5.16. attēls). To raksturo pieslīpnis: **K-J**

Pēc Embrija un Klovena (Embry and Klovan, 1971) klasifikācijas šis pieslīpnis raksturo daudzgraudainu kaļķakmeni ar nelielām pilngraudaina kaļķakmens pazīmēm.



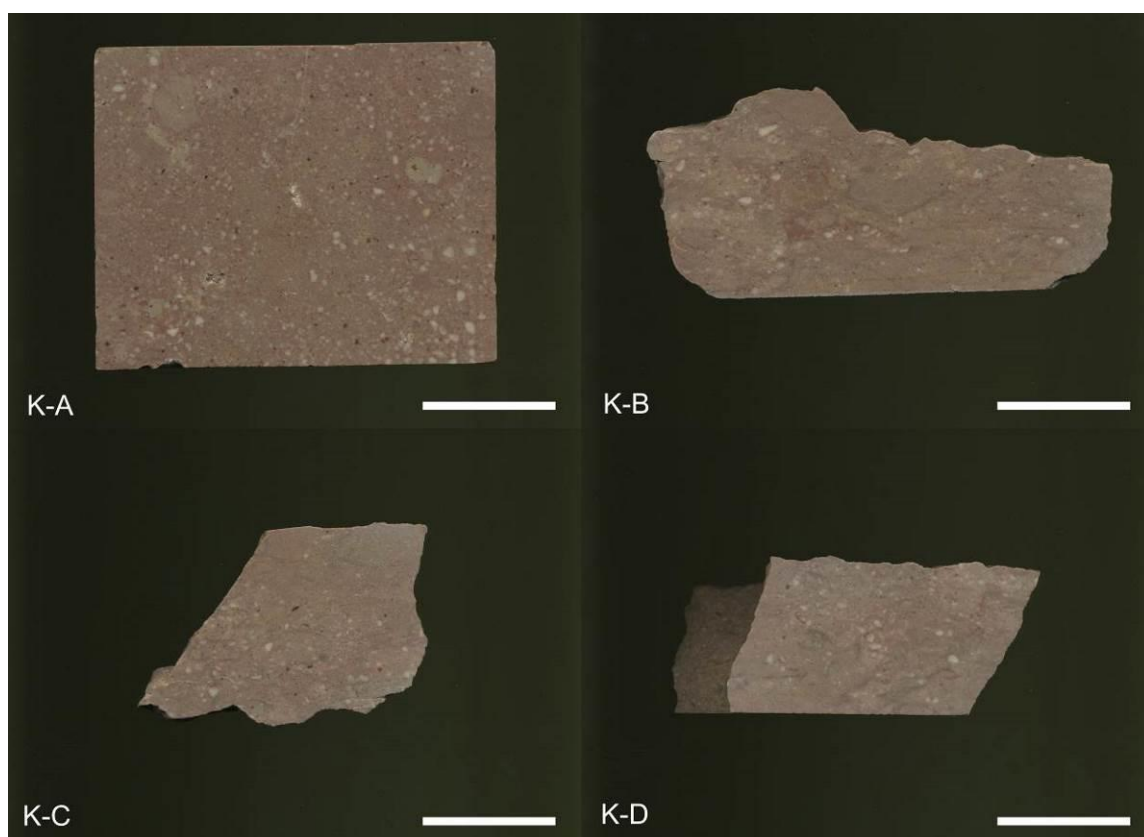
5.16. attēls. **Krēmkrāsas daudzgraudaina kaļķakmeņa fācijas ieža pieslīpnis no Kiferas atradnes – K-J.** Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

Graudi šajā kaļķakmenī ir dažādu izmēru un lielākoties labi šķiroti. Sastopams arī vidēji liels klastiskā materiāla piejaukums. Lielākie graudi ir krēmkrāsas līdz balti un to skaitā ir arī kalcītiskas krinoīdu atliekas. Dažos lielākajos graudos (intraklastos) ir arī ooīdi un citas ieapaļo graudu tekstūras. Aptuveni 5% no graudiem ir tumši sarkani līdz tumši brūniem. Dažviet iezī ir arī plaisas, ap kurām kaļķakmens materiāls ir pelēcīgs un zilgans. Aptuveni 10% graudu ir pārkristalizēti par sparītu. Identificētas arī pāris pārkristalizētas gliemeņu atliekas, kuras ir sastopamas kā izliektas līnijas. Augšējais krīts: Kīferas atradne, Untersberga kalna ziemeļu pakāje netālu no Zalzburgas, Austrija.

Interpretācija: Šī kaļķakmens tekstūra liecina par atvērta tipa lagūnas līdz iekšējā šelfa apstākļiem. Bijusi arī neliela klastiskā materiāla pienese, kas šo secinājumu apstiprina (Höfling and Sanders, 2000).

12. fācija: **Sarkanīgi līdz tumši rozā daudzgraudaini kalkakmeni** (5.17. attēls). To raksturo pieslīpņi: **K-A; K-B; K-C; K-D**

Pēc Embrija un Klovena (Embry and Klovan, 1971) klasifikācijas šie četri pieslīpņi ir daudzgraudaini kaļķakmeņi, kuros iztiekti dominē graudi.



5.17. attēls. Sarkanīga līdz tumši rozā daudzgraudaina kalkakmens fācijas iežu pieslīpņi no Kīferas atradnes – K-A; K-B; K-C; K-D. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

Aptuveni 20% kaļķakmens graudu ir 1–6 mm diametrā un ir baltas krāsas. Šie graudi lielākoties ir krinoīdi un citas organismu atliekas. Ir arī nelielas pilngraudaina lielgraudu kaļķakmens pazīmes, jo vietām starp liela izmēra graudiem nav mikrīta. Dažviet konstatētas arī gliemeņu atliekas. Pavisam neliela daļa graudu ir brūngani un sarkanīgi. Daļa graudu ir pārkristalizēti par sparītu. Sarkanīgā iežu krāsa norāda uz lielu dzels oksīdu un hidroksīdu daudzumu. Graudi kopumā ir vāji šķiroti. Augšējais krīts: Kīferas atradne, Untersberga kalna ziemeļu pakāje netālu no Zalcburgas, Austrija.

Interpretācija: Kopumā secināms, ka šie kaļķakmeņi ir veidojušies atvērta tipa lagūnas apstākļos, tomēr ir arī pazīmes, kas liecina par lielākas enerģijas notikumiem – lielāku kaļķakmens graudu pienese un to uzkrāšanās vētru laikā un materiāla pārgulsnēšana no sublitorāles, ko apliecina graudu vājā šķirotības pakāpe (Höfling and Sanders, 2000; Hu *et al.*, 2005).

13. fācija: **Krēmkrāsas līdz gaiši pelēcīgi brūns pilngraudains kaļķakmens** (5.18. attēls).

To raksturo pieslīpnis: **K-I**

Pēc Embrija un Klovena (Embry and Klovan, 1971) klasifikācijas šīs fācijas pieslīpnis ir raksturo pilngraudainu kaļķakmeni ar sparīta cementu. Pieslīpnī izteikti dominē graudi un aptuveni 10% no ieža platības aizņem gaišas (bālganas) krāsas graudi ar diametru no 1 līdz 4 mm; tie ir samērā labi noapaļoti.



