



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Julia Karhula

Lockout/tagout-lukitustavan valinta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kemiantekniikka

Insinöörityö

17.5.2021

Tekijä Otsikko	Julia Karhula Lockout/tagout-lukitustavan valinta
Sivumäärä Aika	35 sivua + 2 liitettä 17.5.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	kemiantekniikka
Ohjaajat	lehtori Timo Seuranen tekninen asiantuntija Matti Toikka, Oy Konwell Ab
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli perehtyä eri venttiililukitusmenetelmiin, ja selvittää mikä lukitus soveltuu parhaiten mihinkin tapaukseen. Työ toteutettiin kirjallisuusselvityksenä sekä hyödyntäen standardeja ja alan asiantuntijoiden haastatteluja. Lopuksi saatujen tietojen perusteella tehtiin vuokaavio, jota voidaan hyödyntää venttiililukituksen valinnassa. Insinööriyön toimeksiantajana oli Oy Konwell Ab.</p> <p>Insinööriyössä käytiin ensin läpi lockout/tagoutin perusidea sekä sen merkitys työtapaturmien estämisessä. Tämän jälkeen käytiin läpi erilaisia yleisesti käytettyjä lukitusmenetelmiä, ja perehdyttiin aiheeseen liittyviin standardeihin ja säädöksiin. Lopuksi standardeja sekä alan asiantuntijoiden haastatteluja apuna käyttäen määriteltiin, mihin tapauksiin mikäkin lukitus sopii parhaiten.</p> <p>Lukitukseen liittyvistä säädöksistä sekä asiantuntijoiden haastatteluista selvisi, että lukitusmenetelmän valintaan vaikuttaa moni asia, kuten haluttu turvallisuustaso ja se, halutaanko venttiilin olevan aina joko täysin auki tai kiinni. Lukitustapa saadaan valita melko vapaasti, kunhan harmonisoitujen standardien ehdot täyttyvät. Lainsäädäntö ohjaa vahvasti interlockien käyttöön esimerkiksi varolaitteissa. Onnettomuuden riski halutaan pitää aina mahdollisimman pienenä, minkä takia esimerkiksi Tukes suosittelee interlockin käyttöä aina kun se on mahdollista.</p> <p>Lopuksi tehtiin vuokaavio, joka avustaa venttiililukituksen valinnassa. Sen tekemisessä hyödynnettiin erilaisia lockout/tagoutiin liittyviä standardeja, asiantuntijoiden haastatteluja, sekä insinööriyön ohjaajilta saatua palautetta. Tavoitteena oli tehdä selkeä kaavio, jossa kysymykset on esitetty loogisessa järjestyksessä. Vuokaavio hahmoteltiin ensin käsin piirtämällä, ja lopullinen versio piirrettiin tietokoneella.</p>	
Avainsanat	lockout/tagout, lukkolaite, interlock, työturvallisuus

Author Title	Julia Karhula Choosing a Lockout/tagout Method
Number of Pages Date	35 pages + 2 appendices 17 May 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major	Chemical Engineering
Instructors	Timo Seuranen, Senior Lecturer Matti Toikka, Technical Expert, Oy Konwell Ab
<p>The purpose of this thesis was to research different valve locking methods, and to determine which lock is best suitable for which situation. The thesis was carried out as a literary study, but also standards and interviews with experts in the field were utilized. Based on the obtained information, a flow chart was made that can be used as a guideline when selecting a valve lock. This thesis was commissioned by Oy Konwell Ab.</p> <p>In the first part of the thesis the basic idea of lockout/tagout was explained, as well as its role in preventing accidents in the workplace. This was followed by a review of commonly used valve locking methods, and related standards and regulations. Finally, using standards and interviews with experts in the field, it was determined which locks are best suited for which occasion.</p> <p>The regulations related to lockout/tagout, as well as the interviews with experts, revealed that the choice of the locking method is influenced by many aspects, such as the desired safety level and the fact whether the valve should always be either fully open or closed. The locking method can be selected quite freely, as long as the conditions of the harmonized standards are met. However, the legislation strongly recommends the use of interlocks in safety devices, for example. The risk of an accident should always be kept to a minimum, which is why Tukes, for example, recommends using an interlock whenever possible.</p> <p>Finally, a flow chart was made that can be utilized in selecting a valve locking method. Various lockout/tagout related standards, interviews with experts and feedback from the instructors was used in making the flow chart. The aim was to make a clear diagram in which the questions are presented in a logical order. The flowchart was first sketched by hand, and the final version was drawn on a computer.</p>	
Keywords	lockout/tagout, locking device, interlock, work safety

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Taustatietoa	2
2.1	Oy Konwell Ab	2
2.2	Lockout/tagoutin historia	2
2.3	Yleisimmät venttiilityypit	3
3	Eri lukitusmekanismit	4
3.1	Car Seal	4
3.2	Riippulukko	5
3.3	ATL	8
3.4	Interlock	9
3.4.1	Rakenne	10
3.4.2	Edut	11
3.4.3	Avainkaapit ja käytettävyys	13
3.4.4	Erikoistapaukset	15
4	Lukitukseen liittyvät säädökset	18
4.1	EU-direktiivi 89/655	18
4.2	Valtioneuvoston asetus 403/2008	18
4.3	SFS-EN ISO 14118	19
4.4	OSHA	20
5	Turvalukituksen valinta	21
5.1	Car seal	23
5.2	Riippulukko	23
5.3	ATL	24
5.4	Interlock	25
5.5	Ei lukitusta ollenkaan	27
6	Vuokaavion tekeminen	27

7	Lockout/tagoutin tulevaisuus	28
8	Yhteenveto	29
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. Kaavio lukituksen valitsemiseen	
	Liite 2. Ohjeet vuokaavion käyttöön	

Lyhenteet

ATL	Anti-Tamper Lock. Yksittäisellä avaimella toimiva lukitus, joka on suunniteltu estämään venttiilin luvaton operointi.
EKC	Electronic Key Cabinet. Sähköinen avainkaappi, joka avainten säilyttämisen lisäksi antaa työntekijöille tietoa muun muassa lukituista prosesseista sekä avaimen tapahtumahistoriasta.
LOTO	Lockout/Tagout. Vaarallisen energian, esimerkiksi sähköisen, pneumaattisen, hydraulisen tai kemiallisen, hallintaa käyttämällä erilaisia lukituslaitteita (lockout), ja merkitsemällä ne tagout-lipukkeilla.
RFID	Radio-frequency identification. Radiotaajuustunnistus, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi avaimettomissa lukoissa.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on käydä läpi mahdollisia venttiilien lukitustapoja ja ottaa selvää, mihin tapauksiin mikäkin lukitustyyppi sopii parhaiten. Tarkoituksena on selvittää, löytyykö aiheesta standardeja tai direktiivejä, mitä viranomaiset kuten Tukes ovat ohjeistaneet lukkojen käytöstä, ja mitä mieltä laitokset sekä suunnittelijat ovat lukoista. Lopuksi laaditaan lockout/tagout-ohje, jossa määritetään, mihin kohteeseen tarvitaan mikäkin lukko vai tarvitaanko lukitusta ollenkaan. Insinööritö tehdään Oy Konwell Ab:lle.

