

Apatitt fra noen norske mineralforekomster

Fred Steinar Nordrum, Alf Olav Larsen & Muriel Erambert

Innledning

Apatitt er en fellesbetegnelse for kalsiumfosfater med den generelle formelen $\text{Ca}_5\text{PO}_4\text{X}_3$ hvor X = F, Cl, OH. Navnet apatitt ble først brukt av Werner (1786). For omkring 150 år siden ble navnene fluorapatitt, klorapatitt og hydroksylapatitt introdusert for å skille mellom ulike species hvor henholdsvis fluor, klor eller hydroksyl dominerer. Senere har det tilkommet mange flere species til apatittgruppen. Burke (2008) introduserte en ny nomenklatur hvor hovedmineralene i apatittgruppen ble navngitt henholdsvis apatitt-(CaF), apatitt-(CaCl) og apatitt-(CaOH). Av ulike årsaker, ikke minst etter påtrykk fra de mineralogiske miljøene, ble denne nomenklaturen nylig forandret. I stedet ble den tidligere nomenklaturen gjeninnført (Pasero et al. 2010).

I sin helhet omfatter apatittgruppen omkring 40 ulike species. Denne artikkelen tar for seg de tre vanligst forekommende species: fluorapatitt, klorapatitt og hydroksylapatitt. Dette er de vanligste apatittmineralene man kan forvente å finne i mange norske bergarter og mineralforekomster. I mange forekomster danner mineralene fine krystaller av interesse for mineralsamlere. Fargene varierer fra vannklare, grå og hvite til grønne, gule, blå, fiolette, rødlige og brune. Krystallene viser enkelte ganger sonering, det vil si fargevariasjon. En del krystaller synes tydelig å være helt eller delvis omvandlet fra en tidligere dannet apatitt. Apatitt inneholder ofte en signifikant mengde med sjeldne jordartselementer (REE).

For korrekt identifisering må de enkelte mineralene i apatittgruppen, som et minimum, analyseres med hensyn på kjemisk sammensetning. Apatitt i en del norske forekomster er tidligere analysert og identifisert (Neumann 1985), men mange er ikke tilstrekkelig undersøkt. I denne undersøkelsen er apatitt fra en del kjente forekomster av interesse for mineralsamlere valgt ut og analysert ved hjelp av elektronmikroskop. En oversikt er vist i Tabell 1.

Kjemiske analyser

De kjemiske analysene ble foretatt vha en CAMECA SX-100 elektronmikroskop (EMP) med akselerasjonsspenning 15 kV, strømstyrke 10 nA og strålediameter på 10 μm . Følgende analyseoppsett er anvendt [spektrometer, krystall; analyselinje, telletid, kalibreringsstandard]: SP1, PET: CaK α , 10 s, Durango apatitt.

SP2, LTAP: FK α , 10 s, fluoritt og Durango apatitt; NaK α 10 s, albitt; SrL α , 20 s, Sr-sulfat; YL α , 10 s, YPO $_4$.

SP3, LPET: ClK α , 10 s, alforsitt; CeL α , 20 s, CePO $_4$; LaL α , 20 s, LaPO $_4$.

SP4, LLIF: NdL α , 20 s, NdPO $_4$; PrL β , 10 s, PrPO $_4$; FeK α , 10 s, Fe; MnK α , 10 s, pyrophanitt.

SP5, TAP: PK α , 10 s, Durango apatitt; SK α , 20 s, wollastonitt; MgK α , 20 s, MgO.

Bakgrunnsposisjonene ble bestemt på bakgrunn av WDS-scan. Tiden for bakgrunnsmålinger var alltid 10 s. Fluor-migrasjon i apatitt ved EMP-analyser er et velkjent fenomen. Derved kan apatitt ikke brukes direkte som kalibreringsstandard. Til dette formålet ble anvendt fluoritt. Durango apatitt ble derimot brukt til å kontrollere og rekalkulere samtlige analyseresultater. Resultatene er vist i Tabell 2.

For å bestemme hvilke apatitter som finnes i de ulike forekomstene er mol-% fluorapatitt og klorapatitt kalkulert på basis av analyseresultatene for F og Cl. Støkiometrisk fluorapatitt og klorapatitt inneholder henholdsvis 3,77 % F og 6,81 % Cl, mens hydroksylapatitt inneholder 1,79 % H $_2$ O. Ved kalkuleringen er mol-% hydroksylapatitt beregnet som differansen 100 % - (mol-% fluorapatitt + mol-% klorapatitt).

Resultater

To forventete resultater kom klart fram: Fluorapatitt er det vanligste apatittmineralet og noen apatitter har markant variasjon i sammensetning av F, Cl og OH.

