

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

Studijní program: Geologie

Studijní obor: Hospodaření s přírodními zdroji



**Petra Stárková**

**Tyrkys a jeho imitace**

**Turquoise and its imitation**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Dobroslav Matějka, CSc.

Praha, 2014

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 16. května 2014

Podpis:

## **ABSTRAKT**

Práce přináší informace o historii využívání tyrkysu, etymologii názvu a rozšíření tohoto minerálu ve starověkých kulturách. Poskytuje přehled o mineralogii tyrkysu, jeho struktuře, chemických a fyzikálních vlastnostech a přibližuje jej také po geologické stránce. Pojednává o genezi tyrkysu a jeho výskytu ve světě. Zabývá se minerály a dalšími materiály, které se dnes používají k jeho imitování, a charakterizuje rozdíly mezi nimi. Věnuje se také ošetřování tyrkysu, péči o něj a jeho ochraně před vnějšími vlivy.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis provides information about the history of turquoise stone, the use, etymology of its name and spreading of this stone in ancient cultures. It includes general knowledge about mineralogy of turquoise, its structure, chemical and physical qualities and also approaches of gemological aspects. The work expands on the genesis of turquoise and its occurrence in the world. The minerals and other materials, which are nowadays used for its imitation and characteristics of differences between each other, are described further. The work also elaborates on the treatment of turquoise, its care and his protection against harmful effects.

## OBSAH:

1	ÚVOD .....	1
2	TYRKYS VE STARÝCH KULTURÁCH.....	2
3	ETYMOLOGIE NÁZVU TYRKYSU.....	6
4	MINERALOGIE TYRKYSU.....	6
4.1	Celková charakteristika .....	6
4.2	Zařazení v mineralogickém systému (Strunz) .....	6
4.3	Chemické složení .....	9
4.4	Minerály tyrkysové skupiny .....	9
4.4.1	Chemismus .....	9
4.4.2	Mísitelnost .....	10
5	STRUKTURA TYRKYSU .....	10
6	ODOLNOST TYRKYSU PŘI KLENOTNICKÉM ZPRACOVÁNÍ.....	11
7	SYNTÉZY A IMITACE .....	11
8	GEMOLOGICKO-MINERALOGICKÁ CHARAKTERISTIKA TYRKYSU.....	12
9	GENEZE .....	13
10	LOŽISKA A LOKALITY TYRKYSU.....	14
10.1	Afrika .....	14
10.1.1	Senegal .....	14
10.1.2	Tanzánie .....	14
10.1.3	Egypt .....	14
10.2	Austrálie .....	14
10.2.1	New South Wales.....	14

10.2.2	Queensland .....	14
10.2.3	South Australia.....	14
10.2.4	Victoria.....	15
10.3	Evropa .....	15
10.3.1	Belgie .....	15
10.3.2	Německo .....	15
10.3.3	Francie .....	15
10.3.4	Rakousko.....	16
10.3.5	Velká Británie .....	16
10.4	Jižní Amerika.....	16
10.4.1	Chile.....	16
10.4.2	Mexiko .....	16
10.5	Severní Amerika .....	17
10.5.1	USA – Virginia .....	17
10.5.2	USA – Nevada .....	17
10.5.3	USA – Nové Mexiko, Colorado, Nevada, Arizona a Kalifornie.....	17
10.6	Asie.....	18
10.6.1	Čína .....	18
10.6.2	Írán.....	18
10.6.3	Kazachstán.....	19
10.6.4	Uzbekistán .....	19
10.6.5	Turkestán a Tibet .....	19
11	TYRKYS A JEHO IMITACE .....	19

12	TYRKYS JAKO ŠPERKOVÝ KÁMEN .....	26
13	DISKUZE.....	27
14	ZÁVĚR .....	28
15	LITERATURA.....	29

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala svému školiteli RNDr. Dobroslavu Matějkovi, CSc., za zadání velmi zajímavého tématu a za podporu během sepisování bakalářské práce, dále RNDr. Radku Hanusovi, PhD., za četné konzultace i přes jeho velké pracovní nasazení a za zapůjčení těžko dostupné odborné literatury.

Dále bych ráda poděkovala rodičům a blízkým za podporu během celého dosavadního studia, zejména mé mamince.



## 1 ÚVOD

Cílem bakalářské práce je celkově zhodnotit skupinu tyrkysu, dále se zabývá etymologií a vývojem názvu v jednotlivých kulturách. Rovněž se práce rešeršně věnuje struktuře, chemickým a fyzikálním vlastnostem a přibližuje jej také po geologické stránce. Dále bylo cílem práce pokusit se ověřit stav těžby na světově nejdůležitějších ložiskách a lokalitách.

Tyrkys patří mezi jeden z nejstarších známých drahých kamenů a prakticky téměř ve všech kulturách patřil mezi mimořádně vysoce ceněné drahé kameny pro jeho atraktivní a v přírodě vzácnou barvu. Barva tyrkysu je natolik charakteristická, že dala jméno i odstínu modré barvy. Tyrkysově modrá, ekvivalentně v jazykových mutacích turquoise blue (ang.), türkisblau (něm.), bleu turquoise (fr.), бирюзовый (rus.), لغيروز الأزرق (arab.), nachází uplatnění prakticky ve všech oblastech lidské činnosti.

Tyrkys začal být využíván už ve čtvrtém tisíciletí před naším letopočtem Egyptany, kteří ho objevili v dolech na Sinaji. Tam se poprvé objevilo jeho jméno pod názvem *mafkat*, ryté na náhrobní kameny faraonů v nedalekých dolech (Bariand a Poirot 1985).

Pro svou střední tvrdost byl tyrkys jednoduše řezán a tvarován již starověkým náradím do sošek představujících bohy a zvířata, kterých si starověká kultura cenila. Stejně tak byl zpracováván do různých šperků a ozdob. Tyrkysy a tyrkysové šperky byly také běžně používané při pohřebních ceremoniálech. Na Obr. 1 je jeden vyobrazen s posvátným egyptským skarabeem (Lowry a Lowry 2010).



**Obr. 1:** Pektorál se skarabeem vykládaný mimo jiné tyrkysem  
(<http://omegafoundation.siriuscomputing.net/Astrology/Scarab.htm>).

V Číně byl tyrkys využíván již před prvním tisíciletí před naším letopočtem. V roce 1977 bylo nalezeno v ruinách datovaných k dynastii Yin (asi 1300 let před naším letopočtem) více než tisíc tyrkysových sošek představujících cikády, žáby a další zvířata všech druhů (Fuquan 1986). Velmi pěkný příklad čínského tyrkysu ukazuje Obr. 2.



**Obr. 2:** Tříkilogramová váza (24 cm na výšku) s devíti lvy. Geologické muzeum, Beijing (Fuquan 1986).

Historické šperky, amulety, zdobené nádoby a různé doplňky jsou k vidění v muzeích a chrámech po celém světě.

Po vzniku prvních obchodních cest se začaly postupně jednotlivé kultury a víry šířit na mnohem větší vzdálenosti než dříve. Stejně tak to bylo i s náradím a uměním. Tyrkys se začal šířit do světa, z Egypta (Abydos) a Levanty (východní pobřeží Středozemního moře) do Řecka, na východ do Mezopotámie, dál do celé Persie, Afghánistánu, později do Číny, Evropy, Střední, Jižní a Severní Ameriky (Lowry a Lowry 2010).

Počátky těžby tyrkysu i nejstarší záznamy o jeho využití jsou spjaty se slavnými civilizacemi ve světové historii: Egyptany, Peršany, Číňany, Tibeťany, Inky, středoamerickými i severoamerickými Indiány. V mnoha evropských a asijských zemích (například Německo, Indie, Rusko) byl tyrkys také používán v umění a na ozdobných předmětech (Lowry a Lowry 2010).

## 2 TYRKYS VE STARÝCH KULTURÁCH

Tyrkys je hydratovaný fosforečnan mědi a hliníku (Bouška a Kouřimský 1980), proto se vyskytuje především v aridních a semiaridních klimatech (Chvátal 2005). Blízkost jeho nalezišť byla také důvodem pro jeho mimořádnou oblibu zejména mezi původním obyvatelstvem Latinské Ameriky a jižní části Severní Ameriky a dále oblastí dnešního Středního a Blízkého východu.

Tyrkys tehdy do „kulturního“ světa přišel přes dnešní Turecko z území dnešního Íránu (z lokality Al-Mirsah-Kuh severovýchodně od vesnice Meydän u Neyshäbür) (Bukanov 2006).

V Egyptě se nazývá *mafkat*. Ve starověkém Řecku a Římě se nazýval *callais* podle řeckého *callos* (krásný), v Persii *firouse* a v Mexiku byl Aztéky nazýván *xihuitl* (Bukanov 2006). Tato různá pojmenování v jednotlivých kulturách dokládají velkou oblibu a především dobrou znalost tohoto

drahého kamene v různých částech světa, napříč téměř všemi kulturami. Zastoupení tyrkysu ve významných kulturách je uvedeno v Tab. 1.

