

# Senzor rozpusteného kyslíka

## DO-BTA



Senzor rozpusteného kyslíka je možné použiť na meranie koncentrácie rozpusteného kyslíka vo vzorkách vody v teréne alebo v laboratóriu, Senzor môžete použiť na široké spektrum testov a experimentov pri určovaní úrovne rozpusteného kyslíka ako základnej indikácie vodného prostredia:

- Monitorovanie rozpusteného kyslíka v akváriách s obsahom rôznych rastlín a živočíšnych druhov.
- Meranie zmien koncentrácie rozpusteného kyslíka vplyvom fotosyntézy a dýchania vodných rastlín.
- Využitie senzory na presný test koncentrácie rozpusteného kyslíka vo vodnom toku alebo v jazere za účelom posúdenia schopnosti vody zabezpečovať život rozličných rastlín a živočíchov.
- Meranie biologickej potreby kyslíka (B.O.D) vo vzorkách vody s obsahom organických látok, ktoré pri svojom rozklade spotrebávajú kyslík.
- Stanovenie vzťahu medzi koncentráciou rozpusteného kyslíka a teplotou vody.

### Obsah balenia senzora rozpusteného kyslíka

Skontrolujte obsah balenia senzora rozpusteného kyslíka:

- Senzor rozpusteného kyslíka (elektroda senzora rozpusteného kyslíka s krytom membrány).
- Náhradný membránový kryt.
- Kalibračný štandard siričitanu sodného (2,0M Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) a bezpečnostný list k nemu.
- Plniaci roztok elektródy rozpusteného kyslíka, pipeta na plnenie a bezpečnostný list.
- Kalibračná fľaštička (prázdna s dierou v uzávere).
- Leštiace pásiky senzora rozpusteného kyslíka (1 balenie).
- Návod k senzoru rozpusteného kyslíka.

### Zber dát so senzorom rozpusteného kyslíka

Senzor sa dá použiť s týmito interfejsmi zberu dát:

- Vernier LabQuest samostatne, alebo s počítačom
- Vernier LabPro s počítačom, grafickou kalkulačkou TI alebo prenosným počítačom typu Palm
- Vernier Go!Link s počítačom
- Vernier EasyLink
- Vernier SensorDAQ
- CBL2

### Je potrebné senzor rozpusteného kyslíka kalibrovat'?

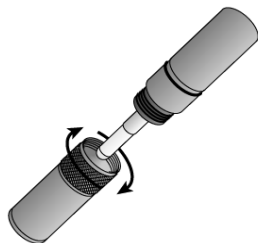
Pri používaní v triede nie je vždy potrebné senzor rozpusteného kyslíka kalibrovat'. Ak váš experiment vyžaduje len sledovanie zmeny koncentrácie rozpusteného kyslíka, postačí kalibrácia, ktorá je uložená v softvéri. Ak robíte jednotlivé merania odčítavania koncentrácie napríklad vo vodnom toku alebo v jazere, a chcete zlepšiť presnosť merania, najlepšie je urobiť novú kalibráciu.

### Príprava senzora rozpusteného kyslíka na použitie

#### Časť A: Príprava senzora

1. Pripravte senzor rozpusteného kyslíka na použitie.

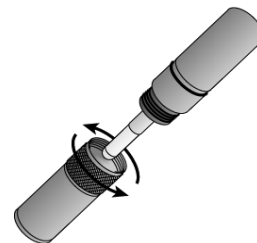
- Odstráňte modrý ochranný kryt z konca senzora, Po vybalení senzora môžete tento kryt zahodiť.
- Z konca senzora vyskrutkujte membránový uzáver.
- Pomocou pipety naplňte membránový uzáver 1 ml roztoku náplne senzora rozpusteného kyslíka (DO Electrode Filling Solution).



O d s k r u t k u j t e  
m e m b r á n o v ú č a s ť



N a p l ň t e r o z t o k o m  
n á p l n e e l e k t r ó d y



N a s k r u t k u j t e  
m e m b r á n o v ú č a s ť

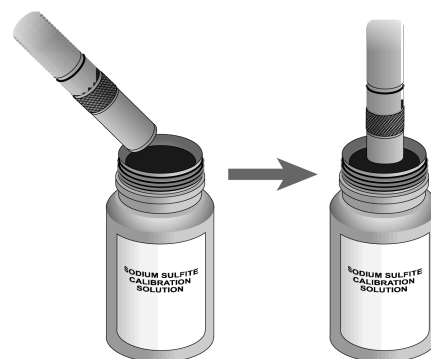
- Opatrne naskrutkujte membránový uzáver naspäť na koniec senzora.
- Umiestnite senzor do nádoby s obsahom asi 100 ml destilovanej vody.

