



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



CHIMICA IN SARDEGNA

LM Analisi e Gestione dell'Ambiente
Laboratorio Interdisciplinare 2014-15

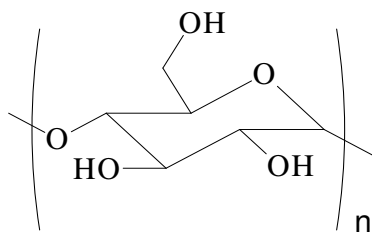
11-16 settembre 2015

Montevecchio (Guspini)

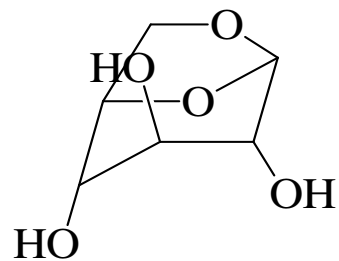
LEVOGLUCOSANO : MARKER DI COMBUSTIONE DI BIOMASSE

La combustione di biomasse, che include svariate sorgenti (fuochi naturali o per scopi agricoli, riscaldamento domestico, smaltimento rifiuti), rappresenta un contributo significativo alla produzione di particolato fine. Gli aerosol di questi fumi possono avere un forte impatto negativo sulla salute umana (l'inalazione può causare malattie respiratorie), sull'ambiente (qualità dell'aria e visibilità) e sul clima (interazione con la luce del sole).

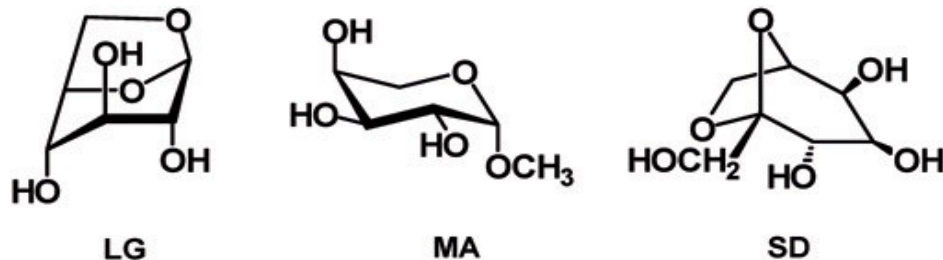
La “impronta digitale” della combustione di biomasse è costituita dalla presenza nel particolato di sistemi molecolari che mantengono caratteristiche strutturali delle sostanze originali. Uno di questi è il **levoglucosano** (1,6-anidro- β -D-glucopiranosio), prodotto da carboidrati contenenti glucosio, abbondanti nei vegetali (cellulosa e emicellulose), abbastanza stabile in atmosfera.



cellulosa



levoglucosano



Molecular structure of levoglucosan (LG) and surrogate standards methyl- β -L-arabinopyranoside (MA) and sedoheptulosan (SD) da: **D. Fabbri et al., *J. Environ. Monit.*, 10 (2008) 1519-1523.**

La determinazione di levoglucosano (**LG**) può essere usata per valutare l'entità di inquinamento atmosferico derivante da combustione di biomassa.

Campionamento: filtro di quarzo attraversato da una portata volumetrica di aria misurata (m^3); si lascia in funzione il campionatore per circa 3 giorni (vengono registrati i m^3 di aria filtrata).

- 1. In laboratorio:** procedura di estrazione di **LG** dal particolato trattenuto dal filtro ($PM_{2.5}$).
- 2. In laboratorio: analisi GC-SM** e determinazione di **LG** mediante soluzioni standard; il risultato finale è espresso in μg **LG**/ m^3 aria filtrata.

NOTA. I valori tipici di **LG** possono variare nell'intervallo $0.3 - 3 \mu g/m^3$, anche in funzione della stagione (più bassi in estate). In ogni caso, **LG** reagisce con il vapor d'acqua dell'aria e scompare in un tempo dell'ordine di 1-2 settimane, per cui **NON** può rivelare incendi precedenti.

pH

Il pH (dal latino *pondus hydrogenii*) è una misura dell'acidità di una soluzione acquosa: $\text{pH} = -\log_{10} a_{\text{H}^+}$, dove a_{H^+} rappresenta l'**attività** degli ioni idrogeno. In soluzioni acquose sufficientemente diluite ($\leq 0,1 \text{ mol/L}$): $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$. Al valore di 7 corrisponde la condizione di neutralità, tipica dell'acqua pura a 20°C .