**Tab. 1:** Zastoupení tyrkysu v jednotlivých významných kulturních etapách (Mrázek 2013).

	<b>Období</b>	<b>Využívání tyrkysu</b>	<b>Letopočet *</b>
<b>Mezopotámie</b>	Akeramický neolit	Ne	
	Chassúnská kultura	Ano	2. polovina 6. tisíciletí před n. l.
	Sámarrská kultura	Ano	5500 - 4800 př. n. l.
	Chaláfská kultura	Ne	
	Obejdská kultura	Ano	5000 př. n. l.
	Urucká kultura	Ne	
	Gaurská kultura	Ano	polovina 4. tisíciletí
	Raně dynastické období	Ano	3000 - 2686 př. n. l.
	Akkadská říše	Ne	
	Urská říše	Ano	2116 - 2003 př. n. l.
	Babylonie	Ne	
	Asýrie	Ne	
	Novoasyrská říše	Ano	934 - 609 př. n. l.
	Novobabylonská říše	Ne	
	Achaimenovské období	Ano	550 - 330 př. n. l.
Parthské období	Ne		
<b>Starověký Egypt</b>	Kultura Fajjúm A	Ne	
	Kultura Maádí	Ne	
	Kultura badárien	Ne	
	Kultura Nakáda I	Ne	
	Kultura Nakáda II	Ano	3500 - 3200 př. n. l.
	Kultura Nakáda III	Ano	3200 - 3000 př. n. l.
	Raně dynastické období	Ano	3000 - 2686 př. n. l.
	Stará říše	Ano	2700 - 2181 př. n. l.
	1. přechodné období	Ne	
	Střední říše	Ano	2055 - 1650 př. n. l.
	2. přechodné období	Ne	
	Nová říše	Ano	1550 - 1069 př. n. l.

	3. přechodné období	Ano	1078 - 664 př. n. l.
	Pozdní doba	Ano	665 - 332 př. n. l.
	Ptolemaiovská doba	Ne	
	Římská doba	Ne	
<b>Civilizace Harappa</b>	Akeramický neolit	Ano	9000 - 7000 př. n. l.
	Keramický neolit a chalkolit	Ne	
	Raná harappská fáze Rávi	Ne	
	Raná harappská fáze Kót Didží	Ne	
	Harappská fáze	Ano	2600 - 1900 př. n. l.
	Pozdní harappská fáze	Ano	1900 - 1300 př. n. l.
<b>Starověké Řecko a Řím</b>	Protogeometrické období	Ne	
	Geometrické období	Ne	
	Archaické období	Ne	
	Klasické období	Ne	
	Helénistické období	Ano	polovina 4. století př. n. l. - 1. století př. n. l.
	Římská republika	Ne	
	Římské císařství	Ano	31 př. n. l. - 476
<b>Andské kultury</b>	Předkeramické období	Ano	4000 - 1800 př. n. l.
	Rané keramické období	Ano	1800 - 900 př. n. l.
	Chavín	Ano	900 - 200 př. n. l.
	Cupisnique	Ano	1200 - 900 př. n. l.
	Paracas	Ne	
	Friás	Ano	200 př. n. l. - 300
	Moche	Ano	400 př. n. l. - 700
	Nazca	Ano	100 př. n. l. - 600
	Tiahuanaco (Tiwanaku)	Ano	300 - 1000
	Huari (Wari)	Ano	500 - 1000
	Sicán (Lambayeque)	Ano	700 - 1375
	Chimú	Ano	900 - 1470
	Incká říše (Inkové)	Ano	1438 - 1533

<b>Střední Amerika</b> (centrální Mexiko)	Raně předklasické období	Ne	
	Olmékové (střední předklasické období)	Ne	
	Teotihuacán (předklasické až klasické období)	Ano	500 př. n. l. - 750
	Zapotékové (předklasické až klasické období)	Ano	800 př. n. l. - 700
	Toltékové (poklasické období)	Ano	900 - 1250
	Mixtékové (poklasické období)	Ano	7. - 12. stol.
	Aztékové (poklasické období)	Ano	1250 - 1521
<b>Starověká Čína</b>	Kultura Sin-lung-wa	Ne	
	Kultura Ma-ťia-pang	Ne	
	Kultura Che-mu-tu	Ne	
	Kultura Sung-ce	Ne	
	Kultura Chung-šan	Ano	3600 - 2000 př. n. l.
	Kultura Ling-ťia-tchan	Ano	
	Kultura Ta-wen-kchou	Ano	4300 - 2500 př. n. l.
	Kultura Liang-ču	Ne	
	Kultura Lung-šan	Ano	2900 - 1900 př. n. l.
	Kultura Š'-ťia-che	Ne	
	Kultura Čchi-ťia	Ne	
	Dynastie Sia (kultura Er-li-tchou)	Ano	2100 - 1600 př. n. l.
	Dynastie Šang	Ano	1600 - 1046 př. n. l.
	Dynastie Čou	Ano	1045 - 256 př. n. l.
	Dynastie Čchin	Ano	221 - 206 př. n. l.
Dynastie Chan	Ano	206 př. n. l. - 220	

Pozn. \* Do tabulky byl přidán poslední sloupec s letopočty, ve kterých byl tyrkys využíván v daném období.

Z Tab. 1 je patrné, že v minulosti se tyrkys nejvíce těšil oblibě v andských kulturách (v dnešní Kolumbii, Ekvádoru, Bolívii, Peru a v Chile), v Latinské Americe (ve středním a jižním Mexiku, Belize, Guatemale, severní části Salvadoru a západě Hondurasu), starověkém Egyptě, starověké Číně a Mezopotámii (v dnešním Iráku a Íránu), dále pak v harappské kultuře (velká část dnešního Pákistánu) a ve starověkém Řecku a Římě.

Již historicky byl tyrkys relativně často zaměňován za další minerály náležející do skupiny tyrkysu (chalkosiderit, faustit, wavellit, wardit), či za jeho imitace, které s ním kromě barvy nemají nic jiného společného. Tento fenomén pravděpodobně přetrvává i do budoucna, protože k vlastní identifikaci tyrkysu a jeho imitací je třeba již pokročilejší přístrojové vybavení.

### 3 ETYMOLOGIE NÁZVU TYRKYSU

Střední Evropa se dostala do kontaktu s tyrkysem během křížových výprav. Pravděpodobně byl přinesen spolu s kameny z ložisek na Sinaji nebo z Persie (dnešní území Íránu). Jméno se údajně vztahuje k tureckým národům žijícím na Předním východě, díky kterým se tyrkys dostal z Persie na západ. Tyrkys v překladu znamená „turecký kámen“ (Ahmed a kol. 1999).

Nejstarším názvem tyrkysu v mírně přeneseném slova smyslu byl „*turqoys*“ – užívaný kolem roku 1200. O něco později se rozlišoval *turquoise de la vielle roche* (tyrkys ze starého kamene, což je dnešní tyrkys) od *turquoise de la nouvelle roche* (tyrkys z nového kamene, tj. odontolit), přičemž je třeba vzít v úvahu, že tyrkys byl z části ještě v 18. století považován za fosilní kosti a zuby, namodro obarvené vivianitem, hydratovaným železitým fosfátem ( $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ) (Caley a Richards 1956; Ahmed a kol. 1999).

Starší latinské jméno, jak uvádí Plinius ve svém díle *Historia Naturalis* je *callaina*, které je odvozeno z řeckého *kalláinos* (pobleskující modře a zeleně). Do určité míry je jisté, že *callaina* je totéž co tyrkys (Plinius Starší, 1974). Později se toto slovo objevuje také jako *kallait* (Waldheim 1806; Poque 1915). Pod tímto názvem jsou tyrkysy též vystaveny v Mineralogickém muzeu PřF UK.

### 4 MINERALOGIE TYRKYSU

#### 4.1 Celková charakteristika

Tyrkys je blankytně modrý, méně často jablečně zelený; je dokonale štěpný podle {001} a dobře {010}, neprůhledný, voskově lesklý, má lasturnatý lom a bílý až světle modrý vryp. Vytváří celistvé žilky, povlaky, ledvinité agregáty, konkrece, jen vzácně drobné sloupcovité krystalky. Vzniká při infiltraci povrchových vod do hornin se zvýšeným obsahem apatitu (vulkanity, sedimenty, pegmatity) za přítomnosti Cu, hlavně v aridních oblastech (Chvátal 2005).

#### 4.2 Zařazení v mineralogickém systému (Strunz)

V rámci vodnatých fosforečnanů s cizími anionty (Strunz a Tennyson 1982) tvoří tyrkys a některé strukturně a chemicky úzce příbuzné minerály samostatnou skupinu:

VII/D 15-10: **planerit**

VII/D 15-30: **aheylyt**

VII/D 15-40: **tyrkys**

VII/D 15-50: **faustit**

VII/D 15-60: **chalkosiderit** (Bernard a Hyršl 2004).

Tyto minerály jsou blíže popsány v Tab. 2.

V nové klasifikaci (Strunz a Nickel 2001) jsou díky vyčlenění borátů do samostatné skupiny fosfáty posunuty o jedno místo, tj. tvoří 8. skupinu. Další zařazení je podobné:

**8. DD. 15 = 8:** Fosfáty, vanadáty a arzenáty

**D:** Fosfáty aj. s vodou a cizími anionty

**D:** Pouze se středně velkými kationty a poměrem (OH aj.):  $RO_4 = 2:1$

**15:** Aheylit, chalkosiderit, faustit, planerit, tyrkys (P -1) (<http://www.mindat.org>).

Všechny tyto uvedené minerály tvoří tzv. skupinu tyrkysu s trojklonnou krystalovou strukturou. Krystalují v oddělení -1, prostorová grupa P -1 (<http://www.mindat.org/min-4060.html>).

V přírodě jsou velmi vzácné v čisté podobě (Foord a Taggart 1998).

