

Bónusz János

## **Az akkumulátorok – töltési módok, durranógáz keletkezése**

Akkumulátorok töltése, névleges kapacitása, a gázfejlődés és a szellőzés összefüggései, s a szükséges légcserre számítási módozatai – ezeket foglalja össze tanulmányában szerzőnk.

## **Fogalmak**

Gyakorlatilag kétféle akkumulátor típust különböztethetünk meg; az indító (járművekben) és a ciklikus (hajókon, napelemes rendszerekben, szünetmentes tápegységekben, stb.) akkumulátor típust.

Az **indító akkumulátorok** képesek rövid ideig, nagy áram leadására, ilyen az önindító. Amint a jármű motorja beindul az elhasznált energia azonnal visszatöltésre kerül, és ennek köszönhetően a startakkumulátor töltöttsége csak szűk határok között változik. Az ilyen akkumulátorok ólomlemezei vékonyabbak és az anyagi összetételük eltér a ciklikus akkumulátorokétól. A vékonyabb lemezt antimon- réz - ón – vagy kalcium tartalmú bevonattal teszik merevebbé, ezzel nagyobb energia leadást tesznek lehetővé. A ciklikus akkumulátor kevésbé képes rövididejű nagy áramok leadására, viszont sokkal jobban bírja a huzamosabb kisütést/feltöltést.

A **ciklikus akkumulátorok** más néven: meghajtó, munka vagy fedélzeti akkumulátor feladata a huzamos ideig tartó áram leadás, de nem túl nagy árammal. Ezek az akkumulátorok több százszor is elviselik a kisütést és újratöltést, és többször is képesek elviselni az időnként előforduló mélykisütést. Az ilyen akkumulátorok vastagabb ólomlemezekkel készülnek.

### **Nyitott akkumulátorok**

Olyan akkumulátor, amelynek felületén lévő nyílásokon át a gáz halmazállapotú termékek eltávozhatnak. A gázkibocsátási tényező: 1.

A katalizátor dugóval ellátott akkumulátor esetén a gázkibocsátási tényező: 0,5.

### **Zárt szelepes akkumulátorok**

Olyan rendeltetészerűen zárt akkumulátor, amelynek kialakítása lehetővé teszi, a gáz halmazállapotú termékek eltávozását akkor, ha a belső nyomás egy meghatározott értéket meghalad. Az elektrolit pótlása nem lehetséges.

A gázkibocsátási tényező: 0,2.

### **Szelepek**

Mindegyik cella egyutas szeleppel van szerelve, mely lehetővé teszi a gáz eltávozását a cellából, ha a belső nyomás meghaladja a biztonsági értéket. Savas akkumulátornál a túlnyomásos szelep visszagyulladás biztos nyomás 100 mbar-nál nyit 50 mbar-nál zár, de van olyan akkumulátor melynél a szelep 0,3 bar értékre van beállítva. Lúgos akkumulátor esetén 6 -7 bar körüli, de nikkel-kadmium akkumulátornál olvastam 20 bar értéket is.

### **Gázmentesen zárt akkumulátorok**

Olyan állandóan zárt akkumulátor, amely a gyártó által előírt töltési vagy hőmérsékleti határokon belül üzemeltetve gázt nem bocsájt ki. Az ilyen akkumulátorok olyan biztonsági szeleppel vannak ellátva amely megakadályozza a veszélyes belső túlnyomás kialakulását. Az elektrolit pótlására nincs lehetőség a cellák zársága miatt. A gázkibocsátási tényező: 0.

### **Szabályos töltés**

A gyártó előírásai szerint a megengedett maximális áramerősséggel végzett időszakonkénti töltést szabályos töltésnek nevezzük. Savas akkumulátoroknál a töltést  $I = 0,1 C_{20}$  A állandó árammal végezzük a 2,4 V-os cellafeszültség eléréséig, majd felére csökkentett töltőárammal töltjük az akkumulátor teljes feltöltődéséig, ilyenkor durranógáz keletkezik.

### **Csepptöltés**

Feladata az akkumulátorok önkiszülése következtében csökkenő energia pótlása, amit főleg a készenléti akkumulátoroknál alkalmaznak. A csepptöltési módot alkalmazzák az üzemen kívül helyezendő ólom- akkumulátoroknál, az előnyös feltöltöttségi fok megtartására.

A feltöltött akkumulátor cellafeszültségét a csepptöltés állandóan 2,2 - 2,25 V közötti értéken tartja, a csepptöltő áram a tároló képességgel arányos amperóránként 0,5 – 1 mA. A csepptöltés alatt álló akkumulátorok állandó üzemi állapotban vannak, a lemezek nem szulfátosodnak, nem keményednek. A csepptöltés energia szükséglete minimális, az akkumulátor élettartamát jelentősen megemeli, durranógáz ilyenkor alig keletkezik.

### **Csökkentett áramú (javító) töltés, kiegyenlítő, feljavító (oldó) töltés**

Az olyan töltést, amely kis áramerősséggel, szünetek közbeiktatásával történik, kiegyenlítő, feljavító töltésnek nevezzük. Savas akkumulátoroknál hosszabb ideig tartó elégtelen töltés vagy hosszabb ideig kisütött állapotban tartás esetén a

lemezek elszulfátosodnak, ekkor kiegyenlítő, feljavító töltést kell alkalmazni, durranógáz alig keletkezik.

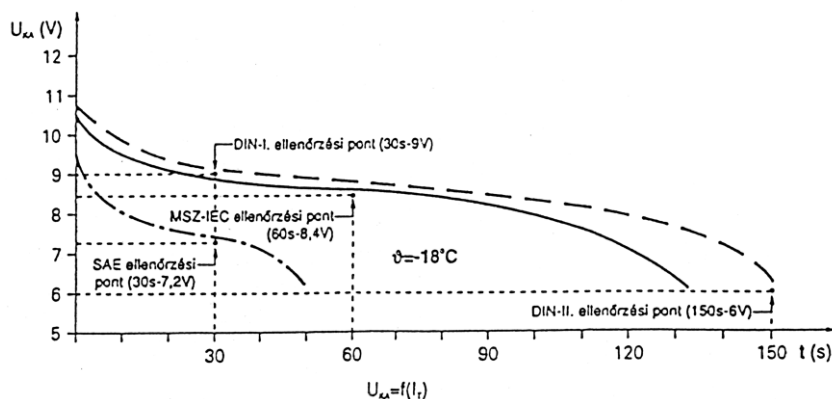
## Akkumulátor névleges kapacitása

Az akkumulátor névleges kapacitását, energia befogadó-képességét jelenti, amit Amperórában adnak meg. 1 Amperóra egyenlő 1 A áramerősség 1 órán keresztüli leadásával vagy 10 A áramerősség 0,1 órán keresztüli leadásával. Ez azt jelenti, ha egy akkumulátor 100 Ah-ás, akkor az 5A-t tud leadni 20 órán keresztül úgy, hogy az akkufeszültség nem csökken 10,5V alá.

- A helyhez kötött akkumulátorok névleges tároló képességét 10 órás töltési-kisütési ciklus jellemzi. ( $C_{10}$ )
- A jármű akkumulátorok névleges tároló képességét 20 órás töltési-kisütési ciklus jellemzi. ( $C_{20}$ )
- A nikkel-kadmium akkumulátorok névleges tároló képességét 5 órás töltési-kisütési ciklus jellemzi. ( $C_5$ )

Az akkumulátor kapacitása különböző vizsgálatok szerint

—	MSZ-IEC szerint vizsgálva:	$I_{K,MSZ-IEC}=255 \text{ A}$
- - -	DIN szerint vizsgálva:	$I_{K,DIN}=220 \text{ A}$
- · - · -	SAE szerint vizsgálva:	$I_{K,SAE}=370 \text{ A}$



Ez az érték a különböző vizsgálatok szerint más, ezért félrevezető.

