



**INTERREG V-A**  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



**EURÓPSKA ÚNIA**  
**EURÓPSKY FOND**  
**REGIONÁLNEHO ROZVOJA**

SPOLOČNE BEZ HRANÍC

# Metodický list – Jak funguje solení cest?

Autor: Martin Krupa (2020)

**Téma:** Změna teploty tání v závislosti na složení vody

**Forma výuky:** Skupinová

**Časová náročnost:** 45–60 minut

**Cílová skupina žáků:** 8. ročník ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií

**Materiál pro jednu skupinu žáků:** 3x 100 ml zamražené vody v led (případně jiný 3x stejný objem – 2x stejného tvaru například v kelímku od jogurtu a 1x tento objem zamražený jako ledová tříšť), sůl (z lednice, vychlazená na 5°C), Datalogger nejlépe s připojením k PC, 3x nerezové teplotní čidlo, váhy.

## Realizace BOV v praxi:

- Učitel rozdává všem skupinám žáků zadání úrovně 3 – motivační text a osnovu pracovního listu (výzkumný problém, potřebné pomůcky, postup a výsledky pozorování), připravené pomůcky a chemikálie.
- Žák začíná řešit úlohu v úrovni 3.
- V pracovním listu má žák k dispozici výzkumný problém stanovený učitelem a blokové schéma s návrhem řešení problémové situace.
- Do pracovního listu žák doplňuje potřebné pomůcky, postup a výsledky pozorování.

## Doporučení:

U této úlohy se projevila asi nejvíce ze všech úloh ostýchavost a strach ze zničení cizích laboratorních pomůcek. Žáky bylo k práci nutno velmi motivovat a představit jim laboratorní techniku, neboť vůbec netušili, co dělat. Vzhledem k okolním podmínkám také dlouho trvalo, než se začaly projevovat změny v tání ledu a bylo možné naměřit relevantní výsledky pro určení výsledných závěrů. Zde je opravdu nutná vyšší časová dotace.