**Tab. 2:** Minerály skupiny tyrkysu (Ahmed a kol. 1999; Kievlenko 2003).

Minerál	Ideální chemický vzorec	Barva/ forma výskytu	Mřížkové parametry [Å]	Tvrdość [Mohs]
Planerit (1862)*	$\text{Al}_6[(\text{OH})_4\text{PO}_3\text{OH} \text{PO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Bílý, světle modrý, světle zelený, žlutavý/ krystaly až 4 $\mu\text{m}$ velké, častěji pouze hroznovité vrstvy a útvary kopírující matrix.	7,505; 9,723; 7,814	5
Aheylit (1984)*	$(\text{Fe}^{2+}, \text{Zn}) \text{Al}_6[(\text{OH})_2\text{PO}_4]_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Světle modrý nebo zelenavý/ kuličkovité agregáty a krystaly do velikosti 3 $\mu\text{m}$ .	7,400; 9,896; 7,627	5-5,5
Tyrkys (asi 1550)*	$\text{Cu Al}_6[(\text{OH})_2\text{PO}_4]_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Tyrkysově modrý, modrozelený/ krystaly velmi vzácně až 1 mm, častěji však v masivní formě, hroznovitý, útvary kopírující matrix, výplně trhlín, impregnace.	7,410; 9,905; 7,636	5-6
Faustit (1953)*	$\text{Zn Al}_6[(\text{OH})_2\text{PO}_4]_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Bílý, šedý/ často v masivní formě, vzácněji v krystalických vrstvách.	7,44; 9,89; 7,67	5,5
Chalkosiderit (1814)*	$\text{Cu Fe}^{3+}_6[(\text{OH})_2\text{PO}_4]_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Světle až tmavě zelený/ krystaly vzácně až 1,5 mm velké, častěji v masivní formě, hroznovité útvary.	7,672; 10,199; 7,885	4,5

Pozn. \* První popsání daného minerálního druhu.



Původně byl do skupiny tyrkysu řazen ještě coeruleolaktit, avšak nové výzkumy odhalily, že se ve skutečnosti jedná o směs planeritu obsahující měď s crandallitem a z části také variscit a pravděpodobně se stopami wavellitu (Foord a Taggart 1998).

### 4.3 Chemické složení

Tyrkys je hydratovaný fosforečnan hliníku a mědi se vzorcem  $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$ . Velmi běžná je substituce  $\text{Fe}^{3+}$  za Al, proto je vzorec někdy uváděn ve tvaru  $\text{Cu}(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$ . Struktura umožňuje četné další substituce a častá je i přítomnost nejrůznějších mechanických příměsí, proto je čistý tyrkys v přírodních podmínkách velmi vzácný. Ve světě se chemicky nejčistší tyrkysy vyskytují na manganovém dole Bishop Mine poblíž Lynch Station v Campbell County ve Virginii v USA (Foord a Taggart 1998). Ideální chemické složení tyrkysu je uvedeno v Tab. 3 a nejběžnější příměsí projevující se v chemické analýze v Tab. 4.

**Tab. 3:** Zastoupení obsahu oxidů v teoretickém vzorci tyrkysu (Ahmed a kol. 1999).

Oxid	Tyrkys [hm. %]
CuO	9,78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	37,60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	34,90
H <sub>2</sub> O	17,72

**Tab. 4:** Možný obsah cizích příměsí v přírodním tyrkysu (Ahmed a kol. 1999).

Cizí oxid	[hm. %]
MnO	až 0,5
MgO	až 1
FeO	až 5,5
CaO	až 8
SiO <sub>2</sub>	až 9

Rostoucí obsahy železa ( $\text{Fe}^{2+}$ ) v tyrkysu na úkor mědi mění při jinak stejném nebo podobném složení modrou barvu do zelených odstínů (Webster a Jobbins 1998; O'Donoghue 2006).

### 4.4 Minerály tyrkysové skupiny

#### 4.4.1 Chemismus

Obecný vzorec minerálů (Ahmed a kol. 1999) skupiny tyrkysu je



A = Ca,  $\text{Fe}^{2+}$ , Zn, Cu. Pozice A může také zůstat u všech členů tyrkysové skupiny jako částečně vakantní. Přítomnost vakantní pozice je eliminována vstupem radikálu  $2\text{H}^+$  k fosforečnanové skupině a vznikají tak anionty ( $\text{PO}_3\text{OH}$ ). Pokud zůstanou všechny pozice A prázdné (jak je to ideálně u planeritu), objevují se ve vzorci 2( $\text{PO}_3\text{OH}$ ) na místo 2( $\text{PO}_4$ ). Pokud jsou všechny pozice A obsazené kationtem, je rovněž skupina ( $\text{PO}_4$ ) v nezměněné formě (Ahmed a kol. 1999).

B = Al,  $\text{Fe}^{3+}$ , x = 0 až 2, podle obsazení pozice A (Ahmed a kol. 1999).

Častým „cizím“ prvkem v tyrkysu je křemík. Vyskytuje se amorfni, ve formě kyseliny křemičité. Minerálními příměsmi tyrkysu jsou kaolinit, montmorillonit, alofan a některé další fosforečnany. To také vysvětluje kolísající tvrdost od 5 do 6 podle Mohsovy stupnice tvrdosti (Bernard a Hyršl 2004).

Odrůdami tyrkysu obsahujícími více či méně železa jsou henwoodit - krystalický, jak uvádí (Collins 1876) a rashleighit - masivní nebo krystalický, jak uvádí (Russel 1948); oba pochází z Cornwallu.

#### 4.4.2 Mísitelnost

Mezi některými členy tyrkysové skupiny existuje až neomezená mísitelnost a v přírodě se často nacházejí jako izomorfní směsi. Lze rozlišit izomorfní řady (Ahmed a kol. 1999):

- **tyrkys** – Fe-tyrkys (varianta rashleighit) – Al-chalkosiderit – **chalkosiderit** (částečná mísitelnost)
- **tyrkys** – **aheylit** – **planerit** (dokonalá mísitelnost)
- **tyrkys** – **faustit** (dokonalá mísitelnost).

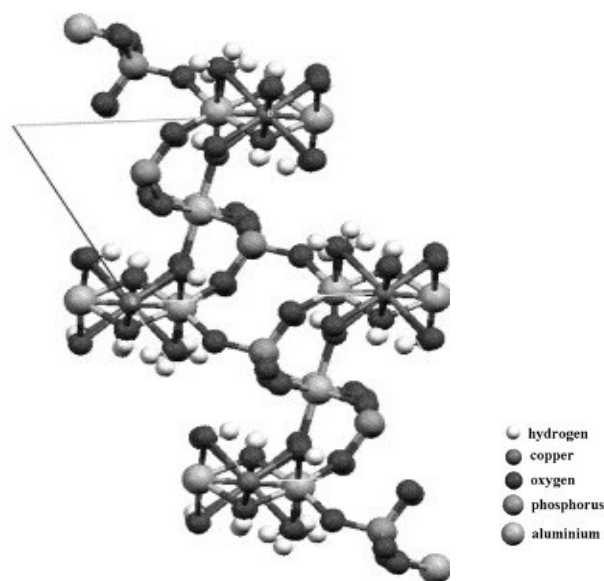
Z mineralogického hlediska lze podle běžných zvyklostí za tyrkys považovat vše, co má v hmotě přítomno více jak 50 % tyrkysu (označení podle převažující složky). Mnoho tyrkysů popsaných v literatuře je ve skutečnosti planerit nebo jeho smíšené formy, jelikož bývají často součástí tyrkysu. To se týká zvláště slabě modrých nebo světle zelených tyrkysů na mnoha nalezištích (Foord a Taggart 1998).

## 5 STRUKTURA TYRKYSU

Struktura tyrkysu (Cid-Dresdner 1964a,b) je poměrně komplikovaná.

Kyslíkové ionty obsazují roviny paralelní s plochou {001}, které jsou těsně směstnány ve směru osy c. Skupiny (OH) a molekuly H<sub>2</sub>O z části nahrazují ionty O<sup>2-</sup>. Mezi nimi leží ionty Cu<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> a P<sup>5+</sup>. Ionty hliníku a mědi vždy sousedí s šesti kyslíkovými ionty; koordinační polyedry jsou víceméně pravidelné oktaedry. Skupiny [PO<sub>4</sub>]<sup>3-</sup> tvoří tetraedry. Tetraedry a oktaedry vytvářejí řetězce ve směru krystalové osy b, jak ukazuje Obr. 3 (Cid-Dresdner 1964a,b).

Základní buňka obsahuje jednu vzorcovou jednotku (Cid-Dresdner 1964a,b).



**Obr. 3:** Struktura tyrkysu (Frost a kol. 2006)

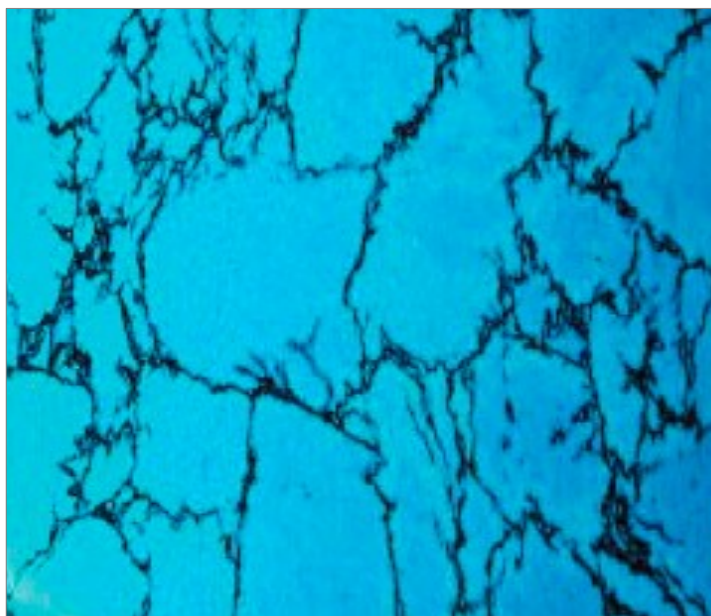
## 6 ODOLNOST TYRKYSU PŘI KLENOTNICKÉM ZPRACOVÁNÍ

Tyrkys se rozpadne v letovacím plamenu (1100 °C), aniž by se taval, na zemité černý prášek. Přitom se barva tyrkysu ireverzibilně mění mezi 200 – 600 °C z modré do hnědé a nakonec až do černé. Všechny minerály tyrkysové skupiny jsou silně destruovány anorganickými i organickými kyselinami (kyselina octová, mravenčí, citrónová, vinná). Louhy, především hydroxid draselný, tyrkys rozkládají (Hanus a Hanusová 2009, 2014).