5.18. attēls. Krēmkrāsas līdz gaiši pelēcīgi brūna pilngraudaina kaļķakmens fācijas ieža pieslīpnis no Kīferas atradnes – **K-I**. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

Šie gaiši graudi lielākoties ir krinoīdi un citas organismu atliekas. Dažos graudos ir arī oīdu tekstūras. Pieslīpnī vietām konstatēti arī tumši sarkani un brūngani graudi izmērā līdz 2 mm. Daļa pieslīpņa virsmas - gan graudi, gan cements ir gaiši sarkanīgi. Aptuveni 5% no graudiem ir pārkristalizēti par sparītu. Neliela daļa graudu ir izmēros līdz 1,5 mm diametrā un ir melni. Augšējais krīts: Kīferas atradne, Untersberga kalna ziemeļu pakāje netālu no Zalcburgas, Austrija.

Interpretācija: kaļķakmens tekstūra liecina par to, ka tas ir veidojies daļēji slēgta līdz atklāta tipa lagūnas apstākļos (Höfling and Sanders, 2000). Krinoīdu atliekas liecina par to, ka tie arī iespējams varētu būt bijuši iekšējā šelfa apstākļi. Graudu labā noapaļotība apstiprina to, ka bijis samērā tāls materiāla transports.

14. fācija: **Okera krāsas daudzgraudains līdz pilngraudains kaļķakmens ar organismu atliekām** (5.19. attēls). To raksturo pieslīpnis: **K-G**

Pēc Embrija un Klovena (Embry and Klovan, 1971) klasifikācijas šis pieslīpnis raksturo daudzgraudainu līdz pilngraudainam kaļķakmeni. Vietām ir arī kalcītisks sparīta cements. Iezis ir okera krāsā, bet vietām ir arī gaišāka toņa. Aptuveni 10% no graudiem ir krēmkrāsas krinoīdu atliekas. Sastopams arī liels apjoms gliemeņu atlieku. Daļa graudu ir arī sarkanīgi līdz tumši brūniem, bet šie graudi nepārsniedz 1 – 1,5 mm izmēru. Graudi ir vidēji līdz labi noapaļoti. Dažiet pieslīpnī ir izteikti sparītisks cements. Augšējais krīts: Kīferas atradne, Untersberga kalna ziemeļu pakāje netālu no Zalcburgas, Austrija.



5.19. attēls. Okera krāsas daudzgraudaina līdz pilngraudaina kaļķakmens ar organismu atliekām fācijas ieža pieslīpnis no Kīferas atradnes – K-G. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

Interpretācija: Šī kaļķakmens tekstūra un krinoīdu atlieku lielais daudzums liecina par to, ka tas varētu būt veidojies atklātā tipa lagūnas un iekšējā šelfa apstākļos (Höfiling and Sanders, 2000). Gliemeņu atlieku kopums un graudu noapaļotības pakāpe to daļēji apstiprina.

15. fācija: **Pelēcīgs un krēmkrāsas, smilšains pilngraudains kalkakmens ar sparīta cementu** (5.20. attēls). To raksturo pieslīpnis: **K-N**

Pēc Embrija un Klovena (Embry and Klovan, 1971) klasifikācijas šīs fācijas pieslīpnis raksturo pilngraudainu kaļķakmeni, kurā dominē graudi un kuram ir sparīta cements. Kaļķakmens lielākoties veidots no daļēji līdz pilnīgi pārkristalizētiem graudiem, bet aptuveni 15–20% graudu ir lielāki par 2 mm, dažviet sasniedz pat 1,5 cm izmēru, tie ir labi noapaļoti. Lielākā daļa graudu ir mikrītiska līdz mazgraudaina kaļķakmens intraklasti. Vietām nav iespējams identificēt kaļķakmens paveidu, jo iezis ir gandrīz pilnībā pārkristalizēts. Dažviet lielajos graudos ir vērojamas ooīdu tekstūras. Gandrīz visi graudi diametrā no 0,5 līdz 2 mm ir sarkanīgi līdz brūniem. Pieslīpnī identificētas tikai pāris fosīlijas - gliemeņu čaulas, kas ir pilnībā pārkristalizētas par sparītu. Augšējais krīts: Kīferas atradne, Untersberga kalna ziemeļu pakāje netālu no Zalcburgas, Austrija.



5.20. attēls. Pelēcīgas krēmkrāsas smilšaina pilngraudaina kaļķakmeņa ar sparīta cementu fācijas ieža pieslīpnis no Kīferas atradnes – K-N. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

Interpretācija: Šī kaļķakmens struktūra un tekstūra liecina par nogulu uzkrāšanos iekšējā šelfa apstākļos seklā ūdenī, kur bijis aktīvs hidrodinamiskais režīms (Höfiling and Sanders, 2000). Sedimentācijas areālā lielā daudzumā ir ieskalota smilts, par ko liecina sekojošais mikrofācijas apraksts.

Šīs fācijas kaļķakmeņiem atbilst šāda mikrofācija, kas nodalīta pēc plānslīpējumu pētījumiem: pilngraudaini smilšaini kaļķakmeņi ar sparīta cementu (5.21. un 5.22. attēls).

Plānslīpējums: **K-N 2**

Šajā plānslīpējumā graudi izmēros no 1 līdz 5 mm aizņem aptuveni 60% no plānslīpējuma platības. Izmēros virs 5 mm ir tikai viens kaļķakmens grauds (plānslīpējuma centrā), kas ir 6 mm diametrā. Aptuveni 38% plānslīpējuma platības aizņem graudi izmēros līdz 1 mm. Graudi izmēros līdz 1 mm lielākoties ir kvarca graudi, kas ietverti kalcītiskajā sparīta cementā. Kaļķakmens graudi, kas ir izmēros, sākot no 1 mm, lielākoties ir labi līdz ļoti labi noapaļoti, savukārt kvarca graudi, kas ir izmēros zem 1 mm un 0,5 mm, pārsvarā ir slikti līdz vidēji labi noapaļoti. Klastiskais materiāls ir ievērojami izturīgāks pret mehānisku iedarbību nekā karbonātiskie graudi, kas arī, domājams, ļauj izskaidrot noapaļotības pakāpes atšķirības. Plānslīpējumā konstatētas ļoti daudz organismu atliekas. Pārsvarā tās ir gliemeņu atliekas, tomēr vietām sastopamas arī koraļļu un rudistu fosilās atliekas. Daudzviet kaļķakmens graudos konstatēti arī ooīdi un peloīdi, to fragmenti. Šo graudu klātbūtne liecina par vidi, kurā izpaudusies aktīva ciānbaktēriju un zaļāļģu darbība, kas veicinājusi šo koncentrisku formu izveidi un attīstību. Vietām ir arī sarkanīgi graudi izmēros līdz 1,5 mm, kas sastāv no kvarca, jeb tātad pārstāv klastisko materiālu. Šie graudi liecina par to, ka tie atlūzu veidā ir ienesti krīta perioda baseinā no kāda cilmavota, kur uz drupu graudiem uzkrājās dzelzs oksīdi un hidroksīdi. Šajā plānslīpējumā praktiski nav plaisu, kas liecina par mierīgu tektonisko vidi pēc to veidošanās (Flügel, 2004). Plaisas vietām ir tikai kaļķakmens graudos, kur tās aizpildītas ar kvarca graudiem un kalcītisku cementu.