## Jak funguje solení cest?

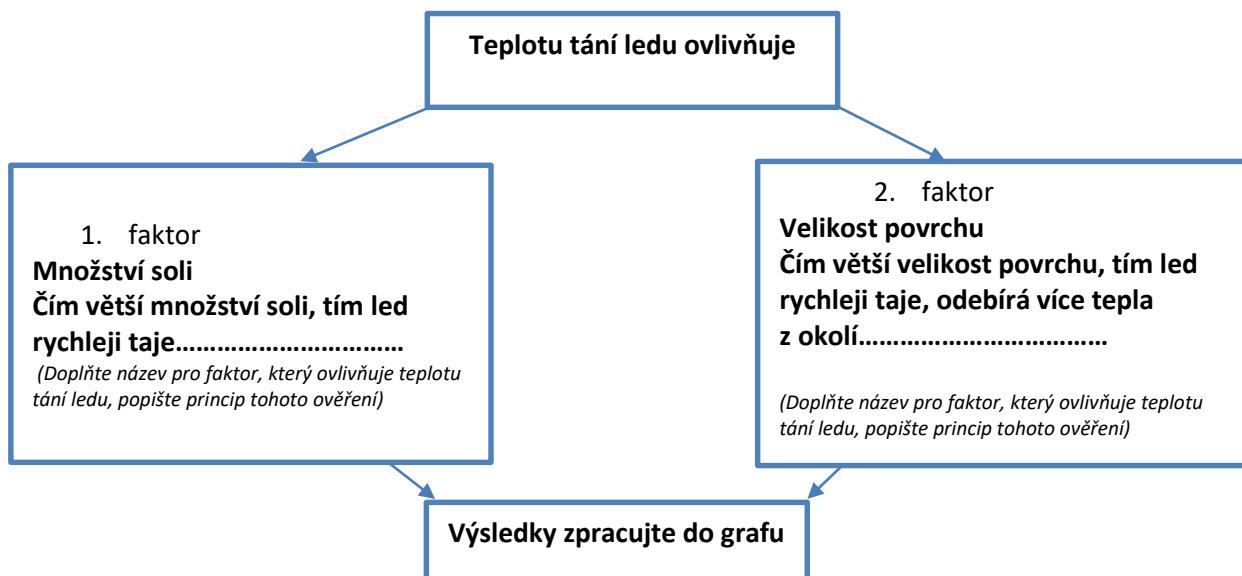


Honzík byl zimě nemocný a nemohl jít ven. Jen pozoroval, jak se děti klouzají na chodníku před jeho domem. V tom ale přišel domovník a chodník posypal solí. Dětem to klouzat přestalo. Stejně tak si poté Honza všiml, že projíždějící vozidlo silničářů také sype na silnici sůl. Začalo mu vrtat hlavou, co se vlastně s ledem po styku se solí děje. Proč to přestává klouzat? Jsou snad drobné částičky soli zabodávány do ledu a díky tomu, že jsou po povrchu drsné, zvyšují tření a zabraňují tak klouzání? Nebo sůl snad zahřívá led, aby se měnil ve vodu? A proč i tatínek říkal, že sůl v zimě nefunguje vždycky? Minule, když se bavil s domovníkem, říkal mu: „Dneska je to zbytečné solit. Ani kamión soli na tohle v tomhle počasí nestačí. A navíc je to moc velká vrstva!“

Autor motivačního textu: Krupa (2020)

### Výzkumný problém a jeho řešení

Ověřit, jak ovlivňuje množství soli a velikost či tvar povrchu ledu jeho fyzikální vlastnosti, a jestli to má vliv na jeho teplotu.





**INTERREG V-A**  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



**EURÓPSKA ÚNIA**  
**EURÓPSKY FOND**  
**REGIONÁLNEHO ROZVOJA**  
SPOLOČNE BEZ HRANÍC

## Potřebné pomůcky a chemikálie

*(Zde napiš, které pomůcky a chemikálie budeš k řešení problému požadovat).*

3 kádinky (ideální jsou kelímky od jogurtu 150 g), 3x 100 ml zamražené vody v led (případně jiný 3x stejný objem – 2x stejného tvaru například v kelímku od jogurtu a 1x tento objem rozdrcen na ledovou tříšť), sůl (z lednice, vychlazená na 5°C), Datalogger, 3x nerezové teplotní čidlo, váhy.

## Postup

### 1. Nutné připravit předem

Je potřeba předpřipravit velké množství ledu i pro případ, že by pokus nevyšel hned na poprvé. Pro větší úspěch do ledu, který vznikl v kelímku od jogurtu jako celistvý kus ledu, vyvrtáme vrtákem díru (doporučuji vrták číslo 5 a větší) a dáme znovu zamrazit na aspoň -21 °C. Totéž uděláme s naprosto shodným druhým vzorkem ledu. Stejně tak předpřipravíme ledovou tříšť ze stejného množství vody, jaká je v kelímcích od jogurtu. Doporučuji 100 ml (je to dostatečné množství na pokus a mrazení netrvá tak dlouho – už tak je zapotřebí přes 4 hodiny v -21 °C).

2. Všechny tři vzorky ledu i s kelímky připravíme ke stojanu s teploměry.
3. Vložíme nerezové teplotní čidlo do předvrtaných otvorů ve vzorcích, které vznikly ve formě z kelímku od jogurtu, a také do kelímku s ledovou tříští.
4. Zapneme datalogger a začneme ukládat data i s grafem o kontinuálním měření teploty. V zájmu lepších výsledků doporučuji s měřením u vzorků začít, jakmile teplota stoupne z -21 °C na -15 °C. Výsledky jsou více zřetelné a rozdíly jsou patrné skoro ihned po přidání soli. Datalogger nastavíme tak, aby měření probíhalo 1200 sekund (20 minut) s tím, že stačí perioda měření jednoho odečtení za 60 sekund (jedno zanesení hodnot do grafů za minutu).
5. Do vzorku kostek ledu a do jednoho ze vzorků z kelímků vsypeme stejné množství soli (nejlepší výsledky získáme s 50 g), které jsme odměřili na laboratorních váhách (pro efektivitu doporučuji tuto sůl vsypat především do předvrtané díry v ledu, v nichž je také vložen datalogger).
6. Zaznamenané výsledky pokusů, vyplníme tabulku a sestrojíme graf.