Vaikka työturvallisuuden huomioimisella on viime vuosina onnistuttu vähentämään inhimillisten virheiden aiheuttamia tapaturmia, onnettomuuksia tapahtuu silti vuosittain. Kunnossapidon, korjauksen ja huollon työtehtävissä tapahtui 911 työtapaturmaa vuonna 2019 [1]. Onnettomuuksia tapahtuu usein prosessin ylös- tai alasajossa [2], ja yleisimpiä vaaranaiheuttajia ovat terävät esineet, kaatuminen, laitteen hallinnan menettäminen, sekä aineen valuminen tai purkautuminen [1].

Inhimillisiä operointivirheitä voi tapahtua esimerkiksi, kun aletaan huoltaa linjaa, jonka olisi tarkoitus olla paineeton. Tällöin pätee ”jäävuoiteoria”, eli onnettomuus aiheuttaa enemmän näkymättömiä kuin näkyviä haittoja. Jäävuooren huippu, eli ainoa näkyvä osa on siis suoraan onnettomuudesta johtuvat työtapaturmat sekä kulut. Suurin osa jäävuooresta on kuitenkin piilossa veden alla. Tämä osa sisältää paljon enemmän epäsuoria kuluja ja haittatekijöitä: korjaamiseen kulunut aika, sairauslomamaksut, tuotteen vahingoittuminen, prosessilaitteiston korjaamismaksut, tuotannon viivästyminen, onnettomuuden tutkinta-aika, ylityömaksut sekä maineen huonontuminen. [3.]

Yksinkertainen tapa estää tällaisia onnettomuuksia on lockout/tagout-järjestelmän käyttöönotto. Lockout/tagout-käsitteellä viitataan erilaisiin turvallisuusmenettelyihin, joilla pyritään minimoimaan inhimillisiä operointivirheitä ja näin estämään henkilövahinkoja. Lockout tarkoittaa energian syötön sulkemista erilaisilla lukitusmekanismeilla, ja tagout tämän sulkemisen merkitsemistä. Lockout/tagout-ohjelma on lähtöisin OSHA:lta (The Occupational Safety and Health Administration) Yhdysvalloista, ja sitä käytetään kansainvälisenä standardina onnettomuusriskien hallinnalle. [4.]

2 Taustatietoa

2.1 Oy Konwell Ab

Konwell on vuonna 1982 perustettu perheyritys, jonka toimialaan kuuluu teollisuusventtiilit, prosessiautomaation kenttälaitteet ja kokonaisratkaisut. Yritys toimittaa laajasti eri teollisuuden prosesseihin kuuluvia laitteita, minkä lisäksi Konwell tarjoaa myös teknisen konsultaation, asennus- ja huoltopalvelut sekä alan laite- ja prosessikoulutuksia. Konwellin toiminnan perustana ovat laadukkaat tuotteet, korkea tekninen tietotaito ja joustavuutta korostava palveluasenne. [5.]

Konwellilla on pääkonttori Helsingissä ja sivukonttorit Nokialla, Kuopiossa, Kouvolassa sekä Oulussa. Suomen lisäksi kohdealueena on Baltian maat, missä Virossa toimii tytäryhtiö. [6.] Yrityksen liikevaihto oli 18,7 miljoonaa euroa vuonna 2020 ja työntekijöiden määrä 34 [7].

2.2 Lockout/tagoutin historia

Modernin Interlock-lukituksen edeltäjä on Castell Safety International, joka perustettiin vuonna 1922. James Harry Castell patentoi Castell-lukitusjärjestelmän alun perin ihmisten suojelemiseksi sähkön käytön leviämisen aikana Lontoossa. [8.] Castell on vuodesta 1983 asti toimittanut LOTO-tuotteita [8], mutta näiden pienet avaimet eivät sovellu erityisen hyvin teollisuudessa käytettäviksi niiden vaikean operoinnin takia [9]. Smith Flow Control, brittiläinen venttiilien hallintalaitteisiin erikoistunut yritys, olikin ensimmäinen, joka vuonna 1985 kehitti sekvensseissä operoitavat lukitukset ja uudenlaiset helppokäyttöisemmät avaimet. Seuraavina vuosina seurasi nopeasti uusia innovaatioita, kuten sekvenssien ohjausyksikkö ja putkikaavinaseman ohjauspaneeli. Vuonna 1993 Netherlock Safety Systems esitteli oman venttiilien lukitustuotevalikoimansa. Myöhemmin tuotiin markkinoille lisää tuotteita, kuten solenoideilla kontrolloitu avainkaappi ja Smart key+ turvalukitteiden avaimille. Vuonna 2016 Smith Flow Control ja Netherlocks Safety Systems yhdistyivät Sofis-konserniksi. [10.]

2.3 Yleisimmät venttiilityypit

Venttiilin tarkoitus on säädellä virtausta sekä painetta prosessissa. Virtaus voi olla nestettä, kaasua tai höyryä, mutta myös lietettä tai kiintoainepartikkeleja kuljettavaa kaasua. Venttiilin tehtävänä voi olla virtauksen käynnistys ja pysäytys, virtausmäärän säätö, estää virtaus väärään suuntaan, virtauksen suunnan muuttaminen tai nesteen paineen rajoittaminen. Yleisimpiä venttiilityyppejä ovat luisti-, istukka-, pallo-, takaisku-, läppä- ja varoventtiilit. [11, s. 1.]

Luistiventtiilit toimivat siten, että virtaus suljetaan laskemalla luisti virtausaukon keskelle. Kun venttiili on auki, luisti on kokonaan poissa virtauksen tieltä. Venttiili on symmetrinen, eli virtaus voi tulla kummalta puolelta tahansa. Luistiventtiilit voidaan jakaa kiilaluisteihin, levyluisteihin sekä kumiluisteihin, joilla kaikilla on erilaiset sovelluskohteet. Luistiventtiilejä käytetään yleisimmin virtauksen käynnistykseen ja pysäytykseen. [11, s. 5.]

