

1.	2.	3.	4.	5.	6.
Mechanikai	Kopátás nedves szemcsével és pácólyadékkal	Kopátódob kör- forgó rendszer, kek 3-6-szor gyorsabb, áram + dezésti- lat	Kisebb méretű tömegcik- mint a száraz kopátás anyag	Williamos A beren- vezésti	2.1 táblázat/ folytatása
Vegyi	Savas mosatás /pácólyadékkal	Kadákba merít- tés	Hengerelt idomok, szei- Hö + ve- anyag	anyag	
	Elektrolitikus pácolás	Kadákba merít- tés	Lásd savas mosatást Hö + ve- anyag	anyag	
	Redukálás só- oldadékokban	Sóoldatok	Öntvényeknél öntési Hö + ve- anyag	anyag	
Termikus	Lángterebélye	Felület, szelít és redukál	Vastagabb falú szerke- zetek /falvastagság 5 mm/. Felületi ártás szükséges.	oxigén + acetilén	2-5

1.	2.	3.	4.	5.	6.
Mechanikai	Szórás nedves szemcsével	Szórókerek Automatikailag berendezé- sekben /finomabb felu- letet eredményez/ áram	25-40	áram	2.1 táblázat/ folytatása
	Gépi vagy kézi csiszolás	Stabil vagy mozgatható Bárhog alkalmazható, kevesebb termelékenny Sűrített Levegő vagy Williamos áram	3-4	áram	
	Kézi csiszolás	Habkó, csi- szolovászon, keny eljárás; tagolt csiszoló- papír Fárasztó, nem termel- hető Hmberl erő	1-3	erő	
	Gépi vagy kézi- drótkerfőzés	Stabil vagy mozgatható alkalmazható; legfel- jebb laza rozda el- zők körfor- gós vagy vib- rációs rend- szer	5-8	áram	
	Kézi drótkerfőzés	Legfeljebb laza roz- da eltávolítására Hmberl erő	2-5	áram	
	Kopátás száraz szemcsével	Körforgó kop- Kisebb méretű tömeg- tátódob vagy cikkek vibrációs rendszer	A beren- vezésti	áram	2.1 táblázat/ folytatása

A tisztított acélfelületek minőségi fokozatait az MSZ 1891/1 szabvány foglalja össze. A szabvány 5 féle képződött felületi szennyeződést különböztet meg, úgy-mint tapadórozsa, lemezes rozsa, futtatási szin, hen-gerlési reve, izzitási reve.

A képződött szennyeződésektől megtisztított acél-felületek minőségi fokozatait a 2.2 táblázat tartal-mazza.

A szabvány a tapadó szennyeződésektől tisztított fe-lületeket TO-TG-ig terjedő fokozatokkal, a bezárt szennyeződéseket BO-B3-ig terjedő fokozatokba osztá-lyozza. A különböző oxidmentesítési eljárásokkal elér-hető max. tisztasági fokozatokat a 2.3 táblázat tar-talmazza.

Az acélfelület érdessége az alkalmazott oxidmente-sítő eljárás szerint változó. Az érdesség kiválasztásá-nál általános elv, hogy az alapozó festék rétegvastag-sága az érdességnek kb. háromszorosa legyen. [13]

A zsirtalanítás, a felületelőkészítés befejező fázi-sa, célja az oxidmentesített felület tapadó szennyeződé-seinek eltávolítása. A zsirtalanítás módjának kiválasz-tása a technológiai adottságoktól függ. A zsirtalanító eljárások a következők:

- oldószeres
- lúgos
- emulziós
- égetéses.

A felületelőkészítés minősége döntő a bevonatrend-szer élettartama szempontjából. Hazai és külföldi kísér-

2.2 táblázat

Képződött felületi szennyeződésektől megtisztított acélfelület minőségi fokozatai /MSZ 1891/1 lap/

Jellemzése	A minőségi fokozat	Jelölése
A felületen reve vagy rozsa	6-szoros optikai nagyítással nem észlelhető	K 0
A felületen csak 6-szoros optikai nagyítással észlelhető reve vagy rozsa-pont		K 1
a/ A felületen kezdődő visszarozsodásodástól származó elszíneződés		
b/ A fémszínű felületen az érdességi egyenetlenségek mélyedéseiben tisztítás után szemmel látható reve vagy rozsdapontok		K 2
c/ Az a/ és b/ esetek együttes előfordulása		
a/ A felületek visszarozsodásodásától származó lemezen le nem vá-lasztható rozsdafoltok és csíkok		
b/ A felületen tisztítás után visszamaradt lemezesen le nem választ-ható rozsdafoltok és csíkok		K 3
c/ Az a/ és b/ együttes előfordulása		
a/ A felületen tisztítás után visszamaradt jól tapadó revefoltok és csíkok észlelhetők		
b/ A felületen tisztítás után visszamaradó jól tapadó reve és lemeze-sen le nem választható rozsdafoltok és csíkok előfordulása		K 4

A külföldön való oxidációnak eljárássokkal elérhető maximális tisztasági fokozatok /MI 18100/

A tisztítandó /szennyezett/ felület meg- nevezése	Tapadó Lemez Futtatási Hengerlési Izzítási	R o z s d a R e v e	Plasztásági Az oxidmentesítési eljárásokat jelző számok
--	--	------------------------	--

[illegible]

Jeune Garde

Oxidation of the

FL001S214018 00142500

- | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1. Fúvatas száraz szemcsével | 2. Fúvatas nedves szemcsével | 3. Szórás száraz szemcsével | 4. Szórás nedves szemcsével | 5. Savas mosatás /pacolás/ | 6. Elektrolitikus pacolás | 7. Redukálás sóoldattal | 8. Langgerezéssel |
| 9. Koptatás száraz szemcsével | 10. Koptatás nedves szemcsével | 11. Koptatás szemcsékkel | 12. Gépi vagy kézi-csiszolás | 13. Kézi csiszolás | 14. Gépi vagy kézi drótkezelés | 15. Kézi drótkezelés | |
| A = utópisztoly | B = gépi kaparó | C = kézi kaparó | D = gépi kalapács | R = kézi kalapács | | | |

$\pi =$ elotisztítást kell alkalmazni
 $+$ = lemezisztításkor sörtét, mosatáskor folyóvizet pácolást kell alkalmazni

letek sora bizonyította, hogy a KO-KI-nek megfelelő minőségű felületre felhordott bevonatrendszer élettartama 2-4-szerese a K3-K4 felületre felhordott bevonatrendszernek. [13]

2.2.1.2 Festékek és festékrendszerek

A festékanyagok kötőanyagból, pigmentből, oldószerből, illetve hígítószerből és adalékokból állnak. A festékek a filmképzés módja alapján osztályozhatók.

Levegőn száradó festékek, amelyek lehetnek

- fizikai uton száradók, amelyek az oldószer elpárolgása után alkotnak szilárd réteget /pl. nitrólakkok/
- oxidatív uton száradók, amelyek oxigénfelvétellel képeznek szilárd réteget /pl. szintetikus zománkok/
- reaktív anyagok, amelyek két vagy több komponens reakciója révén polimerizációval vagy poliaddícióval képeznek szilárd réteget /pl. epoxi, poliuretán festékek/.

Az ún. beégető festékekkel nem foglalkozunk, ezek az acélszerkezeteknél ritkán kerülnek alkalmazásra.

A vizsgáldalkodási acélszerkezetek bevonására bevált legfontosabb festékfajták a kötőanyag szerint csoportosítva a következők: [14]

Alapozó bevonatok

A festékbevonatok első rétege az oxidmentesített felületre felhordott alapozó bevonat. A legfontosabb alapozó

bevonatokhoz használt festékek a következők.

Ólomminium olajfesték

Üledésgátló anyaggal vagy a nélkül, kencében szuszpendált ólomminium. A növényi olajkence alapú festékek hátránya a hosszú száradási idő /12-24 óra/. Alapozás után a következő festékréteget csak 7-10 nap múlva ajánlatos felhordani. Régebben az az elmélet alakult ki, hogy mivel az ólom normál potenciálja - 0,13 V, az alumínium - 1,69 V, az alumínium, illetve horganyfelület kontakt korrózió miatt ólomminium-pigmenttel nem érintkezhet. Újabb vizsgálatok szerint azonban ez az elgondolás vitatható, mert a normál potenciál csak tiszta fémekre érvényes és fémoxidokra nem. Mivel potenciálkülönbség csak akkor jöhet létre, ha a fémek között elektromos vezető összeköttetés van, és az ólomminium fajlagos villamos ellenállása $108 \Omega \text{ cm}$, a pigment szigetelőnek tekinthető. Ezáltal minden kontakt korróziós veszély kizárt. Ennek ellenére ólomminiumos olajfesték acélfelület alapozására ajánlható biztonságosan. [3]

Az ólomvegyületeket tartalmazó festékfajták mérgező hatásúak, ezért csak ecseteléssel hordhatók fel, szórószal nem. Ilyen a MINIMUMOS SZINTETIKUS alapozó.

Ólomminium-alkydyanta alapozó

Alkydyanta kötőanyagú, ólomminiumot tartalmazó alapozó festék. A megfelelő tapadás létesítéséhez lényegesebb a felület gondos oxidmentesítése, mint az olajos miniumfestékek esetén.

Ezen alapozó előnye, hogy gyorsan szárad, általában 24 óra múlva kifogástalanul átfesthető. Mérgező, ezért csak ecsetelés alkalmazható.

Cink /tetraoxi-kromát/ - epoxigyanta tartalmú alapozó

Acél-, cink- és aluminium felületek alapozására egyaránt használatos. A fémtiszta felületen kiváló tapadása és korrózióvédő hatása következtében ezt a termékfajtát is elterjedten alkalmazzák. Ilyen a cinkkromátos alapozó, a TIXOLIN.

Cink /tetraoxi-kromát/-alkyd-amin-gyantás alapozó

Alkyd-amingyanta kötőanyagot és cink /tetraoxi-kromát/-ot tartalmazó kétkomponensű alapozó. Acélfelületek alapozására alkalmas, szórással és ecseteléssel is felhordható. Ilyen például a Reaktiv alapozó.

Klórkaucsuk-ólomminiumos alapozó

Főleg klórkaucsuk kötőanyagú festékbevonatrendszer alapozójaként alkalmazzák. Kevésbé igényes a felület előkészítésére. Ólomminium-tartalmánál fogva csak ecseteléssel hordható fel, és csak acél alapfémre javasolható. Ilyen például a KLOTOTEX minium.

Cinkporos alapozó

Klórkaucsuk vagy epoxigyanta kötőanyaggal fémtiszta felületre felhordva vegyi igénybevételeknek ellenálló bevonatot ad. Egy- és kétkomponensű változatban készülő, nagy mennyiségű cinkport tartalmazó, 5-8 % műgyanta kötőanyagú, nem mérgező korrózióvédő alapozó. Hegeszthető kivitelben is készül. Csak oxidmentes felületre hordható fel. Kiválóan alkalmas sérült cinkbevonatok javítására is. Ilyen pl. az EPAMIN cinkporos alapozó, HORGEPÁL.

Ólomporos alapozó

Klórkaucsuk vagy epoxigyanta kötőanyaggal fémtiszta acélfelületre felhordva vegyi igénybevételeknek ellenálló bevonatot ad. Ha a kötőanyag lenolaj, a képződő ólomszappanok jó korrózióvédő hatásuk atmoszferikus igénybevétel esetén. [4]

Wash Primer felületelőkészítő

Az angolzász szabadalom szerint a Wash Primer készítmény nem tartozik ugyan az alapozó festékanyagokhoz, de mégis itt kell megemlíteni. A Wash Primer lehet kétkomponensű, polivinilbutiráll kötőanyagú, foszforsav, cink /tetraoxi-kromát/-tartalmú vagy egykomponensű, polivinil-butiráll kötőanyagú, foszforsav, cink /tetraoxi-kromát/-tartalmú, vagy egykomponensű króm-foszfátot, kromátot, poli/vinil-butiráll/-t, foszforsavat és fenolgyantát tartalmazó felületkezelő anyag.

A Wash Primer acél-, cink-, aluminium felület előkészítésére alkalmazható. Önmagában nem nyújt tartós korrózióvédelmet, de nagy mértékben elősegíti a következő réteg tapadását, növeli az egész bevonatrendszer tartósságát.

Az alapozók az oxidmentesítés függvényében alkalmazhatók. Kötőanyaguk szerint, a felületi tisztasági fokozat függvényében a 2.41 és 2.42 táblázat foglalja össze az alkalmazásra javasolható alapozókat.

Fedőbevonatok

Olaj és olajalkyd-alapú kötőanyagot tartalmazó festékek, melyek kötőanyaga főleg növényi eredetű, levegőn

Ajánlott korróziógátló alapozók a felület-
tisztaság függvényében [14]

Alapozó festék kötőanyaga	Szükséges tisztasági fok MSZ 1891/1.		
	K0 - K1	K2	K3
Olaj	0	+	+
Alkydgyanta	+	+	+
Módosított alkydgyanta	+	+	+
Klórkaucsuk	+	+	-
Epoxigyanta	+	-	-
Vinilgyanta	+	+	-
Poliuretán	+	-	-
Kátrányepoxi	+	+	-
Klórszulfonált polietilén	+	+	-
Alapozó festékek pigmentálása			
Ólomminium	0	+	+
Cink /tetraoxi-kromát/	+	+	-
Cinkpor	+	+	-

Jelmagyarázat:

- 0 felesleges
- +
- megfelelő
- nem megfelelő

Alapozó bevonatok élettartama és átfesthetősége
az alapozott szerkezet szabadtéri tárolása esetén

Tipusa	Alapozó bevonat		Élettartama /hó/	1	2	3
	Kötő- anyag	Réteg- vastag- ság /µm	Alapfém tiszt. fokoz. MSZ 1891/1			
Pigmentálás	olaj	K0	30-40	+	+	+
		K0-K1		+	+	+
		K2-K3		+	⊕	0
	alkyd	K0	35-40	+	+	+
		K0-K1		+	+	⊕
		K2-K3		+	0	0
Ólomminium	klór- kaucsuk	30-40	K0	+	+	+
			K0-K1	+	+	⊕
			K2-K3	+	0	0
	vinil	25-35	K0	+	+	+
			K0-K1	+	+	⊕
			K2-K3	-	-	-
Cink /tetraoxi- kromát/	olaj- alkyd	30-35	K0	+	+	+
			K0-K1	+	+	⊕
			K2-K3	+	⊕	0
	alkyd	20-35	K0	+	+	⊕
			K0-K1	+	⊕	⊕
			K2-K3	⊕	-	-
	vinil /wash primer + olajalkyd	25-35	K0	+	+	+
			K0-K1	+	+	⊕
			K2-K3	-	-	-

Jelmagyarázat:

- +
- ⊕ új alapozás szükséges az első eltávolítása nélkül
- 0 teljes felülettisztítás és új alapozás szükséges
- nem alkalmazható

száradó olajokból, illetve az olajokba beépített gyan-
tából áll.

Ilyen a miniumos olajfesték, Standolit.

Alkydgyanta alapú festékek kötőanyaga az alkydgyan-
ták több értékű alkoholok két- vagy több bázisú szerves
savakkal és zsírsavakkal módosított, láncban telített
poliészterei.

Az alkydgyanta alapú festékek jó időjárás-álló, gyors-
an száradó, fényes bevonatot adnak. Kül- és beltéri acél-
szerkezetek bevonására egyaránt alkalmasak. Ilyen pl. a
jelenleg gyártott Trinát, Progress, Durol, szintetikus
minium, szintetikus zománc.

Epoxigyanta alapú festékek rendszerint kétkomponensű
epoxi csoportot tartalmazó polimerláncokból álló térháló-
sodással bevonatot képező anyagok. Kopásálló, magasfényű,
viz, vegyszer, olaj és oldószerek hatásának ellenálló be-
vonatot adnak. Krétásodásra és sárgulásra való hajlamuk
miatt fokozott esztétikai igényt kielégítő kültéri igény-
bevételekre kevésbé ajánlhatók. Ilyen pl. az EPAMIN.

Kőszénkátrány és bitumen alapú festékek, oldószer-
esen, illetve melegen felhordva, oldószermentesen kerül-
nek alkalmazásra. Ipari atmoszférában, illetve ipari víz-
tárolók, vízi szerkezetek védelmére vízben és talajban
egyenként alkalmazhatók. Általában napfény hatására érzé-
kenyek, filmjük öregedésre hajlamos.

Kátrány-epoxigyanta festékek epoxi kötőanyagú, kő-
szénkátrányt tartalmazó kétkomponensű bevonóanyagok.
Vízépítési alkalmazásra kiválóan alkalmazható, vastag-
bevonatokhoz széles körben alkalmazzák. Ilyen pl. a
KATEPOX, KATESIL.

Poliuretán alapú festékanyagok egy- vagy kétkompo-
nensű izocianátot tartalmazó reaktív készítmények. Fel-
hordáskor a nedvességre érzékenyek. Kemény, rugalmas,
magasfényű, vegyszerálló bevonatot adnak, amelyek egyes
típusai különösen jó időjárás-állók. Ilyen pl. a
REZISZTÁN, UREX.