Alle analyserte apatitter fra drammensgranitt (Lier), nordmarkitt (Vatnar, Hillestad), granittpegmatitter (Storsynken og Ljosland i Iveland, Godfjell i Kragerø) og nefelinsyenittpegmatitter (Tvedalen og Stålaker) var fluorapatitter med et meget dominerende fluorinnhold, et signifikant hydroksylinnhold og et svært lavt klorinnhold. Apatitt fra skarnforekomst utenfor drammensgranitten (Sata, Konnerud) har tilsvarende innhold av fluor, klor og hydroksyl. Enkelte apatittkrystaller i nefelinsyenittpegmatitt (Stålaker) har en ytre sone med overgang til en britholittfase.

De gulgrønne, gjennomsluktige apatittene fra Høgsetra klebersteinsbrudd og Altermark talkgruve som opptrer i liknende bergarter, er begge hydroksylapatitter med et markant fluorinnhold og er tilnærmet fri for klor. Mortensen (1973) beskriver knoller av honninggul, gjennomsluktig hydroksylapatitt i en talk-magnesittsone i Slipesteinsberget talk-sepentinitforekomst i Sparbu.

Apatitt innen Kongsberg-Bamble sektoren viser store variasjoner mellom forekomster og ofte innen samme forekomst/krystall.

Apatitten fra Oksøykollen (Snarum) er virkelig en hydroksylapatitt, med et signifikant innhold av fluor. En analyse i en krystallkjerne viser imidlertid et lavt innhold av hydroksyl og et jevnstort, dominerende innhold av klor og fluor.

Apatitt fra skarnforekomster (Øyna og Gjerstad) er fluorapatitt med signifikant innhold av hydroksyl. Apatitt fra en kalkspatgang i Vegårshei viser et tilsvarende resultat.

Apatitt fra Akland og Kragerø (utenom granittpegmatitt) viser stor spredning og et ganske likt mønster. Særlig er variasjonen stor for hydroksyl og klor. Hvit apatitt er begge steder overveiende hydroksylapatitt med et signifikant fluorinnhold og også et markant klorinnhold (i Akland høyere enn i Kragerø). De grønne apatittene begge steder og den grå, friske fra Akland er alle klorapatitter med et signifikant innhold av fluor, i Kragerø også med et signifikant hydroksylinnhold. Rødlig apatitt fra Kragerø og Ødegården er hydroksylapatitt med et signifikant innhold av fluor. Dette er trolig "hvit" apatitt som er farget av jernoksidhydroksider. Gul apatitt fra Ødegården er tidligere bestemt som klorapatitt (Neumann 1985).

I Akland ble det funnet apatittkrystaller med grønn kjerne og et ytre hvitt lag. Hvit hydroksylapatitt synes derfor å være en hydrotermal omvandling av tidligere krystallisert klorapatitt, eller eventuelt en sen utkrystallisering.

Den ytre sonen med britholittfase på enkelte apatittkrystaller fra larviktområdet er på samme måte enten en sen utkrystallisering eller, mer sannsynlig, en hydrotermal omvandling av fluorapatitt.

Apatitt fra nefelinsyenittpegmatittene har det høyeste innhold av de sjeldne jordartene. I likhet med britholittfasen fra Stålaker er de dominert av de lettere sjeldne jordartene, vesentlig Ce. Apatitt fra granittpegmatitter (Iveland, Godfjell) har en anomali for yttrium, som er i overensstemmelse med den generelle trenden at aksessoriske mineraler fra disse forekomstene ofte er dominert av Y og de tyngre sjeldne jordartene. Apatitt fra drammensgranitt og hillestadnordmarkitt har anomali på de lette, sjeldne jordarter og et relativt lavt innhold av yttrium.

Takk

Peter Andresen har utlånt prøven fra Godfjell. Knut Edvard Larsen takkes for kommentarer til manuskriptet.

Litteratur

BURKE, A.A.J. (2008): Tidying up mineral names: an IMA-CNMNC scheme for suffixes, hyphens and diacritical marks. *Mineralogical Record* **39**, 131-135.

MORTENSEN, M. (1973): Talk-serpentinittforekomster I Sparbu, Nord-Trøndelag. *Norges geologiske undersøkelse* **290**, 1-16.

NEUMANN, H. (1985): Norges mineraler. *Norges Geologiske Undersøkelse, Skrifter* **68**, 278 s.

PASERO, M., KAMPF, A.R., FERRARIS, C., PEKOV, I.V., RAKOVAN, J. & WHITE, T.J. (2010): Nomenclature of the apatite supergroup minerals. *European Journal of Mineralogy* **22**, 163-179.