Istukkaventtiilit sopivat hyvin sekä sulkuelementti- että säätöventtiileiksi. Niissä virtaus tulee sulkulautasen alapuolelle, ja venttiilin keila tiivistyy virtaussuunnassa metallista sulkupintaa vasten. Sulkulautanen on aina nesteen kulkureitillä. Kun venttiili avataan, virtaus pääsee poistumaan keilan ympäriltä. [11, s. 25.]

Palloventtiilit ovat nopeatoimisia, ja ne soveltuvat erinomaisesti sulkukäyttöön. Niitä on saatavilla täysaukkoisina sekä supistetulla aukolla, ja venttiilin rakenne voi olla kelluva tai tuettu pallon rakenne. Palloventtiilin rakenne on matalampi verrattuna useimpiin venttiileihin, ja sen operointi vaatii vain 90°:n kääntämisen. [12.] Palloventtiili toimii siten, että virtaus kulkee palloon poratun reiän läpi, ja sitä voidaan säädellä kääntämällä palloa.

Takaiskuventtiilin tarkoitus on estää virtausta väärään suuntaan putkistossa. Niitä on kahdentyyppisiä: venttiilejä, joissa virtauksen sulkuelementti pyörii kohtisuorasti nesteen tulosuuntaan päin olevan akselin ympäri, ja venttiilejä, joissa sulkuelementti liikkuu yhdensuuntaisesti nestereitin akselia pitkin. Molemmissa takaiskuventtiilityypeissä virtauksen voima saa sulkuelementin liikkumaan paikaltaan automaattisesti, mikä avaa ja ylläpitää virtauksen kulkua venttiilin läpi. Jos virtaus loppuu, sulkuelementin, jousen tai muiden painojen paino saa sulkuelementin palaamaan paikalleen, jolloin takaisvirtaus estyy. [11, s. 37.]

Varoventtiilit eroavat luisti-, istukka- ja palloventtiileistä siten, että varoventtiilien tarkoitus on päästää ylimääräistä painetta pois prosessista. Jos paine prosessissa ylittää asetus-paineen, varoventtiili päästää ylimääräisen paineen turvallisesti pois. Asetuspaine luodaan jousen avulla, joka on puristettuna jousilevyjen väliin. Jousilevyn yläpää on lukittu, eli voima vaikuttaa vain alaspäin. Jos prosessissa paine nousee jousivoimaa korkeammaksi, varoventtiili avautuu. [13.]

3 Eri lukitusmekanismit

Venttiilien lukituslaitteita on useita erityyppisiä, lähtien yksinkertaisista vaijerilukoista monimutkaisempiin interlock-lukituksiin. Turvalukituksen tyyppi riippuu venttiin kriittisyydestä ja usein myös siitä, tarvitseeko venttiin olla kokonaan auki tai kiinni, vai voiko se olla myös väliasennossa. [14.] Venttiilien turvalukituksen avulla voidaan estää venttiilien operointi korjauksen tai huollon aikana ja näin estää työtaturmia. Yleisesti käytettyjä lukitustyyppisiä ovat kertakäyttöinen Car seal, riippulukko, Anti-Tamper Lock (ATL) sekä Interlock-turvalukko.

3.1 Car seal

Car seal on yksinkertainen lukitusmekanismi, joka kiristetään venttiin ja käsipyörän ympäri siten, että venttiin operointi ilman Car sealin katkaisua on mahdotonta (kuva 1). Termi Car seal on peräisin laitteesta, jota käytetään kiinnittämään rahtia junavaunuun. Siitä pystytään päättelemään, onko joku luvattomasti käsitellyt rahtikontin sisältöä. [15.] Car seal on suhteellisen edullinen mutta kertakäyttöinen, sillä kun vaijeri katkaistaan venttiin operoimiseksi, sitä ei pysty enää sulkemaan uudestaan, vaan sen tilalle täytyy laittaa uusi lukitusmekanismi [16].



Kuva 1. Car seal ja sen kiinnitys venttiiliin sekä käsipyörään [17].

Car seal -lukituksia on olemassa eri vaijeripituuksilla, sekä eri värisinä ja sarjanumeroilla varustettuina. Värikoodausta voidaan hyödyntää muun muassa käyttämällä punaista lukitusta indikoimaan, että venttiili on suljettu, ja vihreää aukinmaiselle venttiilille. Car seal -lukituksen materiaali voi olla esimerkiksi alumiininen runko, jossa on sinkitty teräsvaijeri, korroosiota kestävä ruostumaton teräs, sekä muovista valmistetut lukituskaapelit. [15.]

Car sealista on olemassa myös kehittyneempi versio, jossa lukitus voidaan purkaa ja käyttää uudelleen. Tällöin voidaan käyttää joko erikoisavaimella avattavaa vaijerilukkoa, tai erillisellä lukolla varustettua ja avattavaa Car sealia. [14.] Toinen car sealia vastaava lukitus on lyijysinetti, jota käytetään usein erilaisten mittareiden, pakkauksien ja laatikoiden sinetöimisessä [6].

3.2 Riippulukko

Suomessa yleisimmin käytetty lukitusmenetelmä on venttiilin lukitseminen erilaisilla ketjuilla ja muilla mekanismeilla, joissa on riippulukko. Yksinkertaisimmin tämän voi hoitaa esimerkiksi venttiilin käsipyörään kiinnitettävällä ketjulla, jossa on yksittäinen riippulukko, tai käsipyörän ympärille laitettavalla suojakuorella (kuva 2). [14.]



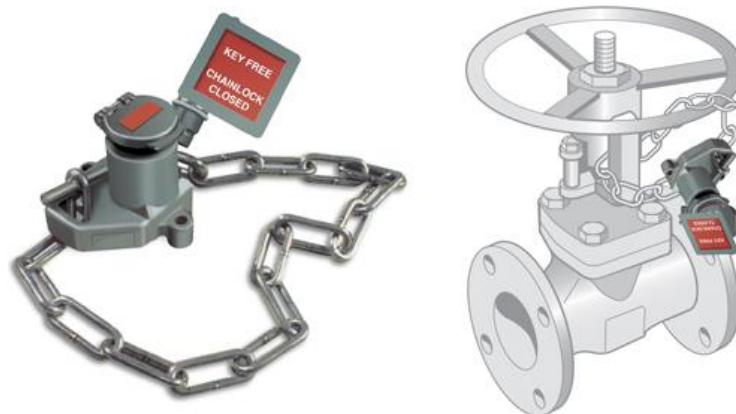
Kuva 2. Esimerkki riippulukolla lukittavasta käsipyörän suojakuoresta [18].

