

# Näkymättömät kiteet ja häiriöt regulaattorin toiminnassa

Laitesukellusvälineiden viat ja toimintahäiriöt ovat suhteellisen harvoin syynä sukeltamiseen liittyviin onnettomuuksiin ja kuolemantapauksiin. Silloin kun vikoja ilmenee, regulaattoreihin ja tasapainotusliivin (BC) täyttöpumppeihin liittyvät häiriöt<sup>1</sup> ovat yleisimpiä ja vaarallisimpia toimintahäiriöitä. Näin ollen äskettäin DANille toimitettu raportti regulaattorin toimintahäiriöstä ei välttämättä tullut yllätyksenä, mutta häiriön syy oli melko epätavallinen.

Onnettomuuteen joutunut sukeltaja selviytyi tässä tapauksessa tilanteesta oikein hyvin, eikä kukaan loukkaantunut. Kokematon tai hermostunut sukeltaja ei välttämättä kuitenkaan olisi ollut yhtä onnekas. Erityisen kummalliseksi tapauksen teki se, että vaikka sukeltajan sukelluspullo ei ollut tyhjä, kaasuvirta hidastui ja lakkasi sitten kokonaan, ikään kuin ilma olisi loppunut. Kun laitetta tutkittiin tarkemmin, tuloksena oli yllättävä havainto: suuri määrä keltaista, kiteytynyttä ainetta tukki annostimen sisäänvirtausaukon. Vaikuttaa siltä, että aine oli peräisin joitakin vuosia käytössä olleen letkun sisäpuolelta. Ulkoapäin katsottuna letkussa ei vaikuttanut olevan mitään normaalista poikkeavaa eikä minkäänlaisia merkkejä siitä, että siinä olisi jotakin vialla.



Kun sitten ryhdyimme etsimään ratkaisua tähän ongelmaan, havaitsimme, että kyseessä ei ollutkaan mikään yksittäistapaus. Vastaavanlaisesta tapauksesta oli raportoitu esimerkiksi eräässä tekniikasukellusblogissa<sup>2</sup>. Samoin tällaisista tapauksista ilmoittivat sekä letkujen valmistajat että sukellusvälineiden huoltoliikkeet sellaisilta alueilta, joilla sukellus on suosittua. Vaikka kukaan ei olekaan raportoinut näihin tilanteisiin liittyvistä onnettomuuksista, sai tämä löytö aikaan sen, että asiaan alettiin tutkia laajemmin maailmanlaajuisesti.

Kun johtavaan letkuvalmistajaan oltiin yhteydessä, hän antoi seuraavan ohjeen: letkut eivät kestä ikuisuuksia, ja erityisesti punotut letkut tulisi vaihtaa joka viides vuosi. Vaihto tulee tehdä vieläkin

useammin, jos näkyvissä on selvä hiertymä tai letkut ovat olleet erityisen pitkään alttiina tropiikin auringolle. Jotkut letkut ovat lisäksi jäljitelmiä, vaikka niitä myydäänkin hyvämaineisten letkuvalmistajien tuotemerkkejä hyödyntäen.

Eräs innokas sukeltaja, joka toimii asiantuntijainsinöörinä yksityisessä yrityksessä Yhdysvalloissa, tarjoutui suorittamaan perusteellisen testin punotuille matalapaineletkuille. Kokeessaan hän altisti tietyn valikoiman letkuja nopeutetulle ikääntymiselle. Alustavan tuloksena oli, että ne letkut, joiden sisämateriaali oli termoplastista *polyesteri*-polyuretaania (polyesteri-TPU), vaurioituivat kokeen aikana. Tämä tulos vastaa niitä tuloksia, joita on saatu DANin kokoamissa, letkujen vikoihin liittyvissä raporteissa. Termoplastisesta *polyeetteri*-polyuretaanista (polyeetteri-TPU) valmistetut tai sillä vuoratut letkut säilyivät sen sijaan täysin ehjinä.

Tunnettu eurooppalainen punottujen letkujen valmistaja, joka on aina käyttänyt polyeetteri-TPU:ta, on vuodesta 2008 alkaen vaatinut materiaalitoimittajaansa sertifoimaan polyeetteri-TPU:sta valmistetut letkujen vuoraukset.