Vinilgyanta alapú festékanyagok vinilcsoportot tar-
talmazó vegyületekből polimerizációval előállított ter-
mékek, kültéri igénybevételekre alkalmas igen jó vízálló-
képeségű vegyszerálló bevonatot adnak. Ilyen pl. a
VIKOPOL, WASH PRIMER.

Klórkaucsuk alapú festékanyagok természetes kaucsuk
oldatból vagy kaucsuk vízes diszperziójából klórozással
előállított kötőanyagú termékek. Jó víz és vegyszerálló
tulajdonságú festékek. Ilyen pl. a KLOTOTEX, KATESIL.

2.2.1.3 Fémbevonatok és fém + festékbevonatok

Az acélszerkezetek korrózióvédelmére alkalmaz-
nak korrózióállóbb fémből /cink, aluminium/ készülő be-
vonatokat.

A fémbevonatok korrózióvédő képességükön túl jól
ellenállnak az eróziós hatásoknak - jobban, mint a fes-
tékbevonat - és a bevonat esetleges sérülése esetén
elektrokémiai tulajdonságaiknál fogva katódosan védik
az alapfémeket.

A fémbevonatok készülhetnek

- fémszórással
- tűzihorganyzással.

2.2.1.3.1 Szórt fém, illetve fémszórt + festékbevonatok

A szórt fém, illetve fémszórt + festékbevonatok biztosítják a leghosszabb korrózióvédelemet a szerkezeteknek. A korrózióvédő szórt fémbevonat anyaga a cink vagy alumínium.

A szórt bevonat kezdetben porózus, a víz és levegő az alapfémhez juthat. Ez a két eltérő elektródpotenciálú fém jelenlétében galvánelemet képez és a cink vagy alumínium oldatbamenetelét okozza. Az így keletkező reakciótermékek eltömítve a szórt fémbevonat pórusait összefüggő, pórusmentes, jól záró réteget alkotnak és ez a védőréteg megakadályozza a bevonat további oldatbamenetelét. Ez a védőréteg cink esetén kén-dioxid hatására vízoldhatóvá válik, alumínium esetén nem. Ezért vidéki légtérben cink, városi ipari légtérben elsősorban alumínium alkalmazása célszerű.

A szórt fémbevonatok javasolt rétegvastagságát az élettartam és igénybevétel függvényében a 2.5 táblázat foglalja össze. [16]

A szórt fémbevonatokat célszerű védőfestéssel ellátni, mert az

- növeli a szórt fémbevonat élettartamát, ezért lehetővé teszi vékonyabb fémszórt réteg alkalmazását,
- megkönnyíti a bevonat tisztíthatóságát,
- felújítása kevésbé munkaigényes, ugyanis időben elvégzett felújításkor az oxidmentesítés költsége elmarad.

2.5 táblázat

Szórt fémbevonat ajánlott rétegvastagsága az igénybevétel és élettartam függvényében

Bevonat élettartama /év/						
Légtér	5 - 10		10 - 20		20 - 30	
	Névleges rétegvastagság /:µm :/					
	Al	Zn	Al	Zn	Al	Zn
Vidéki	-	-	100-150	80-100	150-200	100-150
Városi-ipari	100-150	-	150-200	200-250	200-300	300-350
Tengerparti	-	200-250	200-300	250-300	300-400	300-350

2.2.1.3.2 A tűzhorgany-, illetve tűzhorgany + festék-bevonat

A tűzhorganyzás az acélszerkezetek nagyüzemi előállításával párhuzamosan terjedt el. A tűzhorganyzás ugyanis jól gépesíthető, automatizálható technológiai folyamat.

Az eljárás lényege, hogy a savas pácolással oxidmentesített szerkezetet, előkészített horgany olvadékba mártják. Az olvadékból kiemelt tárgy felületén a horgany megszilárdul és diffúziós kötéssel összefüggő fémréteget alkot az alapfém felületén.

A horganybevonat pórusmentes, az alapfémhez átmeneti ötvözőréteggel kapcsolódó, nagy tapadésszilárdságú réteg. Az eljárás sok előnye mellett hátránya, hogy a cink rétegvastagsága nehezen szabályozható. Az elérhető rétegvastagságokat a 2.6 táblázat foglalja össze. [14] [17]

A tűzhorgany bevonat festése, ugyanazon előnyöket adja, mint a fémszórt bevonatok festése. Festés előtt azonban a felület érdesítése szükséges, mert a sima fémfelületen a festék adszorpciók kötése nem kielégítő. Az érdesítés történhet, drótkéfézéssel, csiszolóvászonnal, Wash Primerézéssel. [18]

2.3 Aktív védelmi módszerek

Az aktív védelmi módszerek a korrózió elektrokémiai folyamatát, a korróziós áramok nagyságát és irányát változtatják meg, külső energiaforrás segítségével.

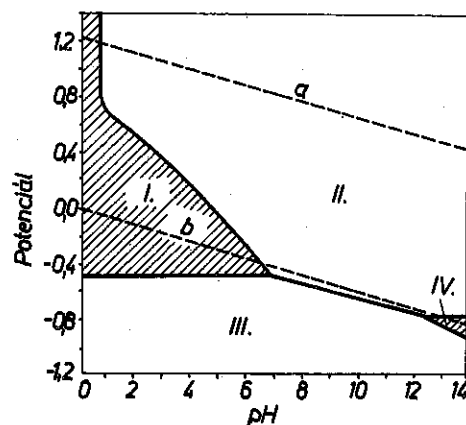
Az aktív védelmi módszerek lényegét az alapfolyamat ismeretében a Pourbaix-diagramok segítségével érzékelhet-

2.6 táblázat

Szerkezeti anyagoknál alkalmazható és tűzi-horgany rétegvastagságok

Szerkezeti	Cinkbevonat g/m ²	Rétegvastagság /um
Acél-szerkezet falvastagsága 4 mm és e fölött	610	85
4 - 2 mm	460	64
2 - 1 mm	330	46
Acél-, szürke-, temperöntvény	610	85
Szalagacél 20-25 mm széles 3-4 mm vastag	400	56
Kötőelemek:		
Névleges átmérő 10 mm vagy nagyobb	300	42
Névleges átmérő 10 mm-nél kisebb	275	38

jük. Pourbaix nevéhez fűződik a fémek, így a vas, illetve acél elektrokémiai korróziós diagramjának felvétele, 2.1 ábra. A diagram a pH érték függvényében mutatja - az elektrokémiai termodinamika törvényszerűségei szerint -, a polarizálási potenciál, tehát a korrózió elektrokémiai folyamatának jellegét, illetve változását.



2.1 ábra

Vas egyszerűsített korróziós potenciál-pH diagramja

Ha a közeg pH értéke és mérhető potenciálviszonyai szerint az összetartozó mérési értékek az I. mezőbe esnek, korrózió lép fel, a II. mező az ún. passzíválódás tartománya, itt a korrózió elhanyagolható mértékű, a III. mezőben a vas termodinamikai szempontból változatlan, a IV. mezőben ismét korrózió lép fel.

A szaggatott a és b jelű vonalak a vizes közeg tartományát határolják le. Amennyiben az összetartozó értékpárok ezeken a szaggatott vonalakon kívülre esnek, a folyamat során oxigén, illetve hidrogén fejlődéssel kell számolni. A rendszer kinetikai tulajdonságainak megfelelően ez az elektrolitikus gázfejlődés csak egy bizonyos túlfeszültségi érték meghaladása után észlelhető.

Attól függően, hogy a külső behatással az ún. passzíválódási tartományba vagy a III. ún. immunitás tartományába visszük a rendszer potenciálviszonyait beszélünk

- anódos
- katódos

védelemről.

2.3.1 Az anódos védelem

Az anódos védelem esetén a potenciálviszonyokat pozitív irányban eltolva, a passzíválódás tartományában tartjuk.

Az anódos védelem alkalmazásának elsősorban a vegyiparban van jelentősége és nyer egyre szélesebb körű alkalmazást.

Az anódos védelmi, ún. passzív tartományt az aktiválási és áttörési feszültség korlátozza. Ezért anódos védelemnél olyan szabályozó berendezéseket használnak, amelyek állandó értéken tartják, illetve két szélső határérték közé szorítják a védőfeszültséget.

Az anódos védelem megvalósítható:

1. - pozitív kóboráram kihasználásával,
2. - helyi katódok beépítésével a katódos rész-áramsűrűség növelésével,
3. - inhibitorok alkalmazásával, amelyek oxidáló hatásúak /ún. redoxi-rendszer/ vagy védőréteget képeznek - a fém felületén.

A vizgazdálkodásban alkalmazásának lehetőségei korlátozottak, elsősorban a 2. és 3. módszer alkalmazására van lehetőség. Leírása részletesen a vonatkozó szakirodalomban megtalálható. [21]

2.3.2 A katódos védelem

A katódos védelem esetén a szerkezet potenciálviszonyait az immunitási tartományban tartjuk.

Az elektrokémiai korrózió folyamatában, mint ismeretes, az anódos részen a fémionok oldatbamenetele történik az elektrolitba az ún. korróziós áramok hatására. Amennyiben ez az áramkilépés megszüntethető, a korrózió is megáll. Ezt hajtjuk végre a katódos védelemnél úgy, hogy egy ellentétes, a korróziós áramnál erősebb és azaz ellentétes irányú áramot bocsátunk a fémfelületre, egy speciálisan kiképzett anódból. Ez az áram a fém irányába halad és a fémet teljes felületén katóddá változtatja, így a fém korróziója megszűnik. Innen a "katódos" védelem elnevezése.

2.3.2.1 Alkalmazási területe

A katódos védelem úgyszólván minden elektrolitba, de talajban és vízben elhelyezett szerkezetek esetén minden esetben alkalmazható. Gazdaságos alkalmazásához szükséges, hogy a szerkezet folyamatosan érintkezzen az őt körülvevő elektrolittal /vízzel, talajjal/ és megfelelő geometriával rendelkezzen. Egy csővezeték belső felületének védelme katódosan - pontanódokkal - pl. gazdaságtalan, mert egyetlen anóddal csak igen rövid csőszakasz védhető /az átmérő kb. 4-szerese/.

Lényeges, hogy a bevonatrendszer, amelyet a katódos védelemmel együtt alkalmazunk, ne legyen elszappanosítható, mivel a védett felület környezetében lúgos közeg alakul ki.

A katódos védelmet új szerkezeteknél minden esetben, jó ellenállóképességű védőbevonattal együtt célszerű alkalmazni, mert passzív védelemmel nem rendelkező szerkezet védelme a kombinált védelemnél sokkal gazdaságosabb.

2.3.2.2 A katódos védelem módszerei

A katódos védelem megvalósítása két féle módon lehetséges

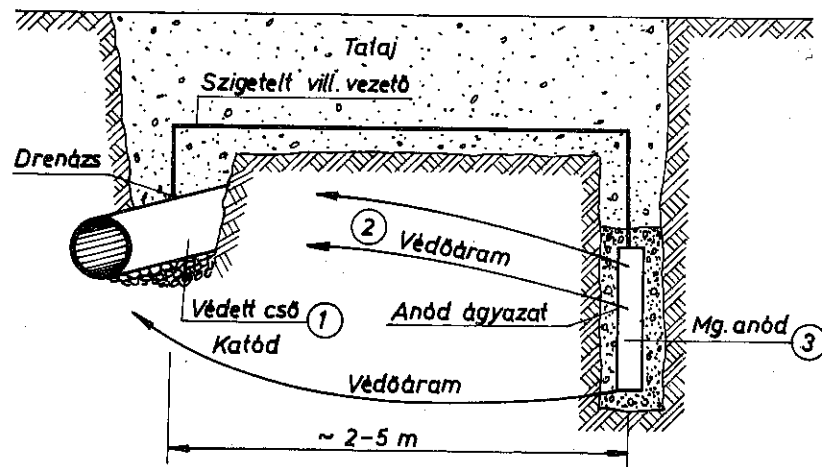
- galvánanódokkal
- külső áramforrással.

A galvánanódos védelem alkalmazásakor a - 0,44 V-os elektrokémiai "nyugalmi" potenciállal rendelkező vasat összekapcsoljuk ennél /elektrokémiai szempontból/ negatívabb fémrel. Így egy galvánelempárt létesítünk, amely a potenciál-különbség hatására áramot termel. Az áram pedig az anódtól, az elektronegatívabb fémtől, az elektroliton keresztül a vas, acél-szerkezet /védendő/, katód felé folyik /2.2 ábra/.

Az elektronegatívabb fém, az anód anyaga általában:

magnézium	normálpotenciálja	- 2,38 V
aluminium	- " -	- 1,7 V
cink	- " -	- 0,76 V

Az anódokat ágyazóanyagba kell elhelyezni, amely ágyazóanyag teljesen körülveszi az anódot.



2.2 ábra

Galvánanódos védelem magnézium anóddal

Az ágyazóanyag feladata, hogy

- ismert összetétele és tulajdonságai folytán valamennyi anód egységes működését elősegítse,
- elszigetelje az anódot az anódanyagra esetleg passziváló hatású szennyezőket tartalmazó környezettől /pl. foszfát, karbonát, bikarbonát/ megakadályozva passziválódását,
- elősegítse a termett talaj és az anód közötti, az egyenletes minőségű csatlakozást,
- igen alacsony ellenállása elősegítse az anód hatékony működését.

Az ágyazóanyagok összetételét a 2.7 táblázat foglalja össze.

2.7 táblázat

Ágyazó-anyagok összetétele galvánanódokhoz

Talaj- ellenállás / Ω m/	Ágyazó-anyag összetevők					
	Gipsz		Bentonit		Na ₂ SO ₄	
	/%/	/%/	/%/	/%/	/%/	/%/
20	65	15	5	25	75	-
	25	-	-	50	45	5
20-100	70	15	5	75	20	5
	75	-	5	-	-	-
	50	-	10	-	-	-
	65	10	15	-	-	-
100	25	-	25	-	-	-

A galvánanódos védelem előnyei

1. Nincs kóboráramhatás.
2. Beruházási költsége viszonylag alacsony.
3. Nincs szükség külső /hálózat stb./ áramforrásra.
4. A védett szerkezethez közel elhelyezhető.
5. Tűlvédelem lehetősége kizárt.

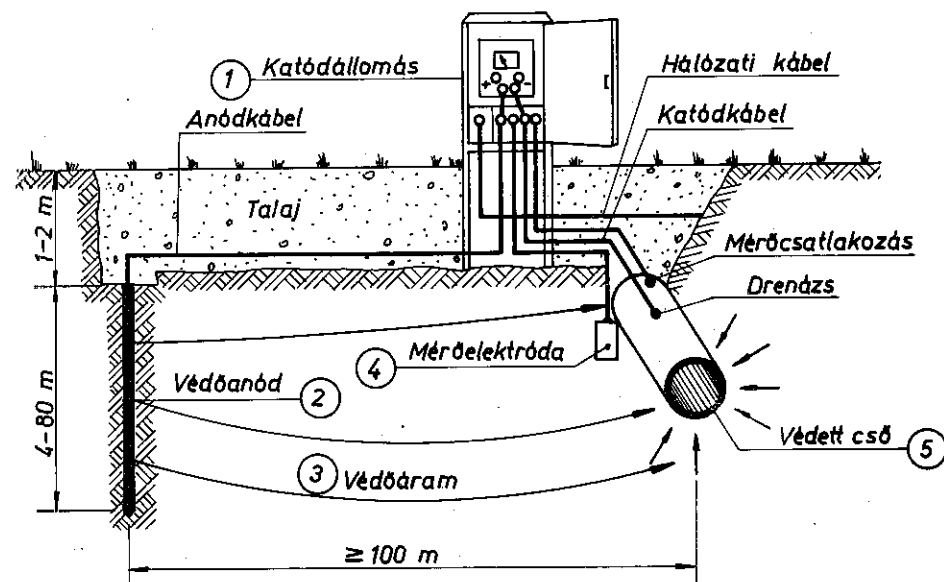
Hátrányai

1. Csak kis fajlagos ellenállású talajban alkalmazható.
2. A védőpotenciál értéke az anyag kiválasztással adott, nem növelhető.
3. Az előző miatt sok anód elhelyezése szükséges, ami többletköltséggel jár.
4. Az anódokat 10-20 évenként cserélni kell.

A galvánanódos védelem gazdaságosan alkalmazható:

- földalatti tartályok, tartályparkok védelmére,
- rövidebb csővezetéseknél /pl. vízmű csőkeretek/,
- műtárgykeresztezések acél védőcsőveinél,
- városi csővezeték-hálózatoknál.

A külső áramforrású védelem alkalmazásakor a védendő szerkezetet egy vagy több ponton egyenáramot szolgáltató feszültségforrás negatív kapcsához /katód/, a pozitív kapcsot /anód/ pedig egy védőanódnak nevezett földeléshez kötjük /2.3 ábra/.



2.3 ábra

Külső áramforrású védelem

Áramforrásként általában akkumulátortöltők vagy speciális egyenirányítók, ún. katódállomások szolgálnak.

Védőanódként igen gazdaságosan felhasználhatók a különböző selejtes csövek, vasúti sínek, ezek az ún. acélanódok. Szokásos védőanódanyag a grafit és a magas szilíciumtartalmú acélöntvény.