Il pH può essere misurato per via elettrica, sfruttando la **differenza di potenziale** dovuta alla differenza di concentrazione di ioni idrogeno su due lati di una membrana (*elettrodo a vetro*) collegata a un voltmetro, ovvero, la differenza di potenziale di riduzione rispetto all'idrogeno in condizioni standard. In base all'**equazione di Nernst** per la semiriduzione $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 (\text{g})$:

$$\begin{aligned} E_{\text{H}} (\text{V}) &= 0.00 - 0.059/2 \cdot \log (p_{\text{H}_2} / [\text{H}^+]^2) = \\ &= - 0.059/2 \cdot (-2) \log [\text{H}^+] = - 0.059 \times \text{pH} \quad (\text{con } p_{\text{H}_2} = 1 \text{ atm}) \end{aligned}$$

In alternativa, il pH si può misurare per via chimica, sfruttando la capacità di alcune sostanze (*indicatori*, usati nelle "cartine al tornasole", ad es., fenolftaleina e blu di bromotimolo) di modificare il loro colore in funzione del pH, a seconda che prevalga la forma indissociata o quella dissociata.

Esempio di sale basico: carbonato di calcio, CaCO_3 , sale di calcio dell'acido carbonico. È un solido bianco poco solubile in acqua, cui impartisce una **reazione basica** (pH circa = 10):



Il carbonato di calcio è il maggiore componente del calcare sciolto nell'acqua ed il principale responsabile della sua durezza. In natura, costituisce, in tutto o in parte, una grande varietà di tipi di rocce: il marmo, le rocce calcaree, il travertino. I minerali costituiti da carbonato di calcio sono l'aragonite e la calcite.

CONDUTTANZA (ex "conducibilità")

Si ha un *processo di trasporto* quando alle particelle è applicata una forza (F). Ne consegue che dal moto casuale emerge un moto netto in una direzione (r) e quindi un flusso netto (particelle per unità di superficie e di tempo). Sono processi di trasporto anche *diffusione* ($F = - \partial \text{pot. chim.} / \partial r$) e *sedimentazione* ($F = \text{forza di gravità} = \text{massa} \cdot g$). La particella che si muove in un mezzo è sottoposta ad una forza resistiva (attrito) che aumenta con la velocità, fino a raggiungere velocità costante ($F - f \cdot v = 0$). La velocità del processo di trasporto ($v = F/f$) dipende quindi da F e dal **coefficiente di attrito** (f).

Nel caso della **conduttanza**, la F è di tipo elettrostatico. Agli elettrodi della cella del conduttimetro viene applicata una **differenza di potenziale** ($\Delta\phi$) che produce un **campo elettrico** (E^*). Una particella carica (q') è quindi sottoposta ad una forza $= E^* q'$.