**INTERREG V-A**  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



**EURÓPSKA ÚNIA**  
**EURÓPSKY FOND**  
**REGIONÁLNEHO ROZVOJA**  
SPOLOČNE BEZ HRANÍC

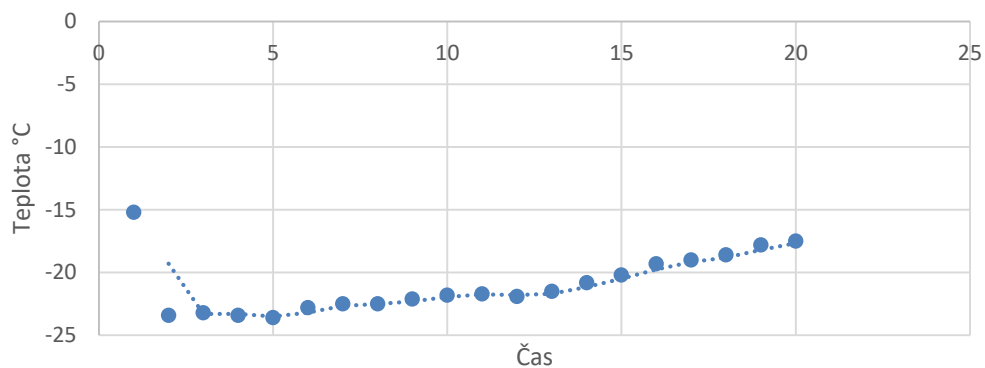
## Výsledky pozorování

Kostky ledu se solí 50 g																				
minuta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
°C	-15,2	-23,4	-23,2	-23,4	-23,6	-22,8	-22,5	-22,5	-22,1	-21,8	-21,7	-21,9	-21,5	-20,8	-20,2	-19,3	-19	-18,6	-17,8	-17,5
Odhad proc. ledu	100	100	100	95	95	95	90	85	80	80	70	60	50	40	35	35	35	30	30	20
Odhad proc. "břečky"	0	0	0	5	5	5	5	10	15	10	20	30	40	40	40	40	40	40	30	30
Odhad proc. vody	0	0	0	0	0	0	5	5	5	10	10	10	10	20	25	25	25	30	40	50

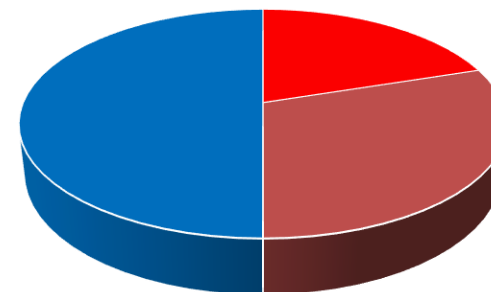
Kostka ledu (jedna velká) se solí 50 g																				
minuta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
°C	-15,3	-18,7	-20	-19,7	-20,1	-23,6	-23,3	-23,4	-23,5	-23,5	-23,2	-22,6	-22,4	-22	-21,7	-21,1	-20,5	-20,4	-20,4	-20,3
Odhad proc. ledu	100	100	95	95	95	95	90	85	80	80	80	80	80	70	70	70	60	60	50	50
Odhad proc. "břečky"	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10
Odhad proc. vody	0	0	0	5	5	5	10	15	20	20	15	15	15	25	25	25	35	30	40	40

Kostka ledu (jedna velká) bez přidané soli																				
minuta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
°C	-15	-14,9	-14,9	-14,8	-14,2	-13,9	-13,7	-13,6	-13,2	-12,9	-12,9	-12,6	-12,5	-12,1	-11,7	-11,4	-11,2	-10,6	-10,2	-10
Odhad proc. ledu	100	100	95	95	95	95	95	95	95	90	90	90	90	80	80	80	75	75	70	70
Odhad proc. "břečky"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odhad proc. vody	0	0	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	20	20	20	25	25	30	30

