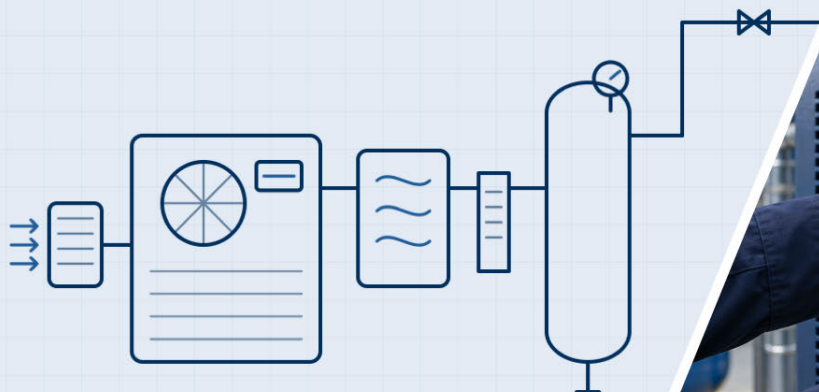




HAFNER



Fotók: AI segítségével generált képek

MINDEN KÖBMÉTER SZÁMÍT

A sűrített levegő költségcsökkentési megoldások a kompresszortól a gépig

Minden köbméter számít: a sűrített levegő költségcsökkentési megoldások a kompresszortól a gépig

Bevezetés: a legdrágább levegő az, amiről nem tudunk

Egy üzem áramszámlájában a sűrített levegő nem külön sorban szerepel: benne van a havi villanyszámlában, a gépek, a világítás és a fűtés mellett, ezért ritkán veszi észre bárki, mekkora tétel. Pedig a sűrített levegő az egyik legdrágább energiahordozó a gyártásban: a kompresszor áramának jó része nem hasznos munkára megy, hanem hőre, üresjáratra és szivárgásra. Hogy ebből Önnél mennyi, azt a legtöbb üzemben senki nem tudja megmondani.

Ez az anyag végigköveti a levegő útját a kompresszortól a gépig. Minden állomásnál megmutatja, hol folyik el a pénz, és mivel lehet ezt kis ráfordítással megállítani vagy jelentősen mérsékelni. Nem elméletet adunk, hanem olyan gyakorlati lépéseket, amelyeket már ma el lehet kezdeni.

35 éve dolgozunk sűrített levegővel, és a saját üzemünkben is végigjártuk ezt az utat. A Hafner Pneumatika 35 éve tervez, szállít és épít pneumatikus rendszereket és léghálózatokat. Évek óta foglalkozunk kifejezetten a sűrített levegő költségeinek csökkentésével is. Eleinte szivárgáskeresővel vizsgáltuk a hálózatokat, de megtanultuk, hogy ez önmagában sok esetben nem elég: a kereső a legtöbb esetben megmutatja ugyan, hol sziszeg a levegő, de azt nem, mennyibe kerül. Ezért amit ma mérünk: a kompresszor áramfelvétele, a hálózatba menő levegő mennyisége, illetve a gyártás nélküli időszakok fogyasztása. A saját üzemünkben így értük el, hogy a szerelde léghálózata ma a korábbi áramköltség negyedével, a forgácsoló üzemé pedig a felével dolgozik. Ebben az anyagban megmutatjuk, hogyan értük el mindezt.

Mit talál az anyagban?

- 1. Hogyan épül fel egy léghálózat?
- 2. Hol folyik el a pénz? (áttekintés)
- 3. A kompresszor: melyik gép mikor éri meg?
- 4. Tiszta levegő: miért nem spórolható meg a szárítás és a szűrés?
- 5. Mennyibe kerül a szivárgás?
- 6. Mérje meg, mielőtt keres!
- 7. A csőhálózat: anyagválasztás és csere leállítás nélkül.
- 8. Csövek és csatlakozók a gépig.
- 9. Gyors megtakarítások, amelyeket már ma elkezdhet megvalósítani.
- 10. Miben tudunk segíteni?

1. Hogyan épül fel egy léghálózat?

A levegő hosszú utat tesz meg, mire munkát végez. Minden állomás vagy védi, vagy rontja a hatékonyságot:

