

## Come è fatta

Di batterie ne esistono di una grande varietà di tipi. Nel presente documento parleremo solo delle batterie al piombo. Iniziamo con una precisazione su i termini impropri usati. Il termine batteria, comunemente usato, è dovuto al fatto che si usano sempre 'batterie' cioè insiemi di accumulatori connessi tra loro per fornire energia elettrica. Il termine giusto sarebbe quindi 'batteria di accumulatori' o semplicemente accumulatore e non quello di batteria. Poiché però è nell'uso comune questo termine lo useremo ugualmente. L'elemento base di una batteria al piombo è la cella, o accumulatore, composta di tre elementi: una coppia di piastre, anodo e catodo, e dal liquido in cui sono immerse, elettrolito. Le piastre sono costituite, per le batterie convenzionali, da ossido di piombo (PbO) reso molto poroso per migliorare il funzionamento elettrochimico della batteria. Le piastre sono poi immerse nell'elettrolito che è una soluzione di acqua distillata e acido solforico nel rapporto di circa 5 a 1. La batteria è quindi caricata (formata) applicando una tensione tra le due piastre e causando la 'riduzione' ad un elettrodo e l'ossidazione all'altro. Le due reazioni sono mostrate di seguito.

Prima carica (formazione della batteria)

Riduzione/anodo	$\text{PbO} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	=>	$\text{Pb} + \text{H}_2\text{O}$
Ossidazione/catodo	$\text{PbO} + 2 \text{H}_2\text{O}$	=>	$\text{PbO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$

Scarica/ricarica (ciclo normale)

Riduzione/anodo	$\text{PbO}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- + \text{SO}_4^{2-}$	=>	$\text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
Ossidazione/catodo	$\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	=>	$\text{PbSO}_4 + 2 \text{e}^-$

Una cella si considera totalmente scarica quando ai suoi capi vi è una tensione inferiore a 1.7V alla temperatura di 25 C°, e totalmente carica quando la tensione raggiunge i 2.3 V.

Nella realtà ormai quasi tutti i fabbricanti di batterie non usano più solo piombo per le piastre ma aggiungono altri elementi come l'Antimonio, il più vecchio ed ancora in uso o il Calcio sempre più diffuso nella batterie di buona qualità. Questi elementi servono a far diminuire i fenomeni negativi più comuni nelle batterie come [l'autoscarica](#), la vita nei cicli carica/scarica o la tendenza alla [solfatazione](#).

## Capacità e prestazioni

Le caratteristiche base di una batteria sono le seguenti:

Tensione	Misurata in Volt è di regola 6 12 o 24V
Capacità	Si misura in ampere/ora e va da 5 a 150 o più Ah
Corrente di spunto	Si misura in ampere e può arrivare a oltre 1000 A
Tipo	Standard sigillate in gel senza manutenzione ecc.

**Per quanto riguarda la tensione** nelle applicazioni nautiche le batterie sono, praticamente in tutti i casi, a 12 Volt. Quando servono i 24 V per un qualche motivo si preferisce mettere in serie due

batterie da 12, molto più facilmente reperibili ed economiche, che non usare una grossa e introvabile batteria da 24V.

**La capacità** si esprime come la quantità di ampere/ora (Ah) che la batteria è in di fornire. La scarica è fatta in un lasso di tempo che varia tra 8 e 10 ore secondo i paesi e dei metodi di misura. Di massima, e per sicurezza, applicheremo sempre le 10 ore come termine di riferimento e quindi una batteria, ad esempio, da 80 Ah potrà fornire 8 A per 10 ore. Questo limite, temporale, serve ad evitare valutazioni errate del tipo: ho una batteria da 120 Ah e la uso per 30' facendogli fornire 240 A, oppure, con una batteria da 45 Ah alimento un carico di 10 mA per 4500 ore ovvero per quasi 6 mesi.

Si tratta di considerazioni errate perché una batteria, salvo tempi brevissimi (qualche secondo) non devono fornire mai una corrente superiore al 10/20 % della loro capacità. Nel frattempo, a causa dell'autoscarica, la scarica non può protrarsi per più di qualche giorno (5 o 10) poiché altrimenti l'autoscarica stessa diventa fonte importante di consumo.