Použití ultrazvuku pro čištění tyrkysových šperků je rovněž velmi nebezpečné, protože by vlivem ultrazvukových vln mohlo dojít k rozpadu šperkového kamene (Hanus a Hanusová 2009, 2014).

## 7 SYNTÉZY A IMITACE

Syntéza tyrkysu se poprvé podařila K. Hoffmannovi v roce 1927 ze směsi práškového malachitu, hydroxidu hlinitého a koncentrované kyseliny fosforečné. Syntéza probíhala lisováním za horka při teplotě okolo 100 °C (Hoffmann 1927). Zlepšenou syntézu tyrkysu vyvinula v roce 1972 americká firma Gilson („Gilsonův tyrkys“). Když je tento „tyrkys“ prosvícen velmi silným zdrojem světla, bývá na rozdíl od přírodního tyrkysu často průsvitný. Obvykle jsou tyto syntetické tyrkysy vyráběny s manganovými dendrity navozující přírodní vzhled (Hanus a Hanusová 2009, 2014). „Gilsonův tyrkys“ je ukázán na Obr. 4.



**Obr. 4:** Syntetický Gilsonův tyrkys, velikost výřezu je 3,5x3 cm (Hanus a Hanusová 2009, 2014).

## 8 GEMOLOGICKO-MINERALOGICKÁ CHARAKTERISTIKA TYRKYSU

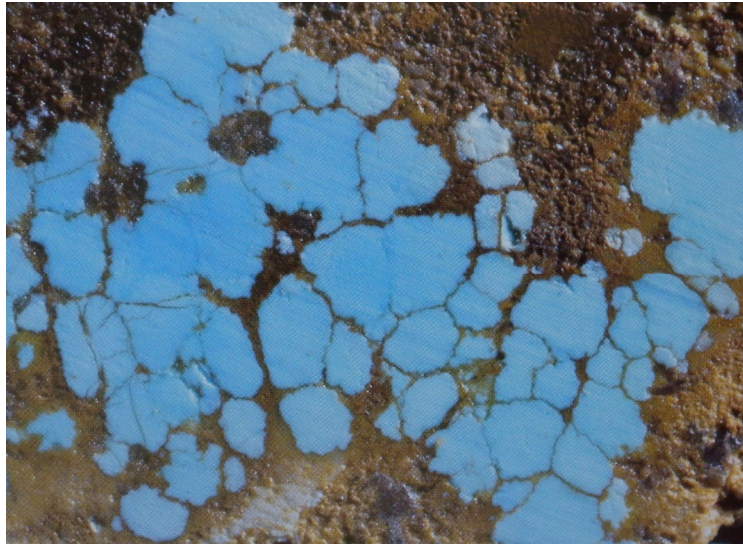
**Tab. 2:** Jednotlivé vlastnosti tyrkysu (Matlins a Bonanno 1997).

Vlastnost	
Krystalová soustava	triklinická (trojklonná)
Tvrдость [Mohs]	5-6 (4,5 porézni formy)
Index lomu světla	1,610 – 1,650
Dvojlom	0,040
Hustota [g/cm <sup>3</sup> ]	2,6 – 2,8 (přirodñi vzorek), 2,84 (teoreticky vypočteno)
Optická charakteristika	dvojosý pozitivní
Pleochroismus	slabý, nevýrazný
Lom/ vryp	lasturovitý, nerovný/ bílý až bledě zelený
Štěpnost	na krystalech: dokonalá podle {001}, dobrá podle {010} Štěpnost na masivních hlízách se prakticky neuplatňuje.
Pevnost	křehký, masivní tyrkys je relativně lámavý
Absorpční spektrum (absorpce)(nm)	420, 435
Lesk	voskovitý lesk (masivní formy) až skelný lesk (krystaly), matný (tenké vrstvy a prosvítají hrany)
Barvy	všechny přechody mezi nebeskou modří a modrozelenou k modrobílé; čisté modré odstíny jsou řidší než zelené; rozdělení barev je rovnoměrné. Může být i skvrnitý a sít'ovitý; někdy znečištěný limonitem tzv. „tyrkysová matrix“; typický pavučinový vzor.
Luminiscence v UV: LW (366 nm)	slabě zelenožlutá, světle modrá
Luminiscence v UV: SW (254 nm)	slabě zelenožlutý, někdy inertní
Pozice v mineralogickém systému (Strunz - 8 vydání)	ID: 7/D.15-40
Pozice v mineralogickém systému (Dana - 7 vydání)	ID: 42.9.3.1

Habitus: Tyrkys tvoří zpravidla hlízy nebo hroznovitě ledvinovité útvary. Vyskytuje se buď stalaktický nebo krustovitý (Bouška a Kouřimský 1980).

Krystaly tyrkysu jsou extrémně vzácné, většinou krátce prismatické podle osy c (Bernard a Hyršl 2004).

Masivní tyrkys vykazuje ve výbrusu nepatrné dvojlomné krystalky, které tvoří zrnité nebo vláknité agregáty. Mikrokrytalická tyrkysová hmota vyplňuje praskliny a malé dutiny nebo nepravidelné duté prostory v okolní hornině lze pozorovat na Obr. 5. Vláknité krystaly často stojí svisle k nejdelší ose dutiny. Příklad kulovitých agregátů je ukázán na Obr. 6. Tyrkys může tvořit také sférolity. Dvojčata tyrkysových krystalů nejsou doposud známa (Bernard a Hyršl 2004).



**Obr. 5:** Rozřízlý valoun se závalky a impregnací tyrkysu. Boční hrana obrázku měří 2 cm (foto: W. Lieber in Ahmed a kol.).



**Obr. 6:** Jehlice tyrkysu tvořící kulovité agregáty. Velikost boční hrany je 2 cm (foto: W. Lieber in Ahmed a kol.).

## 9 GENEZE

Tyrkys a minerály tyrkysové řady (planerit, aheylit, tyrkys, faustit, chalkosiderit) jsou typické pro nízkoteplotní hydrotermální žíly a pro oxidační zónu hornin bohatých fosforem v přítomnosti Cu-sulfidů především v aridních klimatech. Lze se s nimi setkat jak v magmatických horninách, tak v sedimentech včetně černých břidlic a také v oxidačních zónách sulfidických ložisek. Průmyslově využitelná ložiska tyrkysu jsou většinou vázána na černé páskované karbonáto-silikátové břidlice.

Typickým příkladem tohoto typu jsou ložiska těžená již v prvním století našeho letopočtu v Khrebet Pay-Khey u řeky Kara v Uzbekistánu (Kievlenko 2003).

Světově kvalitativně nejlepší tyrkysy se nacházejí na lokalitě Al-Mirsah-Kuh severovýchodně od vesnice Meydän u Neyshäbür v severním Íránu. Tato lokalita je v těžbě již 4100 let. Dnes těžené tyrkysy nepřesahují svou velikostí rozměr 5 x 3,5 cm (Bukanov 2006).

U zásob tyrkysu je třeba výrazně rozlišovat mezi výskyty (vědecky a sběratelsky zajímavými nalezišti s krystaly), které jsou zpravidla malé a komerčně netěžitelné, a ekonomicky využitelnými velkými zásobami s tyrkysem, který se hodí na to, aby se klenotnický zpracovával. Klenotnický vhodný tyrkysy zpravidla nemají krystaly, tvoří pouze agregáty, hlízy apod.

## **10 LOŽISKA A LOKALITY TYRKYSU**

### **10.1 Afrika**

#### **10.1.1 Senegal**

Kouroudiako, typická lokalita Al-fosfátu senegalitu  $\text{Al}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Tento tyrkys dělá hroznovité modré krusty. Vyskytuje se ve směsi s limonitem v oxidační zóně ložiska magnetitu. Vzorky tyrkysu jsou zajímavé tím, že jsou pokryty krystalky senegalitu (Bernard a Hyršl 2004).

#### **10.1.2 Tanzánie**

Ložisko v Uмба Valley na severu Tanzánie. Bylo objeveno a následně lokálně těženo v osmdesátých letech 20. století. Tyrkys byl kvalitní, vyskytovaly se zde silné vrstvy. O současné těžbě není nic známo (Keller 1992).

#### **10.1.3 Egypt**

Oblast Sinajského poloostrova, v těžbě již více jak 4000 let. Původní doly se nacházejí přibližně 30 km východně od města Abu Zuneima u Suezského průplavu. Tyrkys se vyskytuje v trhlínách navětralého porfyru. Na Sinajském poloostrově se vyskytují tři nejdůležitější naleziště: Sarabit El Khadim, Abu Thora a Um Bogma (Bukanov 2006).

### **10.2 Austrálie**

Australská naleziště tyrkysu jsou vázána na ložiska porfyrických měděných rud na východě kontinentu (Ahmed a kol. 1999).