Riippulukkoja voidaan kuitenkin kiinnittää lukitusmekanismiin useampia, ja niille voidaan antaa sarjanumerot ja värikoodit. Lukkojen avaimet voidaan sarjottaa monella eri tavalla, ja niiden koodausmahdollisuudet ovat laajat. Kaikki lukot voivat olla keskenään identtisiä, jolloin kaikki avaimet käyvät kaikkiin lukkoihin, tai lukot voivat olla keskenään erilaisia, jolloin jokaisen lukon avain avaa vain kyseisen lukon. On myös mahdollista käyttää yhtä avainta, joka sopii kaikkiin lukkoihin. [19.] Lukot voidaan asentaa esimerkiksi siten, että yhden lukon avaamiseen vaaditaan useamman eri henkilön avain (kuva 3).



Kuva 3. Useamman riippulukon hyödyntäminen venttiilin lukitsemiseksi [20].

Normaalista riippulukosta kehittyneempi versio on lukitustyyppi, jossa avain on integroitu kiinni lukkoon (kuva 4). Tämä lukko yhdistää normaalin riippulukon ja monimutkaisemman Interlock-lukon ominaisuuksia.

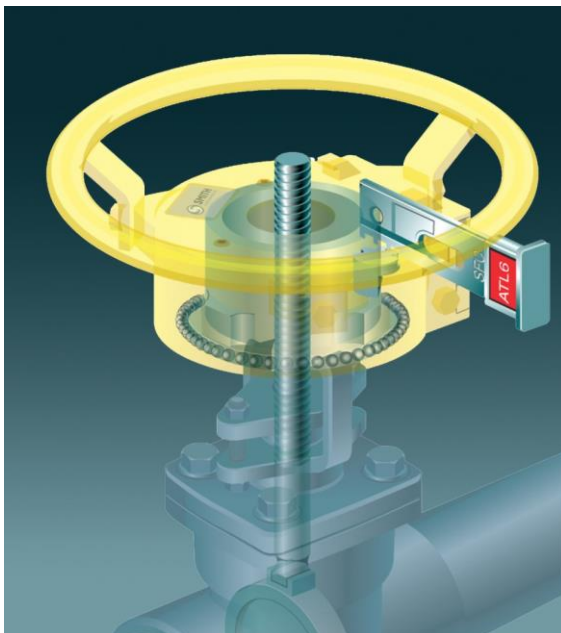


Kuva 4. Lukitus, jossa avain on integroitu kiinni lukkoon [21].

Ketjun ollessa auki avain on siinä kiinni, mutta irtoaa kun ketju lukitaan paikoilleen. Koska ketju on valmistettu ruostumattomasta teräksestä, se on hyvin kestävä, ja sietää monia eri prosessiolosuhteita. Lukituksessa oleva korkki estää myös vierasaineiden pääsyn avainta poistettaessa. [21.]

3.3 ATL

ATL eli Anti-Tamper Lock (kuva 5) on yksittäisellä avaimella toimiva lukitus, joka on suunniteltu estämään venttiilin luvaton operointi. ATL on mahdollista asentaa pallo-, läppä-, luisti- tai istukkaventtiin, ja se sopii sekä käsipyörällisiin että kääntökahvallisiiin venttiileihin. Lukitus sisältää myös kotelon, joka suojaa venttiilin alaosa. Jos avain ei ole lukossa, käsipyörä pyörii paikallaan, varmistaen, että venttiiliä ei voida avata tai sulkea ilman lupaa. [22.]



Kuva 5. ATL kiinnitettynä venttiiliin [23].

ATL on valmistettu ruostumattomasta teräksestä, ja sillä on laaja käyttölämpötila-alue. Se voidaan jälkikäteen asentaa jo olemassa olevaan venttiiliin [22] ja yksiköt voidaan koodata halutulla tavalla. ATL on paljon käytetty kohteissa, missä ulkopuolisten on mahdollista päästä käsiksi venttiiliin [14].

3.4 Interlock

Interlock-lukitus on tehokas tapa minimoida inhimillisiä virheitä, sekä ohjata venttiilien operoijaa avaamaan tai sulkemaan venttiilit oikeassa järjestyksessä. Se suojaa sekä työntekijöitä että prosessia vahingoilta, ja lisäksi estää venttiilin luvattoman operoinnin. Lukkoja on kahdenlaisia: yhdellä ja kahdella avaimella toimivia. Yhden avaimen Interlock lukitsee venttiilin joko auki- tai kiinniasentoon, ja niitä käytetään useimmiten yksittäisten venttiilien lukitsemiseen. Kahden avaimen Interlock voidaan lukita molempiin asentoihin, ja samalla se voidaan yhdistää muiden lukkojen operointiketjuun, jolloin venttiilit on aina pakko avata tietyssä järjestyksessä. [24.] Yksinkertainen operointiketju voi toimia esimerkiksi seuraavasti:

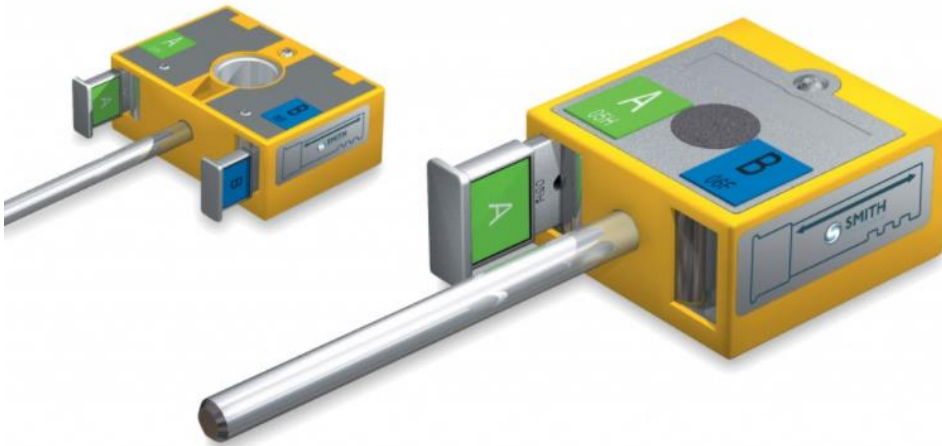
1. Haetaan avain avainkaapista.
2. Avain laitetaan lukkojen ensimmäiseen Interlock-lukkoon.
3. Venttiilin asento muutetaan, jolloin toinen avain vapautuu, ja ensimmäinen jää lukkoon.
4. Uudella avaimella voidaan avata lukkojen toinen venttiili.
5. Toisesta venttiilistä vapautuu avain, joka voidaan viedä taas avainkaappiin.