- **Szívóoldali légszűrő:** már a kompresszor beszívási pontnál megfogja a por és a szilárd szennyeződés nagy részét.
- **Kompresszor:** a rendszer szíve, és egyben a legnagyobb áramfogyasztója. Ma az iparban a csavarkompresszor a legelterjedtebb, de a dugattyús is gyakori.
- **Szárító és rendszerszűrők:** a sűrítés után a levegőből víz válik ki, és a kompresszorból olaj is kerülhet bele. Ezeket itt, a forrásnál kell eltávolítani, mert ha továbbjutnak, az egész hálózatot és minden gépet károsítanak: a víz acélcsőben rozsdát okoz, kimossa a kenőanyagot a szelepekből és munkahengerekből, télen a hideg szakaszokban megfagyhat, az olaj és a rozsdá pedig eltömíti a szűrőket és a szelepeket, és a termékre is kerülhet. A részletek a 4. fejezetben.
- **Légtartály kondenzlevezetővel:** puffer a fogyasztási csúcsokra, és itt gyűlik össze a kicsapódó víz egy része.
- **Léghálózat:** a gerincvezeték és a leágazások viszik a levegőt a felhasználás helyére. A jó kialakítás egyszerre üzembiztonság és energiamegtakarítás.
- **Helyi levegő-előkészítő a gépeknél:** szűrő, nyomásszabályzó, szükség esetén olajozó, mert minden gépnek más nyomás és tisztaság kell.
- **Csővek, csatlakozók és a fogyasztók:** szelepek, munkahengerek, szerszámok. Itt végződik az út, és itt keletkezik a szivárgások nagy része.

Ha mélyebben érdekli az egyes elemek működése, a Hafner Tudástár pneumatika-oktatásának 2. fejezete részletesen bemutatja: <https://hafner-pneumatika.com/tudastar/pneumatika-oktatas/2.fejezet>

2. Hol folyik el a pénz?

Hat jellemző helyen, és a legtöbb üzemben egyszerre több is jelen van:

- **Rosszul megválasztott kompresszor:** túl nagy, túl régi vagy rosszul vezérelt gép, amely üresjáratban is sok áramot vesz fel.
- **Szivárgás:** a hálózat éjjel-nappal fogyaszt, akkor is, amikor nincs gyártás.
- **Szennyezett vagy nedves levegő:** a víz, az olaj és a por tönkreteszi a szelepeket és a munkahengereket, acélcsőben rozsdát okoz.
- **Eltömődött szűrők, alulméretezett csövek:** nyomáscsökkenést okoznak. Ezt rendszerint a kompresszor nyomásának emelésével „javítják”, ami így több áramot fogyaszt.
- **Előregedett csőhálózat:** a régi szénacél cső belül korrodál, a rozsdá szennyez, és előbb-utóbb szivárgáshoz vezet.
- **Indokolatlan felhasználás:** nyitva hagyott fúvatás, levegővel söprögetés, nem használt gépcsoportok, amelyek nyomás alatt maradnak, és szivároghatnak.

3. A kompresszor: melyik gép mikor éri meg?

A kompresszor ára a teljes életciklus-költség kisebbik része; a nagyobbik az áram, amit tíz-tizenöt év alatt elfogyaszt. A gépválasztás ezért nem beszerzési, hanem üzemeltetési döntés.

Típus	Mire való	Erőssége	Gyengéje
Dugattyús kompresszor	Szakaszos üzem, kisebb levegőigény, jellemzően 11 kW-ig	Egyszerű, könnyen karbantartható, részterhelésen jó hatásfokú	Jellemzően az idő legfeljebb felében jár, teljes terhelésen rosszabb a hatásfoka.
Fix fordulató csavarkompresszor	Folyamatos, egyenletes levegőigény, kb. 7,5 kW felett	Folyamatos üzemre készült, teljes terhelésen hatékony	Üresjáratban a teljes teljesítmény 15-35 százalékát veszi fel, miközben levegőt nem ad.
Fordulatszám-szabályozott csavarkompresszor	Változó levegőigény	Csak annyi levegőt termel, amennyi kell	Magasabb beruházási költség; állandó, magas terhelésnél nem takarít meg.

A fordulatszám-szabályozás nem minden esetben nyer. Alacsony vagy erősen ingadozó légigénynél jelentős megtakarítást hoz: nálunk a két kompresszorcsere 30, illetve 50 százalékot. Ha viszont a kompresszor egész nap közel teljes terheléssel jár, a frekvenciaváltó saját vesztesége miatt kicsit többet fogyaszt, mint egy jó fix fordulató gép. Állandó, magas terhelésről akkor beszélünk, ha a gép a munkaidő szinte egészében közel a teljes teljesítményén termel, és a levegőigény alig ingadozik, például egy három műszakban, egyenletesen dolgozó gyártósornál. Ilyenkor a fordulatszám-szabályozásnak nincs mit visszavennie, a frekvenciaváltó saját vesztesége viszont megmarad. A tanulság: előbb mérje meg a levegőigényt, és csak utána válasszon gépet.

A régi gépek többbe kerülnek, mint gondolná. Sok régebbi csavarkompresszort csak a szívószelep fojtásával szabályoznak. Az ilyen, tehermentesítés nélküli gép a szakmai forrás szerint akkor is a teljes teljesítmény kb. 70 százalékát veszi fel, amikor a levegőleadása már nullára csökkent. A régi dugattyús gépeknél pedig a dugattyúgyűrűk kopásával egyre több olaj jut a levegőbe.