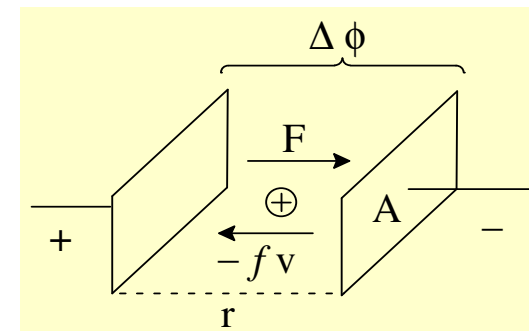
$$m \frac{dv}{dt} = F - fv = 0$$

$$F = - \frac{dU}{dr} \quad [\text{newton}]$$

$$U = \frac{q \cdot q'}{r} \Rightarrow F = \frac{q \cdot q'}{r^2}$$

$$\Delta\phi = \frac{U}{q'} = \frac{q}{r} \quad [\text{volt}]$$

$$E^* = - \frac{d\Delta\phi}{dr} = \frac{q}{r^2} \quad [\text{volt/m}]$$

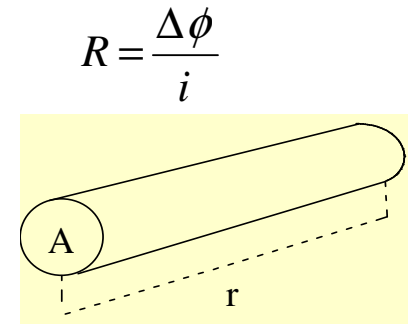


Legge di Ohm: l'intensità di corrente ($i \equiv \text{coulomb/s} \equiv \text{ampere}$) è proporzionale a $\Delta\phi$ e inversamente proporz. alla resistenza ($R \equiv \text{ohm}$). R è proporz. alla lunghezza (r) e inv. proporz, alla sezione (A): $R \cdot A / r$ ($\equiv \text{ohm cm}$) è detta **resistenza specifica**.

Analogamente, la corrente i è proporz. ad A e a $\Delta\phi$, e invers. proporz. alla distanza tra gli elettrodi della cella: $i = k \Delta\phi A / r$.

$$k = \frac{i}{\Delta\phi} \frac{r}{A} = \frac{1}{R} \frac{r}{A} \quad (\equiv \text{ohm}^{-1} \text{cm}^{-1})$$

CONDUTTIVITA'



La costante di proporzionalità k è l'inverso della resistenza specifica) ed è detta **conduttività**. La conduttività ($\equiv \text{ohm}^{-1} \text{cm}^{-1} \equiv \text{siemens cm}^{-1}$) è la conduttanza normalizzata per unità di superficie e distanza tra gli elettrodi della cella, mentre la conduttanza ($\text{ohm}^{-1} \equiv \text{siemens}$) è semplicemente l'inverso della resistenza.

La **conduttività equivalente** $\equiv (\text{ohm}^{-1} \text{cm}^{-1}) / (\text{equiv cm}^{-3}) \equiv \text{ohm}^{-1} \text{cm}^2 \text{equiv}^{-1}$ è la conduttività normalizzata anche per 1 equivalente di cariche.

La conduttività equivalente varia per le diverse specie ioniche perché varia il coefficiente di attrito f (quindi la velocità di trasporto). In gergo, si dice che la **mobilità** (u) è diversa: $u = v / E^* =$ velocità di trasporto di uno ione sottoposto a campo unitario ($u \equiv \text{cm s}^{-1} / \text{volt cm}^{-1} \equiv \text{cm}^2 \text{volt}^{-1} \text{s}^{-1}$).

POTENZIALE DI OSSIDO-RIDUZIONE: *Eh*

L'*Eh* è un'espressione numerica che indica la capacità di un ambiente di svolgere attività ossidante o riducente nei confronti di certe specie. Più precisamente, il potenziale di ossido-riduzione *Eh* indica il potenziale elettrico di una soluzione acquosa rispetto all'elettrodo standard a idrogeno.

Mentre il pH misura la concentrazione di protoni, l'*Eh* indica la capacità di fornire elettroni. Più il valore di *Eh* è positivo, più grande è la tendenza ad acquisire elettroni, ovvero, più il sistema è ossidante (rispetto all'elettrodo standard ad idrogeno). Un valore negativo significa invece maggiore tendenza a cedere elettroni, ovvero, il sistema è più riducente della coppia H^+/H_2 in condizioni standard.

Il valore di *Eh* determina la presenza o assenza di certi elementi e il loro stato di ossidazione.

Ad esempio, la presenza di solfuri (in cui lo zolfo si trova nella forma più ridotta, numero di ossidazione = -2) si verifica solo in ambienti molto riducenti.

SISTEMI MICROSCOPICI → **MECCANICA QUANTISTICA E SPETTROSCOPIA**

Le proprietà fisiche e chimiche degli elementi e dei composti dipendono dal comportamento degli elettroni negli atomi e nelle molecole. La meccanica classica, introdotta da Newton nel secolo XVII, spiega il moto dei pianeti e degli oggetti che ci circondano, ma verso la fine del secolo XIX ci si accorse che falliva se applicata a particelle piccole come atomi, nuclei o elettroni. Nella prima parte del secolo XX maturarono i concetti (culminanti con l'equazione di Schrödinger del 1926) necessari per descrivere sistemi microscopici. Nasce la **quantomeccanica**, in grado di spiegare, ad es., il legame chimico e i fenomeni di assorbimento e/o emissione di radiazioni ad energie discrete (**spettroscopia molecolare**).