Operointiketju voi olla hyvinkin pitkä, tai vain muutaman venttiilin mittainen. Interlock-systeemiä voidaan käyttää esimerkiksi varoventtiilin sulkemiseen huoltoa varten [25], tai laitoksen turvalliseen alasajoon.

Interlock-turvallukituksille on tiettyjä vaatimuksia, jotka lukon tulisi täyttää. Niiden tulisi sopia moneen eri käyttöympäristöön (ulkoilmaan, syövyttäviin, trooppisiin ja meriolosuhteisiin), oltava kestäviä ja helposti operoitavissa hanskat kädessä, valmistettuja ruostumattomasta teräksestä, niiden sisälle ei saisi päästä likaa tai vettä, sekä ne täytyisi pysyä asentamaan venttiiliin ilman, että itse venttiiliin täytyisi tehdä muutoksia. Lisäksi lukituksen tulisi olla huoltovapaa, mahdoton ohittaa esimerkiksi irrottamalla tai purkamalla, sekä sen tulisi olla koodattu toimintasekvenssin aikaansaamiseksi. [26.]

3.4.1 Rakenne

Interlock-turvalukitus näyttää erilaiselta riippuen venttiilin tyypistä. Kääntökahvallisille venttiileille (muun muassa pallo- ja läppäventtiilit) Interlock voi näyttää kuvan 6 mukaiselta.



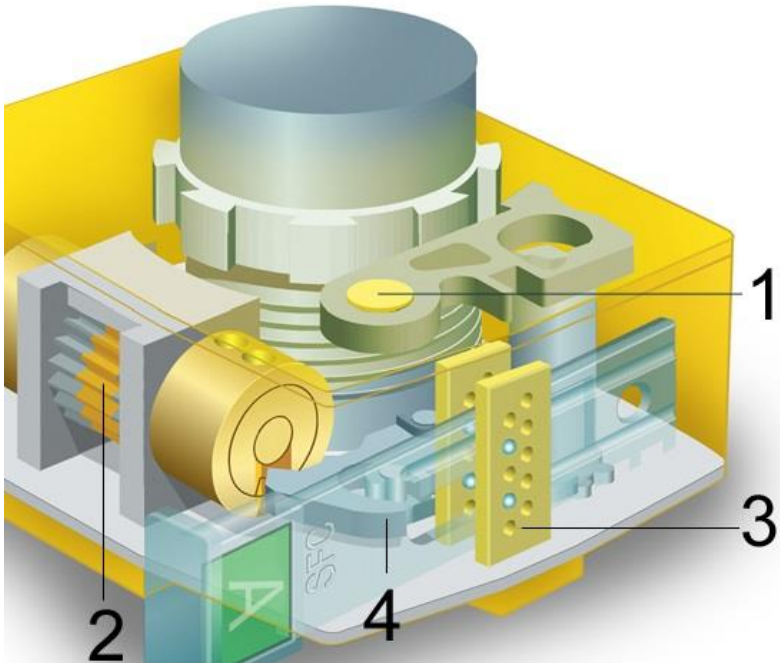
Kuva 6. Esimerkki kääntökahvallisen venttiilin interlockista [27].

Käsipyörällisille venttiileille (esimerkiksi luisti- ja istukkaventtiilit) Interlock taas näyttää kuvan 7 mukaiselta.



Kuva 7. Esimerkki käsipyörällisen venttiilin interlockista [28].

Esimerkiksi käsipyörällisessä venttiilissä Interlock näyttää rakenteeltaan kuvan 8 mukaiselta. Kuvassa numero 1 osoittaa lukitusvipuun, 2 on kierroslaskuri, 3 on lukon koodaus ja 4 on avaimen vapautusvipu [9].



Kuva 8. Interlock-lukituksen rakenne [29].

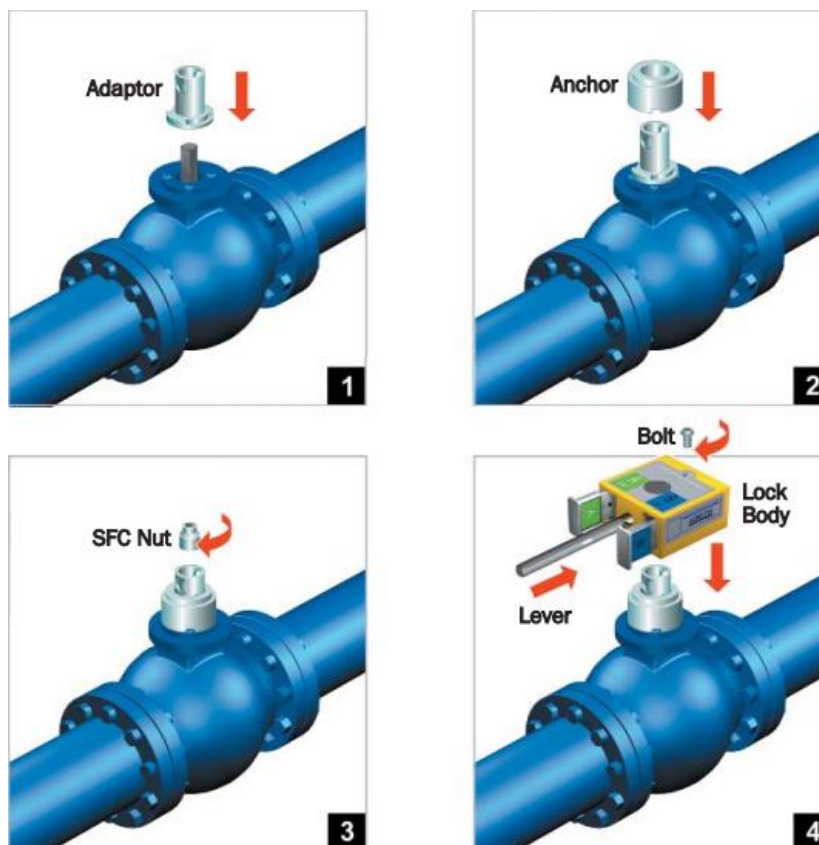
Kun uusi turvalukko tulee tehtaalta, kierroslaskurin (2) edessä olevassa keltaisessa rullassa on auki olevia ruuveja. Kun ruuvit ovat auki, rullan hahlo pysyy paikallaan, kunnes ruuvit kiristetään. Avaimen vapautusvipu (4) on hahlossa, ja avain liikkuu tällöin vapaasti. Kun lukko asennetaan venttiin päälle, venttiili käännetään toiseen ääriasentoon, ja ruuvit kiristetään. Kun ruuvit on kiristetty ja venttiiliä operoidaan, hahlo kääntyy venttiin mukana. Tällöin avaimen vapautusvipu nousee pois hahlosta, menee avaimen sisään, ja näin estää avaimen mekaanisen irrottamisen. Lukon koodaus (3) taas varmistaa, että vain tasan oikeanlainen avain sopii lukkoon. [9, 30.]