Mekkora a megtakarítás? Egy, az Európai Bizottság számára készült tanulmány szerint az alábbi intézkedések a rendszerek jelentős részénél alkalmazhatók:

Intézkedés	Hány rendszernél alkalmazható	Átlagos energiamegtakarítás ott
A kompresszor korszerűsítése	kb. 30 százalék	kb. 7 százalék
Fordulatszám-szabályozás	kb. 25 százalék	kb. 15 százalék
Korszerű vezérlés	kb. 20 százalék	kb. 12 százalék
A szivárgás csökkentése	kb. 80 százalék	kb. 20 százalék

A tanulmány ezekből és további kilenc intézkedésből számolja ki, hogy az EU sűrítettlevegő-rendszereinek energiafelhasználása átlagosan kb. 33 százalékkal csökkenthető lenne. Ez átlag: benne vannak azok az üzemek is, ahol egy-egy intézkedés nem alkalmazható. Ahol több lépés is megtehető, ott a megtakarítás ennél jóval

nagyobb lehet. **A saját két kompresszorcserénk:** a szereldében egy régi, 10 bar-os dugattyús gépet cseréltünk fordulatszám-szabályozott csavarkompresszorra, ez önmagában kb. 50 százalékkal csökkentette az áramfogyasztást. A forgácsolóban egy régi, fix fordulatu csavarkompresszor helyére került fordulatszám-szabályozott: ez kb. 30 százalékot hozott.

Egy gyártói esettanulmányban egy 20 éves, 90 kW-os gép helyére állított új, 75 kW-os gép több levegőt ad, és évente közel 12 százalékkal kevesebb áramot fogyaszt.

4. Tiszta levegő: miért nem spórolható meg a szárítás és a szűrés?

A kompresszor olyan, mint egy óriási porszívó: beszívja a környezet minden szennyeződését, a sűrítéssel koncentrálja, és ha nincs megfelelő előkészítés, egyenesen a hálózatba küldi.

Honnan jön a szennyeződés?

- **A beszívott levegőből:** por, korom, a közlekedésből és az iparból származó olajgőz. Ipari csarnokban, ahol hűtő-kenő folyadékot használnak, a levegő olajtartalma a 10 mg/m^3 -t is messze meghaladhatja.
- **A párából:** a levegő mindig tartalmaz vizet, ami a sűrítés utáni lehűléskor kicsapódik. Egy példa a tananyagunkból: egy percenként 10 m^3 levegőt beszívó csavarkompresszornál, 20°C -on és 60 százalékos páratartalomnál egy nyolcórás műszak alatt közel 31 liter víz keletkezik. Ennek a víznek nem a gépekben a helye.
- **A kompresszorból:** az olajkenésű kompresszor levegője kisebb-nagyobb mértékben olajos.
- **A csőhálózatról:** acélcsőben a víz rozsdát okoz, ami újabb szennyeződés.

Mit hova tegyen?

- **Közvetlenül a kompresszor után,** ebben a sorrendben: utóhűtő és vízleválasztó, puffertartály, szárító, szűrők, és ideális esetben egy második tartály a szárító után. Itt a legolcsóbb megfogni a vizet, az olajat és a port, mielőtt az egész hálózatban szétterjed. A szárítatlan levegőből a hidegebb csőszakaszokban tovább csapódik ki a víz, ami korrózióhoz és a gépeknél szennyeződéshez vezet.
- **Központilag csak a szükséges minimumot:** a brit sűrítettlevegő-szövetség (BCAS) ajánlása szerint az összes levegőt elég a legalacsonyabb elfogadható szintre tisztítani, és a különösen tiszta levegőt igénylő helyeken helyben finomítani. A túlszűrés nyomásesést, vagyis felesleges áramot jelent. Saját példánk: kompresszor bekapcsolásának a határértékét visszavettük 10,5 bar-ról 10,2 bar-ra (a hálózat legtávolabbi pontján mérve).
- **A gépeknél:** helyi szűrő és nyomásszabályzó, mert a csőhálózatban is keletkezhet szennyeződés, és minden gépnek más szűrési finomság és nyomás kell.

A kondenzlevezető: a csendes szivárgás. A kézi szelepet gyakran résnyire nyitva hagyják, az időzített levezető pedig akkor is levegőt fúj ki, ha nincs mit leereszteni. A svájci energiaügyi hivatal útmutatója szerint minden időzített levezetőt érdemes szintérzékelőre cserélni. Ne feledje: a szárítóban és a kompresszorban is van levezető, sokszor eldugva.