La fisica classica è basata su due presupposti: 1) una particella viaggia lungo una traiettoria con posizione e velocità definite ad ogni istante; 2) ogni tipo di moto può essere eccitato ad uno stato di energia arbitraria. Ad es., un pendolo può oscillare con qualsiasi energia e possiamo calcolare posizione e velocità ad ogni istante. Tuttavia, la meccanica classica fornisce una descrizione sempre più approssimata via via che le dimensioni diventano più piccole, fino a fallire quando si raggiungono quelle molecolari.

Occorre abbandonare il concetto classico di particella che si muove lungo una traiettoria per adottare quello quantomeccanico in termini di **probabilità** di trovare la particella in una certa regione. Per descrivere questa distribuzione bisogna introdurre il concetto di funzione d'onda (ψ) al posto della traiettoria e trovare il modo di calcolare ed interpretare il significato fisico di ψ .

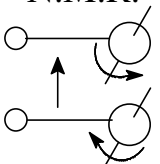
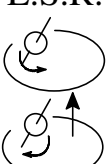
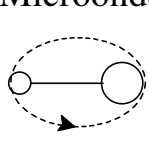
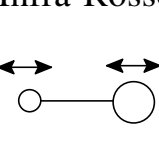
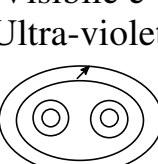

Nel 1926 il fisico austriaco Erwin **Schrödinger** propose un'equazione per trovare la funzione d'onda di qualsiasi sistema. Per una particella di massa m che si muove lungo una dimensione (x) con energia potenziale V e totale E :

$$\boxed{-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi}{dx^2} + V_{(x)}\psi = E\psi} \quad \text{con} \quad \hbar = \frac{h}{2\pi} \approx 10^{-34} \text{ J s}$$

dove il primo termine rappresenta l'energia cinetica.

L'equazione è un postulato (così come $F = m a$ o le leggi della termodinamica), e deriva dalla meccanica classica, con l'introduzione di qualche assunzione.

Il risultato è che ogni forma di energia (elettronica, vibrazionale, rotazionale e perfino traslazionale) non può assumere valori continui, bensì solo discreti.

N.M.R.	E.S.R.	Microonde	Infra-Rosso	Visibile e Ultra-violetto	Raggi X
					
		1	100	10 ⁴	10 ⁶
			cm ⁻¹		numero d'onda
100 cm	1 cm	100 μ	1 μ	100 Å	lunghezza d'onda
3 x 10 ⁸	3 x 10 ¹⁰	3 x 10 ¹²	3 x 10 ¹⁴	3 x 10 ¹⁶	frequenza
			c/s		
3 x 10 ⁻²	3	300	3 x 10 ⁴	3 x 10 ⁶	energia
			cal/mol		

$$E = h \nu = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js} \cdot \nu ; \quad \lambda \nu = \text{velocità della luce} = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Conversione tra diverse unità di energia:

$$1 \text{ eV} = 23.06 \text{ kcal/mol} = 96.44 \text{ kJ/mol} = 8065 \text{ cm}^{-1}$$