## Časť B: Aktivizácia senzora

- Pripojte senzor rozpusteného kyslíka na interfejs.<sup>1</sup>
- Pred meraním je potrebné senzor rozpusteného kyslíka 10 minút aktivizovať, Aktivizáciu urobíte tak, že ponecháte senzor pripojený na interfejs s bežiacim programom zberu dát namočený vo vode po dobu 10 minút, Senzor musí byť po celú dobu aktivizácie pripojený na interfejs, Ak bol čo len krátko odpojený, aktivizáciu je potrebné zopakovať.<sup>2</sup>

## Časť C: Kalibrácia senzora

- Teraz si môžete vybrať metódu kalibrácie senzora rozpusteného kyslíka.
  - Ak chcete použiť uloženú kalibráciu, pokračujte časťou D.
  - Ak chcete urobiť novú kalibráciu, postupujte takto:
    - Otvorte kalibračnú rutinu vášho programu zberu dát.<sup>3</sup>
    - Prvý kalibračný bod:** Vyberte senzor z vody a dajte jeho koniec do kalibračného roztoku siričitanu sodného.
    - Keď sa indikovaná hodnota napätia stabilizuje, zadajte **0** (ako hodnotu obsahu rozpusteného kyslíka v mg/l).
    - Druhý kalibračný bod:** Opláchnite senzor destilovanou vodou a jemným ofúknutím ho osušte.
    - Odskrutkujte uzáver kalibračnej fľaštičky dodanej so senzorom, Nasuňte uzáver s tesnením asi 1/2 palca (asi 13 mm) na telo senzora.



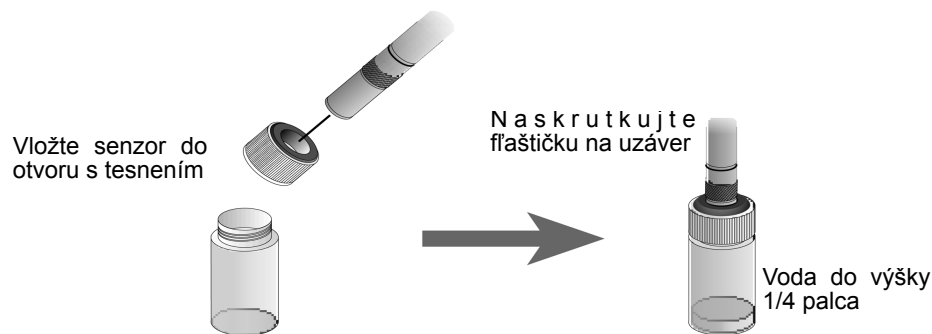
V l o ž t e s e n z o r  
p o d u h l o m

P o n o r t e k o n e c  
1 a ž 2 c m

<sup>1</sup> Ak váš systém nepodporuje automatickú identifikáciu auto-ID, otvorte v Logger Pro nejaký experimentálny súbor a nastavte senzor manuálne.

<sup>2</sup> Pri Easy Link je proces polarizácie senzora trochu odlišný, pretože senzor rozpusteného kyslíka je napájaný len vtedy, keď je kalkulačka zapnutá a beží program Easy Data. Keď kalkulačka prejde do režimu spánku, senzor rozpusteného kyslíka nie je napájaný. Môžete to vyriešiť tak, že prejdete na obrazovku Live Calibration, kde bude senzor trvalo napájaný, a ponecháte ho takto aktivizovať po dobu 10 minút.

<sup>3</sup> Pri použití Easy Link a Easy Data musíte každých niekoľko minút stlačiť na kalkulačke nejaké tlačidlo, aby udržali kalkulačku, Easy Data a napájanie senzora aktívne.



- f. Naplňte fľaštičku do výšky asi 1/4 palca (asi 6,5 mm) vodou a naskrutkujte ju na uzáver podľa obrázku. **Dôležité upozornenie:** dbajte pritom, aby ste sa nedotkli membrány senzora, ani ju nenavlhčili. Nechajte senzor v tejto polohe asi minútu.
- g. Keď sa indikovaná hodnota napätia stabilizuje, zadajte hodnotu nasýtenia rozpusteného kyslíka (v ml/l) podľa tabuľky 1, uvedenej ďalej v tomto návode, za použitia hodnôt momentálneho barometrického tlaku a teploty. Ak nepoznáte momentálnu hodnotu barometrického tlaku, použite jej odhad v závislosti od nadmorskej výšky podľa tabuľky 2.

#### Časť D: Senzor je teraz pripravený na zber dát koncentrácie rozpusteného kyslíka.

- a. Ponorte koniec senzora do testovanej vzorky vody (do hĺbky 4-6 cm). Senzor nenamáčajte úplne, jeho rukoväť nie je vodotesná.
- b. Vodu senzorom opatrne miešajte. Sledujte indikovanú hodnotu senzora. **Poznámka:** Vzorku vody musíte stále miešať. Počas meranie musí okolo konca senzora stále prúdiť voda. Senzor počas merania koncentrácie rozpusteného kyslíka odoberá z vody kyslík, jeho prechodom cez svoju membránu. Ak senzor ponecháte v stojacej vode, indikovaná hodnota koncentrácie rozpusteného kyslíka bude zdanlivo klesať.

#### Technické údaje

Rozsah:	0 až 15 mg/l
Presnosť:	±0,2 mg/l
13-bitové rozlíšenie(SensorDAQ):	0,007 mg/l
12-bitové rozlíšenie (LabQuest, LabPro, ULI II, SBI):	0,014 mg/l
10-bitové rozlíšenie (CBL 2):	0,056 mg/l
Čas odozvy:	95% konečnej hodnoty za 30 sekúnd, 98% za 45 sekúnd
Teplotná kompenzácia:	automatická od 3 do 35°C
Tlaková kompenzácia:	manuálna, načítaná pri kalibrácii
Kompenzácia slanosti:	manuálna, načítaná pri kalibrácii
Minimálny prietok meranej vzorky:	20 cm/s
Uložené kalibračné hodnoty	
sklon:	3,27
priesečník nuly:	-0,327

Tento senzor je vybavený obvody automatickej identifikácie auto-ID. Pri použití s interfejsom LabQuest, LabPro, Go!Link alebo SensorDAQ, softvér identifikuje senzor a použije preddefinované parametre na nakonfigurovanie experimentu vhodné pre daný senzor.