Három tévhit, amely sokba kerül:

- **„A hálózati szűrő majd kiszárítja.”** Nem. Az általános szűrők csak a szilárd szennyeződést és a cseppekben összegyűlt vizet fogják meg, a levegőben lévő párát nem. Ehhez szárító kell.
- **„Olajmentes kompresszor, tehát olajmentes levegő.”** Nem feltétlenül. A beszívott levegő is lehet olajos, és a csapágyak kenését is csak tömítés választja el a sűrítőtértől.

- „Az eltömődött szűrő legalább jobban véd.” Éppen ellenkezőleg: nyomáscsökkenést okoz, és ezt Ön árammal fizeti meg. Nyomáskülönbség-jelzővel látható, mikor kell cserélni a betétet.

Mennyire tiszta levegő kell? Az ISO 8573-1 szabvány osztályokba sorolja a levegő tisztaságát szilárd részecske, víz és olaj szerint. Általános pneumatikus alkalmazásokra a 7:4:4 osztály javasolt, élelmiszer- és gyógyszeripari felhasználásra ennél jóval szigorúbb.

A levegő-előkészítés alapjait és az előkészítő egységeket a Hafner Tudástár 9. és 10. fejezete mutatja be részletesen:

<https://hafner-pneumatika.com/tudastar/pneumatika-oktatas/9.fejezet>

és

<https://hafner-pneumatika.com/tudastar/pneumatika-oktatas/10.fejezet>

5. Mennyibe kerül a szivárgás?

Nagy valószínűséggel többbe, mint gondolná. A német Fraunhofer-intézet mérései (53 üzemi elemzés) és a gyakorlati tapasztalat szerint a szivárgás jellemzően a megtermelt levegő 15-70 százaléka; reális cél a 10 százalék vagy kevesebb. A kompresszorgyártók átlagosan egynegyed, illetve legfeljebb 30 százalék körüli veszteséget írnak. Munkaidőn kívül, amikor minden gép áll, a kompresszor által termelt levegő gyakorlatilag 100 százalékban a szivárgásra megy.

A szivárgás nem szűnik meg a műszak végén. Amíg a hálózat nyomás alatt van, állásidőben is ugyanannyi levegő szökik el, mint gyártás közben. Ezért a költségét napra érdemes számolni, nem műszakra.

Mennyi ez forintban? 6 bar nyomáson, a mai magyar ipari áramárral (kb. 81 Ft/kWh, ÁFA nélkül), folyamatosan nyomás alatt tartott hálózatban:

Elszökő levegő (6 bar)	Elfogyasztott áram naponta	Költség naponta	Költség évente
kb. 4 m ³ /óra	kb. 10 kWh	kb. 800 Ft	kb. 280 ezer Ft
kb. 35 m ³ /óra	kb. 84 kWh	kb. 6 800 Ft	kb. 2,5 millió Ft
kb. 97 m ³ /óra	kb. 230 kWh	kb. 19 ezer Ft	kb. 6,9 millió Ft
kb. 390 m ³ /óra	kb. 930 kWh	kb. 76 ezer Ft	kb. 27,6 millió Ft

A táblázat a Fraunhofer-intézet levegővesztesség-adatain alapul (a CompAir kiadványa szerint), a forintértékek saját számításunk. Egy közepes üzemben a sok apró szivárgás együtt könnyen eléri a második sor értékét: évi 2,5 millió forintot, ami könnyen elkerülhető veszteség.

Kevesebb csak akkor fog, ha a gyártás végén a hálózatot vagy a kompresszort ténylegesen lezárják. Amelyik kört nem használják, azt le kell zárni. Ha ez nem megoldható, mert a folyamatosan dolgozó gépek nincsenek külön körön, érdemes nekik külön kört kiépíteni, a többi gép léghálózatát pedig lezárni, amikor nincsenek használatban.

A SAJÁT TAPASZTALATUNK: AKÁR NEGYEDANNYI ÁRAM IS ELÉG! Hétvégén, amikor a gépek és a robotok le voltak kapcsolva, az áramfogyasztásunk akkor is szabályos fűrészfogas görbét rajzolt. Kiderült, hogy a kompresszorok bekapcsolva maradtak, és folyamatosan töltötték vissza a tartályt: a hálózat szivárgását pótolták, a mi pénzünkön. Ezután a két légkörünkön lépésről lépésre haladtunk.