Az anódokat kokszipor ágyazóanyagba kell elhelyezni. Ennek alacsony az ellenállása, olcsó és az áramleadás a talajhoz ezen át történik, míg az anód és a kokszipor ágyazóanyag között közvetlen az áramátadás. Az egyenirányítóval egyenárammá átalakított hálózati áramot

az anódföldelésre vezetve, az áram a védőanódon és a talajon át az egyenirányító negatív pólusával összekapcsolt védendő szerkezetre, a katódra áramlik. Az így kialakult áramkör és megfelelő védőáram hatása alatt a szerkezet védelem alatt áll.

A külső-áramforrású védelem előnyei:

1. Nagy védőáramigény esetén gazdaságosabb a galvánanódos védelemnél.
2. Nagy fajlagos ellenállású talaj esetén is alkalmazható.
3. A védőáram-védőpotenciál szabályozható, kézi működtetéssel vagy automatikusan.
4. A védőanódok élettartama hosszabb, mint a galvánanódoké, csere esetén állomásonként egy anódot érint.
5. A meglévő állomás védőhatása új létesítésű elágazó vagy elágazó vezetékre is kiterjeszthető.

Hátrányai

1. A nagyobb védő-áramsűrűség miatt, városi vagy hőművekkel, védelem alatt nem álló szerkezetekkel rendelkező területen csak úgy alkalmazható, ha a védelmet a nem védett szerkezetekre is kiterjesztjük.
2. A védelem fajlagos áramigénye, az áramforrás lokalizált jellege miatt magasabb.

A galvánanódos és külső áramforrású védelem, közötti választás gazdaságossági vizsgálattal történhet. Általá-

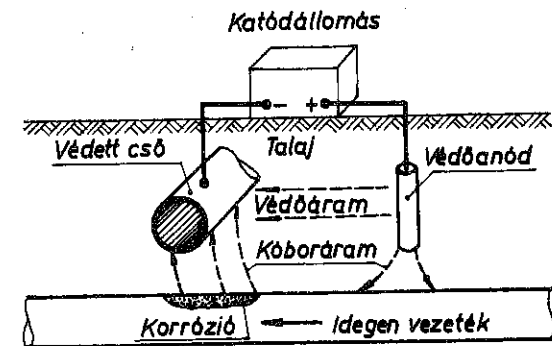
ban ott ahol 2-3 A-nél nagyobb áramsűrűség szükséges a külső áramforrású védelem már gazdaságosabb.

2.3.2.3 A katódos védettség ismérve

A katódos védelem ismérve a korróziós áramok
kompenzálsai állapotának kimutatása.

Ez feszültségméréssel kimutatható. Ismert, hogy minden elektrolitba mártott fém saját oldási, azaz korróziós potenciállal bír. A katódos védelemmel ezt a potenciált /feszültséget/ úgy módosítjuk, hogy elérjük a katódos védetség határértékét.

A gyakorlatban a potenciált réz-rézszulfát $/\text{Cu}/\text{CuSO}_4/$ elektródára vonatkoztatva határozzuk meg a 2.4 ábra szerint.



2.4 ábra

Külső áramforrású katódvédelem által létrehozott
kóboráram veszélyeztetés.

A Cu/CuSO_4 elektróda saját potenciálja + 0,325 V. Ilyen elektródával mérve a katódvédelem potenciál-kritériuma -0,85 V vagy ennél negatívabb cső-talajpotenciál.

Ennek az ismérvnek a védendő szerkezet minden pontján érvényesülni kell.

Gyakran szükséges olyan potenciálok alkalmazása, amelyek a szükséges minimális védőpotenciálnál negatívabbak, annak érdekében, hogy a legrosszabb védőhatással rendelkező helyen is biztosítva legyen a védőpotenciál.

Ez általában nem hátrányos, de 1,5 V potenciálérték felett nem kívánatos másodlagos hatások jelentkeznek. Az erőteljes hidrogénfejlődés tönkreteszi a védőbevonatot, a nagy fokú lúgosság fellépése szappanosító hatása folytán megtámadja a bevonatot.

Némely talajnál a lúgosság oldhatatlan mésztartalmú kicsapódást okoz, amely a katódos védelemhez szükséges áramigényt csökkenti.

2.3.2.4 A katódos védelem alkalmazásának előfeltétele

Az elektrolitbe /vizbe, talajba/ merülő szerkezet védelme műszakilág és gazdaságilag megfelelően csak a következő feltételek teljesítése esetén lehetséges:

- a szerkezet folytonos elektromos vezetőképességgel rendelkezik,
- a szerkezet megfelelő elektromos ellenállású passzív védelemmel rendelkezik,
- a szerkezet elektromosan szigetelve van az esetlegesen hozzá csatlakozó többi kis ellenállású szerkezettől, berendezéstől.

2.3.2.5 Kóboráram elleni védelem

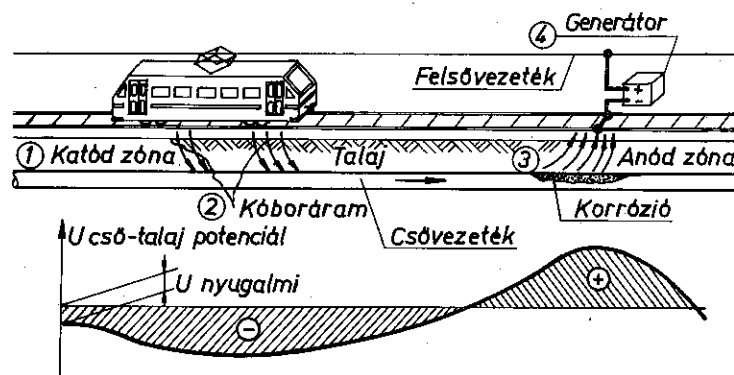
A kóboráramok a talajban folyó villamos áramok, amelyek, ha utjukban a talajnál jóval kisebb ellenállású vezetővel pl. fém-csővezetékkel találkoznak, további utjukat a fémes vezetőben folytatják. A külső potenciálváltozások hatására egy idő után a fémes vezetőből ismét kilépnek a talajba. Az ilyen kilépési helyeken az ún. anódos zónák környezetében rendkívül erős korróziós károsodás észlelhető. A kóboráram okozta korrózió - a kóboráramok nem ritkán 50-100 A nagyságrendű áramerősségre és a kilépési hely kis területe miatt - az egyik legveszélyesebb korrózió.

A kóboráramok forrása egyenáramú áramforrás lehet, nevezetesen

- külső áramforrású katódos védelmi rendszer,
- erősáramú távvezeték,
- nagy teljesítményű hegesztőgép vagy gépcsoport,
- villamos vontatású felszíni vagy felszín alatti vasút,
- néhány helyen a földmágnesesség hatása.

A külső áramforrású katódos védelem kóboráram hatását nem védett vezetékekre szemlélteti a 2.4 ábra. A korróziós veszélyeztetés akkor áll fenn, ha a védett vezeték katódvédelmi rendszerének ki-bekapcsolásakor 100 mV-nál nagyobb mértékben változik meg a nem védett szerkezet talajhoz viszonyított potenciálja. [21]

A legveszélyesebb kóboráram-forrás a villamos vasút. A veszélyeztetés elvét a 2.5 ábra szemlélteti. A létrejövő áramkör a következő:



2.5 ábra
Villamos vontatású vasút által létrehozott
kóboráram-veszélyeztetés

a vontatási generátor-állomáson belépő 500-700 V egyenfeszültségű áram a pozitív polaritású tápvezetéken halad, a motorkocsiba az áramszedőn keresztül bejutva a kerekeken át a sinekbe kerül, amelyről lecsatlakozó kábelvezetéken záródik a generátor állomás negatív polaritású csatlakozójához.

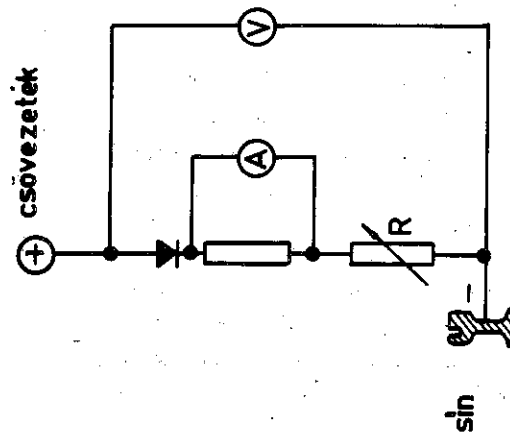
Amennyiben a rendeltetésszerű áramvezetőknél az elektromos folytonosság nem tökéletes és a jó érintkezés a talajjal biztosított - ez a helyzet a sineknél mindig fennáll -, az áram egy része a talajon keresztül halad a generátor állomás irányába. Ilyen körülmények között lehetséges, hogy az áram a villamos vonal alatt, mellett vagy közelében elhelyezett csővezetékbe lépbe, a kisebb ellenállású vezetőkben folytatja útját az áramfejlesztő állomás felé. Az áramkilépés helyén igen ve-

szélyes korróziós, anódos zóna alakul ki, amelyet gyakori lyukadások és csőtörések is jeleznek.

A kóboráram korrózió mechanizmusából adódnak a védelem lehetséges módjai, nevezetesen

- az árambelépés megakadályozásával,
- a földelések megfelelő kialakításával /árammentes legyen/,
- a veszélyeztetett szerkezet szigetelésével,
- az áram-belépési területen létrehozott galvan-anódos vagy külső áramforrású védelemmel, amelynek célja a kóboráramhatás kiegyenlítése,
- a jól kialakított sinhálózáttal /jó vezetés és talajról való elszigetelés/,
- az áramkilépés helyén a kóboráramkilépés korlátozásával, a védendő és a zavaró berendezés közötti kábelösszeköttetés létesítésével /2.6 ábra/. Az összeköttetés R ellenálláson és egyenirányító diódán keresztül történik.

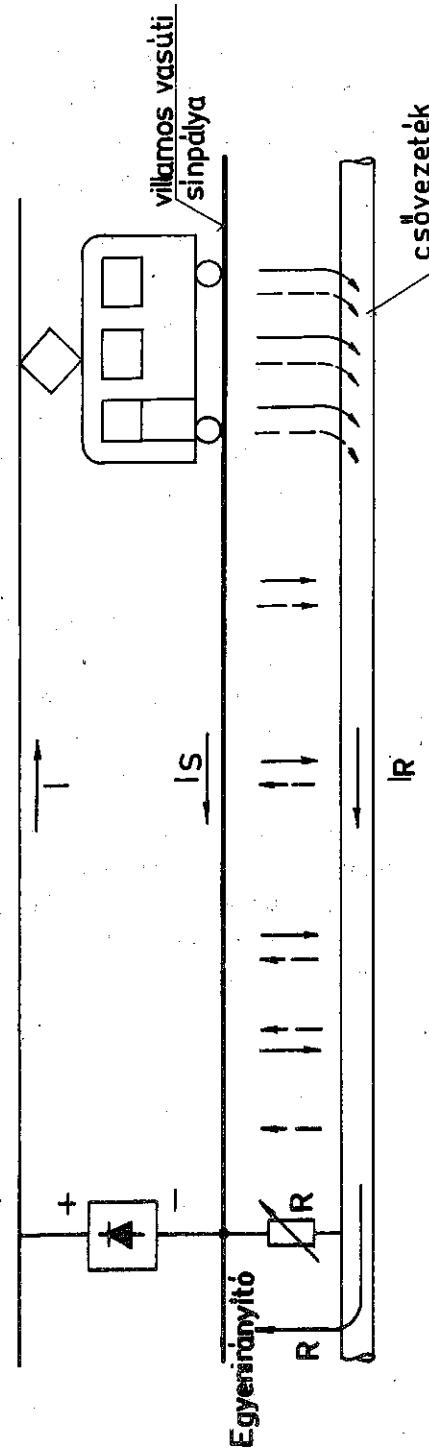
A veszélyeztetett szakaszok, illetve területek szerkezet/talaj potenciálmérések sorával jelölhetők ki és a talaj - üzem -, potenciálviszonyok és a védendő szerkezet szigetelésének ismeretében lehet dönteni a kóboráramhatás kiküszöböléséről.



Egyenáramú és
ellenálláshabályzó

2.6 ábra
Kóboráram elleni szivókötés
és kapcsolási vázlata

- 68 -



3. A KORROZIÓVÉDELME TERVEZÉSE

3.1 A tervezési folyamatról általában

A szerkezetek korrózióvédelmének tervezése, a védelmi rendszer kiválasztása összetett feladat, amely a szerkezet-tervezők és korrózióvédelmet tervező együttes, összehangolt munkáját igényli. A korrózióvédelem meghatározásánál figyelembe kell venni a szerkezet

- rendeltetését,
- üzemviteli körülményeit,
- a fellépő korróziós igénybevételeket,
- az alaki és szerkezeti kialakítást,
- a szerkezet gyártási és szerelési technológiáját,
- a szerkezet élettartamát,
- a karbantartások gyakoriságát, körülményeit.

Csak az előzőekben felsoroltak együttes figyelembevételével összeállított, műszakilag lehetséges korrózióvédelmi rendszerválasztékra elvégzett gazdaságossági számítás alapján célszerű dönteni a védelmi rendszer kérdésében.

A korrózióvédelem tervezésekor ki kell térni minden lényeges részletre, amely a védelmi rendszer alkalmazására vonatkozik, az anyagok gyártóműtől való átvételétől a helyszíni szerelésig, az átadást követő üzemeltetés alatti ellenőrzéstől a részletes karbantartási előírásokig. A tervezési folyamatnál gondolni kell a vállalkozási és szállítási szerződésekben érvényesítendő

korrózióvédelemmel kapcsolatos igényekre.

A tervezés során gondoskodni kell arról is, hogy a terveken feltüntessék a korrózióvédelemre vonatkozó legfontosabb előírásokat.

A korrózióvédelmet külön fejezetben, illetve műszaki leírásban kell tárgyalni.

Jelentősebb szerkezetekhez, létesítményekhez készüljön külön korrózióvédelmi terv, amely tartalmazza a felületvédelem legfontosabb kiviteli adatait, a védelmi eljárásokat, megvalósításuk ütemezését, a kivitelre és ellenőrzésre vonatkozó előírásokat, a szállítási és vállalkozási szerződésekbe kerülő korrózióvédelemmel kapcsolatos igényeket.

A terv kidolgozásánál figyelembe kell venni a rendelkezésre álló ipari háttérrel.

3.2 A korróziós igénybevételek meghatározása

A korróziós igénybevételek meghatározására nincs egységes elv. A fejlődés, az egyes igénybevételi részhatások szerepének és jelentőségeinek pontos meghatározásának irányába hat. Ezzel párhuzamosan terjednek el azok az elképzelések, szabályozások, amelyek a korróziós igénybevételt több részhatás súlyozott eredőjeként határozzák meg. Az igénybevételek meghatározásánál mi is ezt az elvet kívánjuk követni.

A magyar gyakorlatban ez a szemléletű igénybevétel meghatározás nincs elterjedve. A korrózióvédelmi módszereket előíró szabályozási kiadványok nagy része egy

konkrét igénybevételre ad választékot kitételi vizsgálati eredmények alapján. [13] [18] [26] [27]

3.2.1 Atmoszferikus igénybevétel

Az atmoszferikus korróziós igénybevételek a légkörfizikai jellemzők és a korrózió szempontjából legfontosabb légköri szennyezőanyagok mennyisége alapján határozhatók meg.

A légkörfizikai jellemzők közül az évi csapadék, a havi relatív nedvességtartalom és évi középhőmérséklet, az évi átlaga, a szennyezők közül az SO_2 és NaCl tartalom és a tárgyévvel megelőző évek átlagának lebegtetett anyagtartalma szükséges.

A légkörfizikai jellemzők időszora az Országos Meteorológiai Intézettől, a légkörfizikai szennyezők időszora az Országos Közegészségügyi Intézettől szerezhető be.

Az összetartozó minősítő értékek számítása a mérnöki hidrometeorológiai szakirodalom szerint történik. Taylor, Barton, Chandler, Evans kísérleti eredményei és Steinrath módszereinek felhasználásával a légkör agresszivitása a vizsgált szempontok szerint osztályozható és az agresszivitás, az igénybevétel meghatározható. Az igénybevétel meghatározása a 3.1 táblázat segítségével történhet, a következők alapján:

A minősítési értékek összege	Korróziós igénybevétel jelzőszáma	Megnevezése
0 - 5	1	enyhén agresszív
5 - 10	2	közepesen -"
10 - 15	3	erősen -"

3.1 táblázat

Összegképző minősítési értékek a légköri korróziós igénybevételek meghatározásához

Sor- szám	Részigénybevétel +		Minősítő érték
	megnevezése	mértéke	
4.	Kénoxid	$< 0,01 \text{ g/m}^2 \text{ nap}$	0
	tartalom	$0,01 - 0,1 \text{ g/m}^2 \text{ nap}$	1
	évi átlaga	$> 0,1 \text{ g/m}^2 \text{ nap}$	3
1.	Évi átlag	$< 300 \text{ mm}$	
	Csapadék-	$300 - 800 \text{ mm}$	1
	összeg	$800 - 1200 \text{ mm}$	2
		$> 1200 \text{ mm}$	3
2.	Évi átlag	$< 50 \%$	0
	relatív	$50 - 70 \%$	2
	nedvesség- tartalom	$> 70 \%$	4
3.	Éves közép- hőmérséklet	$> 20^\circ\text{C}$	2
		$0^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}$	1
		$< 0^\circ\text{C}$	0
5.	Sótartalom	$< 0,3 \text{ mg/m}^2 \text{ nap}$	0
	évi átlaga	$0,3 - 2 \text{ mg/m}^2 \text{ nap}$	1
6.	Lebegőanyag- tartalom	sok	2
		kevés	0

3.2.2 Víz igénybevétele

A felszíni, illetve felszín alatti vizek minősítését, igénybevételeinek meghatározását a TGL 11465 [19] előírásai szerint foglaljuk össze.