Závislost teploty na času ve vzorku drceného ledu s  
přidanou solí 50g

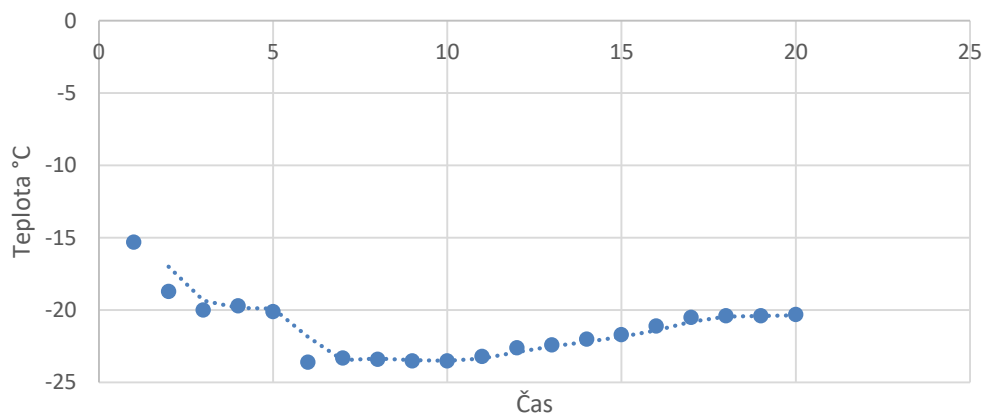


Výsledek procesu tání vzorku drceného  
(kostek) ledu s přidanou solí 50g

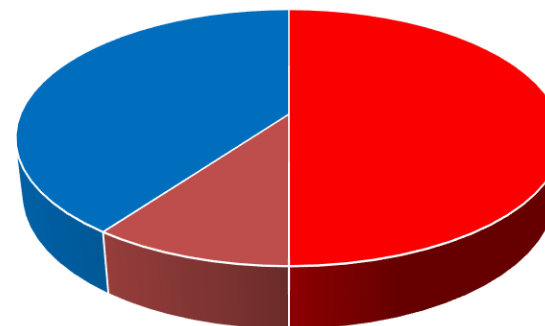


■ Led ■ Rozbředlý led ■ Voda

Závislost teploty na času ve vzorku celé kostky ledu s  
přidanou solí 50g



Výsledek procesu tání vzorku ledu s  
přidanou solí 50g



■ Led ■ Rozbředlý led ■ Voda



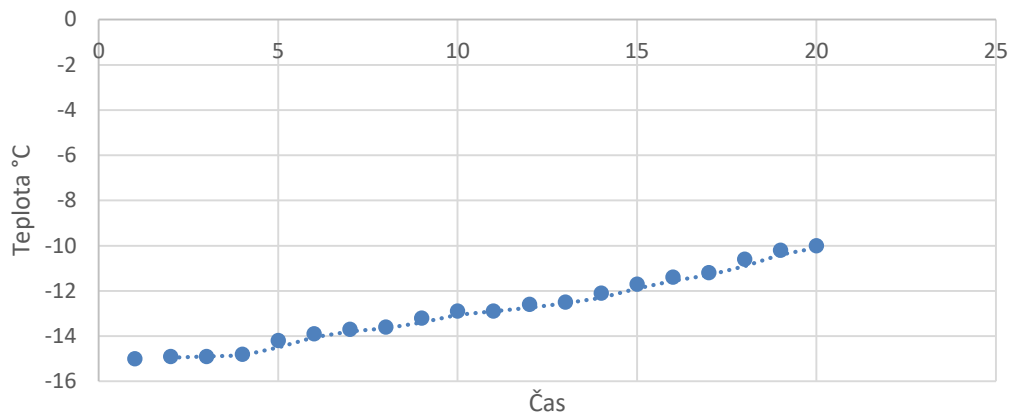
**INTERREG V-A**  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