Szerelde, 10 bar. A régi dugattyús kompresszort fordulatszám-szabályozott csavarra cseréltük: ez kb. 50 százalékkal csökkentette az áramfogyasztást. Utána a megmaradt fogyasztást is megfeleztük. Felújítottuk a léghálózatot, hogy műszak közben se szökjön a levegő. Az üzemi nyomást 10,5-ről 10,2 bar-ra csökkentettük, miután üzem közben a hálózat legtávolabbi pontján ellenőriztük, hogy az elvárt legalább 10,2 bar ott is megvan. A kompresszor ma automatikusan kapcsol: a műszak kezdete előtt 10 perccel be, a vége után 10 perccel ki, így műszakon kívül a teljes rendszer le van kapcsolva. A szivárgás jellemzően a gyorscsatlakozóknál volt, a gerincvezetéken és a gépeknél. A gépeknél a munkasztalokra szerelt főelzáró gondoskodik arról, hogy amikor nem dolgoznak, ne is szivároghassanak; a következő lépés a gépek felülvizsgálata, hogy üzem közben se szivároghassanak. Az eredmény: a szerelde léghálózata ma kb. negyedannyi áramot fogyaszt, mint a régi rendszer.

Forgácsoló, 6 bar. A régi, fix fordulátú csavarkompresszor fordulatszám-szabályozottra cserélése kb. 30 százalékos hozott, a korszerűbb vezérlés további kb. 10 százalékos. A hálózatot két körre bontottuk: az egyik a folyamatosan dolgozó robotos gépeket látja el, a másik az egy-két műszakban futó gépeket. Ez utóbbit műszak végén elzárjuk, ami újabb kb. 10 százalékos hozott. A következő lépés a robotos kör: ha ott is lekapcsolunk mindent, amikor egy gép éjszaka kifogy a munkából, további kb. 15-20 százalékos várunk.

6. Mérje meg, mielőtt keres!

Két külön kérdés van: mennyi levegő szökik el, és hol. Előbb a „mennyit” mérje meg, mert ez mondja meg, megéri-e egyáltalán keresni. Ezt a saját bőrünkön tanultuk meg: szivárgáskeresővel kezdtük, és csak a mérés mutatta meg, valójában mekkora a tét.

Mennyi szökik el?

- **Kompresszorfigyelés álló termelésnél:** amikor nincs fogyasztó, figyelje meg, milyen gyakran és mennyi ideig jár terhelve a kompresszor. Ilyenkor minden indulás a szivárgást pótolja. A terhelt és az üresjáratidő arányából a szivárgás százaléka kiszámolható. A svájci útmutató szerint gyanús, ha a kompresszor munkaidőn kívül az idő több mint 10 százalékában jár: éjszakánként (18 és 6 óra között) 1,2 óránál, egy hétvégén (péntek 18-tól hétfő 6-ig) 6 óránál többet.
- **Nyomásmérés:** tölts fel a tartályt, állítsa le a kompresszort, és mérje, mennyi idő alatt esik 1-2 bart a nyomás. Ehhez csak óra és nyomásmérő kell, valamint a tartály és a hálózat térfogata.
- **Légáram-mérő a kompresszor után:** közvetlenül mutatja, mennyi levegő megy ki a hálózatba, gyártás közben és álló üzemben is.
- **Áramfogyasztás-mérés:** áramváltós, távolról lekérdezhető okos fogyasztásmérő a kompresszor betáplálására. Ha mellé rögzíti az üzemmenetet (mikor van gyártás, mikor nincs), a veszteség jól kiszűrhető.
- **Szakaszonkénti mérés:** a hálózat szakaszait, gépcsoportjait sorban elzárva, vagy szakaszonként beépített mérőkkel kiderül, melyik rész fogyaszt indokolatlanul.
- **Becslés a szivárgási helyekből:** a megtalált szivárgások számából és méretéből a veszteség felülről becsülhető.

Hol szökik?

- **Bejárás hallás alapján:** ha minden fogyasztó áll, sok szivárgás már fülre is hallható. Zajos, folyamatosan működő üzemben ez nem működik.
- **Ultrahangos szivárgáskereső:** a szivárgás magas frekvenciájú sziszegését érzékeli, gyártás közben is. A szakmai ajánlás szerint ez a leghatékonyabb kereső módszer. Egy figyelmeztetés a saját tapasztalatunkból: egy általunk kipróbált készülék jól indult, de a mérések során egyre kevésbé voltunk biztosak abban, mennyire hiteles. A kereső megmutatja, hol szökik a levegő; hogy mennyi, azt a fenti mérések mondják meg.
- **Akusztikus kamera:** mikrofonnal a kamera képén jelöli meg a szivárgás helyét, néhány méterről is, így nagyobb területet gyorsan át lehet vizsgálni vele.
- **Szappanos víz vagy szivárgáskereső spray:** megbízható, de lassú; kisebb rendszereknél és szelepszigetekenél hasznos.

Két tapasztalat, amelyet érdemes szem előtt tartani: a szivárgás hangereje semmit nem mond arról, mennyi levegő vész el, és a szivárgások nagy része a hálózat utolsó harmadában, a felhasználási pontok közelében van, nem a gerincvezetéken.