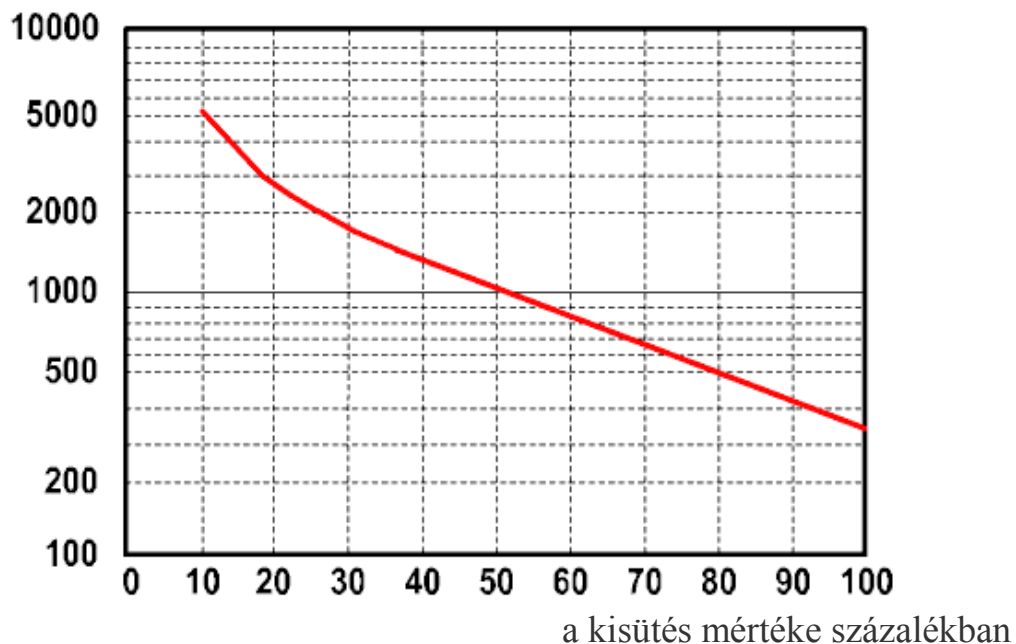
Minél magasabb az akkumulátor belső ellenállása, annál nagyobb a kisütés/töltés közbeni veszteség, különösen nagyobb áramerősségnél.

Minél gyorsabban sütünk ki egy akkumulátort, annál kisebb az Ah-értéke. Minél lassabban sütjük ki az akkumulátort, annál nagyobb annak kapacitása. Ez azért lehet fontos, mert néhány gyártó 100 órás periódusra adta meg a kapacitás értéket, amely így nagyobb kapacitásúnak tünteti fel akkumulátorát.

## Töltési ciklusok száma

A feltöltés szám azt mutatja meg, hogy egy akkumulátort hányszor lehet feltölteni és lemeríteni. Amikor egy akkumulátort feltöltünk és lemerítünk, egy ciklus zajlik le. Egy Ni-Cd akku teljes feltöltés száma 500-1000, vagy akár több feltöltés és lemerítés is lehetséges. A fogyasztás és töltés befolyásolja a ciklusszámot, az erőteljes fogyasztás csökkenti a ciklusszámot.

a töltési ciklusok száma



## Gyorstöltés

Az utántöltés egyik speciális esete. Az akkumulátorok túltöltésének elkerülésére a töltőáramot a gyártó által biztonságosnak ítélt értékre korlátozzák. Ehhez azonban elég hosszú töltési idő szükséges, ami sok esetben nem megengedhető. A töltési idő csökkentésére különböző gyorstöltési eljárást fejlesztettek ki. A gázfejlődési szint eléréséig aránylag nagy áramerősséggel tölthetünk. A töltőáram az akkumulátor névleges kapacitásának 100 – 150 % - ának megfelelő tartományba esik, ami nagyon veszélyes, mert az elektrolit hőmérséklete 40 C<sup>0</sup>-ra emelkedik. Ha nem avatkozunk be akkor a

túlmelegedésen túl, a vízbontás is felerősödik, gázképződés a lemezek borítását is fellazítja, a borítás kipereg, ez cellazárlatot eredményezhet.

### **Névleges feszültség**

A cellák névleges feszültsége savas akkumulátoroknál 2 V, lúgos akkumulátoroknál általában 1,2 V, ezüst –cink akkumulátoroknál 1,5 V.

### **Töltési karakterisztikák**

A hazai előírásokban nincs ilyen ajánlás. A DIN 41772-1:1972 tizenkét töltési karakterisztikát ismertet. Ezek szabályozott elektromos töltési műveletek.

A kialakított elektronika a töltő feszültséget és áramerősséget figyeli, a változásokat a gyártó által meghatározottak szerint szabályozza, ami növeli a töltés biztonságát.

Rendkívül lényeges, hogy az akkumulátorhoz a gyártó által választott töltési karakterisztikával rendelkező töltőt alkalmazzuk. Más töltővel tönkre tehetjük az akkumulátort.

### **Állandó áramú töltés**

Az akkumulátort a töltés kezdetétől a végéig állandó árammal töltik, amely az akkumulátor kapacitásának maximálisan tíz százaléka.

Ha a töltési feszültséget az akkumulátor elérte, a töltési áramot korlátozni kell, mert túltöltés következik be, ilyenkor durranógáz keletkezik.

### **Állandó feszültségű töltés**

Az akkumulátort a töltés kezdetétől a végéig állandó feszültséggel töltik.

A töltőáram a töltés kezdetén nagy, mert a lemerült akkumulátor belső ellenállása kicsi. Az akkumulátor töltőfeszültségének növekedésével növekszik a belső ellenállás és ez miatt csökken a töltőáram.

A túltöltés veszélye minimális viszont a túl nagy töltőáram ellen túláramkapcsolót alkalmaznak. A feszültség generátoros töltési módszer a hálózati feszültség ingadozására igen érzékeny, 10 %-os feszültség ingadozás 10 %-os töltőáram változást eredményezhet.

### **Csökkenő áramú jelleggörbe szerint töltés**

A leggyakrabban használt töltési módszer. A túláram a cellafeszültség növekedése következtében folyamatosan csökken és a töltés végén az akkumulátor egy állandó értéket vesz fel, ezért ekkor az akkumulátort a le kell kapcsolni.

### Gázfejlődésig állandó áramú, majd állandó feszültségű jelleggörbe szerinti töltés

A töltő a gázfejlődés megindulásáig nagy értékű áramot szolgáltat, a gázfejlődés megindulása után állandó cellafeszültséget tart.

### IUIa jelleggörbe szerinti töltés

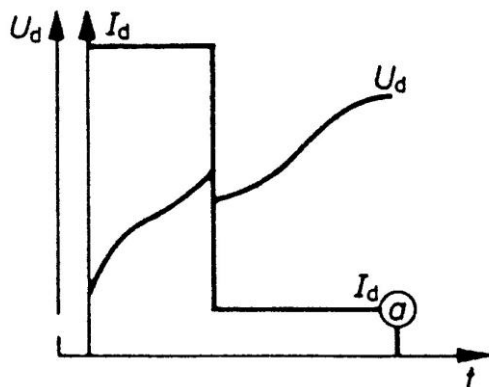
A töltés ebben az esetben nagy értékű árammal indul, és a gázképződési feszültség eléréséig tart. Ezután a töltőáram csökkentett állandó áramú szinten történik, amit elektronika ellenőriz, és automatikusan beavatkozik.

### I<sub>0</sub>I<sub>a</sub> jelleggörbe szerinti töltés

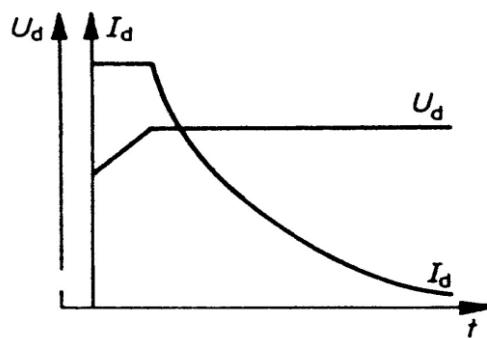
A töltés nagy értékű árammal kezdődik, a gázkilépési feszültség elérésekor a töltőáram értéke csökken. A töltés befejeztével a kikapcsolás automatikus. Amikor az akkumulátor feszültsége eléri a maximális töltési feszültséget, a töltő átkapcsol csepptöltésre. A csepptöltő áram értéke akkora, hogy az akkumulátor önkisülése okozta energia veszteségét pótolja.