**La corrente di spunto** in una batteria è la massima corrente di picco fornibile per un tempo brevissimo, al massimo 5 o 10 secondi, ed in genere utilizzato per avviare i motori. Questa corrente è in genere 6 o 8 volte la corrente di targa della batteria e quindi una batteria da 45 Ah potrà generare una corrente istantanea di 270/360 A. Si ricordi che una scarica prolungata a questi livelli di corrente può deformare le piastre fino a mandarle in cortocircuito rendendo l'accumulatore inutilizzabile.

**Per quanto riguarda il tipo** la distinzione, che fa anche il prezzo è se ermetica al gel o comune. Le batterie in elettrolito semi solido (gel), sono le più adatte alle barche a vela, sia perché possono funzionare con alti gradi di sbandamento, quando non addirittura rovesciate, sia perché sono meno sensibili ai maltrattamenti e alla scariche anche prolungate. Questi benefici si pagano con un costo che può essere anche di tre volte superiore ad una analoga batteria comune.

Queste ultime hanno il pregio di un prezzo decisamente più basso come visto e sono, ormai quasi tutte, del tipo così detto 'senza manutenzione'. Si tratta di una caratteristica del tutto teorica, anche per quelle pomposamente chiamate 'ermetiche al piombo'. Le batterie, come vedremo, hanno tutte bisogno di manutenzione e la differenza tra le comuni e quelle ermetiche è che le seconde abbisognano solo di un po' meno manutenzione. Diciamo che le seconde le possiamo controllare ogni sei mesi invece del mese occorrente alle altre.

**Per scegliere** la o le giuste batterie per la propria barca è del tutto inutile partire da una analisi dei consumi degli accessori, se è una barca a motore. I motori necessitano infatti di grosse correnti per essere avviati con sicurezza. Normalmente i fabbricanti di motori indicano nel libretto quale è la taglia minima della batteria necessaria all'avviamento e su questa base occorre scegliere. Se ad esempio abbiamo due batterie, e queste come vedremo è bene siano uguali, la sola ausiliaria, per batterie scelte come consigliato dal costruttore del motore sarà ampiamente sufficiente ad alimentare qualunque accessorio di bordo. Per le barche a vela, in cui i motori sono piccoli rispetto alle dimensioni della imbarcazione, e quindi il rapporto con il consumo di bordo diverso occorrerà fare la somma dei consumi che ci si aspetta di avere in ampere moltiplicati per il tempo d'uso quotidiano. La batteria di servizio dovrà quindi avere una capacità minima doppia di questo numero o meglio tripla per sicurezza.

### **Contenitore e connessioni**

Le attuali batterie sono costruite con scatole di contenimento di plastica ad alta resistenza con l'abbandono di certi materiali, la bachelite, in uso molti anni fa. La possibilità di rottura del contenitore è quindi ridotta al minimo, salvo urti eccezionalmente forti, e anche la possibilità di incrinatura per sovrappressione interna è quasi del tutto eliminata. Una curiosità deriva dal fatto che questi contenitori pur isolanti non lo sono del tutto. In alcuni casi quindi una batteria lasciata con il

fondo immerso in acqua di mare, cosa comune sulle barche non molto curate, può scaricarsi ad un rate assai più elevato di quanto non ci si possa aspettare. È buona norma comunque mantenere pulito ed asciutto il contenitore. Sulla sommità della batteria sono posti i tappi di accesso agli elementi attraverso cui eseguire la manutenzione dell'elettrolito. Nelle batterie normali i tappi sono in genere vere e proprie viti, oppure bancate di tappi, in plastica facilmente rimovibili. Nelle batterie così dette 'senza manutenzione' i tappi ci sono lo stesso ma sono meno facilmente raggiungibili in quanto incassati nella parte superiore e coperti da adesivi che scoraggiano l'utente a rimuoverli. In pratica però anche queste batterie prima o poi avranno bisogno di un rabbocco e comunque di un controllo. Le batterie 'sigillate' sono invece prive totalmente di tappi e la loro manutenzione è realmente zero: non purtroppo così per il costo.