Az amerikai energiaügyi minisztérium ajánlása szerint a mérést érdemes negyedévente megismételni (a svájci útmutató legalább évente egyszer javasolja), a talált szivárgásokat megjelölni (nem hallható, hallható, azonnali beavatkozást igénylő), kijavítani, és a javítás után újra mérni.

Még jobb: ha a rendszer magától figyel. A légáram-mérők és fogyasztásmérők nagy része ma már wifis, és automatikusan gyűjti az adatot. Ha ezek egy felületre kerülnek, a kompresszor folyamatos felügyelet alatt áll. Elég beállítani a munkanapok műszakidejét: ha a fogyasztás ezen kívül vagy a megszokottnál nagyobb, a rendszer riaszt, és akkor érdemes szivárgást keresni. Ez ma már kis költséggel megoldható, és ha automatikus, senkinek nem kell ellenőrizgetnie. A Fraunhofer-intézet vezette svájci hatékonysági program tájékoztatója is ezt javasolja: a több kompresszort összehangoló vezérlők gyakran képesek hétvégeként automatikusan kimérni a szivárgást, és figyelmeztetnek, ha az egy határt átlép. Érdemes megnézni, a saját vezérlője tud-e ilyet.

7. A csőhálózat: anyagválasztás és csere leállás nélkül

A régi hálózatok jellemzően szénacélból készültek. Ha a rendszerbe víz kerül, például egy meghibásodott hűtveszárló miatt, a szénacél cső belsejében a kiszáradás után rozsda jelenik meg. A rozsda szennyezi a levegőt, eltömíti a szűrőket és a szelepeket, és idővel szivárgáshoz vezet. A csőhálózat tehát nem csak szállítja a levegőt, hanem a minőségét is meghatározza.

Az anyag ára csak a számla egyik fele. Egy független összehasonlítás szerint a fekete acélcső szerelési költségének kb. háromnegyede munkadíj, az alumíniumnál kb. egyötöde. A régi, kenderrel tömített menetes hálózatok különösen szivárgásveszélyesek, mert a tömítőpaszta idővel kiszárad.

PVC csövet sűrített levegőre soha. Az amerikai munkavédelmi hatóság (OSHA) 1988-ban figyelmeztetést adott ki, miután egy szétrepedt PVC-vezeték sérülést okozott; a figyelmeztetéshez csatolt 1989-es hatósági levél szerint PVC cső nem szállíthat sűrített levegőt. A gyártók is erre figyelmeztetnek: a cső nyomás alatt szétrepedhet, és a szilánkok sérülést okoznak.

Alumínium: telepíti, és elfelejtheti. Tapasztalataink szerint az alumínium hálózat gyorsan szerelhető és megbízható; ha nem éri külső behatás, telepítés után gyakorlatilag gondozásmentes. Az általunk kivitelezett alumínium léghálózatra 10 év garanciát vállalunk.

Okos leágazások, kímélt gépek. A gépekhez és szerszámokhoz menő leágazások csatlakozóit úgy alakítjuk ki, hogy az esetleges kondenzvíz ne a géphez, szerszámhoz jusson, hanem továbbhaladjon a gerincvezetéken, és a végén leengedhető legyen. Ez a gépeket és a szerszámokat is kíméli.

A csere nem jár leállással. A saját hálózatunkat normál üzem mellett építettük át: a csöveket forgácsmentes csővágóval vágtuk, a rögzítések furataihoz beépített porelszívós akkumulátoros fúrókalapácsot használtunk. A termelésben így sem fennakadás, sem kosz nem keletkezett.

Csőanyag	Előny	Hátrány
Fekete (szén)acél	Olcsó anyag	Belül rozsdásodik, az egész hálózat szennyezőforrása lesz; a durva belső fal nyomásesést okoz; munkaigényes szerelés
Horganyzott acél	Némi korrózióvédelem	A bevonat idővel lepereg, a kötéseknel rozsdásodhat; menetvágás, szakszerelő kell
Rozsdamentes acél	Nem korrodál, jó levegőminőség	Drága anyag, munkaigényes (hegesztett) szerelés
Réz	Nem rozsdásodik, tiszta levegő	Drága; minőségi forrasztás és nyílt láng kell a szereléshez
Alumínium	Nem korrodál, könnyű, sima belső fal (kisebb nyomásesés), menetvágás és hegesztés nélkül szerelhető	Az anyag drágább, de a szerelés jóval kevesebb munka
Sűrített levegőre gyártott műanyag (pl. ABS)	Nem korrodál, könnyű	Csak a gyártó nyomás- és hőmérséklet-határain belül; egy meghibásodott utóhűtő forró levegője kárt tehet benne
PVC	Olcsó	Sűrített levegőre TILOS: nyomás alatt szilánkosan reped

8. Csövek és csatlakozók a gépig

Az utolsó néhány méter dönti el, mennyi levegő ér célba. A gerincvezetékől a gépig pneumatikus csövek és csatlakozók viszik a levegőt, és ezek a tipikus szivárgási helyek. A minőségük és a helyes szerelésük ezért közvetlenül pénzt jelent.