### Néhány töltési karakterisztika

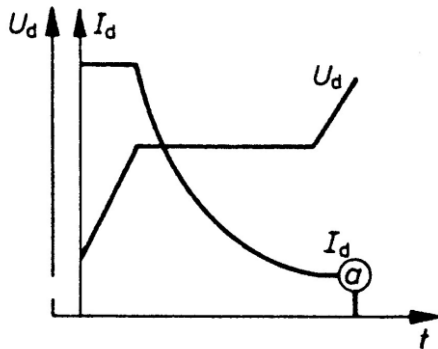
**IOIa töltési mód**



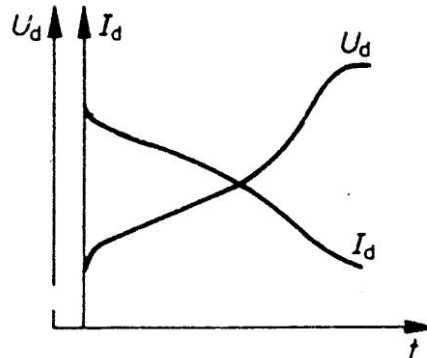
**IU töltési mód**



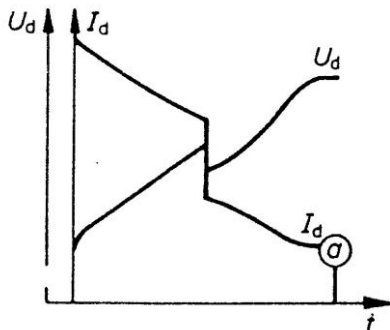
IUIa töltési mód



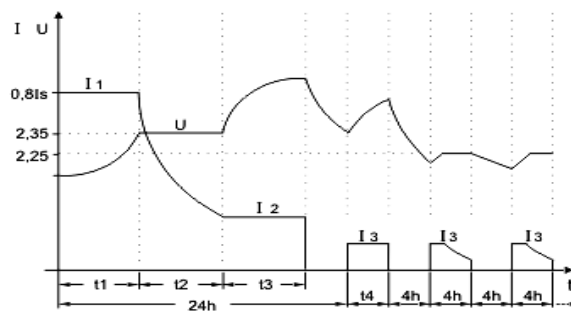
W töltési mód



WOWa töltési mód



IUIa töltési mód



a töltés és kisütés karakterisztikája

## Az akkumulátorokról

CCA, CA szabványos értékek, amelyeket minden akkumulátor-gyártó alkalmaz egy adott akkumulátor típus paramétereinek megadásában.

Hidegindító áram (Cold cranking amps vagy CCA) az az áramerősség érték, amelyet az akkumulátor probléma mentesen le tud adni 30 másodpercig  $-18\text{ C}^0$  hőmérsékleten, miközben a 12 V-os akkumulátor feszültsége nem esik 7,2V alá. A magas CCA érték különösen hideg időben bizonyul hasznosnak.

Indítóáram (cranking amp vagy CA) az az érték, amelyet hasonló körülmények között mérnek  $0\text{ C}^0$  hőmérsékleten.

## Gázfejlődés

Cseptöltés, gyorstöltés és túltöltés során minden cellából durranógáz keletkezik, kivéve a gázmentesen zárt cellákat. A töltőfeszültség értéke, amelynél a vízbontás sebessége hirtelen megemelkedik ólom akkumulátornál 2,35 – 2,4 V, lúgos akkumulátornál 1,5 – 2,05 V.

A gázfejlődési cellafeszültség elérése után 1 Ah töltésmennyiség víz elektrolízise normál hőmérséklet és nyomás esetén:

- savas akkumulátornál 0,63 liter 2:1 arányú durranógáz keletkezik, ami 0,42 liter H<sub>2</sub> + 0,21 liter O<sub>2</sub>
  - lúgos akkumulátor esetén 0,42 liter 2:1 arányú durranógáz keletkezik
- 1 cm<sup>3</sup> (1 g) víz felbontása 3 Ah-t igényel  
 - 26,8 Ah 1 g H<sub>2</sub> + 8 g O<sub>2</sub> durranógázt bont.

Ha kikapcsoljuk a töltést, a vízbontás kb. egy órával a töltőáram kikapcsolás után szűnik meg.

A gáztömör cellák esetében a rekombinációs eljárás miatt nincs vízbontás. Az akkumulátor feltöltöttsége és a durranógáz keletkezése között olyan összefüggés van, hogy az egyre jobban feltöltött akkumulátor töltésére használt energia egyre nagyobb része vízbontást okoz. Ha kikapcsoljuk a töltőt, a vízbontás csak egy órával a töltőáram kikapcsolása után szűnik meg.

## Szellőzés

Egy akkumulátor helyiség szellőztetésének célja a H<sub>2</sub> koncentrációját 4% a H<sub>2</sub> alsó robbanási határértéke alá csökkenteni. Az akkumulátorok és burkolatok elhelyezése akkor biztonságos, ha a természetes vagy mesterséges szellőzés az ARH 20 % biztonsági határérték alatt tartja a H<sub>2</sub> mennyiségét.

Az akkumulátortér térfogatáramát az MSZ 1600-16:1992 előírása szerint az alábbi képlettel kell kiszámítani

$$Q = 0,055 \cdot n \cdot I \cdot z \text{ m}^3/\text{h}$$

A biztonsági tényező értéke  $z$   
 ólom akkumulátornál



- nyitott celláknál 1
- katalizátor dugós celláknál 0,5
- szeleppel zárt celláknál 0,2

nikkel kadmium akkumulátoroknál

- celláknál 1

A töltőáram értékét a következő képlet szerint kell számítani

$$I = C \cdot a \cdot 10^{\left(\frac{U-b}{d}-3\right)}$$

C = az akkumulátor névleges tároló képessége Ah,  
helyhez kötött akkumulátorok esetén C<sub>10</sub>  
jármű akkumulátorok esetén C<sub>20</sub>  
nikkel-kadmium akkumulátorok esetén C<sub>5</sub>

a = az akkumulátor kivitelétől függő öregedési tényező

U = a cellafeszültség megengedett értéke a töltési módnak megfelelően,

b,d = az elektrolit legnagyobb vezetőképességéből származtatott állandók  
20 C<sup>0</sup> hőmérsékletre vonatkoztatva.

akkumulátor típusa	a	b	d
nikkel-kadmium	2	1,383	0,150
magas antimon tartalom	10	2,230	0,279
alacsony antimon tartalom	5	2,352	0,234
kalcium ötvözetű tartalom	2	2,352	0,234

Az MSZ – EN 50272-3:2002 előírása szerint az akkumulátortér térfogatáramát az alábbi képlettel kell kiszámítani

$$Q = v \cdot q \cdot s \cdot n \cdot I_{\text{gáz}} \cdot C_{\text{rt}} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h}$$

- Q = szellőztetés légmennyiség m<sup>3</sup>/h-ban
- v = a hidrogén szükséges hígítása (100-4) / 4 % = 24
- q = 0,42 · 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/Aó keletkező hidrogén
- s = 5 biztonsági tényező
- n = cellák száma

$I_{gáz}$  = gázt termelő áram mA-ben osztva a névleges kapacitással Aó-ban, csepptöltés esetén  $I_{cs}$  vagy gyorsított töltés esetén  $I_{gy}$

$C_{rt}$  = kapacitás  $C_{10}$  savas ólom cellák esetén,  $U_f = 1,80$  V/cella 20 °C-on vagy kapacitás  $C_5$  NiCd cellák esetén,  $U_f = 1,00$  V/cella 20 °C-on

v. q. s = 0,05 m<sup>3</sup>/Aó-val a szellőzés légmennyiség képlet

$$Q = 0,05 \cdot n \cdot I_{gáz} \cdot C_{rt} \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3/\text{ó]}$$

A gázt termelő áramot a következő képlettel határozhatjuk meg 20 °C-on:

$$I_{gáz} = I_{cs/gy} \cdot f_g \cdot f_s \text{ [mA/Aó]}$$

$I_{cs}$ = csepptöltő áram teljes töltöttség alatt meghatározott töltőfeszültség

$I_{gy}$ =gyorsított áram teljes töltöttség alatt meghatározott töltőfeszültség

$f_g$ =gázkibocsájtási tényező, arányos a gáztermelő árammal a teljes töltöttség állapotáig

$f_s$ =biztonsági tényező, ha az akkumulátor hibás cellát tartalmaz sérült vagy öreg akkumulátoroknál