Per quanto riguarda i terminali questi sono, in genere, di piombo a forma tronco conica, permettendo il collegamento al circuito esterno con morsetti che lasciano il cono di uscita della batteria con una notevole superficie di contatto. Evitare, per usi nautici, l'uso di batterie con morsetti a dado meno affidabili e con superficie di contatto notevolmente inferiore. La manutenzione dei morsetti è fondamentale poiché è attraverso loro che la batteria può fornire corrente correttamente all'esterno. In particolare il morsetto positivo (+) della batteria tende, per questioni chimiche, a solfatarsi diventando nel tempo di colore bianco (cristalli di solfato bianco di piombo). Questo composto chimico tende nel tempo ad isolare la batteria dal circuito abbassando soprattutto fortemente la massima corrente di spunto che la batteria può dare. Per evitare il fenomeno basta cospargere i morsetti, meglio se lo si fa anche per il negativo, di comune grasso di vaselina: i morsetti saranno definitivamente protetti senz'altra operazione di manutenzione che non sia il controllo dello stato del grasso.

### ***Prima attivazione***

Le batterie sono vendute precaricate e in uno stato chimicamente quasi inattivo. Ogni costruttore usa le sue tecniche per evitare i problemi legati ad un periodo di stoccaggio che può anche essere abbastanza lungo. Si eviti, comunque di acquistare una batteria costruita da più di tre/sei mesi. Anche se i costruttori indicano la batteria come 'pronta all'uso' è buona norma diffidare, almeno per le batterie importanti come quelle usate nella nautica, di questo cattivo consiglio. A meno che la batteria non sia stata costruita il giorno prima o quasi sarà di fondamentale importanza per la durata della batteria stessa un profondo ciclo di ricarica, a bassa corrente, che riporti la batteria al 100% della carica prima di un qualunque tentativo di uso che la scarichi. In caso diverso potrebbe generarsi un effetto memoria che ci lascerà per sempre una batteria con un limite di carica inferiore al massimo di targa.

### ***Manutenzione***

Le batterie richiedono solo un minimo di manutenzione per essere mantenute in perfetto stato per molto tempo. Le cose da fare sono:

- Mantenere la batteria carica al 100% ricaricandola ogni 2/3 settimane se non utilizzata
- Controllare mensilmente il livello dell'elettrolito quando possibile (batterie non sigillate)
- Controllare il livello di densità dell'elettrolito per accertarsi che tutto sia regolare
- Pulire il coperchio e il contenitore se sporchi
- Controllare i morsetti e ingrassarli se necessario
- Controllare gli eventuali scarichi della cassa delle batterie se presente

Nel caso di batterie apparentemente danneggiate è possibile tentare cure di 'rivitalizzanti' sul cui esito però è difficile fare stime.

**La batteria sembra non volersi più caricare.** Se si tratta di un inizio di solfatazione è possibile tentare di ricaricarla a corrente bassissima per 20-40 ore. La corrente dovrà essere di circa 1/50 di quella di targa della batteria. Il procedimento potrebbe riuscire a ristabilire la circolazione della corrente tra le piastre.

**La batteria sembra dare meno tensione del dovuto anche dopo una lunga carica.** Potrebbe essere utile rabboccare l'elettrolito con acido puro invece che con acqua distillata. Non esagerare con la quantità e controllare con il densimetro il risultato.

**Batteria solfatata.** Prima di buttarla un rimedio disperato è quello di tentare di ricaricarla al rovescio, polo + con polo - del caricabatteria, a corrente bassissima per un lungo periodo: 20 - 40 ore.

Poi scaricarla, se carica, e, solo dopo, ricaricarla in maniera normale. Sembra che la solfatazione diminuisca con questa tecnica anche se la batteria sarà ormai parzialmente compromessa.

**ATTENZIONE** questa procedura deve essere fatta solo da persone consapevoli di quello che stanno facendo e, comunque, in una zona ben ventilata e sotto sorveglianza.

## **Ricarica**

Per fornire energia una batteria deve essere costantemente ricaricata attraverso una sorgente di corrente elettrica. La sorgente non dovrebbe mai fornire una corrente superiore al 10% della capacità in Ah della batteria stessa. Ad esempio una batteria da 80Ah non dovrebbe essere ricaricata ad un rate superiore di 8/10 A per evitare danni. In campo automobilistico esistono dei carica batterie, detti rapidi, in grado di fornire correnti talvolta addirittura superiori a quella di targa della batteria. È il miglior modo per danneggiare irrimediabilmente una batteria, magari nuova, e comunque abbreviarne di molto la vita. Un processo di carica violento può infatti surriscaldare le piastre fino a distorcerle, danneggiare i collegamenti interni, indurre processi elettrochimici violenti, tutte cose deleterie per la batteria.