WERNER, A.G. (1786): Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten. *Abhandlungen der Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften* **1**, 272-297.

Tabell 1. Analyserte apatitter

KRA 1	Kragerø	rødbrun (kjøttfarvet)	Med kvarts
KRA 3	Kragerø	grønn	Med karbonat og amfibol
KRA 6	Kragerø, Kjølebrønn	hvit, svakt rødbrun	Singelkrystall
GOD	Godfjell, Kragerø	grønnblå	Med kvarts og muskovitt i granittpegmatitt
HØG	Høgsetra, Sel	gulgrønn	Med talk og dolomitt i klebersteinsbrudd
OKS 1	Oksøykollen, Snarum	hvit/lys grå	Med amfibol og albitt
OKS 2	Oksøykollen, Snarum	hvit/lys grå	Med amfibol og albitt
LIER	Lier	gulgrønn	Druse i drammensgranitt
HIL	Vatnar, E18, Holmestrand	gulgrønn	Druse i nordmarkitt
ØYNA	Øyna, Froland	svakt brunhvit	Med aktinolit, titanitt og rutil i karbonatlag
VEGAR	Vegårshei	blekgrønn	Med kvarts og amfibol i kalkspatgang
GRYT	Gjerstad	grønnblå	Skarn i karbonatlag
LJOS	Ljosland, Iveland	blå	Med feltspat og kvarts i granittpegmatitt
SATA	Sata, Konnerud	svakt beige	Med grossular og vesuvian i skarn
AKL 1	Akland, Risør	hvit	Med albitt, diopsid og amfibol i amfibolitt
AKL 2	Akland, Risør	grå	Singelkrystal med amfibol
AKL 3	Akland, Risør	grønn	På matriks med albitt, diopsid og amfibol
KNIP	Storsynken, Iveland	blekgrønn	Med biotitt og muskovitt i granittpegmatitt
TVE 1	Tuften, Larvik	grønn	I nefelinsyenittpegmatitt
TVE 2	Tuften, Larvik	grønn	I flusspat i nefelinsyenittpegmatitt
STÅL	Stålaker, Larvik	lys gulgrønn, brun yttersone	I nefelinsyenittpegmatitt
ALT	Altermark, Mo i Rana	gulgrønn	I biotitt i talkgruve
ØDE	Ødegården, Bamble	rød	I apatittforekomst i gabbroid bergart

Tabell 2: Kjemisk sammensetning (i vekt-%) av norske apatitter, og angivelse i mol-% av henholdsvis fluorapatitt (FL), klorapatitt (KL) og hydroksylapatitt (HY). Forklaring til prøvemerking er angitt i Tabell 1.