### I áram értékei IU töltővel ill. U töltővel való töltés esetén

	savas ólom akku szellőzött cellákkal Sb<3% <sup>1)</sup>	savas ólom akku szelep szabályozott (VRLA) cellákkal	NiCd akku szellőzött cellákkal <sup>2)</sup>
gázkibocsájtási tényező $f_g$	1	0,2	1
gázkibocsájtási biztonsági tényező $f_s$	5	5	5
csepptöltés feszültség $U_{cs}$ <sup>3)</sup> V/cella	2,23	2,27	1,4
tipikus csepptöltő áram $I_{cs}$ mA/Aó	1	1	1
áram $I_{gáz}$ mA/Aó szellőzés számításához csepptöltéskor	5	1	5
gyorsított töltés feszültség $U_{gy}$ <sup>3)</sup> V/cella	2,4	2,4	1,55
tipikus gyorsított töltő áram $I_{gy}$ mA/Aó	4	8	10

áram $I_{gáz}$ mA/Aó szellőzés számításához gyorstöltéskor	20	8	50
1) magasabb antimontartalom (Sb) esetén forduljon a gyártóhoz a megfelelő adatért 2) rekombinációs típusú NiCd cellák esetén konzultáljon a gyártóval 3) a töltőfeszültség savas ólom cellák esetén módosítható az elektrolit fajsúlyával			

A csepptöltő ill. gyorsöltő áram a hőmérséklet emelkedésével nő. 40 °C-ig a hőmérséklet növekedés hatásait a táblázat értékei figyelembe veszik.

Rekombinációs típusú katalizátoros záródugók esetén  $I_{gáz}$  gáztermelő áram értéke a 50%-ra csökkenthető.

A szellőzés légmennyiséget elsősorban természetes szellőzéssel kell biztosítani, egyéb esetekben mesterséges szellőzéssel.

Az akkumulátor tereknek és burkolatoknak egy levegő beömlő és kifúvónyílásra van szükségük, amelynek minimális szabad nyílását a következő képlettel számíthatjuk:

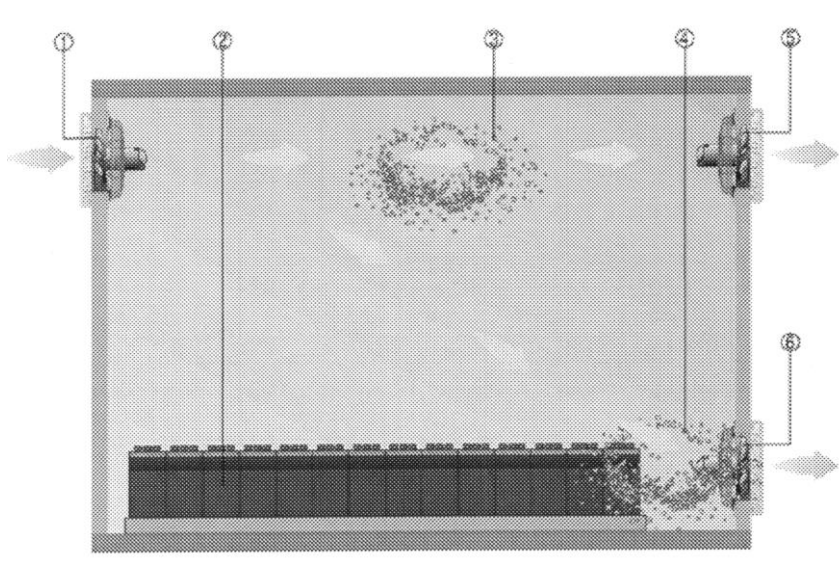
### A=28. Q

$Q$ =friss szellőzés levegőáram [ $m^3/ó$ ]

$A$ =a friss levegő beömlő ill. kiömlő nyílásának szabad területe [ $cm^2$ ]  
megjegyzés: ennél a számításnál a levegő sebessége 0,1 m/s.

A számítás mindkét szabványban azonos. A szellőzés légmennyiséget természetes vagy mesterséges szellőzéssel kell biztosítani.

Az akkumulátor tereknek levegő beömlő és kifúvónyílásra van szükségük, amelynek minimális nyílását a következő képlettel számíthatjuk:



MAICO szerint a légtér védelmét a következők szerint kell kialakítani

- 1 befűfő ventilátor a védettség EZQ E Ex e DZQ E Exe
- 2 akkumulátorok
- 3 ex veszélyes hidrogén légtér
- 4 savgőz térség
- 5-6 elszívó ventilátor a védettség EZQ E Ex e DZQ E Exe

## Az akkumulátorok közvetlen környezete

Az akkumulátorok közvetlen közelében a gázok felhígulása nem mindig biztosított. A robbanásveszélyes gáz szétterjedése függ a mennyiségétől és a szellőzéstől a kilépés helyének közelében.

A  $d$  biztonsági távolságot a kilépés helyétől a gáz gömbszerű szétterjedését feltételezve állapíthatjuk meg.

$$d = 28,8 \cdot \sqrt[3]{I_{gas}} \cdot \sqrt[3]{C_{rt}} \text{ mm } ^{5)*}$$

ahol  $I_{gas}$  = gáztermelő áram (mA / Aó)  
 $C_{rt}$  = névleges kapacitás (Aó)

### A zárt VARTA PzV gondozásmentes akkumulátorok működéséről

A zárt gondozásmentes savas akkumulátor az eddig ismert megoldásoktól eltérő, mert az elektrolit nem vizes kénsav, hanem kovasavas kénsav, ami kocsonyás állagú zselé vagy gél elektrolit.

Ebből következik, hogy a működési ideje alatt nincs szükség desztillált víz utánpótlásra. Ezzel jelentős szerviz és gondozási idő takarítható meg.

További előny, hogy savköd kilépéssel nem kell számolni, nincs következmény korrózió. A töltés csaknem gázképződés mentes, nincs szükség nagy légtérű helyiségre. A akkumulátorok ciklusállóak, ahogy azt a páncéllemez akkuknál megszoktuk, a 24 órán belüli kisütés  $0,8 C_5$ .

Az eddig ismert robusztus pozitív páncéllemezhez párosított negatív rácslémez tette lehetővé a nagyobb teljesítményt, és ez vezetett el a gél technikai megoldáshoz, illetve a gondozásmentes akkumulátor kialakításához.

Alkalmazásának előnyei:

- savköd kilépéssel nem kell számolni, nincs következmény, korrózió,
- a töltés csaknem gázképződés mentes, nincs szükség nagy légtérű helyiségre,
- csekély az önkisülés, így az élettartam mintegy ötszörös,
- a töltési hatások javul, ezáltal az energiafelhasználás kb. kb 80 %-al kisebb,

- a desztillált vízutántöltésből származó gondok megszűnnek, mert nem kell utántölteni és nem kell azzal számolni, hogy túl sok, vagy túl kevés vizet töltünk a cellába,
- a cellaméretek és a kapacitás megfelel a DIN PZS cellára vonatkozó előírásnak,
- az akkuk kapacitása 110Ah - 1200Ah-ig terjed.

A rácsok antimonmentes speciális ötvözetből készülnek. Ez ciklusállóságot, korróziós stabilitást ad. A speciális cellaalakítás és az elektrolit együttesen az ún. antimonmentes effektus kiküszöbölését eredményezi.

Töltésnél az oxigén ionképződés alapvetően nem akadályozható meg. Ezért az oxigénionokat ( $O_2^-$ ) vissza kell vezetni az elektrolitba.

Az oxigénion redukciója csak a negatív lemezen jöhet létre. A gélyszerű elektrolitban a pozitív lemezen keletkező oxigénionok több-kevesebb csatornán eljutnak a negatív lemezhez, ahol a hidrogénionokkal ( $2H^+$ ) rekombinálnak vízzé.

Az ionok keletkezésének és visszaalakulásának folyamata így zárul. Nem keletkezik vízvesztés a cellában. A rekombinációs folyamat következtében a negatív pólus elektro potenciálja csökken, így a hidrogénképződés csekély.

További előny, hogy a zselés elektrolit következtében iszapterre nincs szükség. A gél előállításának alapanyaga a kovasav. A kénsav mellett további adalékokat tesznek az oldatba, hogy a cella és a gél tulajdonságait javítsák. A gél elektrolit megoldása és felhasználása jelentős előrelépést jelentett.