Csatlakozók:

- **Dugaszolható csatlakozó:** a legelterjedtebb; a csövet csak be kell dugni, szerszám nélkül szerelhető és oldható. A tömítés a cső külső felületén jön létre, ezért a cső külső mérete és a derékszögű vágás a döntő.
- **Hollanderes csatlakozó:** hőálló, nyomásálló, és a cső alakzárással rögzül, ezért erősebb igénybevételnél is biztosan tart.
- **Vágógyűrűs csatlakozó:** merev falú, jellemzően réz- és acélcsövekhez; alkalmazása egyre inkább háttérbe szorul.

- **Önzáró gyorscsatlakozó:** szerszámokhoz, levegőpisztolyokhoz, tömlőkhöz. Oldáskor a beépített visszacsapó szelep elzárja a levegőt, a biztonsági kivitelt pedig oldás előtt leszellőzteti a kuplungot. Az európai (DN 7,2) és a Mignon (DN 5) profil szabványos, így más gyártók azonos profilú elemeivel is kompatibilis.

Csővek:

Anyag	Hőmérséklet	Üzemi nyomás	Jellemző felhasználás
Poliuretán (PU)	-35 ... +60 °C	-0,95 ... 10 bar	Rugalmas, kis hajlítási sugárral szerelhető
Poliamid (PA)	-60 ... +100 °C	-0,95 ... 44 bar	Nagyobb nyomásra, hőmérsékletre, mechanikai terhelésre
Polietilén (PE)	-30 ... +60 °C	-0,95 ... 10 bar	Tisztító- és kenőanyagoknak, vegyszereknek ellenáll
Teflon (PTFE)	-200 ... +260 °C	-0,95 ... 20 bar	Vegyszerekhez, szélsőséges hőmérsékletre

A megengedett üzemi nyomás a hőmérséklettől függ, ezért a csövet mindig a környezethez kell választani.

A csatlakozástechnika részleteit a Hafner Tudástár 13. fejezete foglalja össze:

<https://hafner-pneumatika.com/tudastar/pneumatika-oktatas/13.fejezet>

9. Gyors megtakarítások, amelyeket holnap elkezdhet

Ezekhez nem kell beruházás, csak figyelem:

- **Kapcsolja le a kompresszort,** amikor nincs gyártás, vagy állítsa be időzítővel.
- **Zárja el a hálózatot** vagy a nem használt szakaszokat munkaidőn kívül: a szivárgás így teljesen megszüntethető.
- **Mérje meg a szivárgást** álló termelés mellett, és ismételje negyedévente, vagy figyelje folyamatosan.
- **Javítsa a tipikus szivárgási helyeket:** csatlakozók, tömlők, bilincsek, nyitva felejtett kondenzlevezetők.
- **Cserélje az időzített kondenzlevezetőket** szintérezékelőkre.
- **Csökkentse a nyomást** munkaidőn kívül, ha a hálózatot nem lehet lezárni.
- **Cserélje időben a szűrőbetéteket,** lehetőleg nyomáskülönbség-jelző alapján.
- **Szakaszolja a hálózatot:** a nem használt munkaasztalok és gépcsoportok ne kapjanak levegőt.
- **Állítsa a nyomást** a gépeknél arra az értékre, amelyre ténylegesen szükség van.

És ha egy lépéssel tovább menne:

- **Régi szénacél hálózatnál** mérje fel, hol érdemes korrózióálló anyagra, például alumíniumra váltani.
- **Régi kompresszornál** mérje meg az áramfelvételt, és hasonlítsa össze egy új kompresszoréval, ugyanannyi előállított levegőre vetítve (az új gépnél ezt az adatlapon a fajlagos teljesítmény adja meg, kW per m³/perc). Ebből könnyen kiszámolható az új gép megtérülése, ami sokszor meglepően rövid idő – nálunk kevesebb, mint 3 év volt mindkét esetben.

10. Miben tudunk segíteni?

- **Tervezés és méretezés:** a műszakilag megfelelő elemek kiválasztása a kompresszortól a gépig.
- **Minden egy kézből:** a kompresszor és a szárító utáni teljes rendszer, csőhálózat, levegő-előkészítés, csövek és csatlakozók. Forgalmazott termékeink megtalálhatóak a Webshopunkban. Amennyiben kompresszort is cserélné, összekötjük erre szakosodott, megbízható partnereinkkel.