3.4.2 Edut

Interlock-lukituksen tärkeä ominaisuus on se, että avainta ei saa lukosta irti ennen kuin venttiili on käännetty ääriasentoon. Tällöin voidaan olla 100-prosenttisen varmoja, että

venttiili on kokonaan joko kiinni tai auki, ja sen asento voidaan helposti tarkistaa avainkaapissa olevasta avaimesta. [14.] On mahdollista myös luoda värikoodituksia, jolloin voidaan päätellä esimerkiksi, että avainkaapissa oleva punainen avain kertoo venttiilin olevan kiinni ja vihreä auki. Venttiilisekvenssit voivat olla hyvinkin pitkiä, esimerkiksi silloin kun ne liittyvät tehtaan ylös- tai alasajoon, ja niiden operointivirheet voivat olla vakavia. Interlock-lukituksilla voidaan lisätä työturvallisuutta erityisesti tällaisissa sekvensseissä. [24.]

Interlock sopii kaikkiin venttiilimalleihin, ja se on mahdollista asentaa jo olemassa olevaan venttiiliin. Lukon asentamiseksi jälkikäteen tarvitaan venttiilin mittatiedot, jolloin lukon ja venttiilin väliin voidaan mitoittaa sopiva adapterikappale. [31.] Adapterikappaleen asennus on mahdollista myös prosessin ollessa käynnissä [28]. Venttiilin viritys kuitenkin vaatii venttiilin avaamista sekä sulkemista [9]. Kuvassa 9 on esitetty esimerkki tällaisen adapterikappaleen asentamisesta.



Kuva 9. Interlock-lukitusta asennettaessa ensin asennetaan venttiilille mitoitettu adapteri (kohta 1). Seuraavaksi tulee ankkuri, joka toimii adapterin ja Interlockin välikappaleena (kohta

2). Kohdassa 3 asennetaan mutteri, jolla kiinnitetään itse Interlock venttiin (kohta 4). [32.]

Interlock-lukituksella on myös mahdollista säästää kuluja, sillä se voi estää tuotteen vuotamista sekä väärin venttiilien avaamista, ja näin estää myös koneiston vaurioitumista [24]. Ne myös kestävät hyvin kuumia sekä kylmiä olosuhteita, ovat paloturvallisia, eivätkä vaadi huoltoa tai rasvausta. Lisäksi niitä voi laajasti käyttää eri teollisuuden aloilla, kuten öljy- ja kaasuteollisuudessa, mutta myös auto-, juoma- sekä ruokateollisuudessa. [33.]

3.4.3 Avainkaapit ja käytettävyys

Suuret laitokset sisältävät lukuisia venttiilejä, joiden kaikilla lukoilla on yksityiskohtaiset avaimet, jotka sopivat vain tiettyyn lukkoon. Tarvitaan siis näille kymmenille tai jopa sadoille avaimille jokin luotettava ja helppokäyttöinen säilytyspaikka. Avainten säilytys voi olla hyvinkin laitoskohtasta, mutta yksi hyvä säilytyspaikka on turvallisessa paikassa (esimerkiksi valvomossa) sijaitseva avainkaappi. Tällöin prosessin kannalta kriittisten venttiilien avaimet ovat jatkuvasti valvonnan alla. [34.]

Avainkaapissa jokaisen lukitun venttiin avaimella on oma paikkansa, johon on kaiverrettu venttiin tiedot. Nämä samat tiedot löytyvät myös itse venttiilistä sekä turvalukon avaimesta. [35.] Ainoastaan venttiilien operointisekvenssin ensimmäinen avain löytyy kaapista, kaikki muut avaimet ovat kiinni Interlock-turvalukoissa. Avaimet ja niiden paikat kaapissa voidaan värikoodata esimerkiksi siten, että vihreä tarkoittaa venttiin olevan oletusasennossa, ja punainen tarkoittaa venttiin asennon poikkeavan oletuksesta. Tällöin valvomossa voidaan heti avainkaappiin katsomalla nähdä prosessin tila, tai jos jokin prosessilaitte on säädetty poikkeavaan asentoon. [36.] On myös mahdollista teettää yleisavaimia hätätilanteita varten, mutta niiden määrä suositellaan pidettävän mahdollisimman pienenä väärinkäytön estämiseksi [37]. Avainkaapeissa avaimet voivat joko roikkua koukuissa, tai niitä voidaan säilyttää niille valmistetuissa koteloissa (kuva 10). Tällaiset avainkaapit ovat yleensä seinään kiinnitettäviä, ja niitä on olemassa eri kokoisia, sisältäen 1–308 avainta. [38.]



Kuva 10. Avainkaappi, jossa avaimia säilytetään omissa koteloiissaan [36].

Perinteisten avainkaappien lisäksi on olemassa myös edistyneempiä versioita, kuten Smartkey+ ja Electronic Key Cabinet eli EKC. Smartkey+ (kuva 11) käyttää RFID (radio-taajuustunnistus) -tekniikkaa avaimen seuraamiseen. Se antaa operaattorille ja valvon henkilökunnalle tietoa lukituista prosesseista ja niiden tilasta, sekä avaimen koko tapahtumahistorian, sisältäen avaimen lukkoon syöttämisen sekä poistamisen. [38.] Lisäksi kaikki avaimet ovat elektromagneettisesti lukittuna avainkaappiin, kunnes niiden poistamiseen on myönnetty lupa. Avainkaapin käyttäjä tunnistetaan pin-koodilla, ja järjestelmä tuo esille ne avaimet, joiden käyttöön operaattorilla on lupa. Jotta avain voitaisiin palauttaa kaappiin, käyttäjä skannaa sen avainkaappiin integroidulla skannerilla, ja systeemi indikoi avaimen oikean paikan. [39.]