A töltési műveletet is ehhez a technológiához kellett igazítani, mert a rekombináció a cellán belül és csak túlnyomás esetén működik. Ezért a cellazáró dugót az akkumulátor működése alatt sosem szabad kivenni. Az akku tartálya és fedele különlegesen finom tükörhegesztéssel készül és a cellapólusoknál is tökéletesen zár.

Nyitott akkumulátor esetén a töltés alkalmával a víztartalom 75 %-a durranógázra bomlik ( $H_2$  és  $O_2$ ). A gázképződés zárt cella esetén sem akadályozható meg. Sőt a cella felszínének védelme érdekében szükséges is. Ha az elektrolit gél, akkor az aktív tömeg kihasználása jobb, mert az elektrolit-eloszlás kedvezőbb.

Összehasonlításként az átlagos ólomakkumulátor - a zárt nyomás alatt lévő géles akkumulátorhoz képest azonos töltőfeszültség, töltőáram és töltési idő mellett - kisebb energiamentységet tud tárolni.

A közönséges savas ólomakkumulátornál vizes elektrolit esetén 2,4 V-nál 30 °C-on erős vízbontás indul meg, melynek intenzitása az áramerősségtől függ.

A töltőfeszültség hőmérsékletfüggő, melynek értéke számítható.

A hőmérsékletkompenzált töltőfeszültség  $U_{fK}$  (V/cella) értéke:

$U_{fK} = U + f(t - t_g)$  ahol  $U$  = a 30 °C-ra vonatkoztatott töltőfeszültség V/cella

- f = hőmérsékletfaktor (-0,004 V/cella/°K)  
t = akkumulátor hőmérséklete  
tg = az akkumulátor gázosodási határhőmérséklete  
(30 °C)

A képletből egyértelműen látható, hogy savas akkumulátornál vizes elektrolit esetén magasabb hőmérsékleten már 2,4 V-nál kisebb feszültségnél is elindul a vízbontás, míg alacsonyabb hőmérsékleten csak 2,4 V-nál nagyobb feszültségnél kell erre számítani.

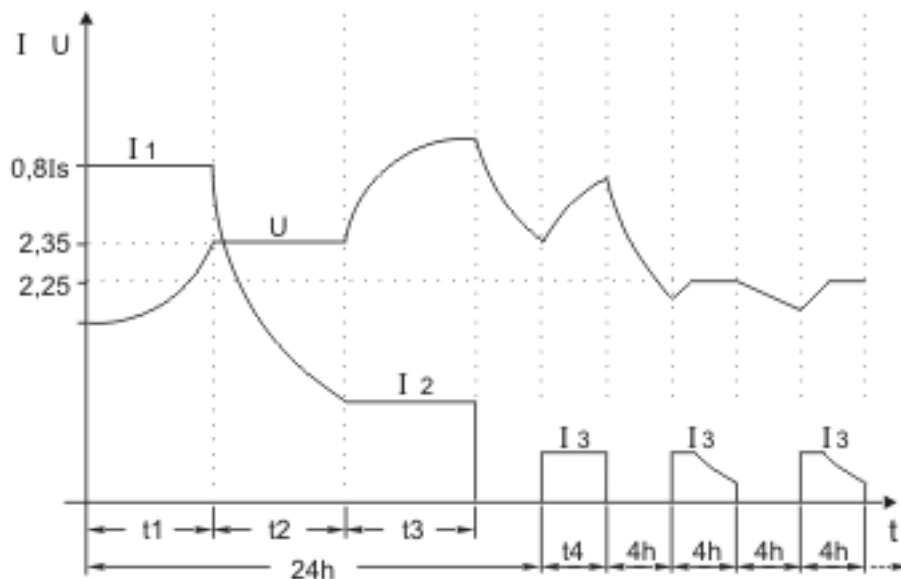
Az eddig készített töltőknél a gázkilépési feszültség felett a töltés kisebb áramokkal történik. (A töltési faktor 1,06-1,12) Az utántöltési áramokat úgy választják meg, hogy a cellákban keletkező gázok enyhe túlnyomáson rekombinálódjanak.

Természetesen nem akadályozható meg, hogy csekély mennyiségű gáz kilépjen. Az akkumulátor élettartamán belül az elektrolit víztartalma tehát csekély mértékben, de állandóan csökken.

### **A gondozásmentes akkumulátor élettartama**

A gondozásmentes akkumulátor élettartama a vízfelhasználással és a töltési technikával szorosan összefügg. A zárt ólomakkumulátor töltésére a gyártó az IU1a töltési karakterisztikának megfelelő töltőt fejlesztett ki.

A töltési mód lényege a kímélő töltés.



a töltés és kisütés karakterisztikája

Az ábrán a töltőfeszültség és a töltőáram változásait láthatjuk a feltöltöttség függvényében egy 24 órás ciklusban.

A töltés kezdetén állandó árammal töltünk ( $I_1$ )

Az előre beállított 2,35 V/cella feszültség elérése esetén - azaz a 2,4 V/cella gázkilépési feszültség elérése előtt - automatikusan átáll az állandó feszültséggel való töltésre. (U)

Ha a feszültség megállapodott a töltőáram meghatározott szintig csökken, majd állandósul. ( $I_2$ )

Mivel minden automatikusan következik be, a töltő működési karakterisztikájára jellemző értékek állandó értékeivel - állandó áram, állandó feszültség, állandó áram - a töltési jelleg jellemezhető. Innen az elnevezés IU1a, amelynél az akkumulátortöltés optimális, a durranógáz keletkezése minimális.

Pontosan ezért van szükség e típusnál arra, hogy a mélykisütést elkerüljük; illetve elektronikusan visszajelzést adunk. A normál PZS akkumulátorok esetén az elektrolit savsűrűség 1,27 kg/l-re van beállítva, nagyobb kisütési feszültség szintnél ad jelzést, mint a gondozásmentes akkumulátornál, különben mélykisülés következik be.

A kisütésjelző műszert normál PZS akkumulátornál 1,27 kg/l savsűrűsége állítják be, nagyobb feszültség szintre kell beállítani, mert a gondozásmentes

zeselés akkumulátornál a savsűrűségnek magasabbnak kell lenni, különben mélykisülés következhet be. A vízbontás miatt a savsűrűség emelkedik, ezzel nő a cellafeszültség. Ez egy olyantéves visszajelzés, ami mélykisütést eredményez, ezért speciális kisütésjelző műszer szükséges.

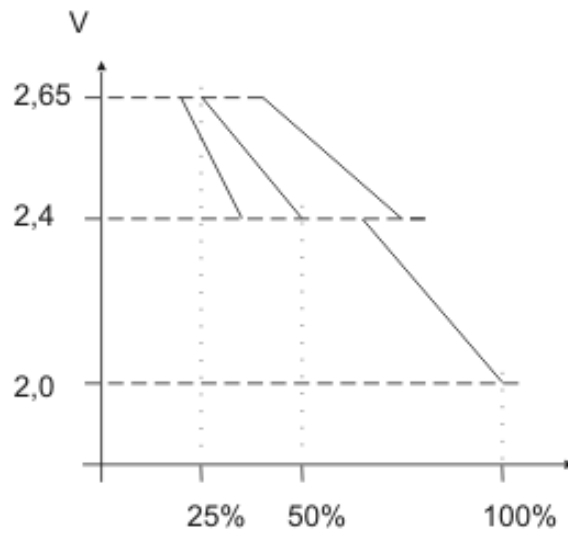
Nagyobb és többcellás akkumulátorok esetén a töltési művelet során - különösen a tartós és jelentős igénybevételt követően - a külső, illetve a belső cellák között jelentős hőmérséklet-különbség, eltérő cellafeszültség, illetve eltérő feltöltöttségi állapot alakul ki.

A töltőt azért tervezték meg úgy, hogy a különböző terhelések alkalmával létrejött eltéréseket kompenzálják, ez a kiegyenlítő töltés. Ezzel a kialakult, de eltérő cella feszültségeket és az eltérő cellakapacitásokat kiegyenlítik. A hőmérséklet-különbségből adódó eltérések csökkentése hőmérsékletfüggő töltéssel korrigálható.