SPETTROFOTOMETRIA DI ASSORBIMENTO

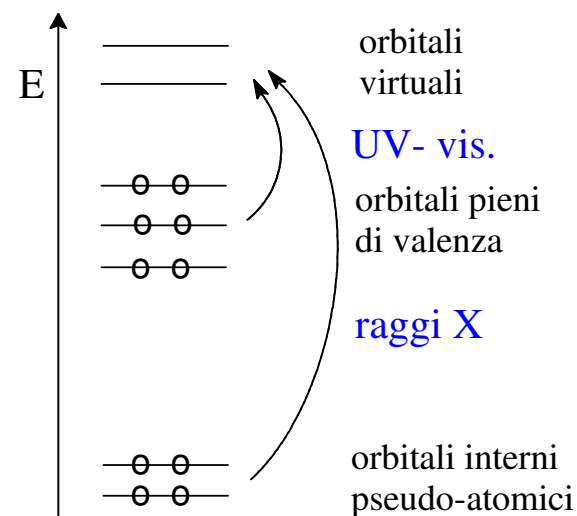
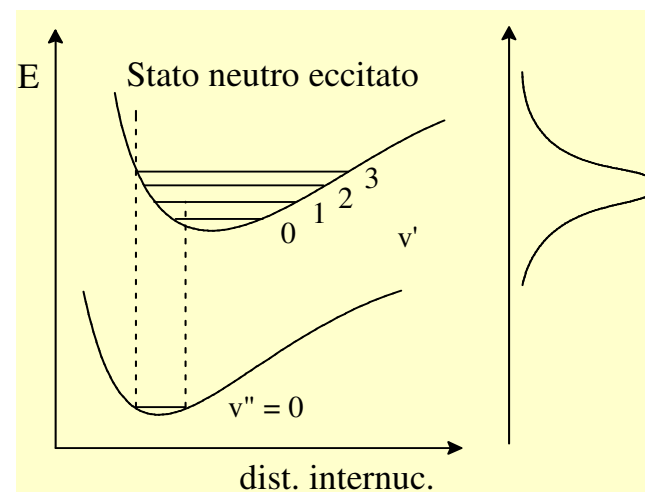
L'entità di assorbimento (**assorbanza**, A) di una radiazione (con frequenza ν) è data dalla legge di **Beer-Lambert**. La diminuzione di intensità (dI) è proporzionale al coefficiente di assorbimento (o estinzione) molare α_ν , alla intensità I , alla concentrazione C e alla lunghezza attraversata (dl):

$$-dI = \alpha_\nu I C dl \Rightarrow \ln(I_0/I) = \alpha C l = A$$

Lo schema rappresenta uno dei diversi stati elettronici eccitati raggiungibili. A T amb., lo stato fondamentale è popolato essenzialmente solo nel livello vibrazionale più basso, mentre quello eccitato si forma (con diverse probabilità) anche in stati vibraz. più alti. L'involuppo di righe non risolte dà luogo ad una banda nello spettro.

Transizioni da **orbitali molecolari di valenza** (alla "frontiera" tra orbitali molecolari pieni e virtuali) hanno luogo nell'intervallo di energia **visibile-ultravioletta**.

Transizioni da **orbitali interni pseudo-atomici** hanno luogo nel campo dei **raggi X** (assorbimento atomico).



METODO TORBIDIMETRICO / NEFELOMETRICO

Si definisce col termine di **torbidità** la riduzione della trasparenza di un campione, dovuta alla presenza di **sostanze in sospensione**. La torbidità rappresenta una misura della concentrazione. Quando un fascio di luce attraversa una soluzione che presenti in sospensione una fase finemente dispersa, si hanno i seguenti effetti:

- la luce viene **assorbita**, per cui l'intensità del raggio trasmesso risulta inferiore a quella del raggio incidente;
- la luce, per **riflessione e rifrazione** (effetto Tyndall), viene diffusa.

Coesistendo entrambi i fenomeni, la torbidità può dunque essere determinata:

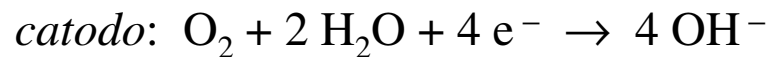
- o valutando l'entità dell'assorbimento prodotto dalla fase dispersa sul fascio incidente, misurandola lungo la stessa direzione del raggio incidente con un normale spettrofotometro (metodo **torbidimetrico**),
- oppure valutando l'entità della luce diffusa, misurata a 90° rispetto a quella incidente (metodo **nefelometrico**).

Previa calibrazione, i due metodi consentono di risalire alla concentrazione, nell'ambito di applicazione della legge di Beer-Lambert.

T (°C)	Conc. saturaz. (mg/L)
2	13.8
4	13.1
6	12.5
8	11.9
10	11.3
12	10.8
14	10.4
16	10.0
18	9.5
20	9.2
22	8.8
24	8.5
26	8.2
28	8.0
30	7.6

SOLUBILITÀ di O₂ in H₂O in funzione della temperatura

La conc. di saturazione di O₂ in acqua diminuisce con la T. Può essere misurata con una sonda polarografica dotata di un anodo di Ag circondato da un catodo di Au, immersi in una soluzione di KCl. La parete inferiore è costituita da una membrana di teflon, permeabile all'ossigeno. Si hanno le reazioni elettrochimiche:



con una corrente proporzionale alle molecole di O₂ che entrano in contatto col catodo.