Prøve mrk.	P ₂ O ₅	SiO ₂	Y ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	La ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	SrO	Na ₂ O	F	Cl	Total	FL	KL	HY
KRA1	42,12	0,01	0,00	0,25	0,09	0,06	0,00	0,01	55,57	0,01	0,01	0,04	0,14	1,30	0,47	100,06	34	7	59
KRA1	41,55	0,03	0,00	0,24	0,09	0,05	0,06	0,02	55,22	0,00	0,06	0,02	0,11	1,07	0,86	99,37	28	13	59
KRA1	42,01	0,02	0,00	0,30	0,12	0,19	0,04	0,00	54,75	0,00	0,04	0,02	0,12	1,34	0,97	99,91	36	14	50
KRA1	42,19	0,00	0,00	0,27	0,10	0,23	0,18	0,01	54,70	0,00	0,00	0,05	0,07	1,55	0,63	99,97	41	10	49
KRA3, kjerne	41,62	0,12	0,00	0,31	0,18	0,05	0,10	0,00	54,43	0,09	0,02	0,04	0,08	0,96	3,48	101,46	25	51	24
KRA3, kjerne	41,39	0,11	0,00	0,24	0,10	0,07	0,30	0,00	54,97	0,01	0,03	0,03	0,09	0,93	3,53	101,78	25	52	23
KRA6	41,83	0,00	0,00	0,25	0,04	0,06	0,00	0,01	55,11	0,00	0,10	0,03	0,11	0,83	0,82	99,20	22	12	66
KRA6	42,36	0,00	0,00	0,40	0,22	0,14	0,02	0,00	55,32	0,00	0,00	0,04	0,13	1,00	1,34	100,96	26	20	54
GOD, kjerne	42,48	0,03	0,20	0,10	0,00	0,14	0,23	0,04	55,85	0,41	0,00	0,02	0,14	2,75	0,07	102,44	73	1	26
GOD, kjerne	42,79	0,00	0,14	0,08	0,04	0,03	0,09	0,02	55,86	0,49	0,02	0,00	0,14	2,95	0,11	102,76	78	2	20
GOD, kjerne	42,71	0,03	0,15	0,10	0,05	0,09	0,00	0,02	55,24	0,49	0,06	0,01	0,12	2,47	0,07	101,62	66	1	33
HØG	42,28	0,04	0,13	0,06	0,00	0,05	0,08	0,01	55,24	0,09	0,00	0,34	0,12	1,02	0,02	99,47	27	<1	73
HØG	42,66	0,04	0,10	0,09	0,05	0,13	0,08	0,02	55,26	0,13	0,00	0,33	0,14	1,23	0,02	100,27	33	<1	67
OKS1, kjerne	41,29	0,00	0,00	0,18	0,04	0,02	0,08	0,01	55,19	0,00	0,00	0,72	0,04	1,20	0,33	99,10	32	5	63
OKS1, kjerne	42,22	0,00	0,00	0,10	0,04	0,13	0,00	0,00	55,50	0,00	0,03	0,71	0,07	1,28	0,39	100,47	34	6	60
OKS1, kjerne	41,51	0,01	0,00	0,08	0,01	0,20	0,00	0,02	54,79	0,04	0,09	0,49	0,11	1,62	3,05	102,00	43	45	12
OKS2, kjerne, grå sone	42,16	0,01	0,01	0,17	0,06	0,08	0,10	0,00	55,03	0,02	0,03	0,69	0,07	1,09	0,68	100,18	29	10	61
OKS2, hvit, ytre sone	42,28	0,00	0,00	0,22	0,11	0,07	0,00	0,01	55,17	0,02	0,02	0,69	0,05	0,82	0,36	99,82	22	5	73
LIER	41,05	0,83	0,12	1,19	0,56	0,34	0,31	0,01	53,93	0,18	0,07	0,00	0,11	3,49	0,18	102,38	93	3	4
LIER	41,14	0,79	0,12	1,23	0,60	0,39	0,10	0,01	54,36	0,20	0,05	0,00	0,05	3,10	0,21	102,35	82	3	15
HIL	40,56	0,74	0,04	1,57	1,02	0,40	0,03	0,02	52,49	0,18	0,09	0,06	0,45	3,09	0,15	100,87	82	2	19
HIL	40,35	0,76	0,09	1,62	1,02	0,45	0,24	0,03	52,64	0,17	0,03	0,09	0,47	3,08	0,12	101,15	82	2	19
ØYNA, kant	42,25	0,08	0,00	0,15	0,01	0,10	0,00	0,01	55,66	0,00	0,03	0,02	0,04	2,25	0,51	101,11	60	7	33
ØYNA, kjerne	42,57	0,06	0,00	0,18	0,05	0,07	0,00	0,02	55,15	0,02	0,04	0,02	0,10	2,24	0,61	101,11	59	9	32

Tabell 2 (fortsettelse).