**Tabuľka 1: Rozpustený kyslík (mg/l) v destilovanej vode nasýtenej vzduchom  
(pri rôznych teplotách a hodnotách tlaku vzduchu)**

	770 mm	760 mm	750 mm	740 mm	730 mm	720 mm	710 mm	700 mm
0°C	14,76	14,57	14,38	14,19	13,99	13,80	13,61	13,42
1°C	14,38	14,19	14,00	13,82	13,63	13,44	13,26	13,07
2°C	14,01	13,82	13,64	13,46	13,28	13,10	12,92	12,73
3°C	13,65	13,47	13,29	13,12	12,94	12,76	12,59	12,41
4°C	13,31	13,13	12,96	12,79	12,61	12,44	12,27	12,10
5°C	12,97	12,81	12,64	12,47	12,30	12,13	11,96	11,80
6°C	12,66	12,49	12,33	12,16	12,00	11,83	11,67	11,51
7°C	12,35	12,19	12,03	11,87	11,71	11,55	11,39	11,23
8°C	12,05	11,90	11,74	11,58	11,43	11,27	11,11	10,96
9°C	11,77	11,62	11,46	11,31	11,16	11,01	10,85	10,70
10°C	11,50	11,35	11,20	11,05	10,90	10,75	10,60	10,45
11°C	11,24	11,09	10,94	10,80	10,65	10,51	10,36	10,21
12°C	10,98	10,84	10,70	10,56	10,41	10,27	10,13	9,99
13°C	10,74	10,60	10,46	10,32	10,18	10,04	9,90	9,77
14°C	10,51	10,37	10,24	10,10	9,96	9,83	9,69	9,55
15°C	10,29	10,15	10,02	9,88	9,75	9,62	9,48	9,35
16°C	10,07	9,94	9,81	9,68	9,55	9,42	9,29	9,15
17°C	9,86	9,74	9,61	9,48	9,35	9,22	9,10	8,97
18°C	9,67	9,54	9,41	9,29	9,16	9,04	8,91	8,79
19°C	9,47	9,35	9,23	9,11	8,98	8,86	8,74	8,61
20°C	9,29	9,17	9,05	8,93	8,81	8,69	8,57	8,45
21°C	9,11	9,00	8,88	8,76	8,64	8,52	8,40	8,28
22°C	8,94	8,83	8,71	8,59	8,48	8,36	8,25	8,13
23°C	8,78	8,66	8,55	8,44	8,32	8,21	8,09	7,98
24°C	8,62	8,51	8,40	8,28	8,17	8,06	7,95	7,84
25°C	8,47	8,36	8,25	8,14	8,03	7,92	7,81	7,70
26°C	8,32	8,21	8,10	7,99	7,89	7,78	7,67	7,56
27°C	8,17	8,07	7,96	7,86	7,75	7,64	7,54	7,43
28°C	8,04	7,93	7,83	7,72	7,62	7,51	7,41	7,30
29°C	7,90	7,80	7,69	7,59	7,49	7,39	7,28	7,18
30°C	7,77	7,67	7,57	7,47	7,36	7,26	7,16	7,06
31°C	7,64	7,54	7,44	7,34	7,24	7,14	7,04	6,94
32°C	7,51	7,42	7,32	7,22	7,12	7,03	6,93	6,83
33°C	7,39	7,29	7,20	7,10	7,01	6,91	6,81	6,72
34°C	7,27	7,17	7,08	6,98	6,89	6,80	6,70	6,61
35°C	7,15	7,05	6,96	6,87	6,78	6,68	6,59	6,50

**Tabuľka 1 (pokračovanie): Rozpustený kyslík (mg/L) v destilovanej vode nasýtenej vzduchom (pri rôznych teplotách a hodnotách tlaku vzduchu)**

	690 mm	680 mm	670 mm	660 mm	650 mm
0°C	13,23	13,04	12,84	12,65	12,46
1°C	12,88	12,70	12,51	12,32	12,14
2°C	12,55	12,37	12,19	12,01	11,82
3°C	12,23	12,05	11,88	11,70	11,52
4°C	11,92	11,75	11,58	11,40	11,23
5°C	11,63	11,46	11,29	11,12	10,95
6°C	11,34	11,18	11,01	10,85	10,68
7°C	11,07	10,91	10,75	10,59	10,42
8°C	10,80	10,65	10,49	10,33	10,18
9°C	10,55	10,39	10,24	10,09	9,94
10°C	10,30	10,15	10,00	9,86	9,71
11°C	10,07	9,92	9,78	9,63	9,48
12°C	9,84	9,70	9,56	9,41	9,27
13°C	9,63	9,49	9,35	9,21	9,07
14°C	9,42	9,28	9,14	9,01	8,87
15°C	9,22	9,08	8,95	8,82	8,68
16°C	9,02	8,89	8,76	8,63	8,50
17°C	8,84	8,71	8,58	8,45	8,33
18°C	8,66	8,54	8,41	8,28	8,16
19°C	8,49	8,37	8,24	8,12	8,00
20°C	8,33	8,20	8,08	7,96	7,84
21°C	8,17	8,05	7,93	7,81	7,69
22°C	8,01	7,90	7,78	7,67	7,55
23°C	7,87	7,75	7,64	7,52	7,41
24°C	7,72	7,61	7,50	7,39	7,28
25°C	7,59	7,48	7,37	7,26	7,15
26°C	7,45	7,35	7,24	7,13	7,02
27°C	7,33	7,22	7,11	7,01	6,90
28°C	7,20	7,10	6,99	6,89	6,78
29°C	7,08	6,98	6,87	6,77	6,67
30°C	6,96	6,86	6,76	6,66	6,56
31°C	6,85	6,75	6,65	6,55	6,45
32°C	6,73	6,63	6,54	6,44	6,34
33°C	6,62	6,53	6,43	6,33	6,24
34°C	6,51	6,42	6,32	6,23	6,13
35°C	6,40	6,31	6,22	6,13	6,03