5.21. attēls. Kaļķakmens plānslīpējums no Kiferas atradnes – K-N 2. Mēroga lineāla izmērs - 5 mm (autora foto, 2014)

Plānslīpējums: **K-N 3**

Šis plānslīpējums ir ļoti līdzīgs plānslīpējumam *K-N 2*. Šajā plānslīpējumā graudi izmēros no 1 līdz 5 mm aizņem aptuveni 65% no tā platības. Izmēros virs 5 mm ir tikai viens kaļķakmens grauds un divas organismu atliekas. Aptuveni 30% plānslīpējuma platības aizņem graudi izmēros līdz 1 mm. Kvarca graudi ir ietverti calcītiskajā sparīta cementā un ir izmēros līdz 1 mm. Kaļķakmens graudi, kas ir izmēros, sākot no 1 mm, lielākoties ir labi noapaļoti. Kvarca graudi izmēros, kas ir mazāki 1 mm, lielākoties ir slikti līdz vidēji labi noapaļoti. Kopējie apstākļi liecina par vidēji aktīvu līdz vāju viļņu darbību – salīdzinoši mierīgu vidi. Arī šajā plānslīpējumā tika konstatētas daudz organismu atliekas. Pārsvārā tās ir gliemeņu atliekas. Vietām plānslīpējumā sastopamas arī rudistu, jūras liliju (krinoīdu) un koraļļu atliekas. Plānslīpējumā ap 1 cm gara gliemenes atlieka, kas ir izliektas formas. Arī citviet konstatētas gliemeņu atliekas, bet tās ir mazākas un lielākoties ir 3 līdz 5 mm lielas. Kaļķakmens intraklastos, kas ir izmēros virs 1,5 mm, konstatētas arī ooīdu un peloīdu koncentriskās formas. Šo formu klātbūtne liecina par vidi, kurā dominējušas ciānbaktērijas un citi organismi, kas veicinājuši šo apaļo graudu izveidi. Vietām ir arī sarkanīgi graudi izmēros līdz 0,5 mm. Šajā plānslīpējumā praktiski nav plaisu, kas liecina par mierīgu tektonisko vidi, tomēr daudziem graudiem ir tumša dēdējumgarozas kārtiņa, kas, domājams, liecina par subaerālu atsegšanas kādā epizodē (Flügel, 2004).

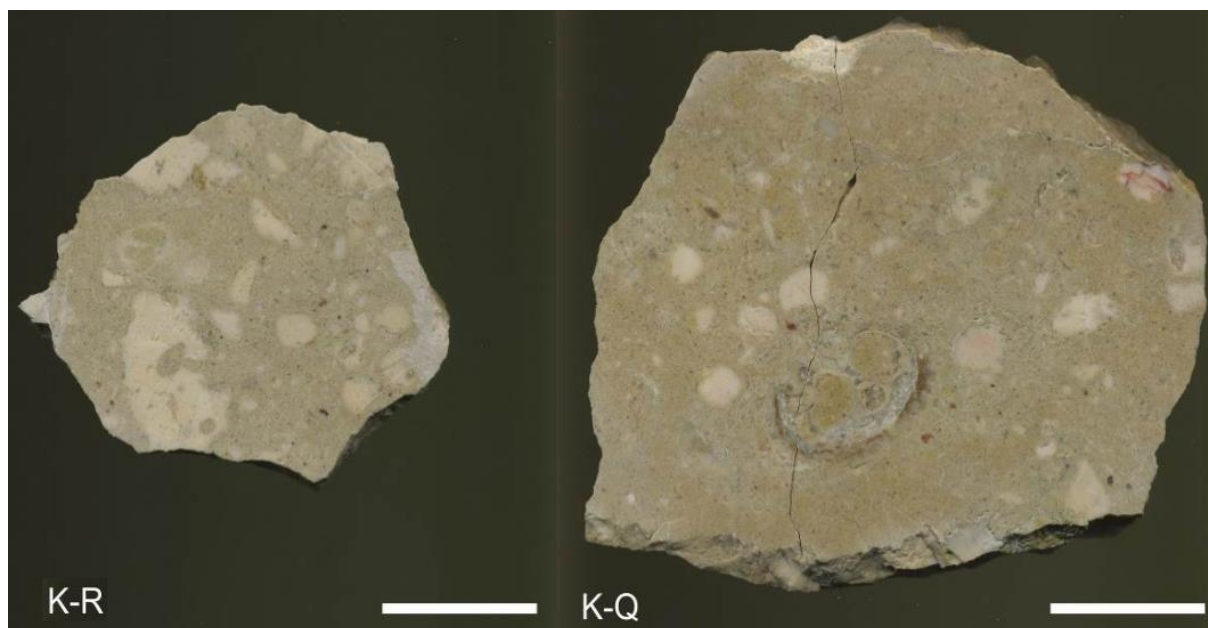


5.22. attēls. **Kaļķakmens plānslīpējums no Kiferas atradnes – K-N 3.** Mēroga lineāla izmērs - 5 mm (autora foto, 2014)

16. fācija: **Pelēcīgi krēmkrāsas līdz gaiši brūngani daudzgraudaini līdz pilngraudainiem kalkakmeņi ar organismu atliekām un bioturbācijas pazīmēm** (5.23. attēls). Šo fāciju raksturo pieslīpņi: **K-R; K-Q**

Pēc Embrija un Klovena (Embry and Klovan, 1971) klasifikācijas šie abi pieslīpņi pārstāv daudzgraudainus līdz pilngraudainiem kaļķakmeņus, kuros dominē graudi un ir sastopams arī sparīts. Pieslīpņos ir ļoti daudz rudistu un citu gliemeņu atlieku. Lielākā fosīlija identificēta pieslīpņī *K-Q* – tā ir liela, pārkristalizēta gliemenes čaula 5 cm diametrā. Citas organismu atliekas ir krietni vien mazākas. Aptuveni 80% katrā pieslīpņī ir graudu, kuri ir izmēros līdz 2 mm. Graudi kopumā ir vidēji līdz labi noapaļoti. Lielāka daļa šo graudu ir ieapaļie graudi – ooīdi un peloīdi. Lielākie kaļķakmens graudi (0,5–3 cm diametrā) ir intraklasti, kuros vērojamas bioturbācijas pazīmes un arī ooīdu tekstūras. Neliela daļa graudu, izmēros līdz 3 mm, ir sarkanīgas krāsas. Augšējais krīts: Kīferas atradne, Untersberga kalna ziemeļu pakāje netālu no Zalcburgas, Austrija.

Interpretācija: Šie kaļķakmeņi ir veidojušies iekšējā šelfa apstākļos, viļņu aktīvas darbības zonā. Par to liecina labi noapaļotie graudi un to lielais daudzums, kā arī vājā šķirotības pakāpe. Iespējams, ka bijuši arī aktīvāka hidrodinamiskā režīma notikumi (Höfling and Sanders, 2000).