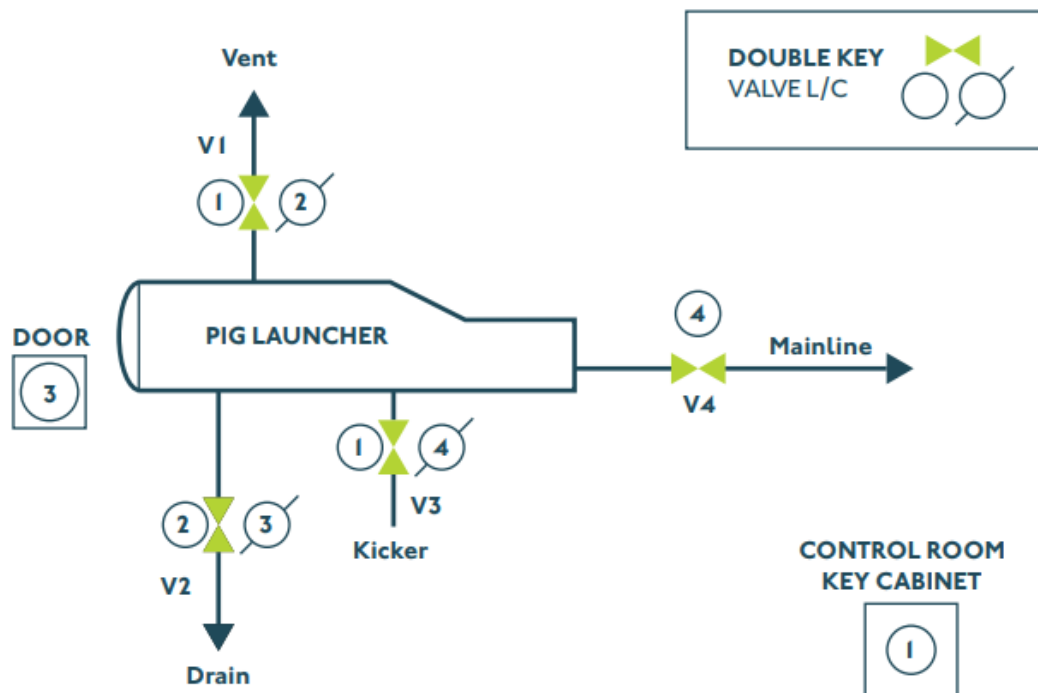
Kuva 11. Smartkey+ -järjestelmä, jossa hyödynnetään RFID-tekniikkaa avaimen sijainnin seuraamisessa. [38]

Myös EKC:ssa lisätään avainkaappiin elektronisia komponentteja valvonnan parantamiseksi. EKC-järjestelmässä avaimet ovat lukittuna paikalleen solenoideilla, kunnes niiden käyttöön annetaan lupa. Avainkaapissa syttyvä valo tarkoittaa, että avaimen voi irrottaa kaapista. EKC toimii siis hyvin samantyyllisesti kuin Smartkey+, mutta niihin on mahdollista hankkia erilaisia lisävarusteita. Avainkaappiin voidaan asentaa infopaneelleja, jotka kuvastavat operointisekvenssejä. Operaattori voi tällöin tarkistaa oikean operointisekvenssin avainta hakiessa. Lisäksi EKC:hen on mahdollista asentaa kosketusnäyttö, joka kertoo kaikki tärkeät tiedot prosessin Interlock-lukituksista. [36.]

3.4.4 Erikoistapaukset

Interlock-lukitusta on mahdollista hyödyntää venttiilien lisäksi muihinkin tarkoituksiin. Esimerkiksi putkilinjan päädyn lukitus on mahdollista hoitaa näin. Jos putkessa on painetta, tai sinne on jäänyt nestettä tai kaasua, putkilinjan avaaminen voi olla vaarallista. Interlock-turvalukituksella voidaan varmistaa, että putkilinja on varmasti tyhjennetty ennen avaamista, sillä lukituksen avaaminen ennen tyhjentämistä on mahdotonta. Suurin osa putkilinjojen päädyistä on Interlock-lukittu tuuletus- ja tyhjennystoimintojen kanssa. [32.]

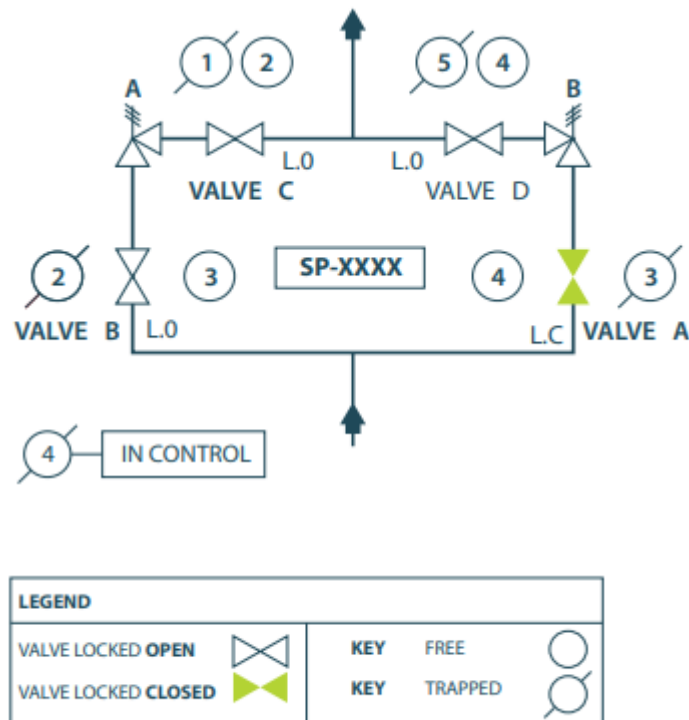
”Pig launching/receiving” eli putkikaavinasema on yksi erikoistapaus, jossa interlockia voidaan hyödyntää. Laitteen tarkoitus on hyödyntää paineistettua putkilinjaa putkikaapin, esimerkiksi puhdistuslaitteen, viemiseen putkilinjan läpi. Kun aseman luukku avataan, on tärkeää, että putkikaavinasema on paineeton. Paineen poisto voidaan tehdä neljän venttiilin sekvenssillä, joka alkaa kuvassa 12 venttiilistä 1. Avainkaapista haetaan venttiiliin 1 avain, jolloin ilmauslinja voidaan avata. Interlockista irtoaa avain 2, jolla voidaan avata tyhjennysventtiili (venttiili 2). Nyt putkikaavinasema on paineeton, eli avain 3 voidaan tuoda aseman luukulle, ja se voidaan avata. Putkikaavin laitetaan sisään, luukku suljetaan, ja avain 3 otetaan taas pois lukosta. Avain 3 viedään takaisin tyhjennysventtiiliin ja se suljetaan, minkä jälkeen ilmausventtiili voidaan sulkea. Avain 1 on nyt vapaana, ja se voidaan viedä venttiiliin 3, joka nostaa paineen. Venttiilistä vapautuu avain 4, jolla voidaan avata linjan sulkuventtiili. Putkikaavinasemassa on tässä vaiheessa painetta, eli sulkuventtiilin avautuessa putkikaavin lähtee linjastoon ja puhdistaa sen. [30.]