## Mikä aiheuttaa letkujen sisustan vaurioitumisen?

Hajoamistuote, joka on keltaista, kiteistä ainetta, on pehmeämpää kuin miltä se näyttää. Puristettaessa se tuntuu vahamaiselta. Hajoamisen aiheuttava reaktio on itse asiassa hydrolyysi, joka nimensä mukaisesti vaatii veden läsnäoloa. Korkea lämpötila nopeuttaa hajoamista eli polyesteri-TPU:n hydrolyysia. Letkun sisäpinnalla toistuvat jaksoittain kuumeneminen ja kylmeneminen, ja nämä prosessit edistävät kyseisten kiteiden muodostumista niissä materiaaleissa, jotka eivät sovellu tällaiseen käyttöön. Näin käy myös silloin, kun käytetty materiaali on joutunut altiksi tietyille kemikaaleille tai bakteereille. Aurinko lämmittää aluksi letkua, jonka jälkeen hengityskaasun virtaus jäädyttää letkun sisäosan pinnan uudelleen. Tämä tapahtumasarja toistuu jokaisella sukelluksella, ja näin kiteitä alkaa vähitellen muodostua. Kun kiteitä on kertynyt tarpeeksi, ne estävät kaasun virtauksen. Ne saattavat myös kulkeutua kohti annostinta, jolloin hengityslaitteen toiminta häiriintyy merkittävästi.



On vaikea määrittellä polyesteri-TPU-vuorauksen vaurioitumiseen kuluvaa aikaa, mutta saatavilla olevan tiedon mukaan letkut kestäisivät silloin paremmin, kun lämpötila on 30 °C ja ilmankosteus on korkea.

Laitteiden valmistajille on tiedotettu tästä ilmiöstä, ja he ovat perehtyneet huolellisesti nykyisten tavarantoimittajiensa tuotteisiin sekä kehittäneet materiaalien tarkastusmenetelmiä ja laadunvarmistusta.

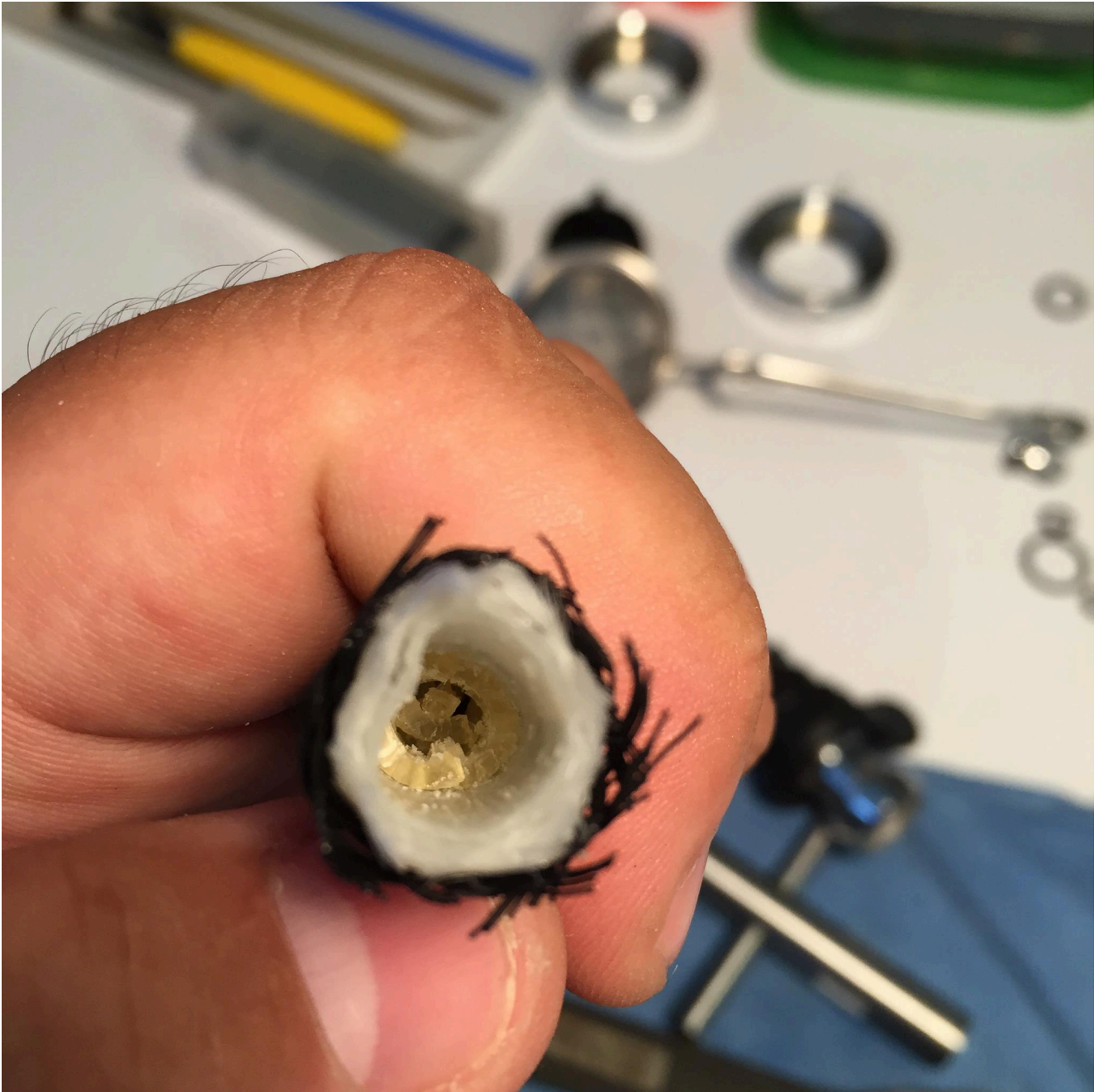
Regulaattorien letkuja koskeva vakioturvallisuussuositus on ollut se, että ne tulisi tarkastaa säännöllisesti ulkoisten kulumisjälkien havaitsemiseksi. Ulkopinnalla olevan kumisuojaus rikkoutuminen tai hiertyminen altistaa letkut lopulta repeämiselle paineistuksen tai myös käytön aikana. Kumiletkuissa tätä tapahtuu melko usein, ja juuri siksi punotut polymeeriletkut aikoinaan kehitettiin. Tähän liittyy kuitenkin uusi ongelma, sillä punottujen letkujen ulkopuoli saattaa näyttää täysin normaalilta ja joustavalta, eikä siinä havaita mitään tavallisesta poikkeavaa. Vaurioitunut sisäpinta jää kuitenkin kokonaan piiloon silloin kun letku tarkastetaan vain pikaisesti ulkopuolelta.