#### **10.2.1 New South Wales**

U města Bodalla se vyskytují zelenomodré krystaly tyrkysu v asociaci s pyritem. Na lokalitě „Kintore Opencut“ v Broken Hill je tyrkys doprovázen farmakosideritem (Ahmed a kol. 1999).

#### **10.2.2 Queensland**

Na severozápadě země, asi 145 km severně od Mount Isa (Ahmed a kol. 1999).

#### **10.2.3 South Australia**

Výskyt krystalického tyrkysu v hroznovitých agregátech na povrchovém dole železné rudy Iron Monach u Iron Knob na poloostrově Eyre. Tyrkys je zde v doprovodu cyrilovitu, kidwellitu, strengitu a gorceixitu (Ahmed a kol. 1999).

#### 10.2.4 Victoria

V žulovém lomu u jezera Boga, výskyt tyrkysu spolu s ulrichitem a chalkosideritem (Ahmed a kol. 1999).

### 10.3 Evropa

#### 10.3.1 Belgie

Tyrkys zde byl popsán roku 1958 v Ottré (část obce Bihain). Dnes jsou v Belgii tři významné mineralogické výskyty: Bihain, Salmchâteau a Vielsalm. Všechny se nacházejí v Ardenách, v metamorfovaných kvarcitových žilách (Ahmed a kol. 1999).

#### 10.3.2 Německo

Mineralogické výskyty jsou popsány především v Durynsku a saském Vogtlandu (Riedel a kol. 1998).

Durynsko: výchozy břidlice u Weckersdorfu, tyrkys se vyskytuje pouze ve formě náletů, vzácněji povlaků až tenkých pásků (Riedel a kol. 1998).

Saské Vogtlandsko: u Chrieschwitz bei Plauen, výskyt tyrkysu s variscitem (Riedel a kol. 1998).

Bledě zelenavé tyrkysové povlaky společně s wavellitem a variscitem pocházejí ze znělců v paleozoických břidlicích v Altmannsgrünu v saském Vogtlandsku. Mezi další lokality patří také Tannenberg u Mühlleithenu nebo Schneckenstein, kde se železem bohatý tyrkys vyskytuje v tenkých krustách na krystalcích křišťálu. Ojediné mineralogické výskyty železem bohatého tyrkysu byly zaznamenány také v dalších lokalitách ve Vogtlandsku, Durynsku a Horní Lužici (německy Oberlausitz) (Riedel a kol. 1998).

#### 10.3.3 Francie

Massif Central: mineralogické výskyty u Montebas, dép. Creuse. Tato lokalita je zároveň typovou lokalitou montebrasitu ( $(\text{Li}, \text{Na})\text{AlPO}_4(\text{F}, \text{OH})$ ). Tyrkys se zde vyskytuje v bledě modré barvě spolu v asociaci s wavellitem a kasiteritem. Tyrkys je velmi porézní, takže se vůbec nehodí ke klenotnickému zpracování, což ukazuje Obr. 7 (Ahmed a kol. 1999).



**Obr. 7:** Celistvý kalait, Montebas, dép. Creuse, Francie. Mineralogické muzeum PřF UK (foto: autorka práce).

#### 10.3.4 Rakousko

Na grafitovém ložisku u Amstallu v Dolních Rakousích se vyskytuje tyrkys ve formě povlaků až 3 mm silných (Ahmed a kol. 1999).

#### 10.3.5 Velká Británie

V Gunheath Pit u St. Austell v Cornwallu byl tyrkys zaznamenán ve svislých výplních trhlin v intenzivně kaolinizované žule. Tyrkys má příjemně modrou barvu. Nalezeny byly kusy až 7 cm velké. Bohužel většina tyrkysů byla nenávratně zničena těžebními stroji v rámci těžby ložiska. Na ložisku se zároveň vyskytuje zelený tyrkys bohatší železem v odrůdách označovaných jako rashleighit a henwoodit (Ahmed a kol. 1999).

### 10.4 Jižní Amerika

#### 10.4.1 Chile

Na ložisku měděných rud Chuquicamata, je popsáno několik desítek minerálů, mezi nimi i tyrkys. Většina tyrkysu má fádňní barvy, existují ale i výjimečně kvalitní kusy (Ahmed a kol. 1999).

#### 10.4.2 Mexiko

V oblasti Municipio de Cananea v Sonoře dnes pracuje několik závodů, kde se těží a zároveň zpracovává tyrkys. Z dolu Cumobabi pochází pseudomorfóza tyrkysu po apatitu (Obr. 8). Další naleziště jsou v La Caridad, tyrkysové kusy měří až 30 cm. Další oblastí s produkcí tyrkysu je Baja California. Zde je v provozu několik dolů (La Turquesa, Vincent, Hermosa a Preciosa). Těží se u El Aguajito v Municipio de Ensenada. Tyrkys se nalézá v dobré brousitelné jakosti. Další lokality v Baja California, které poskytují tyrkys ve šperkové kvalitě jsou El Rosario, Lagumna Chapala a Los Arrastos. V Zacatecas jsou zatím ekonomicky nevýznamná ložiska, přesto ale vykazují zajímavé zásoby: Bonanza v Municipio de Concepción Oro a několik dolů v Municipio de Mazapil (Santa Rosa, Santa Isabel, Todos Santos, Socován de las Turquesas) (Ahmed a kol. 1999).



**Obr. 8:** Pseudomorfóza tyrkysu po apatitu. Důl Cumobabi, Sonora, Mexiko. Boční hrana měří 2 cm (foto: W. Lieber in Ahmed a kol.).



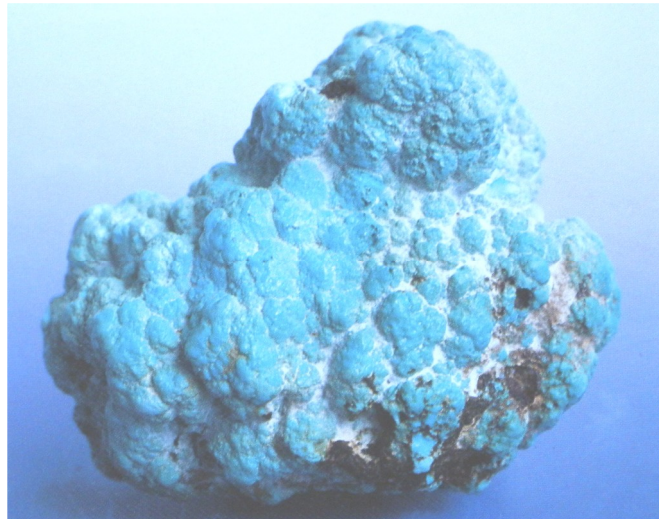
## 10.5 Severní Amerika

### 10.5.1 USA – Virginia

Na manganovém dole Bishop Mine poblíž Lynch Station v Campbell County se nacházejí nejlepší krystaly tyrkysu na světě, jejich velikost je okolo 2 mm. Materiál vhodný pro šperkařské použití se zde nevyskytuje (Ahmed a kol. 1999).

### 10.5.2 USA – Nevada

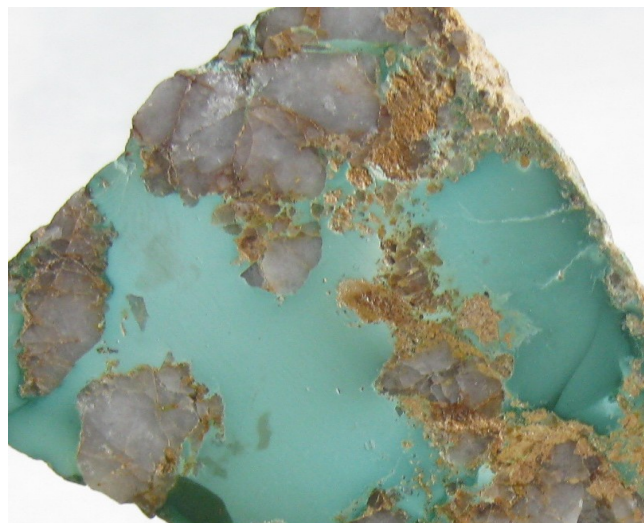
Z Valmy v Humboldt County pocházejí hezké kulovité krystalické agregáty tyrkysu až 2 mm velké (Ahmed a kol. 1999). Příklad tyrkysu z Nevady je vyobrazen na Obr. 9.



**Obr. 9:** Konkrece tyrkysu. Lander Co, Nevada, USA (foto: W. Lieber in Ahmed a kol.).

### 10.5.3 USA – Nové Mexiko, Colorado, Nevada, Arizona a Kalifornie

Země „Divokého západu“ jsou zaslíbené tyrkysu. Na většině z nich se nalézá různě kvalitní a zároveň různě barevný tyrkys, který je možné obecně klenotnický zpracovat, čehož hojně využívají původní obyvatelé na výrobu suvenýrů (Glas a Lieber 1999). Příklad tyrkysu z Nového Mexika je ukázán na Obr. 10 a z Arizony na Obr. 11.