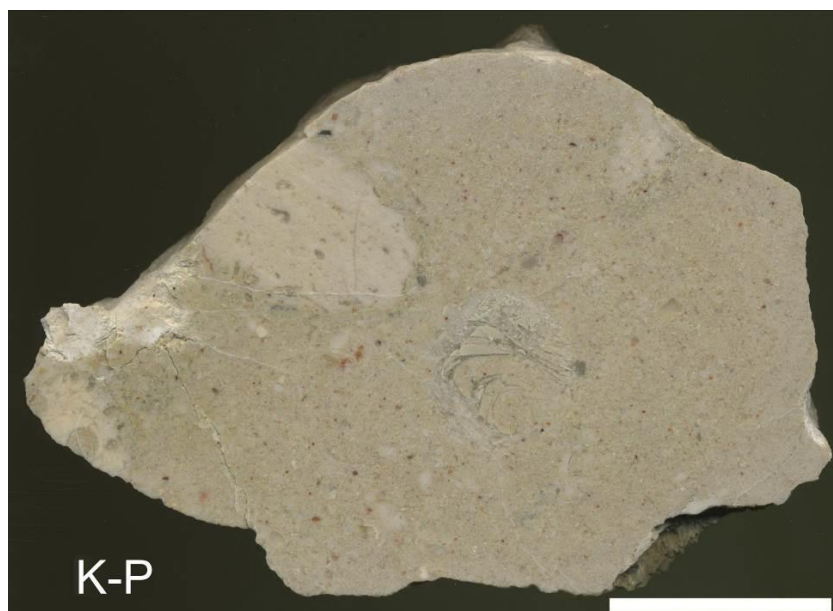


5.23. attēls. Pelēcīgi krēmkrāsas līdz gaiši brūngani daudzgraudaini līdz pilngraudainiem kaļķakmeņi ar organismu atliekām un bioturbācijas pazīmēm iežu pieslīpņos no Kīferas atradnes – K-R; K-Q. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

17. fācija: **Gaišs krēmkrāsas daudzgraudains līdz pilngraudains kaļķakmens ar smilts piejaukumu un retām, lielām gliemeņu atliekām** (5.24. attēls). To raksturo pieslīpnis: **K-P**

Pēc Embrija un Klovena (Embry and Klovan, 1971) klasifikācijas šis iezis ir daudzgraudains līdz pilngraudains kaļķakmens ar sparīta cementu starp graudiem. Aptuveni 80% no ieža platības aizņem mazi graudi (ieapaļie graudi – ooīdi un citi) diametrā līdz 1,5 mm. Ir arī klastiskā materiāla klātbūtne. Pārējie graudi ir mazliet lielāki. Lielākā daļa kaļķakmens graudu ir daļēji pārkristalizēti un cements ap tiem ir kalcītisks. Pieslīpnī ir arī pāris lieli graudi – 0,6 līdz 4 cm. Lielākais grauds ir intraklasts, ko veido mazgraudains kaļķakmens ar ooīdu un peloīdu tekstūrām. Šajā graudā ir arī organismu ejas, kas aizpildītas ar kalcītu. Pieslīpnī ir arī dažas gliemeņu atliekas – lielākajā no tām ir labi redzama gliemenes čaulas uzbūve. Svarīgi minēt, ka šī fosīlija ir gandrīz pilnībā pārkristalizēta par sparītu. Daži graudi ir sarkanīgas krāsas, bet to izmēri nepārsniedz 2 mm. Ir arī pāris tumši pelēki un melni graudi, kuri arī nepārsniedz 2 mm izmērus. Augšējais krīts: Kīferas atradne, Untersberga kalna ziemeļu pakāje netālu no Zalcburgas, Austrija.

Interpretācija: Šīs fācijas ieža tekstūra liecina par atvērta tipa lagūnas apstākļiem. Savukārt, slēgta tipa lagūnas apstākļu iespējamību apstiprina organismu ejas (bioturbācija), kas raksturīgas lagūnas videi, kā arī klastiskā materiāla un arī neliela karbonātisko smilšu piene (Nichols, 1999). Iespējams notikušas perodiskas lagūnas tipu izmaiņas (Höfling and Sanders, 2000).



5.24. attēls. Gaiša krēmkrāsas daudzgraudaina līdz pilngraudaina kaļķakmens ar smilts piejaukumu un retām, lielām gliemeņu atliekām fācijas ieža pieslīpnis no Kīferas atradnes – K-P. Mēroga lineāla izmērs - 5 cm (autora foto, 2014)

6. FĀCIJU ASOCIĀCIJAS

Fāciju asociācija 1 - lagūnu un seklas jūras (iekšējās šelfa daļas) kaļķakmeņi. Kīferas atradne.

Kīferas atradnē sastopamie kaļķakmeņi lielākoties atbilst atvērtā tipa lagūnu fācijām. Tām atbilst kaļķakmeņi, kas pētīti septiņos no kopumā vienpadsmit Kīferas atradnes paraugu pieslīpņiem. Atvērtā tipa lagūnu fācijas bieži nomaina arī ar atvērtā tipa lagūnu līdz iekšējā šelfa fācijas, jo pazīmes, kas liecina par nogulumu sedimentācijas apstākļiem, nav viennozīmīgas. Divi paraugi (13. un 17. fācija) raksturo arī atvērtā tipa līdz slēgtā tipa vai daļēji slēgtā tipa lagūnu apstākļus. Tas nozīmē to, ka periodiski notikušas lagūnu veida izmaiņas - noteiktu laiku tā bijusi atvērta tipa, bet vēlāk pārveidojusies par daļēji vai pat pilnīgi noslēgtu no atklātās jūras lagūnu. Par slēgtā tipa lagūnu liecina izteiktas bioturbācijas pazīmes un mikrīts, savukārt par atvērtā tipa lagūnu liecina klastiskā materiāla piejaukums, kas var būt tikai gadījumā, ja lagūnā ir materiāla piense no atklātās jūras vai kāda cita ārēja avota. Tomēr mikrīts vietām var būt maldīgs indikators, jo tas var uzkrāties arī gadījumos, kad lagūna ir atvērta vai daļēji slēgta tipa, bet hidrodinamiskais režīms ir bijis mierīgs.

Dažos pieslīpņos (7. un 8. fācija) konstatēts arī nevienmērīgs klastiskā materiāla piejaukums, kas nozīmē vai nu periodisku norobežotību no atklātā šelfa iekšējās daļas vai arī augstas enerģijas notikumus – vētras. Vienā gadījumā (9. fācija) ir arī atklātā tipa lagūnas līdz iekšējā šelfa apstākļi, bet graudu izmēru izmaiņas (klastiskā materiāla slānīši) pieslīpņi liecina par veidošanos pludmalē ar izklīdētu viļņu enerģiju (Höfling and Sanders, 2000). Svarīgi minēt, ka gadījumos, kad ir konstatēta sedimentācija augstas enerģijas notikumu rezultātā, tā ir notikusi īsā laika posmā un materiāla transporta attālums šajā gadījumā bijis īss. Vietām ir konstatēti arī atvērtā tipa lagūnu apstākļi, bet šajā gadījumā lielie graudi pieslīpņi liecina par augstākas enerģijas notikumiem, domājams, vētrām, kuru laikā šie lielie graudi ir transportēti no sublitorāles un izgulsnēti kalcītiskajā substrātā. 15. fācijas nogulumu veidojušies iekšējā šelfā, seklas jūras apstākļos. Visos gadījumos par atvērtā tipa lagūnu apstākļu esamību apliecina kaut minimāla klastiskā materiāla klātbūtne, bet, ja tā ir nevienmērīga, tad ir pamats domāt par periodisku lagūnas tipu maiņu vai šī materiāla piensei tikai vētru laikā (Höfling and Sanders, 2000). Gadījumā, ja sedimentācija notikusi šelfa iekšējā daļā, piekrastē, bet ne lagūnā, tad materiāla izgulsnēšanās norisinājusies viļņu darbības zonā virs viļņu bāzes.