Un discorso a parte va fatto per la tensione di carica che dipende dal tipo di batteria dal tipo di impiego e dalla temperatura a cui è eseguita la carica. Tipicamente una batteria la piombo richiede una tensione di carica di circa 2.3 V per elemento (13.56 V per una batteria da 12V).

Questa tensione varia però con il tipo di piastre di 40 o 50 mV e con la temperatura in ragione di 3.9 mV/C°. Inoltre se la carica non è di tipo 'mantenimento' ma per uso ciclico, come per esempio la batteria di un motore, questa tensione deve essere aumentata fino anche a 2.5 V elemento (15V per batteria). Occorre ricordarsi però che a questa tensione la carica deve essere ciclica come il processo di scarica. Apparentemente può sembrare marginale parlare di mV (millesimi di volt) per una batteria ma invece, essendo un processo elettrochimico, anche 10 mV possono alla lunga risultare fondamentali. Allo stato attuale ci sono caricabatterie elettronici in grado di provvedere autonomamente ai bisogni della batteria senza bisogno di interventi esterni. Questi apparecchi possono, se specificato in chiaro dal costruttore, essere lasciati collegati alla batteria per un tempo indefinito garantendo quindi una lunga vita alla batteria stessa.

Verso il termine della carica nella batteria il liquido (l'acqua in questo caso) inizia a scomporsi in idrogeno e ossigeno e a ricomporsi se la carica è eseguita a basso amperaggio. Le batterie sigillate, solo se la carica è moderata, non perderanno l'acqua delle celle mentre le comuni batterie aperte tenderanno a rilasciare nell'ambiente parte di questi gas. Ecco perché è richiesto il controllo del livello dell'elettrolito dopo ogni carica e comunque almeno una volta il mese.

Un problema, divenuto famoso solo ultimamente, è la capacità di carica non uguale delle celle, per cui è richiesta una carica **equalizzata**. In pratica si è notato che gli elementi non sono tutti uguali e

la loro tensione di carica varia da uno all'altro di qualche decina di mV. Sembra poco ma nel tempo questa differenza di soglia porta alla solfatazione degli elementi con soglia più alta e la capacità della batteria si abbassa enormemente. Per evitare questo problema esistono carica batteria equalizzati che, molto semplicemente alzano il livello di tensione di carica ogni tanto sovraccaricando leggermente alcune celle e ricaricando a fondo le altre. Se usate spesso il motore per la ricarica questo problema non vi tocca: gli alternatori danno sempre una tensione molto alta e più che sufficiente ad eliminare questo problema.

### ***Collegamento di più batterie***

Le batterie si possono collegare, in linea teorica sia in serie, per aumentare la tensione che si somma tra i vari elementi, che in parallelo che aumentare la capacità in ampere che si sommano tra i vari elementi parallelati. Questo solo in teoria, e solo comunque con piccole batterie possibilmente non al piombo. In applicazioni importanti è permesso il collegamento serie per aumentare la tensione ma mai il collegamento parallelo diretto delle batterie. Purtroppo questo è spesso fatto sulle barche con staccabatterie che permettono il parallelaggio delle batterie senza nessuna protezione che non sia la resistenza dei cavi di collegamento. Questo non andrebbe mai fatto e vediamo perché. Se due batterie sono uguali per tipo e stato di carica il parallelo delle due darà, è vero, il risultato teorico voluto ovvero il raddoppio della capacità sia in termini di Ah che di corrente di spunto. Nel caso invece, molto più probabile, che una delle due batterie fosse diversa per tipo o peggio ancora per stato di carica, nel momento della chiusura del circuito nella batteria meno carica scorrerà tutta la corrente che l'altra batteria può dare con rischi gravi che possono arrivare anche all'esplosione della batteria se una è completamente scarica e l'altra completamente carica. Si ricordi infatti che una batteria, specie se per accensione motori, è in grado di fornire sullo spunto correnti che possono arrivare a molte centinaia di ampere: una corrente enorme per una batteria che la dovesse ricevere. Anche senza arrivare a casi estremi, l'esplosione o rottura dell'involucro, è però sempre possibile, e abbastanza comune, il danneggiamento delle piastre della batteria meno carica che dopo un po' di questi trattamenti si romperà definitivamente. Nel caso di batterie di tipo diverso, cioè con trattamento delle piastre diverso la condizione di parallelo sarà fonte di una permanente condizione anomala. La batteria che ha un più alto potenziale cercherà sempre di scaricarsi sull'altra che, non potendo caricarsi più del limite fisico finirà per scaricare l'altra facendo nel frattempo bollire il proprio elettrolito. Tralascio l'ipotesi di parallelo tra due batterie completamente diverse anche come capacità, magari una 45 Ah e una 120 Ah perché è facile capire a quali rischi andrebbe incontro la più piccola batteria. Va detto, ad onore del vero, che grossi guai alla fine non capitano mai sulle barche perché, oltre al cattivo progetto di base vi è anche una pessima realizzazione dell'impianto elettrico con cavi spesso troppo lunghi. In queste condizioni la resistenza dei cavi è sufficiente ad evitare il peggio ma non è mai una cosa ben fatta.