### **Barometrický tlak v závislosti od nadmorskej výšky**

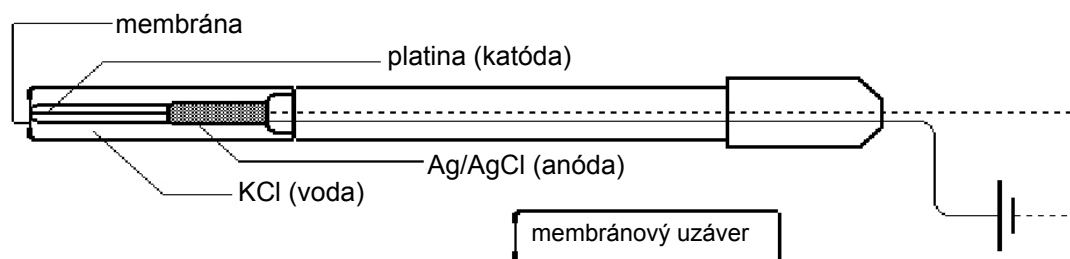
Ak nepoznáte barometrický tlak, môžete ho odhadnúť podľa nadmorskej výšky, podľa nasledujúcej tabuľky 2. Hodnoty tlaku sú vypočítané na základe predpokladu tlaku 760 mm Hg na úrovni mora.

**Tabuľka 2: Približný barometrický tlak v rôznych výškach**

Nadmorská výška		Tlak	Nadmorská výška		Tlak	Nadmorská výška		Tlak
(stopy)	(m)	(mm Hg)	(stopy)	(m)	(mm Hg)	(stopy)	(m)	(mm Hg)
0	0	760	2000	610	708	4000	1219	659
250	76	753	2250	686	702	4250	1295	653
500	152	746	2500	762	695	4500	1372	647
750	229	739	2750	838	689	4750	1448	641
1000	305	733	3000	914	683	5000	1524	635
1250	381	727	3250	991	677	5250	1600	629
1500	457	720	3500	1067	671	5500	1676	624
1750	533	714	3750	1143	665	5750	1753	618

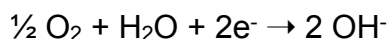
### Ako funguje senzor rozpusteného kyslíka

Vernierov senzor rozpusteného kyslíka je polarografická elektróda Clarkovho typu, ktorá je citlivá na koncentráciu kyslíka vo vode a vodných roztokoch. Platinová katóda a striebro/striebrochloridová anóda v KCl elektrolyte sú oddelené od meranej vzorky plyno-priepustnou plastovou membránou.

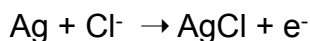


**Obrázok 1**

Na platinovú elektródu je privedené konštantné napätie. Kyslík, ktorý difunduje cez membránu ku katóde sa redukuje:



Na referenčnej elektróde dochádza k oxidácii:



Na základe toho vzniká prúd, ktorý je úmerný rýchlosti difúzie kyslíka a súvisí s koncentráciou kyslíka vo vzorke. Tento prúd sa prevádza priamo úmerne na napätie, ktoré sa zosilňuje a dá sa odčítavať ktorýmkoľvek Vernierovým interfejsom.

### Odkladanie a údržba senzora rozpusteného kyslíka

Nasledujúci postup načrtáva spôsob, ako predĺžiť životnosť senzora rozpusteného kyslíka a jeho membránového uzáveru. Pri odkladaní senzora postupujte takto:

- **Dlhodobé uloženie senzora (viac ako 24 hodín):** Odmontujte membránový uzáver a opláchnite je vnútro aj vonkajšok destilovanou vodou. Potrasením ho osušte. Podobne opláchnite a osušte vnútorné časti odkrytej anódy a katódy (osušte ich odsatím vody laboratórnou utierkou). Voľne namontujte membránový uzáver naspäť na telo elektródy. Neutahujte ho silno.
- **Krátkodobé uloženie senzora (menej ako 24 hodín):** Senzor rozpusteného kyslíka odkladajte ponorený membránovým koncom v destilovanej vode do hĺbky asi 1 palca (asi 2,5 cm).
- **Leštenie kovových elektród:** Ak katóda (malý, lesklý kovový kontakt v strede skleneného výstupku (podľa obrázku 1) a anóda (strieborná kovová fólia obaľujúca dolnú časť vnútorného