Az igénybevételi besoroláshoz a 3.2 táblázatban összefoglalt, a korróziós igénybevételt együttesen alkotó összetevők meghatározása szükséges.

Az összetevők alapján a vízi korróziós igénybevétel meghatározása a 3.3 táblázatban összefoglalt I. ismérvek és a 3.4 táblázatban összefoglalt II. ismérvek minősítési értékei alapján az alábbiak szerint végezhető.

Első lépésben meghatározható a korróziós igénybevétel I. ismerv szerinti jelzőszáma a 3.3 táblázat alapján.

Ezt a jelzőszámot a 3.4 táblázat minősítési értékeinek összeadása után kapott értékek alapján az alábbiak szerint kell módosítani:

A 3.4 táblázat szerinti minősítési értékek összege		Jelzőszám módosítás
+ 6		+ 2
+ 3-tól	+ 6-ig	+ 1
+ 3-tól	- 2-ig	0
- 2-től	- 4-ig	- 1
- 4		- 2

3.2 táblázat

Vizminták jellemző értékei

Minősítési ismérv	A meghatározandó jellemzők megnevezése	egysége
I.	Fajlagos elektromos ellenállás	$\Omega \cdot m$
II.	pH érték	-
	rH érték	-
	Össz-savasság	mval/l +
	Klorid tartalom	
	Szulfid tartalom	
	Szulfát tartalom	
	Nitrát tartalom	
	Nitrit tartalom	
	Ammónium tartalom	mg/l
	Magnéziumoxid	
	Kalciumoxid	
	Káliumpermanganát-felhasználás	
	Oldott oxigén	
	Hőmérséklet	°C
	Keménységek: karbonátkeménység	KK
	nem karbonátkeménység	NKK
	összkeménység	ÖKK
	Vizáramlás jellege	

Megjegyzés:

a I. ismerv szerinti jellemző az igénybevétel meghatározásához nélkülözhetetlen,

a II. ismerv szerinti jellemzők meghatározása, egyedi megfontolás alapján egyes összetevők esetében elmaradhat

$$mval/kg \rightarrow mekv/kg = \frac{mg/kg}{\text{egyenértékűsúly}}$$

3.3 táblázat

A vízi korróziós igénybevétel jelzőszáma
az I. o. ismerv szerint

Fajlagos elektromos ellenállás	A viz-össz-sótartalma 100-75 %-os oxigén telítettségénél /mg/l/	Korróziós igénybevétel jelzőszáma
200		1
200 - 100	400	2
100 - 20		3
20 - 20	400 - 500	4
10 - 5	500 - 2000	5
5 - 2	2000 - 5000	6
2 - 1	5000 - 10000	7
1 - 0,5	10000 - 20000	8

A korróziós igénybevételnek megfelelő korróziósebes-ségek értékeit a 3.5 táblázat foglalja össze.

A minősítéshez - amennyiben lehetséges - sok évi átlagokat veszünk figyelembe. Vizfolyásoknál, tavaknál a téli és nyári átlagok, és a tartóssági viszonyok figyelembevétele is célszerű.

3.2.3 Talaj-igénybevétel

A talaj korróziós igénybevételének meghatározására több módszer ismert. A talajkorrózióval foglalkozó tudósok sora alkotott minősítő módszereket. Itt csak az ál-

3.4 táblázat

Összegképző minősítési értékek a II. ismerv szerinti összetevők hatásának figyelembevételéhez

Vízminőségi jellemző	Minőségi érték
pH érték	
< 4	
4 - 5	további vizsgálat szükséges
5 - 9	+ 1
> 9	0
rH érték	
> 28	- 1
28 - 20	0
20 - 15	+ 1
< 15	+ 2
Össz-savasság mval/l-ben	
< 2	0
2 - 10	+ 1
> 10	+ 2
Oxigén-telítettség %-ban	
100 - 75	0
75 - 50	- 1
< 50	- 2
Hőmérséklet	
5 - 10	- 1
10 - 15	0
15 - 20	+ 1
Vízmozgás	
normál /mederben/	0
átbukó /pl. zsílipüzemnél/	+ 1
átbukó, energiatörőnél /pl. hullámtörő/	+ 2
Lebegő anyagtartalom /közepes/ gr/l-ben	
sok /< 100/	0
kevés /> 100/	+ 1

3.5 táblázat

Korrózió-sebességek a vízi korróziós igénybevételt meghatározó jelzőszám függvényében /TGL 11.465 szerint/

Igénybevétel jellege, korróziós sebesség	Korróziósebesség nem védett acélnál mm/év							
	1,	2,	3	4	5	6	7	8
Korróziós igénybevétel jelzőszáma								
I. Teljes vízborítás								
1. Közepes korróziós sebesség			0,010-ig	0,010-	0,020-	0,030-	0,055-	0,110-
2. Max. korróziós sebesség				0,020	0,030	0,055	0,110	0,150
3. Lyukkorróziónál			0,060	0,070	0,080	0,100	0,200	0,350
III. Váltakozó igénybe- vételnél és hullám- zónában			0,020-ig	0,020-	0,04-	0,050-	0,090-	0,170-
				0,040	0,050	0,090	0,170	0,250

talunk legkorszerűbbnek tartott

- TGL 11465 szerinti minősítést és
- a holland-német korróziós bizottság Steinrath által kidolgozott módszer alapján készített előírást [32] [23] ismertetjük.

Mindkét módszer a talaj-korrozivitást jellemző fizikai és kémiai jellemzők együttes figyelembevételével határozza meg az igénybevételt.

A TGL 11465 szerinti módszer, hasonlóan a vízi igénybevételhez a 3.6 táblázatban összefoglalt I. ismérvek és a 3.7 táblázatban összefoglalt II. ismérvek minősítő értékei alapján határozza meg az igénybevétel jelzőszámát.

Első lépésben itt is meghatározzuk a korróziós igénybevétel I. ismérvi szerinti jelzőszámát a 3.6 táblázat alapján.

A továbbiakban pedig ezt a jelzőszámot a 3.7 táblázat alatt talajra vonatkozó minősítő értékeinek összeadása után a kapott összeg alapján módosítjuk az alábbiak szerint:

A 3.7 táblázat szerinti minősítési értékek összege	Jelzőszám módosítás
+ 6	+ 2
+ 3-tól + 6-ig	+ 1
+ 3-tól - 2-ig	0
- 2-től - 4-ig	- 1
4-ig	- 2

Talajminták jellemző értékei

Minősítési ismérv	A meghatározandó jellemző megnevezése	egysége
I	A fajlagos elektromos ellenállás vízzel telített talajmin-tánál	$\Omega \cdot m$
II	- A talaj típusa	
	- A talaj összetétele:	
	szulfidok	
	szerves anyagok	
	mészke	%
	maradék anyagok: kvarc, kavics, homok, iszap, agyag	
	A talaj természetes víztartalma	%
	pH értéke	-
	rH értéke	-
	összes-savasság	mval/kg
	vízben oldódó alkotórészek aránya	%
	vízáteresztési tényező	m/sec
	szemeloszlás egyenlőtlenségi együtthatója	-

Összegképző minősítési értékek a II. ismérvek szerinti összetevők hatásának figyelembevételével

Talaj-jellemző	Minősítési érték
1. Talajfajta:	
karbonátos üledékes durva szemcsés talaj, kőzet, mészkő, merino, marga	- 1
laza szervetlen talaj, pl. kavics, homok	0
karbonátszegény vagy szintes kötött szervet- len talaj, pl. lösz, agyag	+ 1
szerves eredetű talaj pl. homokos tőzeg, iszap, szerves iszap, tőzeg, szerves agyag, szén	+ 2
2. Természetes víztartalom:	
telített	0
részben telített	+ 2
3. pH érték	
< 5 +	+ 1
5 - 9	0
> 9	- 2

4. pH érték	
> 28	- 1
28 - 20	0
20 - 15	+ 1
< 15	+ 2
5. Össz-savasság mval/kg	
< 2	0
2 - 10	+ 1
> 10	+ 2
6. Vizáteresztési együttható, km/sec	
$10^{-9} - 10^{-7}$	- 1
$10^{-7} - 10^{-5}$	0
$10^{-5} - 10^{-3}$	+ 1
7. Lyukkorróziós veszély esetén figyelembe veendő	
Egyenlőtlenségi együttható $U = \frac{d}{d_{60}}$	
<u>feltétel</u> $k > 10^{-3}$ m/sec	
U 1 - 2	+ 2
U 2 - 6	+ 1
U > 6	0
8. A talaj állapota természetes, termett talaj	0
Feltöltés pl. salak, ép.törmelék	+ 2
9. A fajlagos elektromos talaj-ellenál- lás viszonya egyik talaj fajtától a másikba való átmenetnél	

$$\frac{\rho_{\max}}{\rho_{\min}} > 10$$

+ = 4 alatti pH értéknél további vizsgálat szükséges

A korróziós igénybevételnek megfelelő valószínű korróziósebesség értékeit a 3.8 táblázat foglalja össze.

Steinrath módszere alapján összeállított táblázat szintén a talaj fizikai és kémiai jellemzői alapján határozza meg a talaj-igénybevételt.

Az igénybevétel meghatározását a 3.9 táblázat foglalja össze. [23]

A vizgazdálkodási létesítmények vonalas vagy területi elrendezésűek. A korróziós igénybevételeket ezért korróziós hossz-szelvényekben és térképeken célszerű ábrázolni. Ilyen módszerrel is jó áttekintést kaphatunk a létesítmény környezetének korróziós igénybevételeiről.

3.3 A védelmi módszerek kiválasztása

3.3.1 Megelőző korrózióvédelmi módszerek

3.3.1.1 Atmoszférában

Alkalmazásuknak a vizgazdálkodás területén korlátozott a jelentősége, ezért tervezési részleteit nem tárgyaljuk.

3.3.1.2 Vízben

A víz kezelésével az eredeti korrozivitás megváltoztatható, a korróziós folyamat sebessége jelentős mértékben csökkenthető. A vízhez adagolt inhibitorok hatására az acél felületén korrózióvédő réteg alakul ki, a fémfelület korrózióvédté válik. A vízhez adagolható

3.8 táblázat

Korrózió-sebességek a talajkorróziós igénybevételt meghatározó jelzőszám függvényében /TGL 11.465 szerint/

Talajállapot, korróziós sebesség	Korróziósebesség nem védett acélnál mm/év Korróziós igénybevétel jelzőszáma							
	1, 2, 3	4	5	6	7	8		
I. Talaj telített állapotban								
- közepes korróziós sebesség	0,010	0,012-0,020	0,020-0,040	0,040-0,080	0,080-0,150	0,150-0,400	0,400-1,000	1,000 felett
- max. korróziós seb.		0,020-0,050						
II. Részleges telítettség, ill. nem állandó telített állapotban								
- közepes korróziós sebesség	0,020	0,050	0,100	0,150	0,400	1,000		
- max. korróziós seb.	0,030	0,060	0,150	0,400	1,000			
Lukkorózióknál	0,060	0,100	0,150	0,400	1,000			

A talajigénybevétel meghatározása Steinrath
módszere szerint

Talajjellemező	Minősítési érték
1. Talaj típusa:	
mész, mészmárga, lösz, homok	+ 2
agyag, agyagmárga iszapos homok	0
agyagos homok	0
iszap, iszapmárga humuszos talaj	- 2
tőzeges talaj iszap, mocsaras talaj	- 4
2. Talaj állapota:	
2.1. Talajviz a szerkezetnél	
nincs jelen	0
jelen van	- 1
felváltva	- 1
2.2. Természetes talaj	0
feltöltött talaj	- 2
2.3. Homogén talaj a szerkezet, építmény tartományában	0
Inhomogén a talaj a szerkezet, építmény tartományában	- 3
3. Fajlagos talajellenállás /Ohmm/ /talajmintán mérési cellában mérve/	
>10.000	0
10.000 - 5.000	- 1
5.000 - 2.300	- 2
2.300 - 1.000	- 3
<1.000	- 4
4. Víz tartalom	
<20 %	0
>20 %	- 1

1.	2.	
5. pH érték		
pH > 6	0	
pH < 6	- 1	
6. Összes savasság pH = 7-ig mval/kg		
< 2,5	0	
2,5 - 5,0	- 1	
> 5	- 2	
7. A redox-potenciál pH 7-nél		
m V	rH	
> 400	> 27,8 jól szellőző	+ 2
200-400	20,9-27,8 szellőző	0
0-200	14,0-20,9 gyengén szellőző	- 2
< 0	< 14 szellőzés nélkül	- 4
8. Kalcium és magnéziumkarbonát tartalom, teljes lúgosság pH = 4,8-ig		
< 5 % = 50.000 mg/kg > 1.000 mval/kg	+ 2	
1-5 % = 10.000-50.000 mg/kg 200-1000 mval/kg	+ 1	
< 1 % = 10.000 mg/kg < 200 mval/kg	0	
9. Kénhidrogén és szulfid		
nincs jelen	0	
nyomokban < 0,5 mg/kg s ²	- 2	
jelen van > 0,5 mg/kg s ²	- 4	
10. Szén vagy kokszt alkotó		
nincs jelen	0	
jelen van	- 4	

3.9 táblázat
/folytatása/

1.	2.
11. Klorid-ion	
< 100 mg/kg	0
> 100 mg/kg	- 1
12. Szulfáttartalom	
< 200 mg/kg	0
200-500 mg/kg	- 1
500-1000 mg/kg	- 2
> 1000 mg/kg	- 3

A talajagresszivitás, ha
a számadatok összege

Talajagresszivitás

> 0
0-tól, -4-ig
-5-től, -10-ig
< -10

gyakorlatilag nem agresszív
gyengén agresszív
agresszív
erősen agresszív

inhibitorok számos típusa ismert, amelyeket az iparban széles körben használnak.

Ilyen anyagok a szilikátok, nitritek, kromátok, foszfátok, humátok, benzoátok.

A 3.10 táblázatban foglaltuk össze a vízben leggyakrabban alkalmazott inhibitorokat.

A szükséges optimális inhibitoradagolást minden esetben előzetes kísérlettel kell megállapítani.

Acél és tűzihorganyzott acélszerkezeteken a korrózió-védő réteg képződését elősegítő víz összetétele a DIN 50930 szerint [24] 3.11 táblázat.

3.3.1.3 Talajban

Alkalmazásuknak a vizgazdálkodás területén a jelentősége korlátozott, ezért tervezési részleteit nem tárgyaljuk.

3.3.2 Passzív védelmi módszerek kiválasztása

A passzív védelmi módszerek kiválasztásánál az alkalmazó számára a legfőbb probléma, hogy a rendelkezésre álló festékek közül melyeket és milyen sorrendben alkalmazza. A festék és fémbevonatok, illetve kombinált /fém + festék/-bevonatok védőhatása a felületelőkészítés módjától, típusától, bevonat felépítésétől és rétegvastagságától függően ugyanis különböző. A bevonatrendszer felépítésénél, az összeférhetőségi követelményeket is figyelembe kell venni.