**Obr. 10:** Celistvý kalait, Nové Mexiko. Mineralogické muzeum PřF UK (foto: autorka práce).

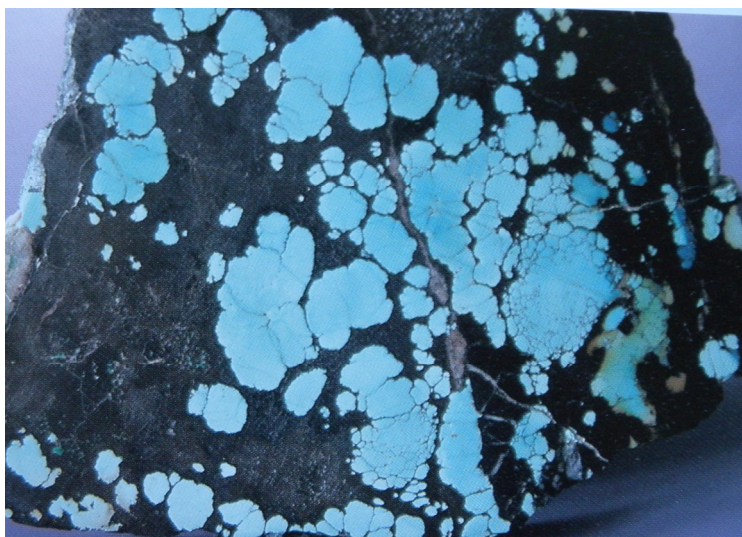


**Obr. 10:** Tyrkysová žíla. Arizona, USA (foto: W. Lieber in Ahmed a kol.).

## 10.6 Asie

### 10.6.1 Čína

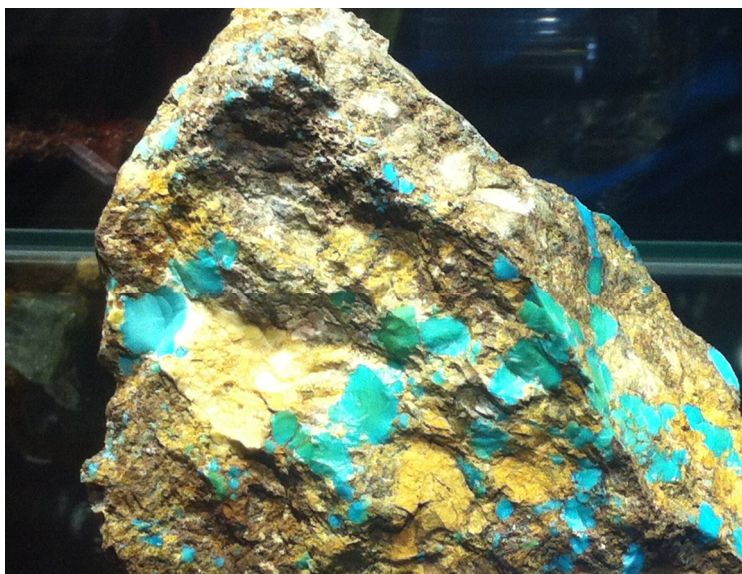
Těžba tyrkysu v Číně je stará několik tisíc let, zejména v provincii Hubei (hlavně v dole Yungaisi). Další výskyty v Číně jsou především v provinciích Shaanxi, Henan a Anhui. Vzorek z Číny je ukazuje Obr. 11.



**Obr. 11:** Tyrkys v limonitu, provincie Hubei, Čína (foto: W. Lieber in Ahmed a kol.).

### 10.6.2 Írán

Těžba tyrkysu probíhá už několik tisíciletí. Lokality v Íránu poskytly nejkrásnější tyrkysy antiky, přičemž těžba dodnes pokračuje. Světovým centrem obchodu tyrkysu je Masshad v severním Íránu. Nejdůležitější naleziště se nacházejí v pohoří Kuh-i-Binalud na sever od Nischapuru. U vesnice Maaden je nejproduktivnější důl Abdurrezza. Tyrkys se vyskytuje v žilách v silně alterovaném trachytu. Vzorek z Íránu je ukázán na Obr. 12 (Ahmed a kol. 1999).



**Obr. 12:** Tyrkys z dolu Abdurrezza, lokalita Maaden, Írán. Sbíрка spol. Mineralia (foto:autorka práce).

### 10.6.3 Kazachstán

Od Karkaralinsku po Semipalatinsk (dnes Semej) se vyskytuje masivní zelenavý tyrkys (Ahmed a kol. 1999).

### 10.6.4 Uzbekistán

V oblasti Samarkandu se našel tyrkys ve formě žil v břidlicích (Ahmed a kol.).

### 10.6.5 Turkestán a Tibet

V Turkestánu a v Tibetu je několik nalezišť tyrkysu, která někdy dodávají materiál pro umělecké předměty především do Číny. Naleziště jsou u Karatube západně od Samarkandu u vesnice Ibrahim-Olga. U Krischlak-Ibrahim-Ata se objevuje tyrkys v břidlici spolu s limonitem a křemenem, na této lokalitě je zdokumentována už i prehistorická těžba. V pohoří Kuraminsk u vrcholu Karamazur v Turkestánu byly nalézány tyrkysy až do velikosti vlašského ořechu. Z dalších výskytů lze připomenout lokality Badang, Chamdo a Lharsa, v západním Tibetu Nghari-Khorsum (Ahmed a kol. 1999).

## 11 TYRKYS A JEHO IMITACE

Tyrkys je již odedávna značným středem zájmu, byl vysoce ceněným drahým kamenem severoamerických i jihoamerických indiánů, obyvatel starověkého Řecka a Říma, a také kulturním kamenem Blízkého východu. Proto byly již v minulosti často činěny pokusy o dokonalou imitaci kvalitního tyrkysu.

Tyrkys je imitován buď z přírodních minerálů, umělých hmot nebo dalších materiálů, které jsou nebo mohou být následně obarveny.

Některé imitované kameny mohou být obarveny tak, že vypadají snad i lépe než samotný tyrkys. Lze je rozlišit pod mikroskopem ve zvětšení 30 x až 50 x podle drobných modrých vláken. Silné zvětšení také může odhalit stopy po vpravování barviva nebo dalších operacích. Nejlépe lze imitace odhalit na řezu, což je ovšem nemožné bez destrukce kamene (Bukanov 2006).

Destrukci tyrkysu lze ověřit pravost také za použití metody rentgenové difrakce, kdy je tyrkys rozdrcen na prášek a poté analyzován. Chceme-li tyrkys uchovat v celku, užívá se metody Ramanové spektrometrie.

Ramanova spektrometrie je moderní analytická metoda podobná infračervené spektrometrii, ale založená na tzv. Ramanově jevu (Ramanově rozptylu). Prochází-li světelný paprsek nějakým prostředím, je určitá jeho část absorbována, část projde beze změny a část je rozptýlena. Světelný paprsek dopadá na molekulu látky. Je-li srážka dokonale pružná, světlo se rozptýlí beze změny vlnové délky. Je-li srážka nepružná, dojde k rozptylu (změně šíření světla) a současně se změní vlnová délka světla. Tato změna je pochopitelně kvantována. Pokud je dopadající světlo monochromatické, bude ve spektru rozptýleného záření jistý počet čar., jejichž vlnová délka bude ve srovnání s původní vlnovou délkou posunuta (Chváta 2005).

Zdrojem monochromatického záření (obvykle ve viditelné oblasti spektra) bývá laser. Vzorek může být plynný, kapalný i pevný (krystalický i amorfni), lze studovat organické i anorganické látky. Měření lze provádět i na krystalograficky přesně orientovaném monokrystalu. Další výhodou metody je i malé množství vzorku potřebné k analýze. V současnosti jsou nejužívanější přístroje umožňující analýzu jednotlivých objektů o velikosti 5-10  $\mu\text{m}$ , tzv. mikrospektrometry. Ramanův rozptyl v závislosti na vlnové délce se detekuje a zaznamenává. Výsledkem je tzv. Ramanovo spektrum. Pro jednotlivé pásy se vžil označení Ramanovy linie. Poloha Ramanových linií informuje o druhu vázaných atomů a o vazbách v molekule (krystalu), jejich intenzita je přímo úměrná koncentraci dané složky ve vzorku (Chváta 2005).

Seznam nejběžnějších imitací tyrkysu je uveden v Tab. 7.

**Tab. 3:** Nejčastější imitace tyrkysu (Dedeyne a Quintens 2007; [http://gemmologie.at/mediaCache/Tuerkis\\_145858.pdf](http://gemmologie.at/mediaCache/Tuerkis_145858.pdf)).

Název	Index lomu světla	Dvojlom	Specifická hmotnost [g/cm <sup>3</sup> ]	Tvrdość [Mohs]	Barva	Specifické vlastnosti/ identifikační znaky	Poznámka
<b>Rekonstruovaný tyrkys</b>	1,430 až 1,450	0,000	2,40-2,60	5-5,5	Tyrkysově modrá.	Jednotná modrá barva. „Hot needle test“: silný pryskyřičný zápach. Ponořený ve vodě: malé prasklinky.	Tyrkysový prášek nebo agregáty lisované se stabilizovanou pryskyřicí.
„Viedeňský tyrkys“	1,450	0,000	2,39-2,49	5-6	Tyrkysově modrá.	„Hot needle test“: žádný zápach.	Lisované agregáty obsahující Al-hydroxid, malachit, fosfáty a Cu-soli.
<b>Chryzokol</b>	1,460 až 1,570	0,110	1,93-2,45	2-4	Modrá, nazelenale modrá, modrozelená opakní až průsvitná.	Světle modré nebo světle zelené páskování.	Obvykle směs s opálem, chalcedonem, křemenem a Cu-minerály. Široká škála vlastností závisející na složení.
<b>Celuloid</b>	1,495 až 1,520		1,26-1,42	2,5-3	Průhledná až opakní.	„Hot needle test“: silný zápach.	Obarvená umělá hmota.
„Neolit“	1,500	0,000	2,34-2,36	3	Tyrkysově modrá.	UVL: nazelenalý.	Lisovaný Cu fosfát.