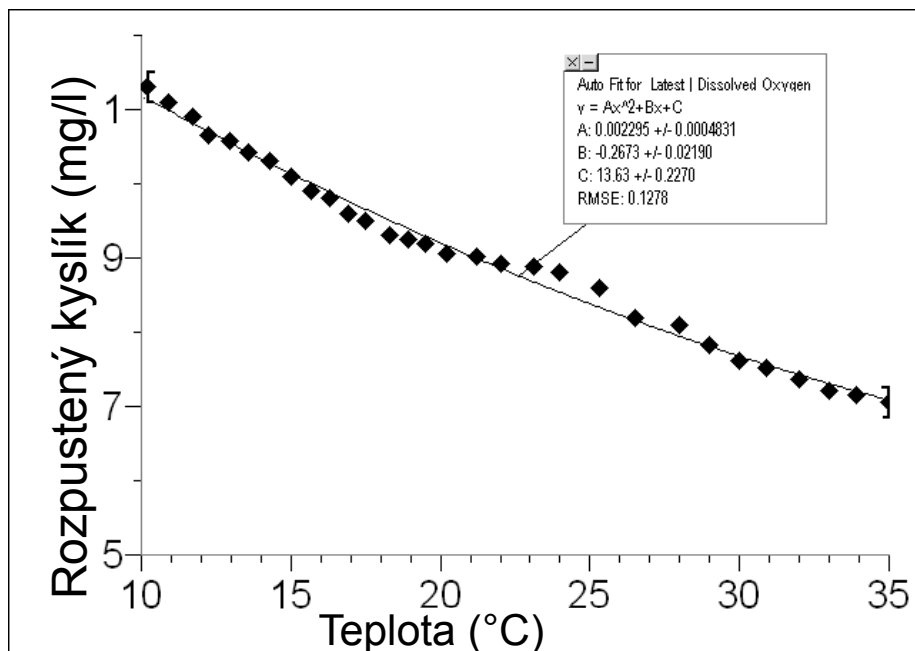
tela senzora) zmenia farbu, alebo vyzerajú skorodované, vyleštite ich leštiacim pásikom dodaným so sensorom. Túto operáciu robte len keď je potrebná - je nevyhnutná len približne raz ročne. Odmontujte membránový uzáver. Dobře opláchnite vnútorné časti senzora destilovanou vodou, aby ste odstránili zvyšky roztoku náplne senzora. Odstrihnite 1 palec (asi 2,5 cm) dlhý kus leštiaceho pásika dodaného so sensorom. Navlhčte tmavú (abrazívnu) časť leštiaceho pásika destilovanou vodou. Kruhovým pohybom vyleštite stredný element sklenenej katódy (celkom na konci senzora). Leštite jemným tlakom prsta len dovtedy, kým nedostanete svetlý, čistý povrch stredného elementu. Potom vyleštite striebornú anódu umiestnenú okolo základne vnútorného elementu senzora. Leštite len dovtedy, kým nedostanete strieborný vzhľad. **Poznámka:** Agresívne leštenie zničí vnútorné časti senzora. Pri leštení anódy a katódy *používajte len jemný tlak*. Po skončení leštenia dobre opláchnite elementy anódy a katódy a osušte ich laboratórnou utierkou.

Pri normálnom používaní vydrží Vernierov senzor rozpusteného kyslíka roky. Membránový uzáver je však potrebné približne po šiestich mesiacoch nepretržitého používania vymeniť. Uzáver odporúčame vymeniť, keď senzor nereaguje počas kalibrácie alebo merania dostatočne rýchlo. Ak budete používať senzor v roztokoch, ktoré nie sú na báze vody, ktoré obsahujú olej, tuk alebo iné látky, ktoré sa usadzujú na membráne, skrátime tým jej životnosť. Náhradné membránové kryty majú objednávací kód Vernier MEM.

### Automatická teplotná kompenzácia

Vernierov senzor rozpusteného kyslíka má automatickú teplotnú kompenzáciu pomocou zabudovaného termistora. Informácie o teplote sa používajú na automatickú kompenzáciu zmien permeability membrány s teplotou. Ak by senzor nebol teplotne kompenzovaný, pozorovali by ste zmeny odčítavaných údajov koncentrácie rozpusteného kyslíka pri zmene teploty, aj keby sa skutočná koncentrácia rozpusteného kyslíka nemenila. Dva príklady automatickej teplotnej kompenzácie:

- Ak nakalibrujete senzor rozpusteného kyslíka v laboratóriu pri 25°C a pri barometrickom tlaku 760 mm Hg (za predpokladu zanedbania slanosti), hodnota, ktorú zadáte ako kalibračný bod nasýteného kyslíka je 8,36 mg/l (tabuľka 1). Ak budete merať destilovanú vodu nasýtenú kyslíkom pri jej intenzívnom miešaní, odčítavaná hodnota bude 8,36 mg/l. Ak vodu bez ďalšieho miešania ochladíte na 10°C, nebude už nasýtená kyslíkom (studená voda môže obsahovať viac kyslíka ako teplá voda). Odčítavaná hodnota teplotne kompenzovaného senzora bude stále 8,36 mg/l.
- Ak však vodu schladíte na 10°C za stáleho miešania tak, že stále bude nasýtená kyslíkom, teplotne kompenzovaný senzor ukáže hodnotu 11,35 mg/l - obrázok 2. **Poznámka:** Teplotná kompenzácia neznamená, že odčítavaná hodnota nasýteného roztoku bude rovnaká pri dvoch rôznych teplotách. Roztoky pri rôznych teplotách budú mať rôznu nasýtenú koncentráciu kyslíka a senzor musí tieto rozdiely reflektovať.