Vízben leggyakrabban alkalmazott inhibitorok

Inhibitor	Milyen fémek védelmére alkalmas	Adagolt mennyiség /mg/l/	Alkalmazási terület	Megjegyzés
1.	2.	3.	4.	5.
Szilikátok	Pb	200-500	1. Ipari vízvezetékek	Hideg vízben vízűveg oldat
	Al	150-200	2. Ivóvízvezetékek	Meleg vízben szilárd vízűveg
	Fe és ötvözetei	50-500	3. Fűtőberendezések	Adagolással 90 %-os
			4. Mosodai berendezések	Védőhatás is biztosítható
Nátrium-nitrit	Fe és ötvözetei	100	1. Acélszerkezetek gyártás és tárolás alatt	Rendkívül mérgező
			2. Passziválás hosszabb tárolásra	Felhasználása nagy körültekintést igényel, védőhatás: 92-99 %
			3. Fémegmunkáláskor hűtő folyadékként	
			4. Kazánokban lúgos ridegedés megakadályozására	
			5. Benzin- és olajtartályokban	

1.	2.	3.	4.	5.
			6. Vizes alkoholos oldatokban	
			7. Hűtőfolyadékokban	
Kromátok és bikromátok	Fe és ötvözetei	100-150	1. Hidraulikus prések, emelők	Védőhatás fokozható a kromátokkal egy időben szilikátok adagolásával.
	Cu		2. Nagynyomású cső és kompresszor berendezések	Több fém együttes védelmére is alkalmas.
	Al		3. Tartályok	Védőhatás: 92-95 %
	Sn		4. Vízűtő motorok	
	Zn		5. Hűtőgéprendezések	
Foszfátok és polifoszfátok	Fe és ötvözetei	25-50	1. Nyugvó és áramló vízrendszerek	Kontakt korrozó kiküszöbölésére is alkalmas
			2. Kazánok	Védőhatás: 80-90 %
			3. Hűtőrendszerek	
Nátriumbenzoát	Fe és ötvözetei	300-600	Vízrendszerek	Egészségre nem ártalmas, impregnálásra is használható.
				Védőhatás: 92 %

3.11 táblázat

Acél- és tüzhorganyzott acélszerkezetek a korrózióvédő réteg képződését elősegítő víz összetétele DIN 50930 szerint [24]

Vízminőség jellemzői		Megengedhető érték	Egysége
1.	2.	3.	
Telítési index $/l/t/$			
acélra	≥ 0		
horganyzott acélra	$\geq -0,5$		
Korrózióvédő-réteg képződést gátló szénsav $/CO_2/$			
acélra	nem lehet jelen		
horganyzott acélra	megengedhető az l_t -nek megfelelően		
Karbonátkeménység, ha a víz napi közepes folyási sebessége			
0,5 m/s alatt van	$\geq 2,14$	mekv/l	
0,5 m/s fölött van	$\geq 0,71$	mekv/l*	
Kalciumkeménység, ha a víz napi közepes folyási sebessége			
0,5 m/s alatt van	$\geq 2,14$	mekv/l	
0,5 m/s fölött van	$\geq 0,71$	mekv/l*	
Vezetőképesesség $20^\circ C$ -on	≤ 1000	$\mu S/cm$	
Káliumpermanganát felhasználása szűrt víz esetén	≤ 300	mg/l	

3.11 táblázat /folytatása/

1.	2.	3.
Oldott O_2 -tartalom acélra, ha a víz napi közepes folyási sebessége		
0,5 m/s alatt van	≥ 6	mg/l
0,5 m/s fölött van	≥ 2	mg/l
horganyzott acélra	≥ 2	mg/l
SO_4^{2-} koncentráció ha kk NKK	$\leq 5,25$	mekv/l
Cl- koncentráció	$\leq 4,23$	mekv/l
NO_3^- koncentráció horganyzott acélra	$\leq 1,00$	mekv/l
NH_4^+ koncentráció	$\leq 1,11$	mekv/l
Cu^{2+} koncentráció	$\leq 0,03$	mekv/l
folyóvízben acélra	$\leq 0,003$	mekv/l
horganyzott acélra		

Megjegyzés: * Ha az érték 0,71 mekv/l-t nem éri el, akkor a

pH $> 8,5$ legyen

mekv/l = $\frac{mg/l}{egyenértéksúly}$

A védőhatás és az optimális bevonatrendszer-felépítés megállapításánál laboratóriumi és kitételi vizsgálatok sorát végzik külföldön és hazánkban egyaránt. A következőkben ismertetésre kerülő rendszerek ezen vizsgálatok eredményeinek alapján kerültek összeállításra.

3.3.2.1 Atmoszferikus igénybevétel

Az igénybevételek meghatározását a 3.2 fejezetben tárgyaljuk.

Az igénybevételek ismeretében a megfelelő bevonatrendszer-választékot a 3.12 táblázat foglalja össze. A 3.12 táblázat alapján tetszőleges atmoszferikus igénybevételre, meghatározható a műszakilag lehetséges bevonatrendszer-választék. A táblázat a kötőanyag és pigmentálás szerint tünteti fel a festékeket. A kiválasztáshoz további segítséget nyújt a 3.13 táblázat.

A 3.14 táblázat kültéri - elsősorban vidéki - közepesen-gyengén agresszív atmoszferikus igénybevételre ad bevonatrendszer-választékot, konkrét, hazánkban kapható márkanevek felsorolásával.

A műszakilag lehetséges bevonatrendszer-választék-ból a szerkezeti kialakítás, a rendelkezésre álló ipari háttér figyelembevételével gazdaságossági számítás alapján választjuk ki az alkalmazandó bevonatrendszert.

3.3.2.2 Vízi igénybevétel

Vízi igénybevételre az igénybevételek függvényében alkalmazható védelmi-rendszerek összefoglalását a TGL 11465 alapján a 3.15 - 3.16 táblázat tartalmazza.

[19]

3.12 táblázat

Atmoszferikus igénybevételre alkalmazható bevonatrendszerek

Felületi tisztaság MSZ 1891/1	Alapozó bevonat	Réteg-szám	Fedőbevonat	Réteg-szám	Réteg-szám	Korrozió	igény-bevétel jelzőszáma
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	
KO - TO	Tűzihorgany	-	-	-	50	1	
	Tűzihorgany	-	-	-	100	2	
	Tűzihorgany + Wash primer	1	Vinilgyanta	3	80 150	3	
	Cink/tetraoxikromát/-alkyd vagy Wash primer + Epoxi gyanta - cink/tetraoxikromát/	2					
		1	Poliuretán	3	150		
	Fémszórt cink	-	-	-	100	2	
	Fémszórt cink	-	-	-	200	3	
	Fémszórt cink + Cink/tetraoxikromát/-alkyd	1	Pentaftalát-alkyd standolej vagy Pentaftalát-alkyd	3	120 110 110	3	

3.12 táblázat
/folytatása/

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	Fémszórt alumínium	-	-	-	100	1
	Fémszórt alumínium				200	2
	Fémszórt alumínium				300	3
	Fémszórt alumínium + Cink/tetraoxi-kromát/-alkyd	1	Pentaftalát-alkyd standolaj vagy Pentaftalát-alkyd	2	200 100	3
KO-KI TO	Wash primer + cink/tetraoxi-kromát/-alkyd vagy Cink/tetraoxi-kromát/-olajalkyd	1 1 1	Pentaftalát-alkyd standolaj v. Pentaftalát-alkyd vagy Alkyd	2 2 2	80-150	1
	Wash primer -	1	Kátrány-epoxi +	2	150	1-2
	Epoxigyanta- cink/tetraoxi-kromát/	2	Poliuretán	2	80-150	1-2
	Vinilgyantás minium	2	Vinilgyanta	4	150-200	2-3
	Klórkaucsuk minium	2	Klórkaucsuk	4	150-200	2-3

3.12 táblázat
/folytatása/

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
K2-K3 TO	Ólomminium-olaj	2	Pentaftalát-alkyd standolaj vagy Pentaftalát-alkyd	3	100-150	1
	Ólomminium-olaj	2	Pentaftalát-alkyd standolaj vagy Pentaftalát-alkyd	3	150-200	2
	Vinilgyantás-minium	2	Vinilgyanta	4	150-200	2
	Kátrány-epoxi	1	Kátrányepoxi +	2	150	1-2

+ = csak korrózióvédelmi célra!

3.13 táblázat

A bevonatkiválasztást elősegítő jellemző adatok

Fém- szórt	A bevonat tervezett élettartam- a 1/	A bevonat jellege	Szükséges oxidman- tesítés	A védendő szerkezet jellege	Megjegyzés
Fém- szórt	10-30 év	Korrózió- védő 2/	Szemcsé- sugaras eljárás	Terjedelmes, egyedi, nehézzen karbantartható szerkezet	Beépített szerkeze- teken is alkalmazha- tó
Tüzi- hor- gany- zott	5-15 év	Korrózió- védő 2/ 3/	Pácolás	A rendelkezésre álló horganyzókád méretétől függő szerkezet	Beépített szerke- zeteken nem alkal- mazható
Fes- ték	3-6 év	Dekoratív korrózió- védő	Mechani- kai vagy kémiail	Bármilyen méretű, alakú szerkezet	Bármilyen szerke- zeten alkalmazha- zó

1. Tervezett élettartam alatt azt az időt kell értetni, mely alatt nem kell új bevonatrendszert kialakítani, azonban ezen idő alatt szükségessé válhat a bevonat felújítása
2. Dekoratív igény esetén fém + festett bevonatrendszert kell alkalmazni
3. A rétegvastagság az alkalmazott technológiától és a bevonandó szerkezettől függ, nehezen befolyásolható, ezért az utólagos festés indokolt

3.14 táblázat

III. osztályú atmoszferikus igénybevételű vízepítési acélszer-
kezetek bevonatrendszerei /KGSZ 22.4602 szerint/

A tisztí- tott acél- felület minősége MSZ 1891/1	Az alapozó bevonat		Átvonó bevonat		Minimális rétegvastagság /mm-ben	
	1.	2.	3.	4.	5.	6. 7. 8. 9.
KO-TO	Tűzhorgany + + Wash primer + Cinkkromát vagy Tűzhorgany + + Wash primer + Tixolin	1 1 1 1	1 1 1 1	Durol vagy Durol közbűlső + Perszint vagy Syntalin vagy Trinát vagy Progress	2 1 1 2 2 2	40 90 90 40 90 90
	Tűzhorgany + + Wash primer	1	1	Katepox ²	2	40 110 150
	Fémzóró alumínium + + Cinkkromát vagy	1	1	Durol vagy Durol közbűlső + Perszint	2 1 1	100 90 190

3.14 táblázat
/folytatása/

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
	Fémszórt alumínium + + Tixolin	1	vagy Syntalin	2	60	100		
	Fémszórt cink + + Cinkkromát vagy	1	vagy Trinát vagy Progress	2	60		90	
	Fémszórt cink + + Tixolin	1		2	60		90	
	Fémszórt alumínium vagy Fémszórt cink		Katepox #	2	60	100		210
KO-K1 TO	Wash primer + Cinkkromát vagy	1	Durol vagy	3			120	
	Wash primer + Tixolin vagy	1	Durol közbűlő + Perszint vagy Syntalin vagy Progress vagy Trinát vagy Vikopol minium	1 2 3 3 3 4			120 120 120 120 150	120 120 120 120 150

3.14 táblázat
/folytatása/

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
	Katepox # vagy Katesil	1	Katepox # vagy Katesil	2			200	200
K2-K3 TO	Ólomminium olajfesték vagy	1	Durol vagy Durol közbűlő + Perszint vagy Syntalin vagy Progress vagy Trinát # Katepox # Katesil	3 1 2 3 2 3 2			120 120 120 120 200 200	120 120 120 120 200 200

Csak korrózióvédelmi célra alkalmazható, nem dekoratív bevonat;
első réteget 1:1 arányú hígítással kell felhordani;
erős mechanikai hatás esetén Katepox speciál alkalmazandó!

3.15 táblázat

Korrózióvédelmi módszerek választéka vízbe helyezett viszpítési műtárgyak építési acélszerkezeiteinél /pl. szádfalak, acéltartók, acélból készülő beépített műtárgyelemek /TGL 11465 szerint/

Korrózió- és igénybe- vétel jelző- száma	Korrózióvédelmi módszer			Aktív /Elektrokémiai/ korrózióvédelem
	Kőszénkátrány, ill. fuvarott-Bitumen- bevonat. / mm /	Kátrányepoxi bevonat / μm /	Tűzihorgany vagy szórt fémbevonat / μm /	
1	K o r r ó z i ó v é d e l e m n e m s z ü k s é g e s +			
2				
3	1,5	150 ⁺⁺	150 ⁺⁺	
4	3,0	150		150
5		250		
6	nem alkal- mazható			
7				
8				

+ Általában esztétikai és vízszennyezési szempontból a 3. igénybevétel szerinti bevonat készül.

++ Elsősorban üzemi vagy népgazdasági szempontból fontos létesítményeknél.

3.16 táblázat

Korrózióvédelmi módszerek választéka vízbe és talajba helyezett vízépítési acélszerkezeteknél /pl. duzzasztók, hajószilipiek elzárószerkezetek, úszóművek, tartályok, csővezetékek stb./ TGL 11465 szerint

Korrózió- és igénybe- vétel jelző- száma	Korrózióvédelmi módszer				Aktív /elektrokémiai/ védelem		
	Kőszénkátrány, ill. fuvarott-Bitumen- bevonat. / mm /	Kátrányepoxi bevonat / μm /	Tüzihorgany vagy szórt fémbevonat / μm /	Festékbevonat	Szórt fémbevonat	Kőszén- kátrány- bevonat / mm /	Kátrány- epoxi be- vonat / mm /
1.	2.	3.	4.				
1	2,5	150	60	+ 1 és 2-es oszlop szerinti bevonat a 3 és 4-es i- vétel szerinti rétegvas- tagban	150	4	7.
2	4	250	60				
3	6	400 +	60	+ 1 és 2-es oszlop szerinti bevonat a 3 és 4-es i- vétel szerinti rétegvas- tagban	150	4	150
4							
5	8	600 +	60	+ 1 és 2-es oszlop szerinti bevonat a 3 és 4-es i- vétel szerinti rétegvas- tagban	150	4	150
6							

3.16 táblázat
/folytatása/

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
7	nem alkal- mazható	2000 +	60	150	6	
8		3000 +	+ 2 oszlop szerinti be- vonat az 5 és 6 igény- bevétel szerinti vas- tagságban	+ 2 oszlop szerinti be- vonat az 5 és 6 igénybe- vétel szerinti vas- tagságban		250

+ Vánerőátvitellel és túltöltéssel

A bevonatrendszerek választékát hazai anyagokra és átlagos felszíni vízi igénybevételre, a kötőanyag és pigmentálás, egyidejű megadásával a 3.17 táblázat foglalja össze. [26] [27]

A hazai bevonatrendszerek választékát 8 éves - a Dunán, Tiszán és a Balatonon elvégzett - kísérleti vizsgálatok alapján határozták meg és a KGSZ 22.4602 számú közös KGM-OVH ágazati szabványban került kiadásra 1973-ban.

A szabvány az igénybevétel, élettartam és a bevonatok karbantartási lehetőségei szerint a vízépitési szerkezeteket 3 osztályba sorolta.

I. osztályba tartoznak:

- az állandóan üzemelő duzzasztók, vizerőművek, hajózsilipek, völgyzárógátak, 50 m² elzárási felületet meghaladó szerkezetek, a jelentős vízépitési műtárgyak acélszerkezetek,
- az áramló vagy álló víz hatásainak állandóan kitett acélszerkezetek, amelyek felújítása csak különleges körülmények között, jelentős járulékos költségáfordítással lehetséges;

II. osztályba tartoznak:

- az árvíz- és belvízvédelmi zsilipek, az öntözés műtárgyainak elzárószerkezetek, az úszóművek acélszerkezetek;

III. osztályba tartoznak:

- az ideiglenes elzárószerkezetek és
- az állandóan levegőn lévő szerkezetek.

3.17 táblázat

Az I. és II. osztályú vízpítésl acélszerkezetek korrózió-
védő bevonatrendszerei /KGSZ 22.4602 szerint/

A szerke- A tisztí- zet oszt- tott acél- tálya felület minősége MSZ 1891/1	Alapozó bevonat		Átvonó bevonat		Minimális réteg- vastagság /µm				
	megnevezés	réteg- száma	megnevezés	réteg- száma	fém	festék bevonat- rendszere			
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
I.	KO - TO	Fémszóró Zn Katepox vagy Katesil /Kátrányepoxi/	1	Katepox [®] vagy Katesil /Kátrányepoxi/	2	150	200	350	
		Fémszóró Zn Reaktív alapozó /Poliuretán- cinkkromátos alapozó/	2	Klorotex /Klór- [®] kaucsuk/ vagy Vikopol + Vikopol ezüst Vinilgyanta	5	4	150	150	300
		Fémszóró Zn Vikopol ZTO /Vinilgyanta/	2	Vikopol + Vikopol ezüst /Vinilgyanta/	4	150	150	300	
		Cinkporos alapozó /epoxi-cinkpor/	2	Katepox [®] vagy Katesil. /Kátrányepoxi/	3	280	280	280	

3.17 táblázat
/folytatása/

I.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
II.	KO - K1 TO	Katepox vagy Kátesil /Kátrányepoxi/	1	Katepox ^{**} vagy Kátesil /Kátrányepoxi/	3	270	270	270
		Reaktív alapozó /Poliuuretán-cink- kromát/		Klorotex ^{**} /klór- kaucsuk/ vagy Vikopol /Vinil- gyanta	5	150	150	150
		Klorotex minium /Klórkaucsuk minium/	2	Klorotex ^{**} /Klórkaucsuk/	5	150	150	150
		Vikopol minium /Vinilgyanta- minium/	2	Vikopol + Vikopol ezüst /Vinilgyanta/	4	150	150	150

* Csak korrózióvédelmi célra alkalmazható, nem dekoratív bevonat;
első réteget 1:1 arányú higítással kell felhordani;

erős mechanikai hatás esetén Katepox speciál alkalmazandó!

** Értelmszerű rétegszámban tíztróp Klorotex is alkalmazható!

A vízbe merülő szerkezeteknél is külön csoportot alkot az ivóvízzel érintkező szerkezetek bevonatrendszer-választéka.

Itt a bevonatrendszer kiválasztásához szükséges, hogy a bevonatrendszert az Állami Közegészségügyi és Járványügyi Főfelügyelőség a 3/1971. /VII. 17./ Eü.M számú rendelet szerint engedélyezze és az OKI ennek alapján törzskönyvezzé.