Per quanto riguarda la ricarica le batterie, quando multiple, devono essere separate tra loro da diodi e, quando possibile, anche da regolatori di carica diversi. Non si tenti mai di ricaricare le batterie quando sono in parallelo perché, oltre a rischiare di danneggiare il caricabatteria o l'alternatore, rischieremo di sovraccaricare una delle batterie e lasciare scarica l'altra o le altre.

### ***Se serve il 24V***

In alcuni casi in barca è richiesto di avere tensioni diverse dal 12V, come ad esempio il 24V per una apparecchiatura professionale che tipicamente usano questa tensione di lavoro. Per ottenerla si possono usare tre strade.

Per piccole potenze, inferiori ai 100-150 W (24V 4-6A) è possibile utilizzare un survoltore elettronico, comunemente chiamato "inverter", che formirà la tensione volutamente semplicemente e a partire da 12V della batteria che abbiamo.

Per potenze più elevate la soluzione inverter diventa troppo costosa, anche qualche milione per potenze oltre un 1 Kw, ed inoltre il rendimento è del tutto insoddisfacente. Si tenga conto che gli inverter non troppo sofisticati, come lo sono quelli professionali ad alta frequenza, hanno rendimenti spesso vicini al 60-65%. In pratica per avere 600W veri occorre consumarne quasi 1000 e 300 o 400 di questi finiscono in calore dissipato. Meglio allora, se possibile, installare un secondo alternatore sul motore da 24V e una batteria, o coppia, adatta a quella tensione.

Volendo una soluzione intermedia **molto economica** anche se non proprio [ortodossa](#) si può procedere nel seguente modo.

Si acquisti una batteria da auto con corrente di 3-5 volte quella occorrente al carico che vogliamo alimentare, un deviatore a due poli (2P2V) in grado di reggere la corrente voluta e una resistenza da 4,7 Ohm/50W. Si colleghi la batteria e il deviatore in modo che in caso la batteria è in serie alla principale e il carico alimentato (ON) e nell'altro la batteria è posta in parallelo alla principale attraverso il resistore da 4,7Ohm e il carico disconnesso (OFF). In pratica si potrà fruire di una buona sorgente di 24V di potenza per qualche ora al giorno ricordandosi di tenere l'interruttore su OFF nelle altre ore in cui il carico non è utilizzato per ricaricare la piccola batteria. Tutto questo è accettabile solo per carichi non esagerati e quindi una piccola batteria ausiliaria. Diciamo che rispetto alla batteria principale l'ausiliaria in serie non dovrebbe avere più del 25-30% della capacità della prima. Questo per evitare i [problemi già esposti](#).

**NOTA** La resistenza in serie non è un optional ma è assolutamente necessaria per evitare danni gravi alle batterie.

### **Circuiti AC di ricarica**

Per la ricarica delle batterie, quando la barca è all'ormeggio, si usa normalmente un [carica batterie](#) connesso alla presa di banchina a 220 Vac, o 110 Vac in altri paesi.

Un errore da evitare assolutamente è quello di connettere la terra della barca con la terra che arriva dalla banchina attraverso il cavo di alimentazione del caricabatteria. Sfortunatamente molti di questi oggetti, per motivi di certificazione o omologazione sono costruiti con la terra connessa alla carcassa e con il terminale negativo di uscita (-) connesso a questa. Se la terra di banchina fosse perfetta e perfetto lo stato (elettrochimico) dell'acqua sotto la barca non ci sarebbero problemi: di regola questo non avviene. Il risultato è che rischiamo di trovarci con assi, eliche, supporti, scarichi, o addirittura con mezzo motore se la barca ha i piedi poppi, attraversati da una corrente che fluisce tra la banchina e l'acqua a causa della differenza di potenziale tra questi due elementi. In alcuni casi una simile situazione può **creare danni gravissimi** specie alle parti in alluminio della barca. Per evitare questa situazione ci sono solo due strade.