Název	Index lomu světla	Dvojlom	Specifická hmotnost [g/cm <sup>3</sup> ]	Tvrdość [Mohs]	Barva	Specifické vlastnosti/ identifikační znaky	Poznámka
„Reese tyrkys”						UVS: velmi slabě nazelenalý. HCl test: nažloutlá zelená skvrna.	
<b>Barium sulfát (syntetický)</b>	1,500 až 1,550	0,000	2,26-2,33		Tyrkysově modrá.		Stabilizováno s pryskyřicí.
<b>Dolomit</b>	1,500 až 1,703	0,179-0,186	2,80-2,95	3,5-4	Tyrkysově modrá.	Šumí v HCl.	Uměle obarvený uhličitan.
<b>Magnezit</b>	1,509 až 1,717	0,182-0,192	2,97-3,12	4-4,5	Tyrkysově modrá.	Šumí v HCl.	Uměle obarvený uhličitan.
<b>Kryptokrystalický křemen</b>	1,530 až 1,544	0,004-0,009	2,58-2,91	6,5	Uměle dobarveno na tyrkysově modrou barvu.		Uměle obarvený kryptokrystalický křemen.
<b>Kasein „Galalith”</b>	1,530 až 1,560		1,32-1,34	2,5	Tyrkysově modrá.	„Hot needle test“: zápach spáleného mléka.	Uměle dobarveno.
<b>Chryzokol</b>	1,540 až 1,635	0,023-0,040	2,61-2,75	2,4	Modrá, nazelenale modrá, modrozelená opakní až průsvitná.	Světle modré nebo světle zelené páskování.	Obvykle směs s opálem, chalcedonem, křemenem a Cu-minerály. Široká škála vlastností závisící na složení.

Název	Index lomu světla	Dvojlom	Specifická hmotnost [g/cm <sup>3</sup> ]	Tvrdość [Mohs]	Barva	Specifické vlastnosti/ identifikační znaky	Poznámka
<b>Porcelán</b>	1,550 až 1,660	0,000	2,30	4-5	Tyrkysově modrá.	Pórovitá textura.	
<b>Sklo</b>	1,550 až 1,560		2,80-3,30	4-5	Tyrkysově modrá.	Bubliny obsahující vzduch, citlivý na teplo.	Sklo obarvené Cu a Co oxidy.
<b>Polystyren</b>	1,550 až 1,600		1,05-1,23	2,5	Tyrkysově modrá.	„Hot needle test“: charakteristický akrylový zápach.	
<b>„Neotyrkys“</b>	1,560 až 1,580	0,000	2,16-2,18	3-4,5	Tyrkysově modrá.	UVL: slabě modrá luminiscence.	Lisované agregáty AlOOH a Cu fosfátu.  Hnědé až černé žilkování.
<b>Variscit</b>	1,563 až 1,594	0,031	2,20-2,57	5	Nazelenalá modrá s žiháním.	Absorpční pásy v 650 a 688 nm.	
<b>Amatrix</b>	1,570 až 1,600	0,000	2,38-2,42	4-6	Variscit: světlá modrozelená.  Wardit: slabě namodralá.		
<b>Odontolit</b>	1,570 až 1,630	0,000	2,99-3,10	4-5	Modrá až zelená barva, někdy s dendrity.	Šumí v H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .  Paralelní páskovaná struktura.	Fosilizovaná kost nebo zuby mamutů nebo mastodontů.
<b>„Eilat stone“</b>	1,575 až 1,635	0,023-0,040	2,80-3,20	2-4	Modré až zelené skvrny.	Šumí v HCl.	Hornina složená z malachitu,

Název	Index lomu světla	Dvojlom	Specifická hmotnost [g/cm <sup>3</sup> ]	Tvrdość [Mohs]	Barva	Specifické vlastnosti/ identifikační znaky	Poznámka
							azuritu, a chryzokolu.
<b>Howlit</b>	1,583 až 1,605	0,022	2,45-2,58	3,5	Tyrkysově modrá.	Absorpční pás v 680 nm. UVL: nahnědlá oranžovožlutá. Reakce s HCl.	Uměle obarveno.
<b>Wardit</b>	1,586 až 1,604	0,009-0,010	2,81-2,87	5			
<b>Syntetický tyrkys</b>	1,590 až 1,650	0,040	2,68-2,75	5-6	Různé odstíny modré.		„Gilsonův tyrkys“. Hydratovaný fosfát Cu a Al bez železa.
<b>Pektolit „Larimar“</b>	1,595 až 1,645	0,032-0,037	2,62-2,90	4,5-5	Bílá, našedle zelená až namodrale zelená.	UVL: oranžovorůžová nebo krémově bílá. Vláknitá konchoidální struktura.	
<b>Coerulit</b>	1,600		2,70-2,80	5-6	Světlá až sytě nebesky modrá, opakní.	UVL: šedá- modrá. UVS: fialová.	
<b>Lazulit</b>	1,604 až 1,663	0,031-0,040	3,07-3,24	5,5	Nebesky modrá.	Silný pleochroismus: bezbarvý/modrý.	
<b>Tyrkys</b>	1,610 až 1,650	0,040	2,60-2,80	5-6	Modrá, nazelenale modrá, namodrale zelená až zelená.	Absorpční pásy v 420 a 432 nm. UVL: slabě nazelenale	Často pórovitý.



Název	Index lomu světla	Dvojlom	Specifická hmotnost [g/cm <sup>3</sup> ]	Tvrdość [Mohs]	Barva	Specifické vlastnosti/ identifikační znaky	Poznámka
					Často pěkné černé žilky.	žlutá, světlá modrá.	
<b>Tyrkys</b>	1,610 až 1,650	0,040	2,14-2,36	5		Absorpční pás v 650 nm.	Pórovitý tyrkys, obarvený „nilskou modří A” nebo „berlínskou modří”.  Obarveno pouze na povrchu.
<b>Tyrkys</b>	1,610 až 1,650	0,040	2,15-2,35	4,5-5		UVL: slabě nazelenalá, žlutá. „Hot needle test“: obsahuje parafín.	Pórovitý tyrkys, impregnovaný parafínovým olejem.
<b>Tyrkys</b>	1,610 až 1,650	0,040	2,20-2,40			Slabé absorpční pásy v 420 a 432 nm. UVL: slabě namodralá. „Hot needle test“: silný pryskyřičný zápach.	Pórovitý tyrkys, stabilizovaný umělými pryskyřicemi.
<b>Hemimorfit</b>	1,614 až 1,636	0,022	3,30-3,50	4,5-5		Vláknitá textura.	

## 12 TYRKYS JAKO ŠPERKOVÝ KÁMEN

Čistý, nijak neupravovaný přírodní tyrkys může být vzhledem k jemně porézní struktuře při nošení jako šperk citlivý na různé podněty. Je třeba ho chránit před silným zahřátím, tepelným šokem, tukem, mýdlem, kosmetikou a chemikáliemi (Hanus a Hanusová 2009, 2014; Nikitin a Melinková 2003).

Jemnější vzorky ztrácí barvu při styku s olejem a mastmi, zatímco ty méně kvalitní ji zachovávají trvaleji (Nriagu a kol. 1984).

Jelikož teplo tyrkys porušuje, není proto vhodné ho zasazovat do stříbra, které teplo efektivně vede, vhodnější je zlato (Skuratowicz a Nash 2005).

Zlepšení barvy tyrkysu se dříve většinou provádělo povrchovým naleptáním a následným obarvením berlínskou modří (pruskou modří) ( $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ ) a překrytím modrou umělou pryskyřicí, která se na závěr dala vyleštit (Ahmed a kol. 1999).

Vzhledem k tomu, že dnes je asi 90 % všech obchodovaných tyrkysů na trhu uměle stabilizováno, není na druhou stranu obecně nutná přehnaná opatrnost, která dříve byla zapotřebí (Nikitin a Melinková 2003).

Údajné vybělení tyrkysu nebylo v moderní odborné literatuře dosud popsáno. Je ale pravda, že čerstvý tyrkys může vypadat vzhledem k většímu obsahu vody barevnější a „svěžejší“ než několik hodin po vytěžení (Nikitin a Melinková 2003).

Změnu barvy z modré na zelenou odborníci rovněž popírají s tím, že je nepravděpodobná. Tyrkysová modř je barva minerálu a zelená vzniká přirozenými malými obsahy železa. Dnešní stabilizované tyrkysy jsou plně barevně stabilní. Všeobecně může trpět modrá barva starších a nestabilizovaných tyrkysů, pokud do nich proniknou tuky, oleje, organická ředidla nebo další, především organické chemikálie (Hanus a Hanusová 2014; Nikitin a Melinková 2003).

Před padesáti lety, tedy ještě před dobou, kdy byly vyvinuty vhodné umělé látky, jimiž je možné tyrkys impregnovat, byly do šperků využívány pouze tvrdé, masivní formy tyrkysu. Méně kvalitní porézní surovina byla před broušením a sušením napouštěna tekutým parafinem (voskem). Takovéto kameny měly zpravidla stabilní barvu, ovšem byly citlivé na horko a rozpouštědla (Hanus, ústní sdělení).

Napouštěné kameny mají často výraznou absorpci 650 nm (Hanus ústní sdělení 2014).