## DANin suositukset

Mielestämme on tärkeää neuvoa sukeltajia seuraavasti:

- Kaikkien regulaattorien letkujen, myös punottujen, käyttöaika on rajallinen riippumatta niiden ulkoisesta kunnosta tai siitä, onko niitä vahvistettu ja suojattu letkusuojuksilla tai punoksilla. Ne vialliset letkut, joita me olemme nähneet, ovat olleet yli viisi vuotta vanhoja.
- Letkua ostettaessa on tarpeen selvittää sisävuorauksen koostumus. Sen tulee olla polyeetteri-TPU:ta, ei siis polyesteri-TPU:ta. Jos olet asiasta epävarma, älä osta letkua. Osta letkut ja muut elintoimintojen ylläpidon kannalta tärkeät tuotteet tunnetuilta valmistajilta, jotka ilmoittavat selkeästi, mitä materiaalia vuorauksissa on käytetty.
- Jos havaittavissa on merkkejä kaasuvirtauksen heikkenemisestä, sukeltajan tulee välittömästi keskeyttää regulaattorin käyttäminen. Erityisesti tämä koskee uudempia letkuja. Regulaattori ja letku on tarkastettava huolellisesti, ja jos vika ei ole regulaattorissa, on syytä epäillä letkun kuntoa.
- Tutki letkujen fyysinen kunto puristamalla niitä noin 2,5 senttimetrin välein voidaksesi arvioida, onko niiden joustavuus koko matkalta samalla tasolla. Kaikki puristamisen aikana havaitut vastuksen muutokset koko letkun pituudelta voivat olla merkkejä mahdollisesta ongelmasta. Tämä testaus on paljon helpompi tehdä punotuille letkuille kuin kovemmille, kumilla päällystetyille letkuille.



Pyydämme kaikkia niitä sukeltajia lähettämään sähköpostia DANille, jotka ovat havainneet letkujen sisäpuolen vaurioitumista. Osoite on [communications@daneurope.org](mailto:communications@daneurope.org). Toivomme, että voitte liittää mukaan kuvia, joista näkyy kyseisen letkun kunto. Näin saamme koottua mahdollisimman paljon aiheeseen liittyvää materiaalia ja meillä on mahdollisuus oppia lisää tästä ilmiöstä. Haluamme myös jakaa aiheeseen liittyviä varoituksia ja neuvoja sekä levittää uutta tietoa asiasta koko sukellusyhteisölle.

---

## Lähdeviitteet

1. Vann R, Lang M. Recreational diving fatalities. Undersea Hyperb Med 2011; 38(4): 257-60.
2. Davis A. [Nylon-braided regulator hose diving emergency](#). Scuba Tech Philippines. 22. heinäkuuta 2015. Saatavilla 7. joulukuuta 2016.