- Utilizzare un caricabatterie del tipo isolato e quindi con la spina che non ha la terra.
- Frapporre tra il caricabatteria e la banchina un trasformatore 220/220 lasciando aperto il collegamento di massa sul caricabatteria con la sicurezza che scosse, se tutto funziona correttamente, non dovremmo prenderne.

Non utilizzare un caricabatterie esagerato, come potenza, rispetto al bisogno. A meno che non si abbia necessità di usare grosse quantità di corrente elettrica a 12V quando si è in banchina un caricabatterie non dovrebbe avere una corrente [superiore al 10%](#) della corrente di targa della batteria o batterie in carica. Questo specie se si vuole lasciare il caricabatterie attaccato costantemente 24 ore su 24. In commercio esistono molti caricabatteria ma, purtroppo, quelli per applicazioni nautiche hanno prezzi assolutamente esagerati a causa della loro tecnologia di tipo

switch. Il consiglio è di acquistare un apparecchio, di buona qualità, per uso automobilistico. In genere sono dei semplici trasformatori di potenza con un circuito lineare di ricarica che è però perfettamente sufficiente all'uso: non scaldano troppo e costano un quinto.

Se la linea del 220 viene usata anche a bordo per ulteriori utenze è assolutamente necessario inserire un interruttore magnetotermico e un salvavita tra la banchina e la barca.

Il salvavita e il magnetotermico devono essere **rigorosamente bipolari** per evitare che falliscano nel funzionamento a secondo di come è cablata la presa in banchina. Nel dubbio sulla siglatura del componente si chiedi informazioni precise al venditore.

### **Auto scarica**

Una batteria non in uso si auto scarica a causa delle perdite, di vario tipo, che si generano. La velocità di questo processo è molto variabile e comunque legata al tipo di batteria e alla temperatura. Ad esempio le batterie Pb-Ca (piombo-calcio), a temperatura ambiente completamente disconnesse e con umidità ambiente normale, si scaricano di circa lo 0.1 / 0.3% il giorno, mentre una tradizionale batteria al piombo arriva a perdere l'1% di carica nello stesso periodo.

Aumentando la temperatura l'effetto di scarica aumenta: ad esempio, passando da 24 C° a 35 C° la corrente di auto scarica raddoppia. A freddo il fenomeno diminuisce fino quasi ad annullarsi vicino alle temperature di congelamento dell'elettrolito.

In pratica una batteria deve essere ricaricata ogni 20/40 giorni, per evitare che la sua capacità residua scenda sotto il 60 / 70%, e che la permanenza in questa condizione provochi un inizio di solfatazione.

### **Rottura meccanica**

Per quanto teoricamente non dovrebbe essere possibile la rottura meccanica delle batterie è una delle cause più frequenti di morte delle stesse. Le batterie, specie se di tipo economico per applicazioni stradali, sono costruite con materiali particolarmente leggeri e delicati. In particolare la giunzione tra le piastre interne è costituita da sottili strisce di metallo che possono, in determinate condizioni incrinarsi o rompersi mettendo la batteria totalmente fuori uso in un attimo. Tutti gli automobilisti hanno subito, prima o poi, un evento del genere e questo è, inconfutabilmente, legato alla cattiva qualità che spesso si ritrova in questi prodotti, anche se di marca. Per evitare almeno in parte la possibilità di una rottura meccanica occorre ancora al meglio la batteria stessa e, possibilmente, farlo in un posto dove urti e vibrazioni siano al livello più basso possibile. Per dare un giudizio di massima, senza pretese di scientificità, sulla capacità di una batteria di reggere agli urti e alle vibrazioni ci si può basare sul peso: a parità di capacità una batteria sarà tanto più robusta quanto è più pesante.