Il B.O.D. dovuto a presenza di C organico, determina un deficit di ossigeno nell'acqua.

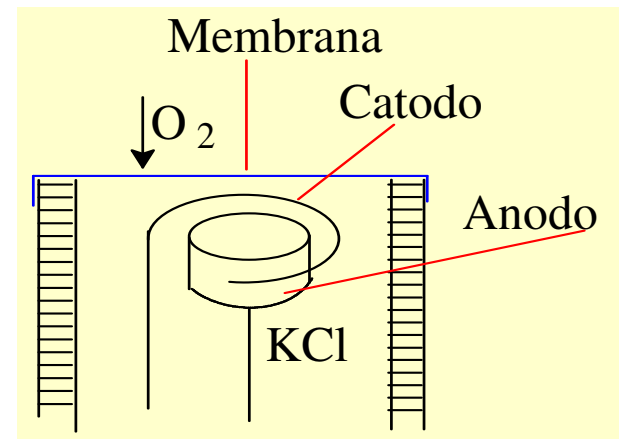


Tabella presa da: P.A. Vesilind et al.,
Environmental Engineering, Cap. 4.

Analisi acque - Rumo (trentino) 8 luglio 2008

	Torrente Lavazzè (mg/L)	Sorgente ferruginosa (mg/L)
NO ₂ ⁻	0,004	0,002
N/NO ₃ ⁻	3,4	1,5
N (NH ₃)	0,01	0,05
PO ₄ ³⁻	2,49	0,64
Fe ²⁺	0,01	0,71
SO ₄ ²⁻	9,0	36,0
Conduttività	50 μS/cm	154 μS/cm
pH	6,5 ₀	6,5 ₀
eH	240 mV	56 mV

Analisi acque – Sardegna Lab. Interdisc. 2012

Ione (mg/L)	Sito 1 coord. <i>Rio Mannu</i>	Sito 2 coord. <i>Rio Irvi/Piscinas</i>	Sito 3 coord. <i>Rio Naracauli</i>	Sito 4 coord. <i>Confluenza Bau/Naracauli</i>	<i>Bau / Naracauli</i>
Fe ²⁺	0,00	7,5	0,00	0,00	
Fe totale	0,11	232	0,04	0,11	
SO ₄ ²⁻	220	5750	420	430	
N/NO ₃ ⁻	0,80	3,6 (??)	0,50	1,0	
Alcalinità	366,1	128,1	305	164,7	176,9/201,3
Temp. acqua	20,3	22,5	19,7	19,7	18,7/20,7
Temp. aria	28,9	24,6	20,7	24,5	
pH	7,89	6,14	7,98	7,8	7,70/7,77
Condutt. mS/cm	1,03	4,42	1,04	1,09	1,36/1,47
eH mV	164	92	170,1	119,0	130,0/111,4
O ₂ mg/L	9,6	7,94	10,4	7,66	7,4/7,52

Analisi (assorbimento atomico) dei metalli nelle acque
Sardegna Laboratorio Interdisciplinare - Sett. 2012

<i>mg/kg</i>	<i>1 Rio Mannu</i>	<i>2 Rio Irvi/Piscinas</i>	<i>3 Rio Naracauli</i>	<i>4 Confluenza Bau/Naracauli</i>
Mg	42.7	253.9	46.1	51.5
K	4.81	13.80	6.71	6.71
Na	68.0	69.6	61.6	58.8
Cd	0.05	1.051	0.11	0.07
Ni	0.013	2.84	0.021	0.015
Pb	0.004	0.347	0.014	0.002
Zn	2.12	705.9	9.10	3.63