### 13 DISKUZE

V předcházejícím textu bylo doloženo, že používání tyrkysu má v lidské civilizaci velmi dlouhou tradici, která úspěšně pokračuje i v dnešní době. Není proto divu, že neutuchající velký zájem vede nejen k rozvinutému obchodování s přírodním tyrkysem, ale přináší také velké příležitosti pro jeho imitátory. Z výše uvedených vlastností tyrkysu vyplývá, že tento minerál je k padělatelství přímo předurčen; s trochou nadsázky je možno říct, že u imitací je třeba kontrolovat pouze barvu, zatímco starat se o čistotu, homogenitu zbarvení, propustnost světla apod. na rozdíl od „typických“ drahých kamenů není nutno. Laická identifikace pravého tyrkysu bývá obtížná především právě kvůli barevným odstínům od blankytně modré po modrou, modrozelenou až výjimečně skoro zelenou barvu, což je dost velká škála na to, aby se barvy daly snadno napodobit. Při koupi je třeba se orientovat na sytou modrou či zelenomodrou barvu a u neopracovaného materiálu také na voskový lesk. Dalším užitečným kritériem je typická textura s žilkováním, uvnitř které mohou být často vidět i drobné prasklinky, skrze které lze někdy vidět matrix.

## 14 ZÁVĚR

Tyrkys je jeden z nejstarších známých drahých kamenů, který patřil prakticky téměř ve všech kulturách mezi mimořádně vysoce ceněné drahé kameny pro jeho atraktivní a v přírodě vzácnou barvu. To mělo za následek imitování tyrkysu levnějšími a snáze dostupnějšími materiály a minerály.

Škála materiálů používaných pro napodobování tyrkysu je velmi obsáhlá. Z přírodních kamenů se pro imitování používá chryzokol, dolomit, magnezit, kryptokrystalický křemen, variscit, amatrix (vivianit), „Eilat stone“, howlit, wardit, pektolit „Larimar“, coerulit, lazulit nebo hemimorfit.

Často prodávány rekonstruovaný tyrkys a „Reese tyrkys“ nebo „Neolit“ obsahuje tyrkysový prášek, proto se na trhu prodává za velmi dostupné ceny. Podobně je na tom i „tyrkys“ zvaný „Vídeňský“ nebo „Neotyrkys“ vzniklý z lisovaných agregátů obsahující fosfáty a další příměsi. Rekonstruovaný tyrkys může také obsahovat lisované agregáty se stabilizovanou pryskyřicí.

Další levné imitace tyrkysu jsou vyrobené z umělé hmoty, které se prozrazují už svojí nízkou hustotou. Je to například celuloid a polystyren.

Mezi nejvíce užívané syntetické materiály patří barium sulfát (syntetický), kasein, „Galalith“ a „Gilsonův tyrkys“. Jako další imitační materiál se používá porcelán, sklo a odontolit.

Pro zjištění přítomnosti umělé hmoty v „tyrkysu“ se užívá nejběžnější metody „hot needle test“, při níž dojde k minimálnímu poškození imitace a lze usoudit také podle možného zápachu, zda se jedná o pravý tyrkys či ne. Pravý tyrkys na tento test nijak nereaguje.

Imitace projevuje reakci při ponoření do vody vznikem prasklinek (rekonstruovaný tyrkys) nebo při styku s kyselinou (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>...) šumí (dolomit, magnezit, odontolit, „Eilat stone“, howlit) nebo vytvoří skvrny („Reese tyrkys“, „Neolit“). Jiné imitace lze zase odhalit pomocí zjišťování absorpce vlnových délek, luminiscencí či zkoumáním pleochroismu.

K identifikaci použitých materiálů v tyrkysu lze využít rentgenovou difrakci. Vzhledem k tomu, že tyrkys patří mezi drahé kameny, je vhodnější použití Ramanovy spektrometrie, při níž nedochází k destrukci nebo poškození kamene.

## LITERATURA

- Ahmed A., Gübelin E., Lieber W., Liu G., Meister Ch., Weiß S., 1999. *Türkis: Der Edelstein mit der Farbe des Himmels (extra-Lapis No. 16)*. Christian Weise Verlag, München, 96 str.
- Bariand P., Poirot J. P., 1985. *Larousse des pierres précieuses*. Larousse, Paris, 264 str.
- Bernard J. H., Hyršl J., 2004. *Minerals and Their Localities*. Granit, Praha, 808 str.
- Bouška V., Kouřimský J., 1980. *Atlas drahých kamenů*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 172 str.
- Bukanov V. V., 2006. *Russian Gemstones Encyclopedia*. Granit, Praha, 472 str.
- Caley E. R., Richards J. F. C., 1956. *Theophrastus on Stones. A Modern Edition with Greek Text, Translation, Introduction, and Commentary*. The Ohio University, Columbus, 238 str.
- Cid-Dresdner H., 1964a. *Crystal Structures of the Turquoise-group Minerals*. Massachusetts Institute of Technology, Department of Geology and Geophysics, Massachusetts, 126 str.
- Cid-Dresdner H., 1964b. The Crystal Structure of Turquoise. *Naturwissenschaften*. Volume 51(16): 380-381.
- Collins J. H., 1876. Note on new minerals from West Phoenix Mine, and from St. Agnes. *Mineralogical Magazine* 1(8): 11-15.
- Dedeyne R., Quintens I., 2007. *Tables of Gemstone Identification*. Glirico, Gent, 309 str.
- Frost R., Reddy B. J., Martens W., Weier M., 2006. The molecular structure of the phosphate mineral turquoise – A Raman spectroscopic study. *Journal of Molecular Structure* 788(1-3): 224-231.
- Foord E. E., Taggart J. E., 1998. A reexamination of the turquoise group: the mineral aheylite, planerite (redefined), turquoise and coeruleolactite. *Mineralogical Magazine* 62(1): 93-111.
- Fuquan W., 1986. A gemological study of turquoise in China. *Gems and Gemology*, Spring: 35-37.
- Hanus R., Hanusová I., 2009. *Drahé kameny z pohledu restaurátora a klenotníka*. Granit, Praha, 60 str.
- Hanus R., Hanusová I., 2014. *Drahé kameny z pohledu restaurátora a klenotníka*, 2. vydání. Granit, Praha, 70 str.
- Hoffmann K., 1927. *Zentralblatt für Mineralogie. Geologie und Paläontologie (A)*, 1927: 429.
- Chvátal M., 2005. *Úvod do systematické mineralogie*. Silikátový svaz, Praha, 171 stran.

- Keller P. C., 1992. *Gemstones of East Africa*. Geoscience Press Inc., Phoenix, Arizona, 144 str.
- Kievlenko E. Y., 2003. *Geology of Gems*. Ocean Pictures, Littleton (CO), 432 str.
- Lowry J. D., Lowry J. P., 2010. *Turquoise: The World Story of a Fascinating Gemstone*. Gibbs Smith, Layton, 256 str.
- Matlins A. L., Bonanno A. C., 1997. *Gem Identification Made Easy: A Hands-on Guide to More Confident Buying and Selling*. Gemstone Press, Woodstock, Vermont, 322 str.
- Mrázek I., 2013. *Drahé kameny starověkých civilizací*. Masarykova univerzita, Brno, 382 str.
- Nikitin M. K., Melinková E. P., 2003. *Chemie v konzervátorské a restaurátorské praxi*. Masarykova univerzita, Brno, 231 str.
- Nriagu J. O., Moore P. B., Betts F., Blumenthal N. C., Bouldin D. R., Buchwald V. F., Cook P. J., Flicoteaux R., Le Geros J. P., Le Geros R. Z., Lucas J., Nancollas G. H., Nash W. P., Nathan Y., Oglesby R. T., Posner A. S., Tardy Y., Tomson M. B., Vieillard P., Vignona P., 1984. *Phosphate Minerals: Their Properties and General Modes of occurrence*. Springer, Berlin, 136 str.
- O'Donoghue M., 2006. *Gems, Their Sources, Descriptions and Identification*, 6<sup>th</sup> ed., Elsevier, Oxford, 873 str.
- Plinius Starší, 1974. *Kapitoly o přírodě*. Svoboda, Praha, 356 str.
- Pogue J. E., 1915. *The Turquoise: A Study of its History, Mineralogy, Geology, Ethnology, Archaeology, Mythology, Folklore and Technology*. Memoirs of the National Academy of Science, Washington, D. C., vol. 12, část 2.
- Riedel H., Holzhey G., Pestel S., Weiß S., 1998(2). Türkis aus Thüringen und Sachsen. *Lapis* 23(2): 42-43.
- Russel A., 1948. On rashleighite, a new mineral from Cornwall, intermediate between turquoise and chalcocyanite. *Mineralogical Magazine*, 28: 353-358.
- Skuratowicz A. A., Nash J., 2005. *Working with Gemstones: A Bench Jeweler's Guide*, MJSA/ AJM Press, Providence, 128 str.
- Strunz H., Nickel E., 2001. *Strunz Mineralogical Tables*, 9<sup>th</sup> edition, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 870 str.
- Waldheim J. G., 1806. *Museum Demidoff, ou Catalogue Systématique et Raisonné des Curiosités de la Nature et l'Art*. L'Université de Moscou, Moskva, 330 str.
- Webster, R., Jobbins E. A., 1998. *Gemmologists' compendium: A Bench Jeweler's guide*, 7<sup>th</sup> ed., N. A. G. Press, London, 240 str.

**INTERNETOVÉ ZDROJE:**

<http://www.mindat.org>, 24. 1. 2014

<http://www.mindat.org/min-4060.html>, 6. 3. 2014

<http://www.omegafoundation.siriuscomputing.net/Astrology/Scarab.htm>, 12. 2. 2014

[http://gemmologie.at/mediaCache/Tuerkis\\_145858.pdf](http://gemmologie.at/mediaCache/Tuerkis_145858.pdf), 13. 1. 2014