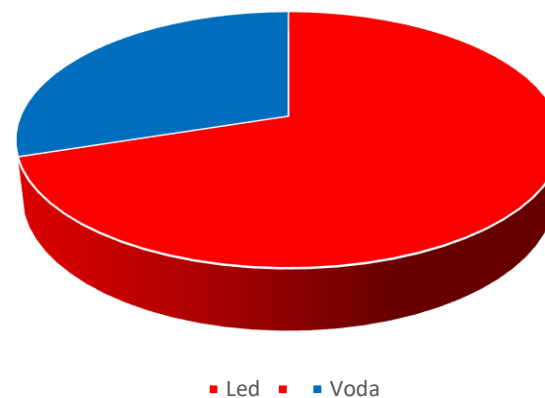
**EURÓPSKA ÚNIA**  
**EURÓPSKY FOND**  
**REGIONÁLNEHO ROZVOJA**

SPOLOČNE BEZ HRANÍC

Závislosť teploty na čase vo vzorku celej kostky ledu bez  
přidané soli



Výsledek procesu tání vzorku ledu  
bez přidané soli





**INTERREG V-A**  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



**EURÓPSKA ÚNIA**  
**EURÓPSKY FOND**  
**REGIONÁLNEHO ROZVOJA**

SPOLOČNE BEZ HRANÍC

## Doplňková úloha

Záleží teplota tání ještě na jiných faktorech?

Dá se solit při libovolné teplotě (bude proces funkční)?

Jak vznikne „směs“ vody a soli, když je led v pevném skupenství?

Proč teplota po přidání soli prudce klesla?

Z grafu zkuste vyvodit, za jak dlouho by led zcela roztál na vodu.



**INTERREG V-A**  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



**EURÓPSKA ÚNIA**  
**EURÓPSKY FOND**  
**REGIONÁLNEHO ROZVOJA**  
SPOLOČNE BEZ HRANÍC

## Vysvětlení pokusu

Při přidání soli teplota ledu ještě více poklesla, i když má sůl vyšší teplotu než led.

K roztavení kusu ledu na vodu je třeba ledu dodat značné množství tepla. Roztok soli ve vodě při ochlazování tuhne při nižší teplotě, než čistá voda. Směs ledu a soli energii potřebnou k přechodu z pevné látky na kapalinu získá tím, že se ochladí. Za teploty dejme tomu  $-4^{\circ}\text{C}$  je už čistá voda ve formě ledu, ale slaná voda zůstává kapalná. Když tedy led "ztekutíte" solí, musí teplota směsi hodně poklesnout, aby se celková energie směsi nezměnila.

~~Důvodem je to, že mísení soli a vody znamená také zvýšení hustoty a tím je spotřebovávána vnitřní energie. Laicky řečeno, částice soli omezí pohyb částic vody ještě více, a jelikož víme, že pohyb částic uvnitř látky je teplo, musí se teplota látky snížit v závislosti na snížení vnitřní energie látky — snížení tepla.~~ Led se přesto začal měnit na vodu, i když jeho teplota byla hluboce pod  $0^{\circ}\text{C}$  a to z toho důvodu, že nyní máme vlastně již jinou látku. Již nemáme čistou vodu, jejíž bod tuhnutí a tání je  $0^{\circ}\text{C}$ , ale máme látku, která je vlastně „směsí“ vody a soli. A tato látka má bod tuhnutí mnohem níže v závislosti na množství soli ve vodě rozpuštěné. Proto také oceány ani v zimě nezamrzají, tedy až na polární oblasti, kde teplota dosahuje často  $-50^{\circ}\text{C}$  a někdy i ještě mnohem méně.

Sůl se do ledu nedostává snadno. Kdybychom měli v laboratoři podmínky takové, že by vlhkost vzduchu dosahovala 0 %, pak by ani voda na ledu nekondenzovala a sůl by pronikala do molekulární stavby ledu jen velmi ztěžka. Díky vlhkosti vzduchu a kondenzaci vody na ledu však sůl nasákne do této vody na „povrchu“ a dále díky neustálému pohybu částic ledu (pohyb částic je zcela zastaven až na absolutní nule, které zatím nelze nikde dosáhnout) se s nimi promíchává a dostává se hlouběji. (Viz také sešit z nižších ročníků – difuze a teplo.)

I „směs“ vody a soli má však svou teplotu (bod) tuhnutí, a tak i sůl je účinná jen do určitých atmosférických podmínek.

Teplota tání ledu a jeho rychlost tání je samozřejmě také závislá i na mnoha dalších faktorech, mezi něž řadíme například i vlhkost vzduchu, atmosférický tlak, teplotu okolí, tepelnou vodivost materiálu v okolí ledu atd.