Analisi acque – Sardegna Lab. Interdisc. sett. 2013

Ione (mg/L)	Sito 1. <i>Rio Mannu</i>	Sito 2 <i>Rio Irvi/Piscinas</i> (Casargiu)	Sito 3 <i>Rio Naracauli</i>	Sito 4 <i>Confluenza Bau/Naracauli</i>	<i>Bau / Naracauli</i>
Fe ²⁺	0,05	a)22,0 b)29,8	0,01	0,02	0,02 / 0,01
Fe totale	0,12	a)258 b)283	0,06	0,17	
SO ₄ ²⁻	176	a)4000 b)4800	430	410	
N/NO ₃ ⁻	1,50	a)3,9 b)3,9	1,70	1,2	1,2
Alcalinità	305	164,7	183	171,0	171 / 183
Temp. acqua	18,4	20,9	19,8	19,2	19,0 / 20,9
Temp. aria	23,7	27,4	23,0	23,3	
pH	7,77	5,65	7,80	7,77	7,74 / 7,79
Condutt. mS/cm	0,99	4,29	1,019	1,020	1,020 / 1,026
eH mV	160,1	131,4	135,6	191,0	189 / 168,3
O ₂ mg/L					

**Sett. 2013 - Laboratorio Interdisciplinare – Analisi dei metalli
sulle acque in *assorbimento atomico***

<i>mg/L</i>	1) Mannu	2) Irvi 2a	2) Irvi 2b	3) Naracauli	4) Narabau A	4) Narabau B
Ca	85.5	454	454	105.3	101.4	99.4
Mg	44.7	252	251	43.7	51.4	53.3
K	5.36	13.29	13.47	5.88	6.66	7.63
Na	74.2	71.2	74.8	66.3	65.7	70.8
Ni	0.004	2.74	2.74	0.004	0.004	0.004
Cd	0.037	1.482	1.466	0.116	0.037	0.014
Pb	0.074	0.472	0.206	n.d.	n.d.	n.d.
Zn	2.15	704.4	703.2	9.01	1.814	0.225

2) Irvi 2a: acqua in uscita dalla galleria. Irvi 2b: acqua del Rio Irvi dopo l'immissione dell'acqua di galleria.

4) Narabau A: acqua del rio Naracauli dopo l'immissione del Rio Bau; Narabau B: acqua del Rio Bau.

Analisi acque – Sardegna Lab. Interdisc. sett. 2014

Ione (mg/L)	Sito 1. <i>Rio Mannu</i>	Sito 2 <i>Casargiu Rio Irvi/Piscinas</i>	Sito 3 <i>Rio Naracauli</i>	Sito 4 <i>Confluenza Bau-Naracauli</i>	Sito 4 <i>Bau / Naracauli</i>	<i>Rio Miniera Montevecchio</i>
Fe ²⁺		20.8	0.05	0.01		37
Fe totale	0.12	281	0.01	0.46		59
SO ₄ ²⁻	185	5500	490	360		26000
N/NO ₃ ⁻	1.30	3.2	0.90	1.5		4.5
		↓ (su)				
Alcalinità	262	109.8	238	195.2	189.1 / 195.2	
Temp. acqua	22.3	22.3 (21.4)	21.8	22.6	19.8 / 22.9	23.1
Temp. aria		29.6	30.0			
pH	7.74	6.22 (5.88)	7.65	7.75	7.67 / 7.64	3.35
Cond. mS/cm	0.967	4.086 (4.110)	0.996	1.013	1.106 / 1.002	3.225
eH mV	149	-59.6 (39.0)	44.4	125.5	120 / 163.0	414.6

Sett. 2014 - Laboratorio Interdisciplinare – Analisi dei metalli
sulle acque in **assorbimento atomico**

<i>mg/L</i>	1) Rio Mannu	2) Casargiu Irvi/Pisc.	3) Naracauli	4) Confluenza Bau-Naracauli	4) Bau / Naracauli	Rio Miniera Montevecchio
Ca	82.3	411.6	100.5	83.0		391.0
Mg	47.7	262.9	47.0	43.0		194.2
K	5.40	12.30	5.20	5.47		12.85
Na	100.3	88.60	78.6	60.0		60.3
Cd	0.021	1.562	0.098	0.049		1.304
Cu	0.001	0.003	0.03	0.002		0.153
Ni	0.05	0.959	0.021	0.007		0.447
Pb	0.07	0.569	0.015	0.005		2.233
Zn	1.30	856.3	5.99	3.30		387.9

Sett. 2014 - Laboratorio Interdisciplinare – Analisi degli anioni
mediante cromatografia ionica.