A legjobb, ha vízzel hűtik az akkumulátort. A bányászatban használatos nagy teljesítményű zárt, gondozásmentes akkumulátorok egy része ilyen. A vízhűtés előnye nemcsak az, hogy az akku 5-15 C<sup>0</sup>-os hőmérséklete alacsonyabb, hanem az is, hogy a külső és a belső cellák közötti hőmérsékletkülönbség csekély, ami rendkívül fontos. Ha az akkumulátor hőmérséklete előreláthatóan 40 C<sup>0</sup>-nál nagyobb vagy 15 C<sup>0</sup>-nál kisebb, a csatlakoztatás után az akkumulátor hőmérséklet-érzékelő, a szabályozást befolyásoló hőmérsékletfaktor szerint a töltő a helyes állandó töltést automatikusan beállítja (I 3) és kisütési ciklust indít be, ha szükséges.

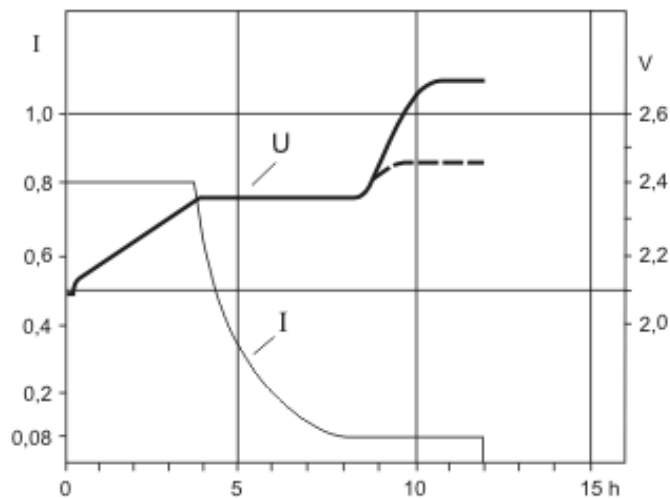
Ezzel extrém felhasználás esetén is optimális és kímélő teljes töltés érhető el. Az állandó feszültséggel való töltés alkalmával a töltőáram folyamatosan csökken. Az utántöltés során I 2 a kikapcsolásig állandó. Az utántöltés ideje megfelel a főtöltés idejének, (t<sub>1</sub>+t<sub>2</sub>) minimum 1, maximum 4 óra.





a feszültség és a feltöltöttség viszonya

Amennyiben nem választják le az akkumulátort a töltőről (pl. a hétvégén), a csepptöltés (I 3) gondoskodik a feltöltöttség szinten tartásáról.



a feszültség és az áram karakterisztikája

Ha a akkumulátorokat hosszabb időre magára hagyják, és a töltőről nem kapcsolják le, akkor a töltési és kisütési fázisok felváltva kapcsolódnak be, és szinten tartják az akkumulátor elektromotoros erejét. Ez a kapcsolás négyóránként ismétlődik.

A töltőfeszültség 2,25 V/cella értéket állandóan tartja.

Ezzel a speciális töltési technikával - amit a gondozásmentes akkumulátorra fejlesztettek ki - kímélő feltöltéssel egy 20 %-ra lemerített akkut (mélykisülés) 12, ill. 14 óra alatt vissza lehet tölteni.

A csepptöltés alatt az esetleg meglévő szulfátmaradékok visszaalakíthatók.

A gondozásmentes akkumulátor használatánál nemcsak az fontos, hogy a gyári előírás szerint tartsuk be a töltésre előírt folyamatokat, hanem a kihasználtsági fokot is figyelni kell, nehogy mélykisülési folyamat következzen be.

Annak ellenére, hogy alkalmanként egy-egy mélykisütést minden kár nélkül elvisel az ilyen típusú akkumulátor, azonban a mélykisütést követően az akkumulátor már nem tölthető fel teljesen, mert a töltési karakterisztikát a normál működéshez fejlesztették ki.

A töltőt pontosan azért tervezték meg úgy, hogy a különböző terhelések alkalmával létrejött eltéréseket kompenzálják, ez a kiegyenlítő töltés. Ezzel a kialakult, de eltérő cellafeszültségeket és az eltérő cellakapacitásokat kiegyenlítik. A hőmérséklet-különbségből adódó eltérések csökkentése hőmérsékletfüggő töltéssel korrigálható.

### **Új típusú akkumulátor**

Megjelent egy új típusú akkumulátor, ami még nagyobb teljesítmény leadására képes. Ez is zárt gondozásmentes zselés akkumulátor. Jelölése CWF\CSM.

Az új típusnál a kapacitásnövekedés abból ered, hogy a cellák negatív rácsait rézbevonattal készítik. A cella belső ellenállása ezáltal lényegesen kevesebb, a kisebb belső ellenállás következtében nagyobb terhelések esetén sem akkora a feszültségesés mint egy hagyományos cella esetén. Ez egyrészt a cella kapacitását növeli, másrészt kevésbé terheli az akkumulátort. A terhelhetőségi idő megnő, az akkumulátor kapacitása kb. 10 %-kal javul, ami azonos méretek esetén jelentős tömegcsökkenést eredményez.

### **A zselés akkumulátor előnyei**

teljesen zárt felépítés	nem kell desztillált vizet pótolni
	savgőz nem jut ki belőle
	nincs korrózió

ciklusállóság	24 óránként egy ciklus (fogyasztás-feltöltés)
csekély gázosodás	a H <sub>2</sub> képződés kb.10 %-ra csökken
olcsóbb üzemeltetés	kicsi az önkisülés
	az üzemidő mintegy ötszörös, kapacitáscsökkenés nélkül

### A rekombinációs akkumulátor működési elve

A hagyományos ólomsavas akkumulátor töltése közben az elektrolízis miatt vízvesztés keletkezik a cellában, melynek következtében hidrogén, oxigén, valamint gázáramba került kénsavcseppek távoznak a cellából.

Emiatt rendszeresen ellenőrizni kell az akkumulátort, és időről-időre pótolni kell az elektrolitot, hogy a szintje állandóan megfelelő legyen. A zárt szelepes vagy a gázmentesen zárt cella kialakítású ólomsavas akkumulátor kiküszöböli ezeket a problémákat az oxigén - töltés közbeni - folyamatos rekombinációja révén.

Az oxigén-rekombinációs folyamat akkor indul meg, ha a cellaközfalak nincsenek tökéletesen feltöltve elektrolittal. Emiatt néhány pórus felszabadul az oxigéndiffúzióhoz - a pozitív lemezeknél és közvetlenül a negatív lemezekre kerül, ahol reakcióba lép és ismét vízzé alakul.

A folyamat végére a rekombináció eredményeképp kicserélődik a víz, az elektrolit és a negatív lemezekben levő ólom anélkül, hogy a lemezek töltési állapota módosulna. Az oxigén rekombinációs ciklusához nagy porozitású és igen kis pórusátmérőjű speciális cellaközfalakra van szükség; továbbá gondosan ellenőrzött mennyiségű elektrolitot kell tölteni minden egyes cellába ahhoz, hogy mindig legyen elegendő elektrolit a kisütési reakció kielégítésére, ugyanakkor megfelelő mennyiségű szabad pórus maradjon az elektrolittól függetlenül a gázdifúzió fenntartására. A különleges követelmények miatt az összes elektrolit benn marad a cellaközfalban és a lemezekben, és nincs szabad elektrolit. A cellákon belüli gáznyomás üzemelés közben általában nagyobb, mint a légköri nyomás; ez a gáz oxigénből, hidrogénből, nitrogénből és széndioxidból áll. Éppen ezért szükséges, hogy minden egyes cellán legyen egy nyílás, hogy a nem rekombinálódott gázok távozhassanak, nehogy túlzottan nagy legyen a belső nyomás. Erre a célra biztonsági szelepet használnak.

A negatív lemezen a szén-dioxidra a szerves vegyületek, mint "zsugorodásgátlók" alkalmazása miatt van jelen.

Ezek a szerves vegyületek lassan szén-dioxiddá oxidálódnak. A cellában levő hidrogén ennek az oxidációnak, valamint a pozitív lemez rácsain zajló igen lassú korrózióknak az eredménye.

A cellaszerkezetben levő szelepek teljes mértékben légmentesen tömítve vannak, nehogy levegő kerüljön a cellákba, mert előfordulhat, hogy a belső nyomás kisebb, mint a külső légnyomás. Üresjárás esetén, levegőszivárgáskor a levegő oxigénje kapcsolatba lépne a negatív lemezekben levő ólommal (Pb), és kémiai oxidálná. A monoblokk minden egyes cellájában van egy

nyomáscsökkentő szelep, amely lehetővé teszi a gázok kibocsátását, ugyanakkor nem engedi, hogy levegő kerüljön a cellákba.