Fāciju asociācija 2 - atvērta tipa lagūnu līdz stipras enerģijas (viļņu enerģijas, straumju un vētru) notikumu apstākļi iekšējā šelfā. Šteindlas atradne.

Šteindlas atradnē nodalītās fācijas pārsvarā liecina par aktīvu hidrodinamisko režīmu jeb procesiem ar augstu enerģiju. Par šādiem apstākļiem liecina 5. fācija (kopumā 4 analizētie pieslīpņi). Sedimentācijas apstākļi ar augstu enerģiju ir bijuši īslaicīgi, par ko liecina graudu vājā šķirofība un arī lieli graudu izmēri.

Vienā gadījumā (3. fācija) bijuši augstas enerģijas notikumi (spēcīgi viļņi, visdrīzāk vētras laikā) un sedimentācija notikusi tuvu viļņu bāzes atzīmei un īsā laika periodā, jo graudi ir vāji šķiroti un arī vāji noapaļoti. Arī pārējos trīs gadījumos (4. un 6. fācija) sedimentācija norisinājusies viļņu aktīvajā zonā tuvu viļņu bāzes atzīmei. Vienā gadījumā par to liecina arī iespējamo rifu apstākļu esamība un rudistu organismu klātbūtne. Divos gadījumos bijusi arī ļoti aktīva viļņu darbība piekrastes zonā, visticamāk, vētras ietekmē. Iespējams, ka lielo graudu un klastiskā materiāla savstarpējā kombinācija un klātbūtne liecina par sedimentāciju upes deltas konusa nogāzes vai pakājes apvidū, vai arī turbidītu plūsmās vai drupu materiāla plūsmu zonās.

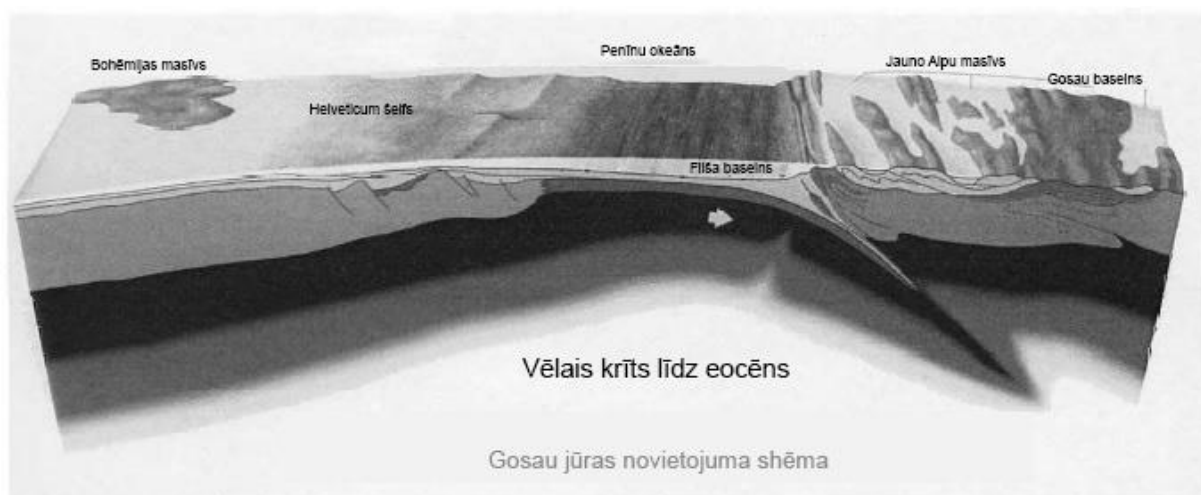
Šai fāciju asociācijai atbilstošajiem kaļķakmeņiem tikai divos gadījumos konstatētas pazīmes, kas liecina par lagūnu apstākļiem. Vienā gadījumā (1. fācija) tie ir atvārtā tipa lagūnas līdz pat iekšējā šelfa apstākļi, savukārt otrā gadījumā (2. fācija) tā ir bijusi daļēji vai periodiski noslēgta lagūna, kurā bijis vidējas aktivitātes hidrodinamiskais režīms un nav izteikti augstu enerģijas notikumu, tai skaitā vētru, pazīmes.

7. INTERPRETĀCIJA UN DISKUSIJA

Šajā maģistra darbā nodalītās fācijas un fāciju asociācijas, salīdzinot iegūtos datus ar ģeoloģiskās literatūras materiāliem, ļauj spriest par kaļķakmeņu veidošanās apstākļiem vēlajā krītā, Untersberga kalna apkārtnē.

Ziemeļu kaļķakmens Alpi veido ievērojamu daļu no augšējā Austroalpīnā krokojuma kompleksa. Šis komplekss aptver daudzus mazākus krokojumu kompleksus, kas ir vēlā perma līdz eocēna vecuma (Wagreich and Faupl, 1994).

Autora pētītie Gosau sērijas nogulumieži arī ietilpst šajā masīvajā kompleksā. Augšējā krīta kaļķakmeņi Untersberga kalna apkārtnē un citviet Ziemeļu kaļķakmens Alpos veidojušies Penīnu okeāna dienvidu daļā un Gosau jūrā (7.1. attēls). Svarīgi atzīmēt, ka pētītie kaļķakmeņi veidojušies Turonas, Konjakas un arī Santonas laikmetos, kā atzīmēts literatūrā, galvenokārt seklas jūras apstākļos (Wagreich and Faupl, 1994). Vietām vērojama arī nogulumiežu veidu maiņa, kam ir ciklisks raksturs.

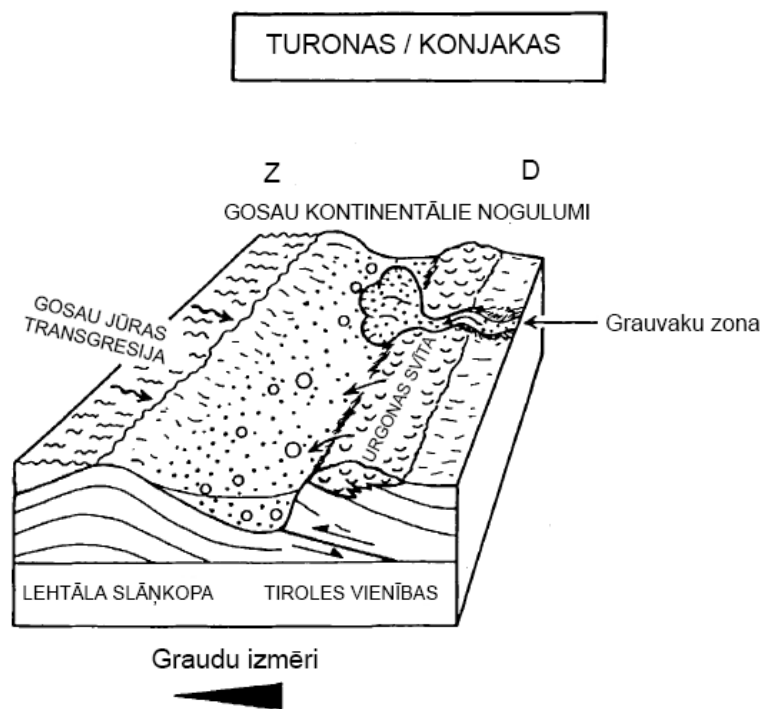


7.1. attēls. Paleogeogrāfiskās rekonstrukcijas shēma Gosau jūras reģionam laika posmā no vēlā krīta līdz eocēna epochai (Uhlir and Danner, 2008; autora tulkojums).