Obrázok 2: Nasýtený rozpustený kyslík v závislosti od teploty

## Meranie slaných morských vôd alebo vôd prílivových oblastí (s obsahom soli viac ako 1000 mg/l)

Koncentráciu rozpusteného kyslíka (DO) vo vode nasýtenej vzduchom s rozličnými hodnotami slanosti ( $DO_{SALT}$ ) je možné vypočítať pomocou vzorca:

$$DO_{SALT} = DO - (kS)$$

- $DO_{SALT}$  je koncentrácia rozpusteného kyslíka (v mg/l) v roztoku slanej vody.
- DO je koncentrácia rozpusteného kyslíka v destilovanej vode nasýtenej vzduchom podľa tabuľky 1.
- S je hodnota slanosti (v ppt). Hodnota slanosti sa dá stanoviť pomocou Vernierovej chloridovej ión selektívnej elektródy alebo pomocou senzora vodivosti podľa postupu podľa laboratórneho manuálu v zbierke *Water Quality with Vernier*.
- k je konštanta. Hodnota konštanty k závisí na teplote vzorky a dá sa určiť z nasledujúcej tabuľky 3.

**Tabuľka 3: Korekčné hodnoty konštanty slanosti**

Teplota (°C)	Konštanta k	Teplota (°C)	Konštanta k	Teplota (°C)	Konštanta k	Teplota (°C)	Konštanta k
1	0,08796	8	0,06916	15	0,05602	22	0,04754
2	0,08485	9	0,06697	16	0,05456	23	0,04662
3	0,08184	10	0,06478	17	0,05328	24	0,0458
4	0,07911	11	0,06286	18	0,05201	25	0,04498
5	0,07646	12	0,06104	19	0,05073	26	0,04425
6	0,07391	13	0,05931	20	0,04964	27	0,04361
7	0,07135	14	0,05757	21	0,04854	28	0,04296

**Príklad:** Stanovte kalibračnú hodnotu nasýteného rozpusteného kyslíka (DO) pri teplote 23°C a tlaku 750 mm Hg, ak používate senzor rozpusteného kyslíka v morskej vode so slanosťou 35,0 ppt.

Najprv nájdite hodnotu rozpusteného kyslíka v tabuľke 1 ( $DO = 8,55$  mg/l). Potom nájdite konštantu k v tabuľke 3 pri 23°C ( $k = 0,04662$ ). Dosadte tieto hodnoty, ako aj hodnotu do predchádzajúcej rovnice:

$$DO_{SALT} = DO - (kS) = 8,55 - (0,04662 \times 35,0) = 8,55 - 1,63 = 6,92 \text{ mg/l}$$

Túto hodnotu (6,92 mg/l) použite ako saturovaný kalibračný bod DO (voda - nasýtený vzduch) podľa popisu v kroku 6. Senzor rozpusteného kyslíka je teraz nakalibrovaný na správne meranie hodnoty DO vo vzorkách slanej vody so slanosťou 35 ppt.

**Dôležitá poznámka:** Pri väčšine meraní rozpusteného kyslíka nie je nevyhnutné robiť kompenzáciu slanosti. Príklad: slanosť je 0,5 ppt, teplota 25°C a tlak 760 mm Hg. Výpočet DO je:

$$DO_{SALT} = DO - (kS) = 8,36 - (0,04498 \times 0,5) = 8,36 - 0,023 = 8,34 \text{ mg/l}$$

Pri úrovniach slanosti pod 1,0 ppt, zanedbaním tejto korekcie spôsobíte chybu menšiu ako 0,2%.



## Údržba a obnova kalibračného roztoku siričitanu sodného

Na presné meranie senzorom rozpusteného kyslíka je nevyhnutné mať roztok bez kyslíka, ako nulový kalibračný bod. Roztok siričitanu sodného dodaný so senzorom vám vydrží dlho, nie však neobmedzene. Tu sú niektoré návrhy, ako udržiavať a ako nahradiť tento roztok:

- Po prvom použití roztoku na kalibráciu, už ho nebude vo fľaštičke úplne plno (keď do neho vložíte elektródu, nejaké množstvo z neho pretečie cez okraj). Ak fľaštičku takto so vzduchom nad jeho hladinou uzatvoríte, kyslík so vzduchu sa rozpustí v roztoku siričitanu sodného, výsledkom bude roztok s nenulovým obsahom kyslíka. Pred uzatváraním fľaštičky ju preto opatrne stlačte tak, aby v nej neostal vzduch, a takto stlačenú ju uzatvorte. Ak budete používať túto procedúru, 2M roztok  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  vám vydrží bez obsahu kyslíka dlhú dobu. Ak však napätie odčítavané na elektróde pri prvom kalibračnom bode je vyššie ako bolo pri predchádzajúcich kalibráciách, je pravdepodobne potrebné roztok vymeniť nasledujúcim postupom.
- 2M roztok siričitanu sodného ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) si môžete pripraviť z tuhého siričitanu sodného: Rozpusťte 25,0g kryštálov tuhého bezvodého siričitanu sodného v dostatočnom množstve destilovanej vody tak, aby ste dostali 100 ml roztoku. Nie je nevyhnutné, aby bol siričitan sodný v analytickej čistote, postačí laboratórne čistý. V chemických laboratóriách stredných škôl sa táto zlúčenina obvykle bežne nachádza. Roztok pripravte 24 hodín pred kalibráciou, aby ste zabezpečili, že sa vylúčil všetok kyslík. Ak nemáte siričitan sodný, môžete ho nahradiť buď 2,0M roztokom hydrogén siričitanu sodného (20,8g  $\text{NaHSO}_3$  v 100 ml roztoku) alebo 2,0M roztokom dusitanu draselného (17,0g  $\text{KNO}_2$  v 100 ml roztoku).