Ennek megfelelően nem használhatók mérgező anyagot tartalmazó, illetve vízben kioldódó mérgező anyagot tartalmazó festékek.

Hazánkban jelenleg engedélyezett és alkalmazható rendszer-választékot a 3.18 táblázatban foglaltuk össze. A rendszer-választék csak a BUDÁLAKK gyártásában készülő anyagválasztékot tartalmazza.

3.3.2.3 Talaj-igénybevétel

A talajigénybevételre alkalmazható passzív védelmi módszerek az ún. szigetelések - az acélszerkezet fémanyagát elszigetelik a környező korrózió hatású közegtől. A jó szigetelés a következő tulajdonságokkal rendelkezik:

- villamos vezetőképessége kicsi,
- villamos átütési szilárdsága nagy,
- vízfelvevő képessége kicsi,
- baktériumokkal, kemikáliákkal szemben ellenálló,
- jó a mechanikai szilárdsága,
- fémfelülethez jól tapad,
- készítési technológiája egyszerű,
- öregedésállósága jó,
- ára alacsony.

Ivóvíz-ellátó berendezések korrózióvédő bevonatrendszerei

A tisztított acél-felület minősége MSZ 1891/1	A bevonatrendszer	Réteg-szám	Réteg-vastagság min. /um
KO - TO	Fémszóró Al		150-200
	Epamin cinkporos alapozó	1	
	Klorotex	3	120
	Fémszóró Al		150-200
	Epamin cinkporos alapozó	1	
	Vikopol fedő	2	120
KO - KI TO	Vikopol ezüst		
	Promet	2	180
	Reziestán	4	
	Epamin cinkporos alapozó	2	
	Vikopol	5	180
	Epamin cinkporos alapozó	2	
	Klorotex	5	180

Ezt a jelenlegi eljárások csak részben képesek teljesíteni. A jelenleg használatos szigetelési eljárások két fő csoportra oszthatók:

- "meleg" technológiájú,
- "hideg" technológiájú

eljárásokra.

A "meleg" technológiával készülő ún. fekete szigetelésnél az MSZ 18095/1 szerint K2 - TY minőségű alapfelületre 0,1-0,3 mm vastag alapozó bevonat és erre több rétegben 1,5-8,0 mm rétegvastagságban melegen felhordott kőszénkátrány, illetve fuvatott bitumen /lágyuláspont 80-110°C/ bevonat készül.

A szigeteléshez csak fuvatott bitumen használata megengedett, az UB típusu bitumenek szigetelésre nem alkalmazhatók.

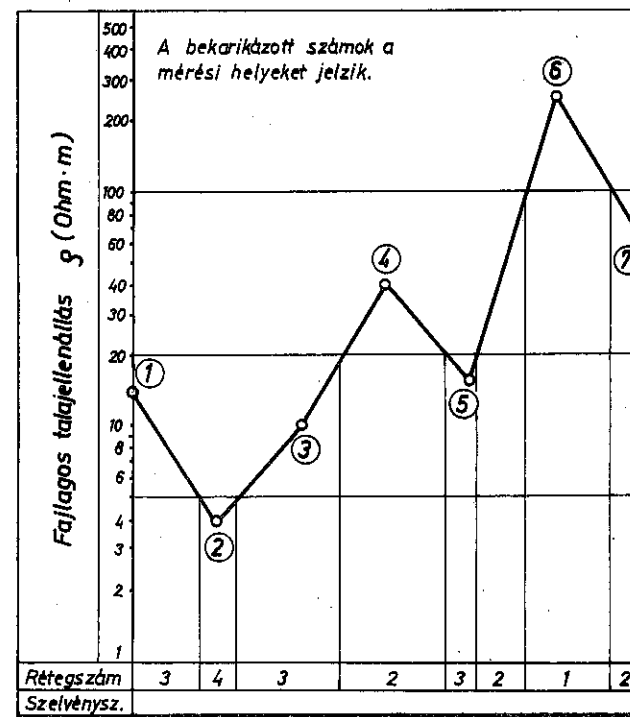
Az igen kiváló tulajdonságú kőszénkátrányszurok alkalmazása beszerzési nehézségek és költségessége miatt ritka. Vizsgálatok során feltártak 40 éves kőszénkátrány szigetelést, amely ma is jó állapotban volt. [20]

A felhordott rétegek közé vázerősítő anyagként, kb. 0,5-1,5 mm raszteru üvegszövet szalag kerül. Papir és jutaváson vázerősítés alkalmazása tilos. A szükséges szigetelési rétegszámot a 3.19 táblázat tartalmazza.

Vonalas létesítményeknél természetesen a talajigénybevételtől függően a rétegszám változik és ez előre megtervezhető, a korróziós hossz-szelvény /3:1 ábra/ felhasználásával.

Az ún. fekete szigeteléseken kívül a meleg szigetelésekhez tartoznak a hazánkban nem alkalmazott, melegen felhordásra kerülő szigetelések, PVC és poliamid /Rilsan/ felhasználásával. Ezek az ún. vékony bevonatok csoportjába tartozó, hazánkban nem alkalmazott eljárások.

A "hideg" technológiával készülő szigetelésnél, rendszerint kátrány-epoxi bevonat vagy ún. műanyagfóliás szigetelés készül.



3.1 ábra

Példa bitumen vagy kőszénkátrány szigetelés nyomvonalmenti rétegszámeloszlás megállapítására

A kátrány-epoxi bevonat rétegvastagsága a korróziós igénybevételtől függően 0,150-3,0 mm-ig változhat. A műanyagfóliás szigetelés PVC vagy polietilén alapanyagra laminált butilgumi fóliával készül. A fémfelülethez a tapadást speciális alapozó /primer/ térhálósodással biztosítja.

A szigetelő fóliák 6"-24" szélességben készülnek és tekercselve kerülnek kiszerezésre. Az anyag $-30^{\circ}\text{C} + 80^{\circ}\text{C}$ között alkalmazható, kézzel és géppel egyaránt felhordható.

Ismertebb márkanevek:

Plicoflex	három típus, 6 vastagsági fokozatban, PVC, illetve mylar alapanyaggal;
Polyken	négy típus, 6 vastagsági fokozatban, polietilén alapanyagra;
Protecto Wrap	2 vastagsági fokozat PVC alapanyagra;
Mafló-Wrap	2 vastagsági fokozat PVC alapanyagra.

A műanyagfóliás szigetelések kitűnő műszaki paraméterekkel rendelkeznek. Hazánkban a Vízügyi Építő Vállalat és a Kőolajvezeték Vállalat használja nagyobb mennyiségben.

A talajban alkalmazásra kerülő korrózióvédelmi módszerek választékát a 3.19, illetve a 3.20 táblázatokban foglaljuk össze.

3.3.3 Aktív védelmi módszerek tervezése

3.3.3.1 Anódos védelem

Az anódos védelem tervezési kérdéseivel részleteiben nem foglalkozunk. A tervezési részleteket az érdeklődők a szakirodalomban megtalálhatják. [21]

Szükséges melegszigetelési rétegszám

Korróziós igénybevétel jelzőszáma	Szükséges szigetelési rétegszám
1	1
2	1
3	2
4	3
5	3
6	4
7	4
8	4

3.3.3.2 Katódos védelem

A katódos védelem elvét és módszereit a 2. fejezetben ismertettük. A katódos védelem tervezése ma már az alapvető mérnöki szolgáltatások egyike. A tervezés során általában a következő kérdésekre kell választ adnunk.

1. Galvánanódos vagy külső áramforrású védelmet kell alkalmaznunk?
2. Mennyi az áramszükséglet a szerkezet katódos védelmének biztosításához? Ennek megválasztása befolyásolja az első kérdésre adandó választ.
3. Milyen távolságban helyezzük el és hogyan az egyes katódvédelmi berendezéseket, egyenként milyen teljesítménnyel?

Korrózióvédelmi módszerek választéka talajjal érintkező
vízépítési műtárgyak építési acélszerkezeteinél /pl.
szádfalak, acél műtárgyelemek stb./

Korrózió- igénybe- vétel jelző- száma	Korrózióvédelmi rendszer		védelem nélkül	védelem nélkül	védelem nélkül
	Vízzel telített talaj	Nem telített talaj			
1	Kőszénkátrány, ill. bitumenbevo- nat /mm/ /um /	Kőszénkátrány, Kátrányepoxi be- vonat	B. 140-es védőbeton takarással		
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

4. Milyen különleges körülményekre lehet számítani, amelyek részleteiben módosíthatják a katódvédelmi tervet?
5. Milyen engedélyek beszerzése és hatósági egyeztetések lefolytatása szükséges a teljes berendezés tervének elkészítéséhez?

Ezen kérdések megválaszolásához ismerni kell:

1. A szerkezeten lévő védőbevonat minőségét, elektromos tulajdonságait.
2. A szerkezet méretét, falvastagságát, elhelyezését, anyagát, elektromos vezetőképességét.
3. A védendő szerkezet környezetében lévő idegen szerkezetek helyét, védettségét, szerkezeti jellemzőit.
4. Az elektrolit /pl. talaj/ szerkezetét és elektromos ellenállását a tervezett szerkezet környezetében.
5. Az üzemeltető által korábban a területen szerzett korróziós tapasztalatokat, illetve korlátozó körülményeket.
6. Az esetleges kóboráram veszélyeztetés helyét és mértékét.

Ezek a legfontosabb szempontok, amelyeket a katódos védelem tervezése előtt tisztázni szükséges.

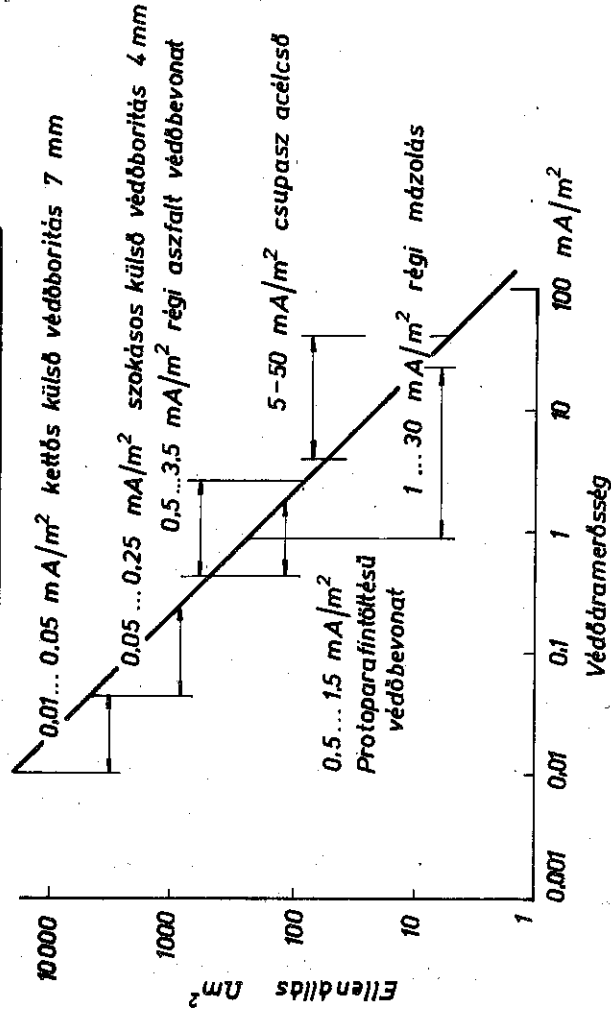
3.3.3.2.1 A védőbevonat minőségének hatása

A szerkezeten lévő védőbevonat minősége döntő befolyással bír a védőáramszükségletre. A védőáramszükség-

Pl: NA 300 mm-es acélcső

Áramszükséglet:

km-ként mA-ben: 70 50 500 5000
-50 -250 -2500 -50000



3.2 ábra

Védőáramszükséglet különböző passzív védelem cső esetén

Acélszerkezet	Védőbevonat vagy borítás	Közepes katódos védőáram sűrűség (mA/m²)
A. Talajban lévő cső 1. Jó borítással 2. Öreg, hibás borítással 3. Fűrőlyukak, földelések 4. Fémcsigetezésű földkábelek	1. Bitumenes védőborítás üvegtextil tartóval 2. Bitumenes védőborítás juta betéttel 3. Védelem nélkül 4. Bitumennel itatott jutaszövet	10^1 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^7 10^8 10^9 10^{10}
B. Édesvízben 1. Vízkivételek, hajók, pontonok 2. Víztorló medencék, szádifalak, zsillipek 3. Melegvízbojlerek, hőcserélők	1. Jó védőfestés 2. Jó védőfestés 3. Védelem nélkül	
C. Ásvány vagy tengervízben 1. Hajók 2. Kikötő létesítmények, pontonok, bóják 3. Szádifalak, mólók	1. Jó védőfestés 2. Jó védőfestés 3. Védelem nélkül	

3.3 ábra

Acélfelületek katódvédelmét biztosító közepes áramszűrűségek

Az ábrákon feltüntetett értékek tájékoztató jellegűek és a nagyságrendi méretezéshez alkalmasak.

Meglévő szerkezetek védelménél a szükséges védőáram-sűrűség értékét ún. próbavédelemmel határozzuk meg. Az eljárásnál valamilyen egyenáramú forrással /egyenirányító akkumulátor, akkutöltő stb./ egy ideiglenes földelőn keresztül védőáramot táplálunk a csővezetékre, illetve kiválasztott és elektromosan leválasztott csővezeték-szakaszra. A mérési értékekből és az ismert alakijellemzőkből a védőáram-sűrűség számítható.

3.3.3.2.2 A védőáramigény számítása

A védőáramigény a fajlagos védőáram-sűrűség ismeretében az ún. "távvezetési egyenletek" segítségével számítható. [21]

Meghatározott hosszúságú vezeték esetén a védendő csőhossz /3.4 ábra/

$$2L = \sqrt{\frac{8 \cdot \Delta U_R}{\pi \cdot D \cdot J \cdot R'}} \quad \text{ill.} \quad \Delta U_R = 0,3 \text{ V maximális megengedhető feszültség esetén} \quad /3.1/$$

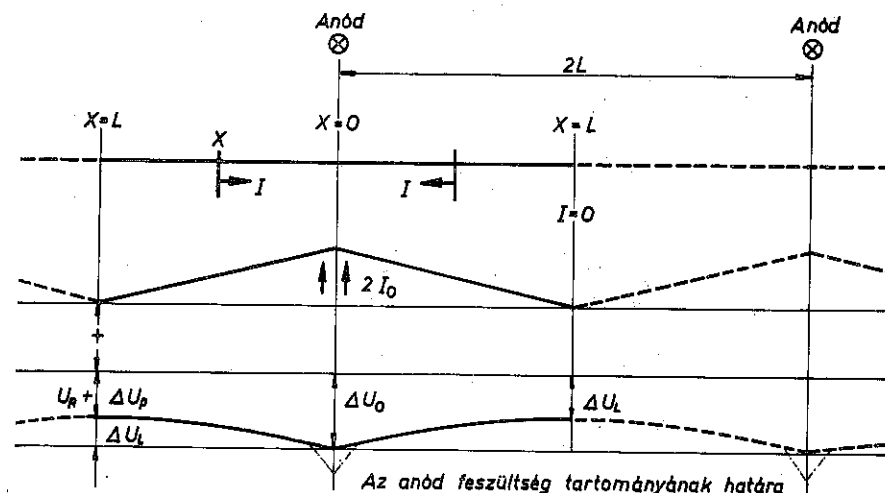
$$2L = 0,87 \sqrt{\frac{V}{D \cdot J \cdot R'}}; \quad /3.2/$$

A szükséges áramerősség $2I_0 = \pi \cdot D \cdot J \cdot 2L$ alapján $/3.3/$

$$2I_0 = \sqrt{\frac{8 \cdot \Delta U_R \cdot D \cdot J}{R'}} \quad \text{ill.} \quad \Delta U_R = 0,3 \text{ V esetén}$$

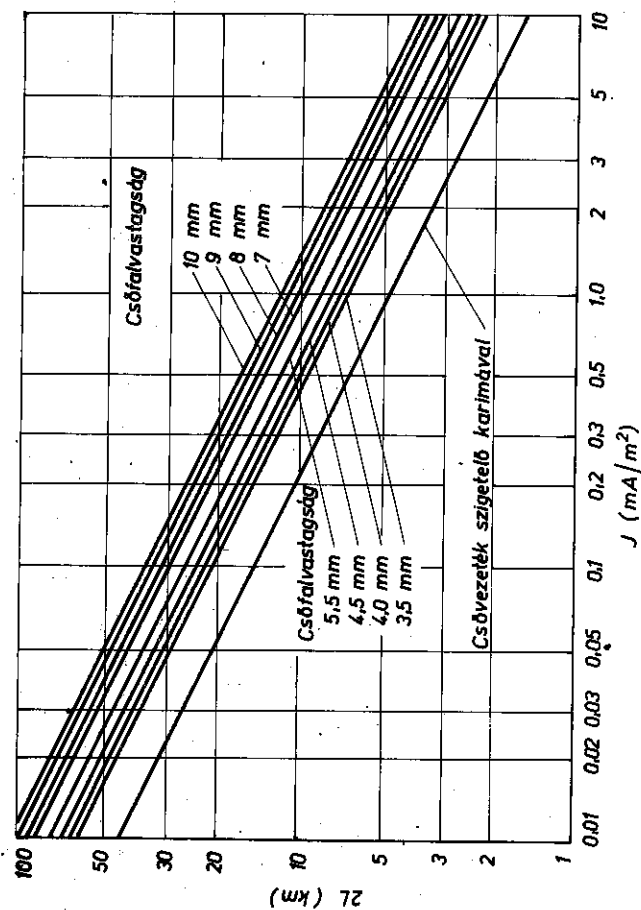
$$2I_0 = 2,8 \sqrt{\frac{V \cdot DJ}{R'}} \quad \text{ahol} \quad /3.4/$$