Kā liecina autora veiktie pētījumi, kaļķakmeņi no Kīferas atradnes lielākoties veidojušies dažādu veidu lagūnu apstākļos, savukārt kaļķakmeņi no Šteindlas atradnes pārsvarā veidojušies seklas jūras apstākļos, dažos gadījumos arī lagūnu vidē, tomēr to sedimentāciju ļoti lielā mērā ietekmējuši augstas enerģijas notikumi, tādi kā vētras un to radīti stipri viļņi, spēcīgas zemūdens straumes. Šteindlas atradnes gadījumā ir arī izteiktas pazīmes, kas liecina par aluviāliem procesiem, par ko liecina izteiktais klastiskā materiāla piejaukums autora pētītajos kaļķakmens paraugos.

Pētnieks Haubolds (Haubold *et al.*, 1999) ar līdzautoriem secinājis, ka augšējā krīta Gosau sērijas nogulumieži veidojušies diskordanti uz vecāku iežu kompleksa laikposmā starp divām oroģenēzes fāzēm – pēc Gosau jūras tektoniskās fāzes un pirms tam sekojošās fāzes, kad pamazām izzuda Gosau jūra. Izmantojot paleomagnētisma metodi, Haubolds noteicis Gosau sērijas strukturālo un stratigrāfisko rekonstrukciju, tomēr nav nonācis pie konkrētiem un viennozīmīgiem secinājumiem, kas dotu precīzas atbildes par to kā veidojušies šie daudzveidīgie kaļķakmeņi, kā arī to konglomerāti un brekčijas.

Vāgreihs un Faupls (Wagreich and Faupl, 1994) savā pētījumā nonākuši pie būtiskākiem rezultātiem. Viņi secinājuši, ka augšējā krīta Gosau sērijas slāņi sastopami ne tikai Vācijas un Austrijas Alpos, bet arī centrālajos un rietumu Karpatos (Slovākijas, Polijas un Ungārijas teritorijās). Tas ļauj apgalvot to, ka Gosau jūra bijusi samērā plaša un tā nav bijusi tik ļoti lokāla, kā to iepriekšējos pētījumos secinājuši citi ģeologi. Vāgreihs un Faupls arī konstatējuši, ka vēlā krīta sedimentācijas modelis šajā gadījumā īsumā bijis tāds, ka Konjakas laikposmā notikusi strauja Gosau jūras transgresija (7.2. attēls) virs sarkanīgajām kaļķakmens brekčijām un konglomerātiem (Wagreich and Faupl, 1994).



7.2. attēls. Vēlā krīta Turonas un Konjakas laikmeta sedimentācijas modelis Untersberga kalna apkārtnē (Schlagintweit, 1990; autora tulkojums).

Vērojams arī tas, ka virzienā uz dienvidiem būtiski pieaug graudu izmēri. Arī autora pētītajā kaļķakmens materiālā tas daļēji apstiprinās, jo Šteindlas atradne, kurā izplatīti kaļķakmens konglomerāti-brekčijas un pilngraudainie lielgraudu kaļķakmeņi, kā arī

pilngraudainie kaļķakmeņi, atrodas vairāk uz dienvidiem nekā Kīferas atradne, kur karbonātisko graudu izmēri ir mazāki. Pieļaujams, ka vēl vairāk virzienā uz dienvidiem par Šteindlas atradni vēl vairāk pieaug kaļķakmens graudu izmēri un arī konglomerātiskā materiāla īpatsvars. Šis secinājums atbilst autora pētījumu rezultātiem, ka Kīferas kaļķakmens atradnē ir kaļķakmeņi, kas veidojušies seklākas jūras apstākļos – Gosau jūras iekšējā šelfā daļā un dažādu tipu lagūnās, savukārt kaļķakmeņiem no Šteindlas atradnes ir raksturīgāki lielāki graudu izmēri.

Domājams, ka pilngraudainie un pilngraudainie lielgraudu, kā arī konglomerātiskie kaļķakmeņi no Šteindlas atradnes izgulsnējušies mazliet dziļākas jūras apstākļos kādas upes deltas iznesu konusa nogāzē vai pakājē turbidītu plūsmu vai drupu materiāla plūsmu veidā, kā arī seklas jūras apstākļos vētru laikā. Lielie graudi ieskaloti iekšējā šelfa atklātajā daļā no jūras sublitorāles vai piekrastē esošajiem kaļķakmens materiāla stāvkrastiem, kas bijuši izplatīti šajā laika posmā, jo krokojumu rezultātā pamazām turpinājās celties jaunais Eiropas Alpu masīvs. Tad šie graudi izgulsnēti kalcītiskajā substrātā un tādējādi tie ir ietverti augšējā krīta kaļķakmens materiālā.

Konjakas līdz Santonas laikmeta nogulumieži ir kopumā definējami kā liela biezuma seklas jūras nogulumu sērija. Pēc tam Kampanas un Māstrihtas laikmetos bijuši dziļas jūras apstākļi. Šāda veida cikliskums attiecināms arī uz autora pētītajiem Gosau sērijas nogulumiem, jo tā ir ļoti liela biezuma seklas jūras nogulumiežu sērija – kaļķakmeņi, kam seko dziļu jūru nogulumi, kurus pārstāv sarkanie nogulumi un arī tumšie slānekļi, t. sk. fliša nogulumi (Wagreich and Faupl, 1994).

Centrālalpīnajā Gosau sērijā, kurā ietilpst arī autora pētītie kaļķakmeņi, ir arī izteiktas aluviālo apstākļu pazīmes – ir konglomerāti un izteikts klastiskā materiāla piejaukums (Sanders and Höfling, 2000). Šis fakts apstiprinās arī no maģistra darba autora skatu punkta, jo lielā daļā makroparaugu tika konstatēti gan ļoti lieli kaļķakmens graudi, kuri mijās ar klastisko materiālu, gan arī dažādu izmēru materiāla sadalījums vietām bija ļoti haotisks, ko varētu pamatot ar to, ka šie nogulumi uzkrājušies upes deltas nogāzē vai nogāzes pakājē.

Autora pētītie pilngraudainie lielgraudu un konglomerātiskie kaļķakmeņi varētu būt veidojušies laikā, kad notikusi Turonas un Konjakas laikposma jūras transgresija un jūras šelfa iekšējā daļā ticis iznests ievērojams daudzums klastiskā materiāla. Daļa šo kaļķakmeņu un tajos esošie lieli graudi un fosilijas varētu būt izgulsnētas arī stipru vētru laikā Gosau jūras iekšējā šelfa daļā un atvērtā tipa lagūnās.

Maģistra darba autors pieņem, ka daļa no lielajiem graudiem, kas ir tumšākas krāsas un arī sarkanīgi, varētu būt pārgulsnēti no vecākiem, piemēram, apakšējā krīta nogulumiežiem. To apstiprina tas, ka agrajā krītā bijuši arī anoksiski dziļūdens apstākļi, kā rezultātā

nogulumieži ir tumšas krāsas un mazgraudaini vai pat mikrītiski, savukārt dažviet sastopamā sarkanīgā nogulumiežu krāsa liecina par oksiskiem apstākļiem. Anoksiskie dziļūdens apstākļi bijuši Albas un Aptas laikmetos, kas ir krietnu laiku pirms posma, kad veidojušies autora pētītie kaļķakmeņi (Hu *et al.*, 2005), kas pieder Turonas, Konjakas un Santonas stāvam.