## Náhradné súčasti

### Vernier Software & Technology:

Náhradný membránový uzáver	MEM
Leštiace pásiky (bal. 2 ks)	PS
Roztok náplne senzora rozp. kyslíka	FS
Kalibračný roztok senzora rozp. kyslíka	DO-CAL

### Flinn Scientific (Batavia, IL 60510 USA):

Štandardný roztok siričitanu sodného 2,0M, fľaša 65 ml	obj. číslo: SO426
Siričitan sodný bezvodý, tuhý, fľaša 500g	obj. číslo: SO111

## Použitie senzora rozpusteného kyslíka s inými senzormi Vernier

Je potrebné vedieť, že ak je senzor rozpusteného kyslíka umiestnený spolu s iným Vernierovým senzorom v tom istom roztoku (v tom istom akváriu alebo v tej istej kadičke), a senzory sú pripojené na ten istý interfejs (napríklad na ten istý LabPro), môžu navzájom interagovať. Nastáva to preto, lebo senzor rozpusteného kyslíka vysiela do roztoku určitý signál a tento signál môže ovplyvňovať odčítavané hodnoty iných senzorov.

Nasledujúce senzory nie je možné pripojiť na ten istý interfejs so senzorom rozpusteného kyslíka a umiestniť ich spolu do toho istého roztoku:

- Senzor vodivosti
- pH senzor
- Priamo pripojený senzor teploty
- Ión selektívne elektródy

Ak chcete robiť simultánne merania s niektorým s uvedených senzorov môžete postupovať takto:

- Pri simultánných meraniach rozpusteného kyslíka a vodivosti, alebo rozpusteného kyslíka a pH, zapojte senzory na dva rozličné interfejsy. Ak uvedené senzory zapojíte na rozličné interfejsy, ich meranie bude aj v tom istom roztoku správne.

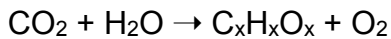
- Vernierov nerezový teplomer (dodávaný napríklad s CBL 2), je možné používať spolu so senzorom rozpusteného kyslíka v tom istom roztoku.
- Ak meriate v jazere alebo v rieke a chcete použiť dva z uvedených senzorov, môžete ich pripojiť na jeden interfejs a natiahnúť ich kalibráciu. Do vody vložte najprv jeden zo senzorov, urobte meranie, a potom tento senzor vyberte a vložte do vody druhý senzor, a urobte meranie ním meranie.

### Základné informácie o rozpustenom kyslíku

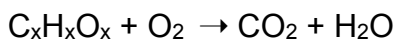
Rozpustený kyslík je pre zdravé vodné prostredie životne dôležitý. Rôzne vodné organizmy potrebujú na svoje prežitie rôzne úrovne rozpusteného kyslíka. Pstruh potrebuje vyššiu úroveň rozpusteného kyslíka, ryby, ako je kapor a sumec, prežijú v rieke aj pri nižších koncentráciách kyslíka. Voda s vyšším obsahom kyslíka sa vo všeobecnosti považuje za zdravé prostredie, ktoré dokáže podporovať viacero foriem života vo vode.

Úroveň rozpusteného kyslíka vodného prostredia ovplyvňuje viacero faktorov. Turbulencie v jazere od vln alebo od rýchlo tečúcej rieky výrazne zvyšujú množstvo vody exponované v atmosfére a spôsobujú vyššie hodnoty rozpusteného kyslíka. Dalším faktorom ovplyvňujúcim úroveň rozpusteného kyslíka je teplota. Podobne, ako je to pri iných plynch, je nasýtená úroveň rozpusteného kyslíka v teplej vode nižšia ako v studenej vode (obrázok 3).

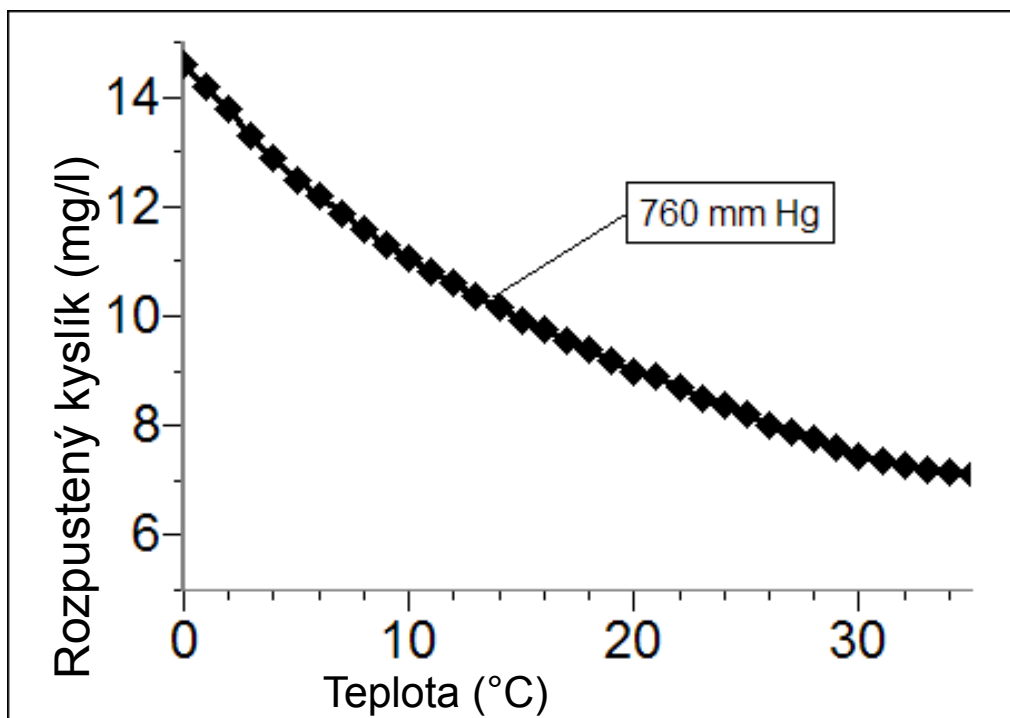
Fotosyntetické cykly majú tiež veľký vplyv na úroveň rozpusteného kyslíka vo vodnom prostredí. Počas denného svetla, vodné rastliny a fotosyntetické mikroorganizmy produkujú kyslík:



Postupom popoludnia, rastie koncentrácia rozpusteného kyslíka z fotosyntézy. Po západe slnka fotosyntéza ustane, avšak rastliny a organizmy dýchajú. Počas noci a skoro ráno dýchanie spôsobí pokles koncentrácie rozpusteného kyslíka:



Množstvo a rozmanitosť foriem života vo vodnom prostredí vplyva na stupeň výskytu cyklov fotosyntéza - dýchanie.



Obrázok 3: Nasýtený rozpustený kyslík v závislosti od teploty pri 760 mm Hg

Množstvo organického odpadu zo zdrojov vytvorených človekom, ako sú napríklad celulózne závody, závody na spracovanie potravín a organizmy na spracovanie odpadových vôd, môžu vplývať na zníženie úrovni rozpusteného kyslíka v jazerách a v riekach. Oxidácia takéhoto odpadu často spotrebúva kyslík rýchlejšie, ako ho dokáže obnovovať turbulencia alebo fotosyntéza. Použitie senzora rozpusteného kyslíka na meranie koncentrácie rozpusteného kyslíka v rieke môže byť preto významným testom pri stanovení zdravotného stavu a stability vodného ekosystému.

### **Kalibrácia a monitorovanie s použitím percentuálneho nasýtenia**

Namiesto kalibrácie v jednotkách mg/l (čo zodpovedá milióntinám (ppm)), môžete senzor kalibrovať v % nasýtenia. Keď kalibrujete v % nasýtenia, kalibračný bod urobený v roztoku siričitanu sodného (s nulovým obsahom kyslíka) bude 0% a kalibračný bod vo vode nasýtenej kyslíkom bude 100%. Je však nevyhnutné poznamenať, že 100% predstavuje roztok nasýtený kyslíkom len pri konkrétnej teplote. Ak chcete porovnávať výsledky namerané za rozličných podmienok, vhodnejšou jednotkou bude mg/l (skôr popísanou v tomto návode).

Ak ste nakalibrovali senzor rozpusteného kyslíka v jednotkách mg/l, ľahko môžete urobiť prepočet na percentuálne nasýtenie pomocou vzorca:

$$\% \text{ nasýtenie} = (\text{indikovaná hodnota DO} / \text{nasýtená hodnota DO z tabuľky 1}) \times 100$$

Príklad: senzor rozpusteného kyslíka ukazuje hodnotu DO 6,1 mg/l pri teplote 20°C a tlaku 740 mm Hg. Z tabuľky 1 je nasýtená koncentrácia 8,93 mg/l. Z toho vyplýva hodnota pre percentuálne nasýtenie:

$$\% \text{ nasýtenie} = (6,1/8,93) \times 100 = 68\%$$

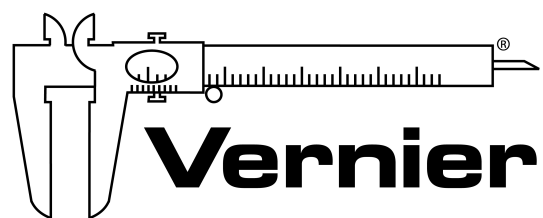
### **Záruka**

Záručné podmienky na území Slovenska sa riadia podmienkami vydanými distribútorom výrobkov Vernier na Slovensku, ktoré sú súčasťou dodávky výrobku a ostatnými platnými zákonmi. Vylúčenie zo záruky: Záruka predpokladá normálne používanie výrobku v súlade s jeho návodom na použitie za bežných laboratórnych podmienok. Pod záruku nespadá nesprávne použitie výrobku, jeho poškodenie vonkajšími vplyvmi, zmena jeho konštrukcie užívateľom a podobné udalosti. Záruka sa tiež nevzťahuje na spotrebný materiál, ako je membránový uzáver elektródy a roztoky používané v súvislosti s týmto senzorom.

**Vernier Software & Technology**  
13979 SW Millikan Way  
Beaverton, OR 97005-2886  
[www.vernier.com](http://www.vernier.com)

**Slovensko: PMS Delta s,r,o,**  
Fándlyho 1  
07101 Michalovce  
[www.pmsdelta.sk](http://www.pmsdelta.sk)

Preklad: Peter Spišák, 2009



**Measure. Analyze. Learn.™**