- 2 L = két szomszédos anód távolsága /m/
- 2 I₀ = védelemhez szükséges anód-áramerősség /A/
- D = csővezeték külső átmérője /m/
- I = szükséges védőáram-sűrűség /A/m²/
- R' = a csővezeték ellenállás tényezője /μ Ohm/m /



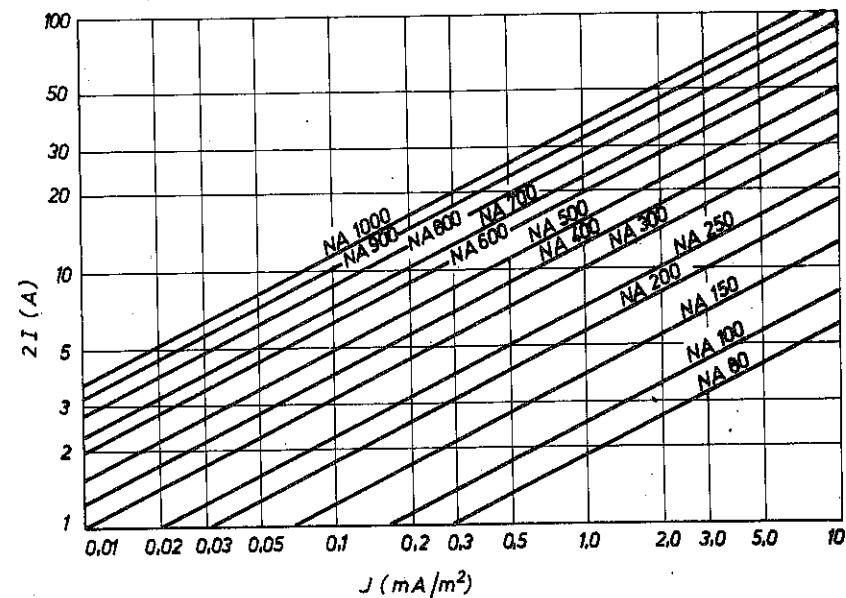
3.4 ábra
Áramszükséglet és potenciáeloszlás egy katódosan védett csővezetéken

A 3.5 ábra 2L értékeit mutatja különböző falvastagság esetén, a 3.6 ábra a 2I értékeit ábrázolja különböző névleges átmérőjű acélvezeték esetén a J védőáram-sűrűség függvényében.



3.5 ábra

Katódos védőberendezés maximális védőtartománya a védőáramsűrűség függvényében különböző csőfalvastagságoknál



3.6 ábra

A védőáramsűrűség a védőáramsűrűség függvényében, különböző névleges átmérőjű csővekre és 2 L védőtartományra

Tartályok, úszóművek, zsillipek esetén a fajlagos védőáramsűrűség és a felület szorzataként adódik a védőáramigény nagyságrendje. Az új szerkezetek tervezésénél természetesen a közepes állapotú bevonat a méretezés alapja.

3.3.3.2.3 A katódvédelmi berendezések telepítése

Annak érdekében, hogy a katódvédelmi berendezés telepítése és üzeme szempontjából optimális helyre

kerüljön, az alábbi szempontokat kell figyelembe venni:

1. A katódvédelmi berendezéseket a legnagyobb védőtartomány kihasználása mellett próbáljuk meg elhelyezni. A kiosztásnál a korróziós hossz-szelvény vagy -metaszet segítségével dolgozhatunk. A szerkezet talajpotenciálok és védőpotenciál egyértelműen ábrázolja a védelmi viszonyokat.
2. Az anódokat a kisebb elektromos talajellenállású helyre telepítsük.
3. Az egyenirányító berendezéseket a 220 V csatlakozás közelébe, lehetőség szerint közterületre telepítsük.
4. A kábelvezetés tervezésénél kerüljük a vasút és közúti keresztezéseket.

A telepítést és kiosztást megelőzi a katódvédelem módszerének a kiválasztása. Általában 1 A - áramerősséggig galvánanód, 3 A-nél nagyobb védőáramigény esetén külső áramforrású védelem létesítése a gazdaságos.

3.3.3.2.4 Az anódok méretezése

Az anódok méretezésénél és elhelyezésénél típusoktól függően a következőket kell figyelembe venni.

Galvánanódok

Galvánanódos védelem esetén a szerkezetek védelmére egymástól 1-2 m, a szerkezettől 2-3 m távolságra elhelyezett anódokat használunk. A védelem elvét a 4.4 ábra mutatja.

3.21 táblázat

Az ismertebb galvánanódfémek elektrokémiai jellemzői

Elektrokémiai jellemző	Dimenzió	Anódfém		
		Zn	Mg	Al
Standard potenciál	V	- 0,76	- 1,55	- 1,28
1 évi leválási veszteség /100 %/	kg/A	10,7	4,0	2,9
Áramkapacitás	Ah/kg	820	2200	2980
	Ah/dm ²	5840	3840	8050
Kihasználási fok	%	90	50	80
Elektród tömege 10 évre 0,1 A-nál	kg	12	8	3,7
Nyugalmi potenciál talajban Cu/CuSO ₄ -tal szemben	V	- 0,9-1,1	- 1,4-1,6	- 0,9-1,2
Feszültség a katódosan védett vas-hoz képest	V	- 0,2	- 0,6	- 0,3
/ $U_{Cu/SO_4} = - 0,85$ V/				
Felhasználási terület -		tenger-, édesvíz	tenger-, édesvíz, talaj	tenger-, édesvíz
$S \leq 100 \Omega m$				
Élettartama: $T = \frac{\text{anódtömeg /kg/}}{\text{áramleadás /A/}} \cdot \text{Év}$				
		$0,08 \cdot \frac{M}{J}$	$0,12 \cdot \frac{M}{J}$	$0,28 \cdot \frac{M}{J}$

Az anódokat a talajba való telepítéskor ágyazóanyagba kell helyezni, a 3. fejezetben ismertetettek szerint. A különböző anódanyagok leglényegesebb jellemzőit a 3.21 táblázatban foglaljuk össze.

A talajba helyezett galvánanódok áramleadása a következő egyenletekkel számítható, gömbanód esetén:

$$I = \frac{4\pi \cdot r}{\Delta U} ; \text{ és} \quad /3.5/$$

$$U = \frac{J \cdot F \cdot \rho}{4\pi \cdot r} \quad /3.6/$$

ahol

I = anód áramleadása /A/

r = gömbalakú galvánanód sugara /m/

ρ = fajlagos talajellenállás / Ω m/

U = a védendő tárgy katódos védőfeszültsége és az anódfeszültség közötti potenciálkülönbség

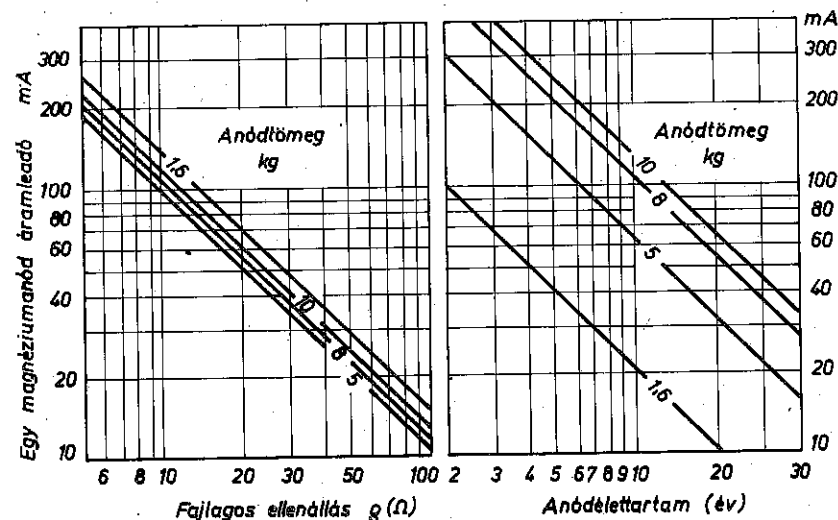
J = fajlagos védelmi áramsűrűség a szerkezeten /m A/m²/

F = védendő szerkezet felülete.

Eltérő anódokra a [21] irodalom függelékében található meg a számítási képletek. Az ehhez tartozó főbb adatokat a kötet végén elhelyezett 3.23-3.25 táblázatok tartalmazzák.

Az adott felülethez szükséges védőáram eloszlása és az anódok áramleadása alapján meghatározható a védelemhez szükséges anódok száma.

A magnéziumanódok áramleadását és az élettartamát, a talajellenállás, a védendő szerkezet potenciáljának függvényében a 3.7 ábra tartalmazza.



3.7 ábra

A magnéziumanódok áramleadása és az élettartam a talajellenállás és a védendő szerkezet potenciáljának függvényében

Külső áramforrású berendezések anódjai

A külső áramforrású anódok anyagukban és a védendő szerkezethez való viszonyukban alapvetően eltérnek a galvánanódoktól.

Telepítésük általában egy csoportba rendezve történik. A csoportban elfoglalt helyzetük alapján megkülönböztetünk; függőlegesen és vízszintesen elhelyezett anód-csoportokat. A függőleges anódok lehetnek felszíni és ún.

mélyanódok. A csoportba telepített anódelemek egymástól való távolsága általában 5-8 m.

Az anódokat rendszerint 80-90 % szénttartalmú, 2-15 mm szemnagyságú 0,2-0,5 Ω m fajlagos ellenállású kohókokszt ágyazó rétegbe helyezik úgy, hogy az anód mellett finomabb frakciójú rész legyen. A beágyazó anyag az anód oldódását kb. 50 %-kal csökkenti és szétterjedési ellenállását stabilizálja.

Anódanyagként elsősorban hulladékvasat, szilíciumtartalmú öntöttvasat és grafitot használnak. Az anódanyagok jellemzőit a 3.22 táblázatban foglaltuk össze. Az anódok szétterjedési ellenállása, mint a védőáramkörben mérhető legnagyobb ellenállás, határozza meg az egyenirányító feszültséget és ezzel a külső áramforrású berendezés egyenirányítójának teljesítményét is. Az egyenirányító belső ellenállása, a kábel ellenállása és a csővezeték talajon átmenő ellenállása csaknem elhanyagolható. A 3.8 ábra segítségével vízszintesen R_H és függőlegesen R_V elhelyezett 0,3 m átmérőjű /kocsz-ággal együtt/ anódok szétterjedési ellenállása határozható meg $\rho_0 = 10 \Omega$ m talaj esetén. ρ fajlagos talajellenállás esetén a szétterjedési ellenállást a görbe értékének ρ / ρ_0 értékkel történő szorzásával kapjuk.

Amennyiben a sokelemes anódnál a 8 m körüli távolság nem biztosítható, helyhiány miatt a szétterjedési ellenállást

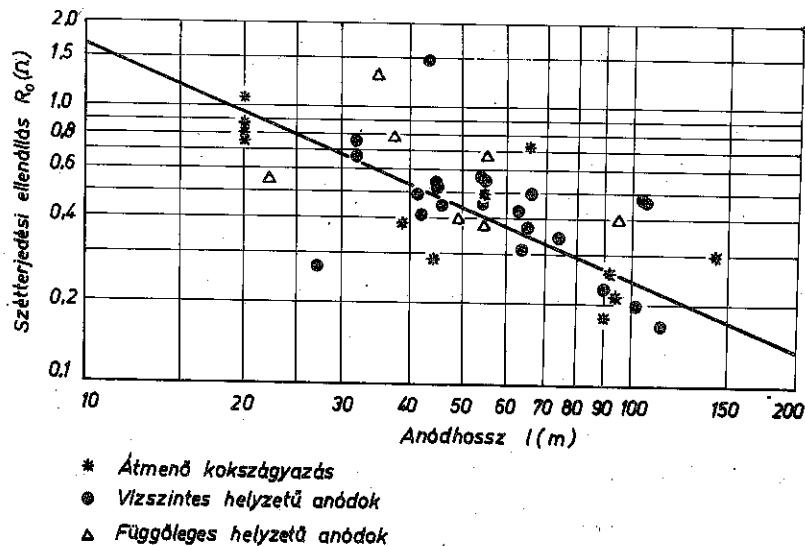
$$R_p = F \cdot \frac{R_0}{n} \cdot \frac{\rho}{\rho_0} \quad /3.7/$$

alapján számítjuk, ahol

3.22 táblázat

A hulladékvasból, szilícium tartalmú öntöttvasból és grafitból készülő anódok jellemzői

Anódanyag	Dimenzió	Hulladékvas	Szilícium-öntöttvas	Grafit
Hosszúság	m	sin	0,5	1,2
Átmérő	m	0,14	0,06	1,5
Tömeg	kg	43	16	0,075
Fajsúly	kg/dm ³	7,8	7	0,06
Leválási veszteség kocsz-ágyazás nélkül	kg/A év	10	0,2-0,3	0,06
Leválási veszteség kocsz-ágyazással	kg/A év	5	kb. 0,1	0,06
Élettartam kocsz-ágyazás nélkül	l A/anód	4	50	5
Élettartam kocsz-ágyazással	l A/anód	8	160	10
Törésvesztély	-	nincs	m é r s é k e l t	n a g y
Alkalmazási terület	-	Nagyméretű anódoknál, rossz vezetőképességű talajban igen költséges	Nagy élettartamú anódok, kocsz-ágy nélkül is	Agresszív talajok és vizek, kocsz-ágy nélkül is, viszonylag költséges



3.8 ábra
 Függőleges R_V és vízszintes R_H helyzetű
 anódcsoportok szétterjedési ellenállása
 1 hosszúságú átmenő kocszágazás esetén

$$\rho_o = 10 \text{ Ohm m}$$

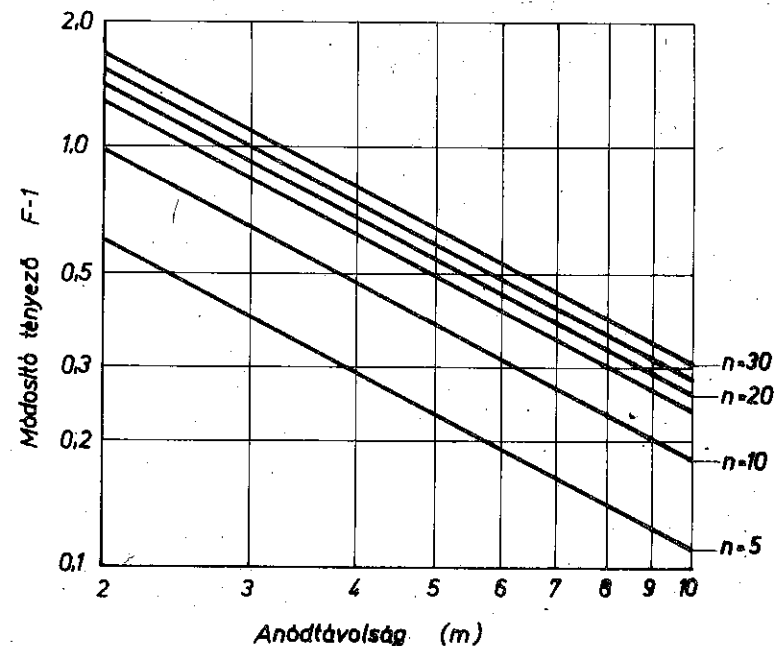
R_o = a szétterjedési ellenállás $\rho_o = 10 \Omega \text{m}$ -re vonatkoztatva

n = anódelemek száma

F = módosító tényező a 3.9 ábra szerint

Szokásos 5 m-es anódtávolság esetén az összellenállást

$$R_o \approx \frac{4,5 \Omega}{n} \cdot \frac{\rho}{\rho_o} ; \quad /3.8/$$



3.9 ábra
 Módosító tényező különálló anódokra

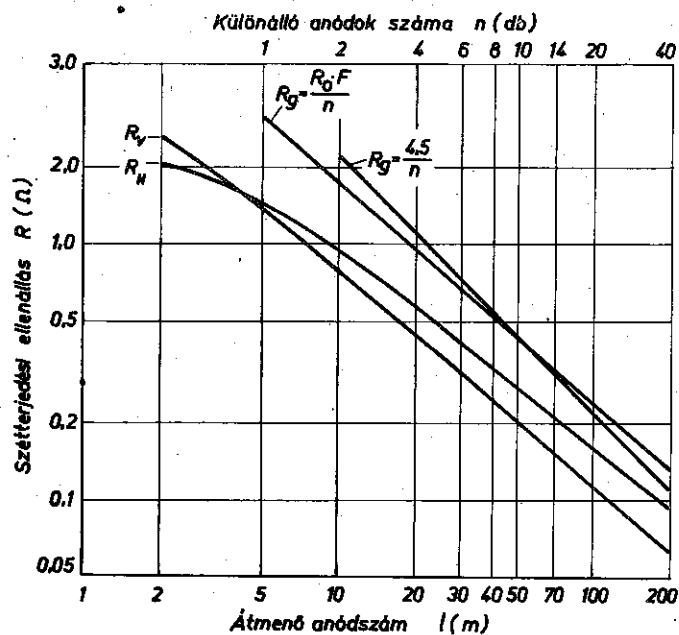
alapján számítható. A 3.10 ábra az anódok $\rho_o = 10 \Omega \text{m}$ értékre kiszámított ellenállását adja.