Vēlajā krītā bijusi arī izteikta tektoniskā darbība, kā arī krokošanās, tādēļ daļa šo lielo kaļķakmens graudu un to bloku varētu būt ieskaloti sekļā jūrā (arī lagūnās) no lieliem un augstiem kaļķakmens stāvkrastiem (7.3. attēls) vai arī izskaloti krasta virzienā no jūras sublitorāles daļas un tad izgulsnēti piekrastē, nu jau seklas jūras apstākļos.

Pārējie kaļķakmeņi, kuros ir mikrīts un ir tikai neliels klastiskā materiāla piejaukums, ir veidojušies slēgta līdz atvērta tipa lagūnās, seklas jūras apstākļos. Mikrīts un mazs klastiskā materiāla piejaukums liecina par mierīgu sedimentācijas vidi.



7.3. attēls. Piemērs sedimentācijas apstākļiem, kas, vietām bija raksturīgi Untersberga kalna apkārtnē vēlajā krītā (Uhlir and Danner, 2008).

Svarīgi minēt, ka Santonas un agrās Kampanas jūras transgresija noveda pie jūras padziļināšanās līdz batiālam dziļumam, kā rezultātā vēlā krīta izskaņā Māstrihtas laikposmā atkal veidojušies dziļūdens nogulumieži - flišs (Wagreich and Faupl, 1994), tomēr tie nav pārstāvēti autora pētītajā kaļķakmeņu paraugu kopumā. Vāgreihs secinājis, ka vēlā krīta laikā Gosau jūrai bijusi arī savstarpēja saikne ar Lombardas turbīdītu baseinu, tos šķīruši tikai salu loki un plaši jostveida sēkļi (Wagreich and Faupl, 1994), arī šis fakts varētu daļēji apstiprināt lielo un vietām labi noapaļoto graudu klātbūtni autora pētītajos kaļķakmeņos.

Dažos gadījumos autors kaļķakmeņos konstatēja palielinātu mikrīta daudzumu starp graudiem, dažos citos iežos ar mikrītu bija aizpildītas racējorganismu ejas un plaisas, kā arī bija kaļķakmeņi ar lieliem, mikrītiskiem kaļķakmens graudiem. Mikrīts viennozīmīgi apliecina to, ka tā veidošanās laikā ir bijis izteikti mierīgs hidrodinamiskais režīms un bieži

vien tas raksturīgs slēgta tipa lagūnām. Tomēr arī austriešu izcelsmes ģeologs Krenmairs (Krenmayr, 1996) savā pētījumā secinājis, ka noteikt precīzu mikrītisko kaļķakmeņu ģenēzi ir ļoti sarežģīti vai pat neiespējami, jo tam jāpielieto ļoti sarežģītu metožu kopums un arī tad ar to var būt par maz, lai interpretētu to sedimentācijas apstākļus un noteiktu precīzu vecumu.

SECINĀJUMI

Apkopojot pieejamo zinātnisko literatūru un veicot iegūto rezultātu analīzi un interpretāciju, kā arī, pamatojoties uz pieslīpņu un plānslīpējumu pētījumu datiem, tika formulēti sekojoši **secinājumi**:

- Pētītie augšējā krīta kaļķakmeņi no Kīferas atradnes lielākoties veidojušies atvārtā un slēgtā vai daļēji slēgtā tipa lagūnās, kā arī Gosau jūras šelfa iekšējā daļā.
- Pētītie kaļķakmeņi no Šteindlas atradnes pārsvarā veidojušies seklas jūras apstākļos, tomēr ir pazīmes, kas liecina par aluviāli ietekmētu sedimentāciju, kā arī izteikti aktīvu hidrodinamisko režīmu kontinenta nogāzē, kur veidojās turbidītu plūsmas un drupu materiāla plūsmas.
- Šteindlas atradnē sastopamajos kaļķakmeņos kopumā karbonātisko drupu graudu izmēri ir lielāki par graudu izmēriem kaļķakmeņos Kīferas atradnē, kas sakrīt ar iepriekš veikto pētījumu rezultātiem – virzienā uz dienvidiem Gosau jūras nogulumiežu kompleksā ievērojami palielinās graudu izmēri un pieaug konglomerātiskā materiāla daudzums.
- Abu atradņu gadījumā pilngraudaino, pilngraudaino lielgraudu un konglomerātisko kaļķakmeņu veidošanos ir ietekmējuši augstas enerģijas notikumi – vētras, to radītie stiprie viļņi, zemūdens straumes, to radītās sanesu plūsmas, kā arī aluviālie procesi.
- Atvārtā tipa lagūnās un iekšējā šelfā ir bijusi materiāla pieneše no atklātās jūras, ko apstiprina ievērojams daudzums smalka klastiskā materiāla autora pētītajos kaļķakmeņos.
- Lielie kaļķakmens graudi daļā gadījumu pārgulsnēti no vecākiem iežiem – Albas, Aptas laikmetu kaļķakmeņiem, iespējams, arī Plesenas karbonātu platformas kaļķakmeņiem. Tomēr vietumis lielie kaļķakmens graudi ir pārgulsnēti intraklasti, kuru vecums ir līdzīgs ar pašu kaļķakmens materiālu. Šis fakts apstiprina to, ka pētīto kaļķakmeņu veidošanās laikā ir bijušas spēcīgas vētras un jūras viļņošānās.
- Daļa lielo kaļķakmens graudu ieskaloti karbonātu sedimentācijas areālā no jūras sublitorāles daļas vai arī no kaļķakmens stāvkrastiem, kas atradušies piekrastē, stipru vētru laikā.

Lai veiktu turpmākus pētījumus un varētu noskaidrot krīta karbonātisko nogulumu precīzākus sedimentācijas apstākļus mūsdienu Untersberga kalna apkārtnē un citviet senās Gosau jūras areālā, maģistra darba autors, iespējams, atkārtoti dosies uz Bavārijas Paleontoloģijas un Ģeoloģijas Kolekciju, Minhenē, un turpinās studijas doktorantūrā Latvijas Universitātē.

PATEICĪBAS

Izsaku vislielāko pateicību šī darba vadītājam Dr. ģeol. Ģirtam Stinkulim par neatsveramu palīdzību un padomiem visa maģistra darba tapšanas gaitā. Ļoti pateicos arī prakses vadītājam Markusam Mozeram (Dr. geol. Markus Moser) par doto iespēju veikt šo pētījumu un sniegtajiem padomiem, kā arī maģistra darbam piešķirto kaļķakmens materiālu. Paldies vārdi pienākas arī prakses iestādes direktoram Gertam Vērheidem (Dr. biol. Gert Wörheide) par iespēju gūt pieredzi Bavārijas Paleontoloģijas un Ģeoloģijas Kolekcijā, kā ģeologam lielajā un atsaucīgajā pētniecības komandā. Ļoti liela pateicība pienākas ģimenei un draugiem par morālu atbalstu un motivācijas stiprināšanu.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