### **Solfatazione**

La causa più comune di morte di una batteria, insieme alla rottura meccanica è la solfatazione delle piastre. Quando la batteria viene scaricata si forma solfato di piombo sulle piastre in forma cristallina. Procedendo nel processo di scarica aumenta la quantità di solfato sulle piastre fino a diventare uno strato biancastro di 'solfato bianco di piombo'. Procedendo ancora si arriva, oltre a scaricarla del tutto, ad interrompere completamente l'attività elettrochimica nella batteria stessa. In queste condizioni la batteria diviene inutilizzabile e non potrà più essere ricaricata se non ad un livello molto inferiore alla sua capacità nominale. È questo il motivo per cui una batteria al piombo

non deve essere mai completamente scaricata pena la distruzione della batteria stessa. Occorre inoltre ricordare che anche scariche parziali, ma prolungate e ripetute nel tempo, danno origine allo stesso fenomeno anche se più lentamente e con esiti meno evidenti.

Un'altra causa di morte di una batteria è il livello troppo basso dell'elettrolito. In genere, quando questo avviene è per evaporazione dell'acqua in esso contenuta, e non dell'acido che evapora a temperature ben superiori. In queste condizioni le piastre rimangono scoperte nella parte superiore ossidandosi a causa dell'ossigeno dell'aria e quindi danneggiandosi. Inoltre la parte bassa delle piastre si trova a lavorare in un liquido fortemente più acido del dovuto con possibilità di danneggiamento delle piastre stesse. Questi due fenomeni determinano una caduta, sul fondo della batteria, di materiale conduttivo che può arrivare a cortocircuitare l'elemento stesso della batteria rendendolo inutilizzabile e con lui la batteria stessa.

### **Congelamento**

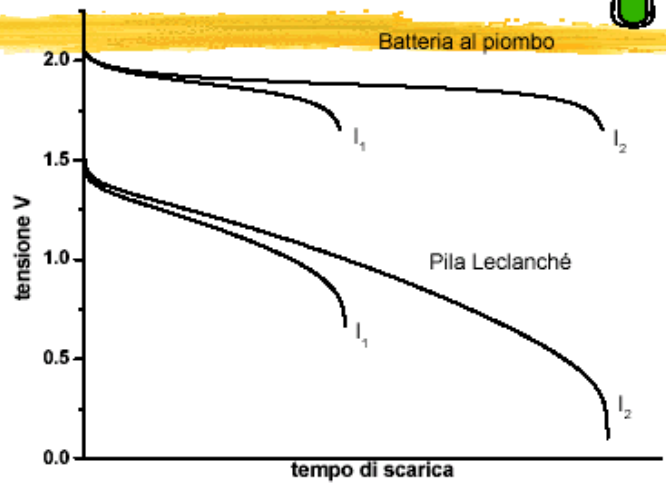
Teoricamente una batteria non soffre di problemi di troppo freddo poiché la temperatura di congelamento dell'acido contenuto è di circa  $-60\text{ C}^\circ$ , una temperatura quasi polare. In pratica, purtroppo, questo vale solo per una batteria completamente carica, con densità dell'elettrolito maggiore di 1.260 Kg/l. Nel caso la batteria sia parzialmente o, peggio, totalmente scarica la temperatura di congelamento sale rapidamente fino a raggiungere solo  $-3\text{ C}^\circ$  con densità dell'elettrolito inferiore a 1.050.

In questo caso la batteria, congelata, si danneggia con probabile rottura della scatola se la temperatura scende fino a due o tre volte sotto la soglia del congelamento. Una curiosità, legata al congelamento, è che inizialmente sulle piastre dell'accumulatore si formano delle righe rossastre, sulla linea di livello dell'elettrolito, che indicano l'inizio del congelamento stesso. Sfortunatamente è quasi impossibile vedere questo fenomeno a causa del contenitore e quindi la cosa non è utile ai fini pratici.

Carica percentuale	Densità elettrolito	Temperatura di congelamento
100 %	1.28 Kg/l	$-60\text{ C}^\circ$
75 %	1.225 Kg/l	$-37\text{ C}^\circ$
50 %	1.200 Kg/l	$-27\text{ C}^\circ$
25 %	1.150 Kg/l	$-15\text{ C}^\circ$
0 %	1.050 Kg/l	$-3\text{ C}^\circ$



In pratica l'andamento della tensione nel tempo è quello indicato nella figura in cui si vede che la tensione decresce nel tempo presentando un flesso molto allungato.



$I_1$  circa 2 volte  $I_2$