### **Cellafalak**

Az oxigén-rekombinációs ciklus megbízható működését biztosító speciális cellaközfal az akkumulátor egyik legfontosabb és legfőbb alkotórésze. A cellaközfal speciális módon kialakított mikroszál erősítésű lemezből készül, ami igen kis pórusátmérő mellett nagy porozitást biztosít, a maximális oxigéndiffúzió érdekében. Ugyanakkor biztosítja a lemezek nagyfokú kihasználtságát és a kis belső ellenállást. A cellaközfal anyaga közömbös a kénsavval és az ólom-oxiddal szemben, és a akkumulátor egész élettartama alatt változatlan marad.

### **Elektrolit**

Az elektrolit  $1,3 \text{ kg/dm}^3$  sűrűségű hígított kénsav, amely ugyanolyan tisztaságú, mint másfajta jó minőségű ólomsavas akkumulátorok esetében.

### **Szelepek**

Mindegyik cella egyutas szeleppel van szerelve, mely lehetővé teszi a gáz eltávolítását a cellából, ha a belső nyomás meghaladja a biztonsági értéket. A szelep kb. 0,3 bar értékre van beállítva.

### **Lemezek**

Mind a pozitív, mind a negatív lemez lapos, masszával töltött mezőjű típus. Az aktív mag ólom-oxid, víz, kénsav és egyéb olyan anyagok alkotta masszából készül, melyek a megkívánt teljesítmény és stabilitás biztosításához szükségesek az akkumulátor élettartama során. A rácsok jó minőségű kalcium- és óntartalmú ólomötvözetből készülnek, amely megfelelő korrózióállóságot biztosít; a rácsok úgy vannak méretezve, hogy minimum tízévi élettartamot biztosítsanak a szokásos környezeti hőmérsékleten.

- OPz V            12-15 évig várhatóan működőképes

## **Üzemi jellemzők**

### **Cellafeszültség**

Az ólomsavas cella feszültsége az aktív elektródaanyagok ( $\text{PbO}_2$  és  $\text{Pb}$ ) közötti elektrokémiai potenciálkülönbség eredménye, elektrolit (kénsav) jelenlétében. Értéke az említett elektródákkal érintkező elektrolit koncentrációjától függ, azonban ez kb. 2 V a legtöbb üresjárási állapot esetén.

Különböző kisütési mélységek mellett az akkumulátorok teljesítménye a következő:

a kisütés mélysége	a ciklusok száma
30%	1200
60%	400
80%	400

### Gázbuborék-fejlődés

Az akkumulátornak nagy a rekombinációs hatásfoka ( 95-98 %)  $25\text{ }^\circ\text{C}^0$  hőmérsékleten üzemelő cellák esetén a szellőzés gyakorlatilag elhanyagolható.

A laboratóriumi mérések a következő gázbuborék-fejlődési értékeket mutatják:

2 ml/Ah/cella/hónap	- 2,27 V/cella karbantartási töltőfeszültségen
1 ml/Ah/cella/hónap	- 2,4 V/cella normál töltőfeszültségen.

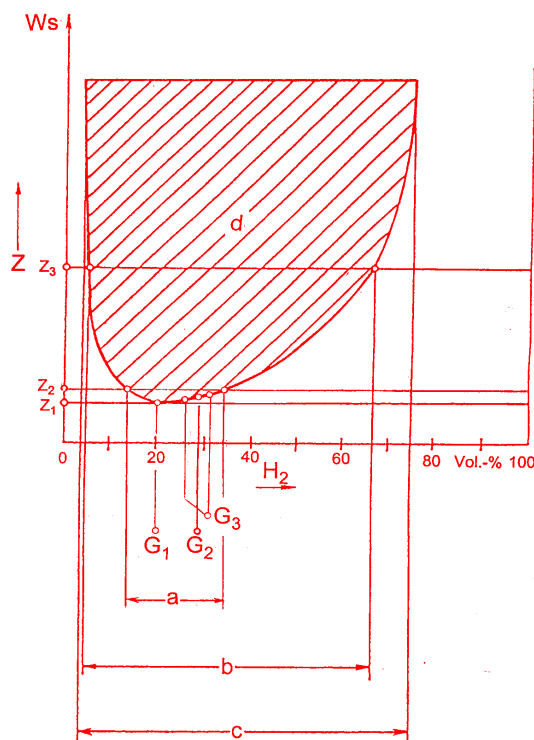
A levegőbe kerülő gáz mennyisége nagyon csekély. A rekombinációs akkumulátor betehető villamos berendezést tartalmazó helyiségekbe anélkül, hogy robbanásveszélyt okozna.

A cellák felett a kilépő gázelegy ideális durranógáz kb. 10 centiméter térségben. Tekintettel arra, hogy a hidrogén sűrűsége  $0,07\text{ g/cm}^3$  a kilépést követően azonnal a felső légtérbe diffundál, miközben a levegővel keveredve hígul. Az oxigén sűrűsége  $1,1\text{ g/cm}^3$ , közel azonos a levegőével, ami  $1,2\text{ g/cm}^3$  Az oxigén a levegővel keveredik, miközben a durranógáz elegy hígul.

### A hidrogén legfontosabb jellemzői

-  $20\text{ }^\circ\text{C}$ -on 1 bar nyomáson a levegővel keveredve

- színtelen, szagtalan, a levegőnél könnyebb gáz
- a levegőhöz viszonyított gázsűrűsége 0,07
- gyulladási hőmérséklete: 560 °C
- tűzveszélyességi osztálya: "A" - fokozottan tűz- és robbanásveszélyes
- a helyiségben megengedendő koncentráció az ARH 20 %-a



c az éghetőség határai	4-75,6
b a robbanásszerű égés határai	5-66
a a detonáció jellegű égés határai	14-34

Z <sub>1</sub>	a minimális gyújtási energiaszint	20 μJ
G <sub>1</sub>	a minimális gyújtási energiaértékhez tartozó koncentráció	21 %-nál
G <sub>2</sub>	stöchiometriai keverék	29,6
G <sub>3</sub>	a legbrizánsabb keverék	27-31

Megjegyzés: a legtöbb magyar nyelvű szakirodalom és a szabványok is az éghetőségi és a robbanási határokat hibásan azonosnak tekintik. A számításokat is az alsó égési határhoz igazítják, miközben robbanási határról írnak, ezért az ARH húsz százaléknak értékét 0,8 %-ban adják meg, az ábrából kitűnik, hogy az ARH húsz százaléknak értéke 1 %.

## A szükséges légcseré számítása MSZ 1600-16:1992 szerint

Abból kell kiindulni, hogy mekkora a töltőáram.

A töltőáram értékét a következő összefüggés adja:

$$I = C \cdot a \cdot 10^{\left(\frac{u-b}{d}-3\right)}$$

Példa kiinduló adatok:

40 db akkumulátor, 80 V névleges feszültséggel

$C = 200$  Ah, helyhez kötött akkumulátor

$u = 2,4$  V/cella

Állandók a töltőáram számításához

Az alacsony antimontartalom miatt a 2. táblázat III. sora alapján hozzárendelt állandók a következők:

$$a = 5$$

$$b = 2,352$$

$$d = 0,234$$

Számítás egy akkumulátorra

$$I = 200 \times 10 \times 10^{\left(\frac{2,4-2,352}{0,234}-3\right)}$$

$$I = 200 \times 10 \times 10^{0,61} \times 10^{-3}$$

$$I = 0,19 A$$

A töltőáram 1 Ah tároló képességre vonatkoztatott  $I_1$  értékét, a 2. táblázat adataival kiszámítva, U függvényében az M1. melléklet tartalmazza. Az  $I_1$  leolvasott értékéből a töltőáram:

$$I = I_1 \times C \quad I_1 \text{ értéke a táblázatból } 39 \text{ mA/Ah}$$

$$I = 39 \times 600 = 18.720 \text{ mA} = 18,72 A$$

A szellőztetési igény számítása

Képlet:

$$Q = 0,055 \cdot n \cdot I \cdot z$$

- ahol  $Q$  = a 20 °C hőmérsékletre és 0,1 MPa nyomásra vonatkoztatott térfogatáram, m<sup>3</sup>/h  
 $n$  = az akkumulátorcellák száma 40.40 = 1600 db  
 $I$  = a töltőáram  
 $z$  = az akkumulátor kivitelétől függő gázkibocsátási tényező, amely szeleppel zárt akkumulátor esetén  $z = 0,2$

Esetünkben az adatok a következők:

$$n = 1600$$

$$I = 18,72 \text{ A}$$

$$z = 0,2$$

40 akkumulátorra

$$Q = 0,055 \cdot 1600 \cdot 18,72 \cdot 0,2$$

$$Q = 329 \text{ m}^3/\text{h}$$

### A szellőztetésre vonatkozó elvárások

Az MSZ 1600-16:1992. 6.1 szakasz szerinti  $Q$  szellőzőlevegő-térfogatáramot a térségre jellemző, legkedvezőtlenebb nyári meteorológiai adatok (hőmérséklet, szélirány, szélsébség, stb.) figyelembevételével kell biztosítani.