Prøve mrk.	P ₂ O ₅	SiO ₂	Y ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	La ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	SrO	Na ₂ O	F	Cl	Total	FL	KL	HY
VEGAR	42,77	0,18	0,00	0,09	0,02	0,00	0,00	0,01	56,24	0,04	0,02	0,01	0,03	2,79	0,35	102,55	74	5	21
VEGAR	42,33	0,34	0,00	0,12	0,00	0,11	0,03	0,00	56,23	0,04	0,00	0,01	0,09	2,76	0,33	102,38	73	5	22
GRYT, kjerne	42,19	0,09	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	56,11	0,04	0,06	0,00	0,00	2,39	0,55	101,46	63	8	29
GRYT, kjerne	42,16	0,15	0,00	0,05	0,02	0,04	0,00	0,00	56,03	0,07	0,06	0,03	0,02	2,36	0,57	101,55	63	8	29
LJOS, kjerne	42,20	0,28	0,50	0,04	0,01	0,13	0,00	0,04	55,36	0,26	0,00	0,01	0,12	2,72	0,11	101,76	72	2	26
LJOS,kjerne	42,04	0,25	0,27	0,04	0,02	0,09	0,00	0,00	55,66	0,21	0,00	0,03	0,08	2,58	0,12	101,37	68	2	30
SATA, kjerne	39,21	1,09	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	56,59	0,00	0,00	0,27	0,00	3,34	0,05	100,57	89	<1	11
SATA, kjerne	38,96	1,00	0,00	0,03	0,05	0,02	0,00	0,00	56,13	0,00	0,02	0,27	0,03	3,40	0,04	99,95	90	<1	10
AKL1	42,14	0,04	0,00	0,11	0,07	0,00	0,07	0,03	56,69	0,02	0,02	0,04	0,05	1,84	0,27	101,39	49	4	47
AKL1	41,70	0,00	0,00	0,13	0,07	0,09	0,06	0,00	55,20	0,00	0,00	0,04	0,05	0,67	2,34	100,34	18	34	48
AKL1	42,52	0,01	0,00	0,08	0,03	0,12	0,05	0,00	55,16	0,00	0,00	0,02	0,07	0,79	1,99	100,83	21	29	50
AKL2	41,57	0,06	0,00	0,03	0,06	0,03	0,01	0,00	55,28	0,02	0,02	0,02	0,04	1,03	3,84	102,03	27	56	17
AKL2, kjerne	41,17	0,06	0,00	0,08	0,03	0,06	0,00	0,00	55,09	0,01	0,03	0,03	0,05	1,12	3,87	101,60	30	57	13
AKL3, kjerne	41,29	0,05	0,00	0,26	0,13	0,09	0,05	0,00	54,97	0,00	0,01	0,05	0,12	0,79	5,42	103,22	20	80	0
AKL3, kjerne	41,10	0,05	0,00	0,25	0,12	0,09	0,02	0,00	54,57	0,02	0,01	0,03	0,11	0,68	5,30	102,32	18	78	4
KNIP	42,22	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	55,81	0,04	0,01	0,04	0,00	3,55	0,02	101,76	94	<1	6
KNIP	42,76	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,08	0,00	56,56	0,01	0,01	0,00	0,02	3,25	0,05	102,76	86	<1	14
KNIP, lys åre	41,76	0,23	0,32	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	56,14	0,12	0,03	0,02	0,01	3,13	0,06	101,83	83	<1	17
KNIP, lys åre	41,65	0,33	0,54	0,03	0,00	0,04	0,13	0,03	54,90	0,12	0,02	0,00	0,07	3,27	0,07	101,19	87	1	12
TVE1	39,94	1,06	0,12	2,90	1,18	0,90	0,26	0,00	51,58	0,02	0,01	0,16	0,52	3,43	0,02	102,09	91	<1	9
TVE1	38,12	1,70	0,46	3,28	1,36	1,14	0,41	0,00	49,94	0,18	0,05	0,00	0,58	2,87	0,00	100,09	76	0	24
TVE1	41,76	0,00	0,58	0,59	0,17	0,45	0,07	0,00	53,98	0,00	0,06	0,09	0,56	3,55	0,02	101,88	94	<1	6

Tabell 2 (fortsettelse).

Prøve mrk.	P ₂ O ₅	SiO ₂	Y ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	La ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	SrO	Na ₂ O	F	Cl	Total	FL	KL	HY
TVE2	38,19	1,47	0,26	3,14	1,28	1,23	0,51	0,00	51,06	0,07	0,03	0,05	0,56	3,16	0,01	101,02	84	<1	16
TVE2	37,53	1,92	0,38	3,76	1,59	1,33	0,67	0,00	49,60	0,08	0,05	0,08	0,59	3,03	0,01	100,62	80	<1	20
TVE2	40,14	0,63	0,01	2,47	1,29	0,70	0,09	0,03	53,09	0,07	0,00	0,19	0,53	3,70	0,01	102,95	98	<1	2
STÅL, kjerne	37,98	1,99	0,31	3,52	1,51	1,31	0,40	0,00	50,20	0,11	0,05	0,04	0,38	2,97	0,02	100,78	79	<1	21
STÅL, mellomsonne	30,46	5,81	0,94	8,26	3,70	2,65	0,81	0,00	43,17	0,15	0,11	0,01	0,19	2,85	0,05	99,15	*		
STÅL, mellomsonne	25,91	8,54	1,34	11,44	5,51	3,29	1,19	0,01	37,92	0,12	0,05	0,00	0,18	2,48	0,06	98,03	*		
STÅL. kant	17,17	12,81	1,91	17,30	9,63	3,71	1,35	0,01	29,88	0,19	0,08	0,00	0,08	2,18	0,08	96,37	*		
ALT, kjerne	42,73	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,09	0,02	56,05	0,13	0,10	0,10	0,06	1,60	0,00	100,96	42	0	58
ØDE, kjerne	42,62	0,01	0,00	0,15	0,01	0,14	0,08	0,00	56,22	0,00	0,00	0,07	0,10	1,66	0,26	101,32	44	4	52

* overgang til en britholittfase