Amennyiben további kérdése van, keressen minket bátran.

<https://hafner-pneumatika.com/kapcsolat/>

Források

- Fraunhofer ISI / Effiziente Druckluft Schweiz: Infoblatt Druckluftleckagen, 2006 (szivárgási arány, 53 üzemi elemzés, mérési módszerek, automatikus hétvégi mérés, a szivárgás helye): <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/3031>
- EnergieSchweiz (svájci energiaügyi hivatal): Leitfaden Druckluft-Optimierung, 2015 (éjszakai és hétvégi futásidő mint jelzés, kondenzlevezetők, kenderrel tömített hálózat): <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/8661>
- EnergieSchweiz: Betriebsoptimierung Druckluft: Lecks abdichten, 2021 (hallás alapján bejárás, hangerő és szivárgás, szivárgáskereső): <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/9969>
- VHK az Európai Bizottság számára: Ecodesign Preparatory Study ENER Lot 31 (kompresszorok), Task 1-5, 2014, 49. táblázat: https://www.eco-compressors.eu/downloads/FINAL_REPORT_Lot31_Task1-5_20140603.pdf
- Task 6-7-8, 2014 (a dugattyús kompresszorok jellemző teljesítménysávja, életciklus-költség; ezt a linket 2026-10-15-én ellenőriztük, ma a hálózati kapu miatt nem): https://www.eco-compressors.eu/downloads/FINAL_REPORT_Lot31_Task6-7-8%2020140603.pdf
- BCAS (British Compressed Air Society): 10% Taskforce Guide, 2024 (központi minimum-kezelés, helyi finomítás): https://taskforce10.bcas.org.uk/wp-content/uploads/2024/08/BCAS_Taskforce_Guide_REPRO_LOWRES_AUG24.pdf
- U.S. Department of Energy / Compressed Air Challenge: Fact Sheet #7 "Compressed Air System Leaks", 2026. május, Rev. 1 (szivárgási arányok, mérési módszerek, negyedéves mérés, a szivárgás tipikus helyei): https://www.compressedairchallenge.org/data/sites/1/media/library/factsheets2026/fact-sheet-7-compressed-air-system-leaks_updated2026.pdf
- U.S. Department of Energy: Improving Compressed Air System Performance: A Sourcebook for Industry, 3. kiadás (kompresszortípusok, üresjáratú teljesítmény, szivószelep-fojtásos szabályozás): <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/03/f30/Improving%20Compressed%20Air%20Sourcebook%20version%203.pdf>
- CompAir: "4 good reasons why you should treat compressed air leaks like a dripping tap", 2020 (levegővesztesség és energia nyílásméret szerint, forrás: Fraunhofer ISI): https://azure-na-assets.contentstack.com/v3/assets/blta76611689adb5848/bltf298628641651b07/67bf852c10be83023fc63e3f/gar_704494_flyer_leakage_wasserhahn_en_gbp_01.pdf
- Kaeser Kompressoren: Toolbox (átlagosan egynegyed szivárgás, gyártói állítás): <https://us.kaeser.com/compressed-air-resources/toolbox-calculators/>

- Atlas Copco esettanulmány (20 éves, 90 kW-os gép cseréje, gyártói állítás): <https://www.atlascopco.com/en-us/compressors/customerbenefit/energy-savings-metal-processing>
- Atlas Copco csőhálózati útmutatók: <https://www.atlascopco.com/en-ae/compressors/air-compressor-blog/how-to-choose-the-right-compressed-air-piping-system> , <https://www.atlascopco.com/en-ae/compressors/air-compressor-blog/dos-and-donts-of-compressed-air-piping> , <https://www.atlascopco.com/en-ph/compressors/air-compressor-blog/compressed-air-pipe>
- H. van Ormer csőanyag-összehasonlítása (EXAIR): <https://www.exair.com/knowledgebase/air-data/compressed-air-piping.html>
- Kaeser alumínium csőrendszer (forgalmazói oldal): <https://compressedairsystems.com/item/kaeser-products/aluminum-compressed-air-piping/73367>
- OSHA Hazard Information Bulletin, 1988. május 20., a csatolt 1989-es levéllel (PVC cső sűrített levegőre): <https://www.osha.gov/publications/hib19880520>
- Eurostat nrg_pc_205: magyar nem-háztartási villamosenergia-ár, 500-1999 MWh/év (IC) sáv, ÁFA nélkül, 2026. I. félév: 81,26 Ft/kWh: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_205/default/table
- Hafner Pneumatika Tudástár, pneumatika-oktatás, 2., 9., 10. és 13. fejezet: <https://hafner-pneumatika.com/tudastar/pneumatika-oktatas/>