A szellőztetés - az igény biztonságos kielégítésének lehetőségétől függően - lehet természetes vagy mesterséges.

Természetes szellőzés esetén a be- és kiömlőnyílás szabad keresztmetszete legalább  $A > 28 \cdot Q$  legyen, ahol  $A$  cm<sup>2</sup>-ben,  $Q$  m<sup>3</sup>/h-ban van kifejezve.

A szellőzőnyílásokban a légsebesség legalább 0,1 m/s legyen.

Túlnyomásos mesterséges szellőztetést nem szabad alkalmazni.

## A szükséges légcseré számítása az MSZ-EN 50272-2: 2001 szerint

Lényegesen más képleteket kell alkalmazni egy akkumulátortér minimális szellőztetés légmennyiségének kiszámításához:

$$Q = v \cdot q \cdot s \cdot n \cdot I_{\text{gáz}} \cdot C_{\text{rt}} \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3/\text{h]}$$



ahol

- $Q$  = szellőztetés légmennyiség  $m^3/h$ -ban  
 $v$  = a H szükséges higítása  $(100\%-4\%) / 4\% = 24$   
 $q$  =  $0,42 \cdot 10^{-3} m^3/Aó$  keletkező H  
 $s$  = 0,2 általános biztonsági tényező  
 $n$  = cellák száma  
 $I_{gáz}$  = áram, amely gázt termel mA-ben osztva a névleges kapacitással Aó-ban, csepptöltés esetén  $I_{cs}$  vagy gyorsöltés esetén  $I_{gy}$   
 $C_{rt}$  = kapacitás  $C_{10}$  savas ólom cellák esetén (Aó),  $U_f = 1,80$  V/cella  $20\text{ }^\circ\text{C}$ -on vagy kapacitás  $C_5$  NiCd cellák esetén (Aó)  
 $U_f$  = 1,00 V/cella  $20\text{ }^\circ\text{C}$ -on

$$v \cdot q \cdot s = 0,05 m^3/Aó\text{-val a szellőzés légmennyiség képlet}$$

$$Q = 0,05 \cdot n \cdot I_{gáz} \cdot C_{rt} \cdot 10^{-3} [m^3/h]$$

A gázt termelő áramot a következő képlettel határozhatjuk meg:

$$I_{gáz} = I_{cs/gy} \cdot f_g \cdot f_s [mA/Aó]$$

ahol

- $I_{cs}$  = csepptöltő áram teljes töltöttség alatt meghatározott töltőfeszültség mellett  $20\text{ }^\circ\text{C}$ -on  
 $I_{gy}$  = gyorsöltő áram teljes töltöttség alatt meghatározott töltőfeszültség mellett  $20\text{ }^\circ\text{C}$ -on  
 $f_g$  = gázkibocsátási tényező, arányos a gáztermelő árammal a teljes töltöttség állapotáig  
 $f_s$  = biztonsági tényező, ha az akkumulátor hibás cellát tartalmaz sérült vagy öreg akkumulátoroknál

Ha a gyártó nem ad meg más adatot, I áram értékei IU töltővel ill. U töltővel való töltés esetén akkor  $I_{cs}$ -re és  $I_{gy}$ -re a 11. oldalon lévő táblázat adatait alkalmazzuk.

## A nagylégterű csarnokban végzett hidrogénkoncentráció mérésekről

Az anyagok szállítására villamos targoncákat használnak. Az akkumulátorok töltését az erre a célra kialakított töltőtérben végzik a csarnokban, a bejáratokhoz közel. Kialakítottak egy központi töltőhelyiséget is, ahol csak akkumulátor

töltést végeznek. Egy akkumulátorhoz egy töltőt alkalmaznak. Minden akkumulátort csak a saját töltőjével töltenek. A töltőhelyek számozottak. A töltők a töltési módok IUIa illetve WOWa jellegűek és a leírásában szerepel, hogy a töltőberendezés elektromosan szabályozott akkumulátorkímélő megoldást alkalmaz.

### A savas akkumulátorok villamos jellemzői:

Feszültség 24 és 48 V  
 Kapacitás 160-880 Ah  
 Ciklus 24 h

#### Mérési feladatok

Targonca akkumulátorok töltése során a hidrogén koncentráció mérése.

#### Mérési módszer

Dräger Multiwarn II levegő mintavevővel levegő mintavétel és katalitikus égető érzékelővel az ARH %-ban való hidrogén koncentráció mérés az akkumulátor felett 10 cm-rel.

Mérési eredmények 90 db akkumulátornál a töltöttségi fok függvényében

csarnok	töltők száma	H <sub>2</sub> ARH%	töltöttség
	16 db	0	kezdeti
	9 db	0	félíg
	19 db	1-13 között	80-90%
	46 db	0	teljesen

csarnok	töltők száma	H <sub>2</sub> ARH%	töltöttség
	6 db	1 alatt	80-90%
	8 db	1-5 között	80-90%
	5 db	10-13 között	80-90%

### A mérési eredmények kiértékelése

Hidrogéngáz fejlődése az akkumulátor 80 %-os feltöltöttsége után várható, mintegy 90 %-os töltöttségi fok eléréséig. A hidrogéngáz koncentrációja 1-13 ARH % között változott, 1 m-es távolságban is megmértük a hidrogéngáz koncentrációját, ha az akkumulátor felett legalább 10 ARH %-ot mértünk, 0-1 ARH % értéket mértünk.

**Mindebből az következik, hogy robbanásveszély nem áll fenn.**

Az eddigieket összegezve: a hidrogén nem tud veszélyes mértékben feldúsulni a födém alatt, mert:

- a hidrogén sűrűsége a levegőhöz viszonyítva 0,07, rendkívül illékony, a födémszerkezeten is könnyen átdiffundál, de a csarnokban van szellőzőnyílás
- a nagylégterű csarnoknál az ötszörös légcserre biztosan megvan még nyáron is.
- a légcserre természetes úton biztosítható.
- a kialakított nyíláson a huzathatás képes eltávolítani a keletkező H<sub>2</sub> gázt.
- a töltés állandó, de durranógáz rövid ideig keletkezik a biztonsági töltők alkalmazásával,
- a szellőzés mértéke megfelel az elvárásoknak, van gázérzékelő és szellőző ventilátor
- nagy a légtér.

#### **Javaslat a biztonság növelésére:**

- csak teljesen feltöltött akkumulátor esetén végezzék el az akkumulátor leválasztását.

Az akkumulátoroknál elvégzett mérések, egyértelműen igazolják, hogy az akkumulátor töltők helyének kiválasztása és akkumulátor telepítése és szellőztetése megfelel a biztonsági elvárásoknak.

Az eddigiek alapján a csarnok helyiséget nem kell robbanásveszélyesnek tekinteni, mert a veszély csak helyileg és csak rövid időre alakulhat ki.

Az akkumulátorok körül 1 m távolságon belül csak olyan villamos berendezést szabad használni, amely megfelel az Eex vagy Ex G II C T1 védelemnek. A zónahatáron túl az elektromos berendezések feleljenek meg a helyiség előírásainak.

#### **Megjegyzés:**

A telepítésnél az 500 W –nál kisebb töltésteljesítményű és a zárt cellájú akkumulátorokra – a teljesítménytől függetlenül- a szabványt nem kell alkalmazni. A 4 kW –nál nagyobb teljesítményű akkumulátorokra vonatkozóan szabványos töltőállomást kell kialakítani.

A gyártó előírásai a szabványtól eltérőek lehetnek.