<i>mg/L</i>	1) Rio Mannu	2) Casargiu Irvi/Pisc.	3) Naracauli	4) Confluenza Bau- Naracauli	Rio Miniera Montevecchio
Fluoruri	0.198	*	0.747	0.775	*
Cloruri	137.284	*	114.699	111.727	*
Nitrati	0.698	*	1.397	1.026	*
Bromuri	0.391	*	0.396	0.349	*
Solfati	145.098	*	392.949	403.957	*

Sett. 2012- **Analisi assorbimento atomico filtro aria.** Il filtro ha campionato $102.63\ m^3$.

μg	1 filtro nuovo 1	1 filtro nuovo 2	1 filtro usato 1	1 filtro usato 2
Ca	47.2	32.4	47.2	51.2
Mg	9.64	9.64	18.52	22,28
K	20.56	32.28	23.88	35.64
Na	153.2	159.6	185.6	190.0
Ni	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cd	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn	13.84	12.68	19.56	17.28

2012 - CAMPIONAMENTO DI PARTICOLATO ($2.5 \mu m$) IN ARIA per determinazione del levoglucosano.

Il flussimetro del campionatore indica che vengono filtrati circa $2.3 m^3/h$, ovvero, $55 m^3/giorno$ o $38 L/min$.

La durata del campionamento è stata di $2831 min$ ($1.965 giorni$). T media $19 \text{ }^\circ C$.

Lettura del contatore numerico: da $8773.50 m^3$ a $8883.24 m^3$ ($\rightarrow 109.77 m^3$).

(Il display a cristalli liquidi indicava $110.732 m^3$).

I $109.77 m^3$ alla T media di $19 \text{ }^\circ C$ ($292 K$) vengono **normalizzati alla T di $0 \text{ }^\circ C$ ($273 K$)** $\Rightarrow 109.77 m^3 \times 273 / 292 = \mathbf{102.63 m^3}$

In laboratorio (Ravenna): trovati $0.359 \mu g$ e $0.429 \mu g$ di levoglucosano (su tutto il filtro) nelle 2 analisi, media = $0.394 \pm 0.035 \mu g$

\rightarrow (dividendo per $102.63 m^3$) **$3.84 \pm 0.34 ng/m^3$** .

2013 - CAMPIONAMENTO DI PARTICOLATO ($2.5 \mu m$) IN ARIA per determinazione di levoglucosano e Na, Zn, Pb.

Il flussimetro del campionatore indica che vengono filtrati circa $2.5 m^3/h$, ovvero, $60 m^3/giorno$ o $42 L/min$.

La durata del campionamento è stata di **2.8 giorni**. T media $19 \text{ }^\circ C$.

Lettura del contatore numerico: da $8895.70 m^3$ a $9060.05 m^3$ (**$164.35 m^3$** , $\rightarrow 58.7 m^3/giorno$).

I $164.35 m^3$ alla T media di $19 \text{ }^\circ C$ ($292 K$) vengono **normalizzati alla T di $0 \text{ }^\circ C$** ($273 K$) $\Rightarrow 164.35 m^3 \times 273 / 292 = \mathbf{153.66 m^3}$

In laboratorio (Ravenna): trovati $0.479044 \mu g$ e $1.283598 \mu g$ di levoglucosano (su tutto il filtro) nelle 2 analisi, media = $0.8813 \pm 0.402 \mu g$

\rightarrow (dividendo per $153.66 m^3$: **$5.74 \pm 2.62 ng/m^3$**).

**2014 - CAMPIONAMENTO DI PARTICOLATO ($2.5 \mu m$) IN ARIA
per determinazione di levoglucosano e Na, Zn, Pb.**

Il flussimetro del campionatore indica che vengono filtrati circa $2.5 m^3/h$, ovvero, $60 m^3/giorno$ o $42 L/min$.

Lettura del contatore numerico: da $9060.15 m^3$ a $9207.58 m^3$

→ campionati $147.43 m^3$, alla T media di $18 \text{ }^\circ C$.

Normalizzati alla T di $0 \text{ }^\circ C$ ($273 K$) $\Rightarrow 147.43 m^3 \times 273 / 291 = \mathbf{138.31 m^3}$

In laboratorio (Ravenna): trovate solo tracce di levoglucosano.