- Behrmann, J. H., Tanner, D. C. 2006. Structural synthesis of the Northern Calcareous Alps, TRANSALP segment. *Tectonophysics*. 414(1), 225-240.
- Bosscher, H., & Schlager, W. 1992. Computer simulation of reef growth. *Sedimentology*, 39(3), 503-512.
- Cook, H. E., Field, M. E., Gardner, J. V., 1982. Characteristics of sediments on modern and ancient continental slopes. Sandstone Depositional Environments. *AAPG Mem.*, 31, 329-364.
- Dunham, R. J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional textures. In: Ham, W. E. (ed.): *Classification of carbonate rocks*. A symposium – American Association of Petroleum Geologists. 108-121.
- Egger, H., & Schwerd, K. 2008. Stratigraphy and sedimentation rates of Upper Cretaceous deep-water systems of the Rhenodanubian Group (Eastern Alps, Germany). *Cretaceous Research*. 29(3), 405-416.
- Embry, A. F., & Klovan, J. E. 1971. A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, NWT. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 19(4), 730-781.
- Faupl, P., & Wagneich, M. 2000. Late Jurassic to Eocene palaeogeography and geodynamic evolution of the Eastern Alps. *Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft*, 92, 79-94.
- Flügel, E. 2004. *Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application*. Berlin, Springer.
- Frisch, W., & Gawlick, H. J. 2003. The nappe structure of the central Northern Calcareous Alps and its disintegration during Miocene tectonic extrusion—a contribution to understanding the orogenic evolution of the Eastern Alps. *International Journal of Earth Sciences*, 92(5), 712-727.
- Gawlick H. J., Schlagintweit F., Missoni S. 2005. *Die Barmsteinkalke der Typlokalität nordwestlich Hallein (hohes Tithonium-tieferes Berriasium; Salzburger Kalkalpen, Deutschland, Osterreich). Sedimentologie, Mikrofazies, Mikropalaontologie und Stratigraphie: neue Aspekte zur Entwicklungsgeschichte der Ober-Jura-Karbonatplattform und der tektonischen Interpretation der Hallstätter Zone von Hallein-Bad Durrnberg*. N. Jb. Geol. Paleontol. Abh. 351–421.
- Hallock, P., & Schlager, W. 1986. Nutrient excess and the demise of coral reefs and carbonate platforms. *Palaios*, 389-398.
- Haubold, H., Scholger, R., Frisch, W., Summesberger, H., & Mauritsch, H. J. 1999. Reconstruction of the geodynamic evolution of the Northern Calcareous Alps by means of paleomagnetism. *Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy*. 24(8), 697-703.
- Hu, X., Jansa, L., Wang, C., Sarti, M., Bak, K., Wagneich, M., & Soták, J. 2005. Upper Cretaceous oceanic red beds (CORBs) in the Tethys: occurrences, lithofacies, age, and environments. *Cretaceous Research*. 26(1), 3-20.

- Hu, X., Sarti, M. 2002. Cretaceous Oceanic Red Beds (CORB) in an Apennines Alps-Carpathians Transect. *Field Guidebook for Inaugural Workshop of IGCP 463*, Ancona, Italy, pp. 1–115.
- James, N. P., & Bone, Y. 1991. Origin of a coolwater, Oligo Miocene deep shelf limestone, Eucla Platform, southern Australia. *Sedimentology*, 38(2), 323-341.
- Kieslinger, A. 1964. *Die nutzbaren Gesteine Salzburgs*. Salzburg, Stuttgart, Verlag "Das Bergland-Buch".
- Kirsch, K. H. 2003. *Dinoflagellatenzysten-Zonierung der höheren Unterkreide*.
- Krenmayr, H. G. 1996. Hemipelagic and turbiditic mudstone facies associations in the Upper Cretaceous Gosau Group of the Northern Calcareous Alps (Austria). *Sedimentary Geology*. 101(3), 149-172.
- Lees, A. 1975. Possible influence of salinity and temperature on modern shelf carbonate sedimentation. *Marine Geology*, 19(3), 159-198.
- Moshhammer, B., Uhlir, C., Rohatsch, A., & Unterwurzacher, M. 2015. Adnet 'Marble', Untersberg 'Marble' and Leitha Limestone—Best Examples Expressing Austria's Physical Cultural Heritage. In *Engineering Geology for Society and Territory-Volume 5*. Springer International Publishing. 253-257.
- Nichols, G. 1999. *Sedimentology and stratigraphy*. Blackwell Science.
- Sanders, D., & Höfling, R. 2000. Carbonate deposition in mixed siliciclastic-carbonate environments on top of an orogenic wedge (Late Cretaceous, Northern Calcareous Alps, Austria). *Sedimentary Geology*. 137(3), 127-146.
- Schlagintweit, F. 1990. Allochthonous Urgonian limestones of the Northern Calcareous Alps: facies and palaeogeographic framework within the Alpine Orogeny. *Cretaceous Research*. 11(3), 261-272.
- Schlagintweit, F. 2008. Bioerosional structures and pseudoborings from Late Jurassic and Late Cretaceous-Paleocene shallow-water carbonates (Northern Calcareous Alps, Austria and SE France) with special reference to cryptobiotic foraminifera. *Facies*. 54(3), 377-402.
- Schlagintweit, F., & Gawlick, H. J. 2007. Analysis of Late Jurassic to Early Cretaceous algal debris-facies of the Plassen carbonate platform in the Northern Calcareous Alps (Germany, Austria) and in the Kurbnesh area of the Mirdita zone (Albania): a tool to reconstruct tectonics and palaeogeography of eroded platforms. *Facies*. 53(2), 209-227.
- Schlagintweit, F., Sanders, D., & Studeny, M. 2013. Dasycladaleans from the Upper Turonian to Santonian of Austria (Gosau Group pro parte) and paleobiogeographic considerations. *Facies*. 59(1), 247-266.
- Schramm, J. M. 2007. Salzburg in geological maps – historic and modern. *Geo.Alp*. Sonderband 1, S. 111 – 134.
- Şengör, A. M. C. 1990. Comment and reply on: Tethys, Thetis, Thethys or Thetys? What, where and when was it. *Geology*, 18(6), 575-576.
- Steiger, T. 1981. Kalkturbidite im Oberjura der Nordlichen Kalkalpen (Barmstein Kalke, Salzburg, Österreich). *Facies*. 4, 215–348.

- Tollmann, A. 1976. *Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums: Stratigraphie, Fauna und Fazies der nördlichen Kalkalpen*. Wien, Franz Deuticke. 318-429.
- Tucker, M. E. 2001. *Sedimentary petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks*. 3rd edn. Oxford, Blackwell Science.
- Tucker, M. E., & Wright, V. P. 1990. Carbonate mineralogy and chemistry. *Carbonate Sedimentology*, 284-313.
- Uhlir, C., & Danner, P. (Eds.). 2008. *Untersberger Marmor: Entstehung-Abbau-Verwendung-Geschichte*. 2. Auflage. Norderstedt, Books on Demand GmbH. 1-70.
- Wagreich, M., & Faupl, P. 1994. Palaeogeography and geodynamic evolution of the Gosau Group of the northern Calcareous Alps (Late Cretaceous, eastern Alps, Austria). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 110(3), 235-254.
- Wagreich, M., & Krenmayr, H. G. 2005. Upper Cretaceous oceanic red beds (CORB) in the Northern Calcareous Alps (Nierental Formation, Austria): slope topography and clastic input as primary controlling factors. *Cretaceous Research*. 26(1), 57-64.
- Wright, V. P. 1992. A revised classification of limestones. *Sedimentary Geology*, 76(3), 177-185.
- Wright, V. P., & Burchette, T. P. 1996. Shallow-water carbonate environments. In: Reading, H.G. *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. 3rd edn. Oxford, Blackwell Science. 325-394.