A gazdaságos anódszám a talajellenállás függvényében a 3.11 ábra alapján határozható meg.

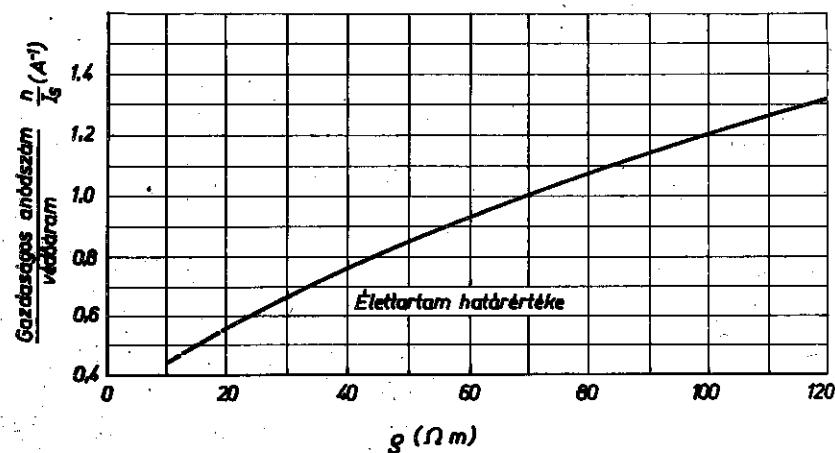
Az anódokhoz csatlakozó gazdaságos anódkábelkeresztmet-szetet a 3.12 ábra alapján határozhatjuk meg.

3.3.3.2.5 Hatósági eljárás, engedélyezés

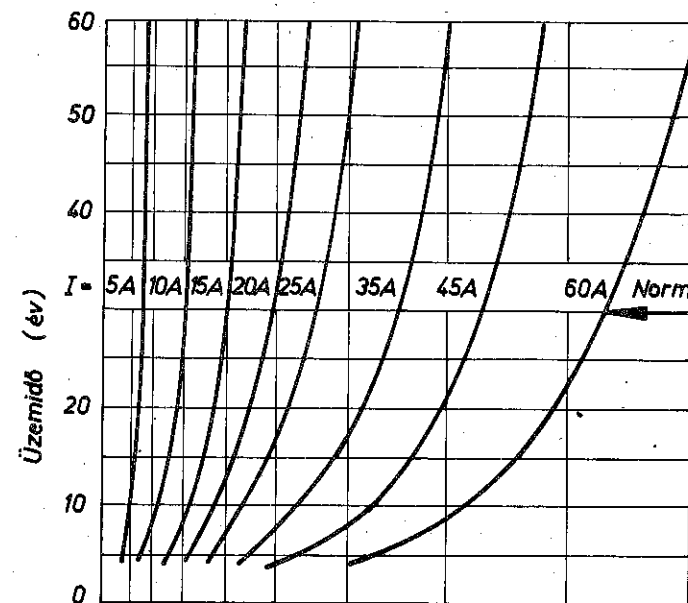
A katódos védelem tervezésénél a védett szer-kezetek közelében lévő és a keresztvezetett létesítmények,



3.10 ábra
Anódföldelő szétterjedési ellenállása



3.11 ábra
Gazdaságos anódszám



F	2.5	10	16	25	35	50	70	95	120	mm ²
R	714	179	112	71	51	36	26	19	15	m Ω
I	0-12	18	25	35	35-50	50-100	>100			A

3.12 ábra
Gazdaságos kábelkeresztmetszet
anódvezetékhez

a villamos-energia vételzés lehetősége, a berendezések telepítésére szolgáló területek igénybevétele miatt egyeztetési kötelezettség terheli a katódos védelem tervezőjét.

Egyeztetés szükséges a megközelített, illetve kereszttezett létesítmények üzemeltetőivel, elsősorban a terület-

letileg illetékes Posta, Kőolajvezeték Vállalat, Bányaműszaki Felügyelőség, MÁV Igazgatóság, Viz- és Csatornamű Vállalat, Tanács, Vízügyi Szervek, Elektromos Művek illetékes szakembereivel, a berendezés telepítésével érintett területek tulajdonosaival.

Az elkészült tervek engedélyeztetése általában a megrendelő feladata. Az eljárás lebonyolítását a létesítmény jellegének megfelelően rendeletek szabályozzák.

3.4 Gazdaságosság

Az acélszerkezetek korrózióvédelmének tervezése során a befektetések hatékonyságának, gazdaságosságának meghatározására - a világirodalom tanulsága szerint - többféle megoldást ajánlanak. Az alkalmazott és javasolt módszerekről évtizedek óta élénk vita folyik a gazdasági élet minden területén.

A legkisebb népgazdasági ráfordítással járó korrózióvédelem kiválasztási módszere - a műszaki követelmények figyelembevételével összeállított - műszaki megoldások költségeit hasonlítja össze úgy, hogy a különböző időpontokban felmerülő egyszeri és folyamatosan ismétlődő ráfordításokat egy adott időpontra - pl. az üzembehelyezés évére vagy a kiviteli munka megkezdésének időpontjára - vonatkoztatja. A műszaki megfontolások alapján választékot alkotó bevonatrendszerek költségei rendszerint egymástól eltérőek, így a döntés a gazdaságossági számítások eredményeitől függ. A korrózióvédelmi költségelemek két fő típusra oszthatók.

Közvetlen költségek: az első bevonatrendszer, korrózióvédelmi rendszer létesítési költsége, az egyes felújítások költségei.

Közvetett, járulékos költségek: a felújítások során jelentkező munkatérbiztosítás, üzemkiesés költségei.

A bevonatrendszerek, illetve korrózióvédelmi rendszerek közül az a leggazdaságosabb, amely a szerkezet tervezett élettartama idején a legkisebb összköltséggel nyújtja a korrózió elleni védelmet. A védelem összköltsége egy adott védelmi időszakban a létesítés időpontjára összesítve, diszkontálva a 3.9 egyenletből számítható:

$$K = B + K_F + K_J, \quad /3.9/$$

ahol:

K - a védőbevonat egy adott időpontra, diszkontált összköltsége;

B - az első védelem létesítési költsége;

K_F - a felújítási költségek diszkontált összköltsége a szerkezet tervezett élettartamán belül;

K_J - a szerkezet tervezett élettartamán belül a felújításokkal kapcsolatos közvetett járulékos költségek diszkontált összköltsége.

Egy adott időpontra való diszkontálás vagy összesítés az idők folyamán valamilyen gyakorisággal előforduló ráfordítások mai értékét határozza meg, kamatos kamatszámítással.

Az első védelem létesítési költsége az érvényes árak és rendeletek alapján egyértelműen meghatározható. A felújítások, illetve a felújításokkal kapcsolatos közvetett járulékos költségek mai vagy diszkontált költsége

az az összeg, amelynek kamatokkal megnövekedett értéke a felújítás időpontjában éppen a szükséges felújítási költséggel egyenlő. Egy adott n évi felújításra vonatkoztatva:

$$K_{fn} = K_{fo} / 1 + \frac{p}{100} / ^n, \quad /3.10/$$

ahol:

K_{fn} - az n évi felújítási költség;

K_{fo} - az n évi felújítás diszkontált költsége;

p - a kamatláb;

n - az évek száma, a vizsgált időponttól a felújítás időpontjáig számítva.

Ha

$$1 + \frac{p}{100} = r, \quad /3.11/$$

akkor

$$K_{fn} = K_{fo} r^n. \quad /3.12/$$

Az egyenletből a mai értékkel kifejezve kapjuk a diszkontált költséget:

$$K_{fo} = \frac{K_{fn}}{r^n} \quad /3.13/$$

Az ún. diszkonttényező $/v/$:

$$v = \frac{1}{r} = \frac{1}{1 + \frac{p}{100}}, \quad /3.14/$$

behelyettesítés után:

$$K_{fo} = K_{fn} v^n. \quad /3.15/$$

A v diszkonttényező értékei a 3.26 táblázatban találhatók. Az összesített felújítási költségek mai értéke, az ún. diszkontált összköltség, a szerkezet élettartama idején szükséges felújítási költségek diszkontálásával és összegezésével számítható:

$$K_F = K_{fo1} + K_{fo2} + \dots + K_{fon}, \quad /3.16/$$

ahol:

K_F - az összesített felújítási költségei mai értéke;

K_{fo1}, K_{fo2} - szerkezet-élettartama alatt szükséges felújítások mai értéke.

Tehát

$$K_F = \sum_{i=1}^n K_{f_{on}}. \quad /3.17/$$

A járulékos költségek diszkontált összegértéke hasonlóan számítható:

$$K_F = \sum_{i=1}^n K_{jn}. \quad /3.18/$$

A felújítások és ezek járulékos költségei - a szerkezet élettartamától függően - hosszú idő alatt és az egyes védelmi rendszerekre vonatkoztatva eltérő rend-

3.26 táblázat

A diszkonttényező értékei

a/év	K a m a t l á b						
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	15%
1	0,98039	0,96154	0,94340	0,92593	0,90498	0,89286	0,86957
2	0,96117	0,92456	0,89000	0,85734	0,81898	0,79719	0,75614
3	0,94233	0,88900	0,83962	0,79383	0,74114	0,71178	0,65752
4	0,92385	0,85480	0,79209	0,75503	0,67073	0,63552	0,57175
5	0,90573	0,82193	0,74726	0,68058	0,60700	0,56743	0,49718
6	0,88797	0,79031	0,70496	0,63017	0,54932	0,50663	0,43233
7	0,87056	0,75992	0,66506	0,58349	0,49712	0,45235	0,37594
8	0,85349	0,73069	0,62741	0,45027	0,44989	0,40388	0,32690
9	0,83676	0,70259	0,59190	0,55025	0,40714	0,36061	0,28426
10	0,82035	0,67556	0,55839	0,46319	0,36845	0,32197	0,24718
11	0,80426	0,64958	0,52679	0,42888	0,33344	0,28748	0,21495
12	0,78849	0,62460	0,49697	0,39711	0,30175	0,25668	0,21495
13	0,77303	0,60057	0,46884	0,36770	0,27308	0,22917	0,16253
14	0,75788	0,57748	0,44230	0,34046	0,24713	0,20462	0,14133
15	0,74301	0,55526	0,41727	0,31524	0,22365	0,18270	0,12289
16	0,72845	0,53391	0,39365	0,29189	0,20240	0,16312	0,10686
17	0,71416	0,51337	0,37136	0,27027	0,18316	0,14564	0,09293
18	0,70016	0,49363	0,35034	0,25025	0,16576	0,13004	0,08081
19	0,68643	0,47464	0,33051	0,23171	0,15001	0,11611	0,07027
20	0,67297	0,45639	0,31180	0,21455	0,13575	0,10367	0,06110
25	0,60953	0,37512	0,23300	0,14602	0,08240	0,05882	0,03038
30	0,55207	0,30832	0,17411	0,09938	0,05002	0,03338	0,01510
40	0,45289	0,20829	0,09722	0,04603	0,01843	0,01075	0,00373
50	0,37153	0,14007	0,05429	0,02132	0,00679	0,00346	0,00092
100	0,13803	0,01980	0,00295	0,00045	0,00007	0,00001	0,00000

szerelességgel jelentkeznek, ezért a jövőbeni költségek a költség-trendek alapján csak becsülhetők. Tájékoztató költségeket 1975-ös árszinten a 3.27 táblázat foglalja össze.

Az egész létesítmény élettartama a szerkezetek élettartam-adatai és az érvényes előírások szerinti amortizációs normák alapján határozható meg.

A leggyakrabban előforduló műszaki létesítmények állami vállalatoknál és termelőszövetkezetekben használt amortizációs normáit a 3.28 táblázat foglalja össze.

A gyakorlatban, a számítási munka egyszerűsítésére az egymás utáni felújítások közvetlen és közvetett költségeit egyformának tételezhetjük fel, és azonosnak vehetjük a felújítási ciklusok időtartamát is.

Ebben az esetben egy "t" szerkezet-élettartam /év/ és "a" felújítási ciklus /év/ esetén az összegképlet egy geometriai sort alkot, amely geometriai sor összegezése után kapjuk az egyenletet, amely közvetlenül alkalmas a felújítások diszkontált összköltségének számítására.

$$K_F = K_F \frac{1 - v^{na}}{1 - v^a} \cdot v^a \quad /3.19/$$

A járulékos költségek diszkontált összköltsége hasonlóan számítható:

$$K_J = K_J \frac{1 - v^{t-a}}{1 - v^a} \cdot v^a \quad /3.20/$$

Az acélszerkezetek fajlagos járulékos
fenntartási ráfordításai

Költségelem	R é s z l e t e z é s	Fajlagos ár 1975. évi árszint Ft/m ²
1. Felvonulás	A karbantartó festések költségvetési és számlái alapján átl. minden szer- kezetnél ált.	5,-
2. Állványo- zás	Gerinclemezes hidak rácsos hidak, függőhidak nagyobb héjszerkezetek épület acélszerkezetek vizépítési szerkezetek	20-25,- 40-50,- 40-45,- 30-35,- 15-25,-
3. Szerkezetek megbontása	Berendezések, lefedések eltávolítása, kiemelése, a szerkezet jellegétől függően	2- 5,-
4. Felülvizs- gálat	Szakfelülvizsgálat, a karbantartás előtti felülvizsgálat költsége	kb. 1,-
5. Festékréteg eltávolítás oxidmente- sítés előtt	2-4 réteg kalapáccsal tisztítás kaparóvassal tisztítás drótkéfével porolás	12,90 2,20 0,80 0,44

Műszaki létesítmények előírt amortizációs
normái

Az állóeszköz megnevezése	Amortizációs norma %/év	Élettartam év
1.	2.	3.
Épületek		
/lakóházak/ hosszú élettartamú	1,3	77
közepes élettartamú	3,0	33
Mezőgazdasági épületek		
hosszú élettartamú	1,3	77
közepes élettartamú	4,0	25
Ipari létesítmények		
hűtőtornyok	1,3-3,0	77-33
gyárkémények	3,0	33
Vasutak		
perontetők	1,3	77
átrakó berendezések	1,3	77
kötélpályák	4,0-8,0	25-13
Vízi építmények		
duzzasztók, zsilipek	1,3	77
öntözési csővezetékek	4,0-6,0	25-17
acél viztornyok	3,0	33
viztisztítás műtárgyai	1,8	56
szennyviztisztítás műtárgyai	2,2	45

3.28 táblázat
/folytatása/

1.	2.	3.
Hidak		
acél vasuti, közúti hidak	2,2	45
függőpálya és szállítószalag- hidak	4,0	25
védőhidak	6,0	17
Vezetékek		
nagy- és közép feszültségű vezetékek és oszlopok	4,0	25
gáz- és kőolaj-távvezetékek	1,2-4,0	83-25
vízvezetékek	4,0	25
Tároló tartályok		
kisnyomású gáztartók	3,0	33
föld alatti tartályok	4,0-6,0	25-17
eroziv és korroziv körülmények között	12,0-17,0	8-6
silók	6,0-12,0	17-8
Bányászati acélszerkezetek	4,0-25,0	25-4
Hajók és uszóművek		
tengeri, folyamtengeri hajók	5,0	20
belvízi hajók	4,0-8,0	25-13
pontonok	4,0	25
vízuszodák	4,0	25

Ha bevezetjük, hogy

$$v^a \frac{1 - v^{t-a}}{1 - v^a} = k_f, \quad /3.21/$$

ahol k_f = felújítási költség tényező,

akkor az összesített mai érték a következő egyenletből számítható:

$$K = B + k_f / K_f + K_j / \quad /3.22/$$

A felújítási költség tényező értékeit a különféle felújítási ciklus időtartamok és kamatlábak függvényében a 3.29 táblázat tartalmazza, amely a kötet végén található.

Az egyes felújítási ciklusok a tapasztalat és a kitéti korróziós vizsgálatok eredményei alapján biztonsággal megtervezhetők.

A felújítási ciklus az igénybevétel, az alkalmazott felületelőkészítés és korrózióvédelmi rendszer függvénye.

Tájékoztató értékei helyesen tervezett és kivitelezett korrózióvédelem esetén:

Atmoszferikus igénybevételnél

Bevonatrendszer	Felújítási ciklus /év/	
	első	továbbiak
olaj-olajalkyd	2-5	2-5
műgyanta-alapú /epoxi-, klórkaucuk-, vinil-, polietilén/	6-15	5
duplex /fém + festék/	15-25	5-10