Kuva 12. Putkikaavinasema ja sen venttiilit [32].

Interlock-turvalukitus on erityisen hyödyllinen varoventtiileissä, jolloin voidaan varmistaa, että vaadittu määrä varoventtiileitä on aina toiminnassa. Yleensä moderneissa putkis-toissa on useampia varoventtiilejä, jotta tuotantoa ei tarvitsisi pysäyttää varoventtiilin

huollon ajaksi. Varoventtiilien Interlock-järjestelmä voisi toimia esimerkiksi kuvan 13 mukaisesti.



Kuva 13. Esimerkki varojärjestelmästä, jossa on kahdennettu varoventtiili [32].

Kuvan 13 tapauksessa venttiili A on kiinni, ja venttiilit B–D ovat auki. Valvomossa on avain 4. Interlock-systeemi estää venttiilien A ja B samanaikaisen sulkemisen, eli jos halutaan sulkea venttiili B, A täytyy avata. Venttiilin B sulkeminen aloitetaan hakemalla valvomossa oleva avain 4, joka sopii venttiiliin A. Venttiili A käännetään auki-asentoon, jolloin avain 3 vapautuu. Vapautunut avain laitetaan venttiiliin B, ja venttiili suljetaan. Avain 2 vapautuu, ja se voidaan viedä paikalleen valvomoon. [32.] Jos esimerkiksi varoventtiili B halutaan ottaa huoltoon, valvomossa oleva avain 4 voidaan viedä venttiiliin A sijasta venttiiliin D. Venttiili D käännetään kiinniasentoon, jolloin vapautuu avain 5, joka voidaan viedä avainkaappiin. Varoventtiili B on nyt täysin eristetty, ja sitä voidaan alkaa huoltamaan.

4 Lukitukseen liittyvät säädökset

Sekä EU-direktiiveissä että suomalaisissa SFS-standardeissa on määräyksiä turvalaitteiden käytöstä prosesseissa. Myös yhdysvaltalaisella OSHA:lla on omat standardinsa.

4.1 EU-direktiivi 89/655

EU-direktiivi 89/655 antaa säädöksiä ja määräyksiä koskien työntekijöiden käyttämien työvälineiden turvallisuutta ja terveyttä koskevista vähimmäisvaatimuksista. Direktiivi määrää, että kaikki työvälineet on varustettava selkeästi tunnistettavilla laitteilla, joilla ne voidaan eristää kaikista energialähteistään. Uudelleenkytkentä täytyy olla mahdollista suorittaa siten, että kyseessä olevat työntekijät eivät joudu vaaraan. Lisäksi työlaitteet tulisi varustaa työnsuorittajan kannalta tarpeellisilla varoituskilvillä ja muilla riittävillä varoitusmenetelmillä. [40.]

4.2 Valtioneuvoston asetus 403/2008

Valtioneuvoston asetuksessa 403/2008 annetaan vaatimuksia laitteiden lukitsemisen turvalliseen toteuttamiseen. Turvalaitteen on täytettävä seuraavat vaatimukset:

- Se on rakenteeltaan vankka.
- Ei aiheuta lisävaaraa
- Ei ole helposti poistettavissa tai tehtävissä toimimattomaksi
- Sijaitsee riittävän kaukana vaara-alueesta
- Ei tarpeettomasti rajoita näkyvyyttä työvälineen toiminta-alueelle

Lisäksi työväline täytyy varustaa selvästi tunnistettavilla ja tarvittaessa lukittavilla laitteilla, joilla se voidaan erottaa kaikista energialähteistään. Energiansyötön katkaisun jälkeen työvälineeseen varastoitunut energia täytyy pystyä poistamaan ilman, että se aiheuttaa vaaraa. [41.]

4.3 SFS-EN ISO 14118

SFS-EN ISO 14118 on kansainvälinen standardi, joka käsittelee koneturvallisuutta sekä odottamattoman käynnistymisen estämistä. Standardin mukaan laitteen erottaminen energialähteistään koostuu seuraavista toimenpiteistä:

- koneen tai tietyn koneen osan erottaminen kaikista energianlähteistä
- tarvittaessa kaikkien erotuslaitteiden lukitseminen erotusasentoon
- varastoituneen energian purkaminen tai sen aikaan saamien toimintojen estäminen, jos energiasta voi aiheutua vaaraa.
- varmistaminen turvallisia työmenetelmiä käyttäen, että aikaisempien koh-
tien mukaisesti toteutetut toimenpiteet ovat johtaneet haluttuun tulokseen.
[42, s. 8.]

Standardi myös ohjeistaa, että koneissa on oltava käsikäyttöiset energianlähteestä erot-
tamiseen tarkoitetut laitteet. Jos käsin tehtävä erottaminen ja energian purkaminen ei ole
perusteltua (esim. toistuvien lyhyiden toimenpiteiden vuoksi), koneen suunnittelijan tulisi
tehdä koneeseen automaattisesti ohjattuja lisätoimintoja estämään odottamatonta käyn-
nistymistä. [42, s. 9.]

Erotuslaitteet täytyy olla mahdollista lukita, tai jollakin muulla tavalla varmistaa niiden
pysyminen ”erotusasennossa”. Standardin mukaan lukintalaite voi olla esimerkiksi laite,
joka on mahdollista lukita yhdellä tai useammalla riippulukolla, tai siirtoavaimella varus-
tettu toimintaankytkentälaitte (mekaaninen, sähköinen tai muun tyyppinen laite, jonka tar-
koituksena on estää koneen vaarallisten toimintojen suoritus määritetyissä olosuh-
teissa), jonka yksi lukko on liitetty erotuslaitteen hallintaelimeen. Se voi olla myös lukit-
tavissa oleva kansi tai kotelo, tai henkilökohtainen avain, joka irrotetaan siirtoavaimella
varustetusta toimintakytkentälaitteesta ja jonka henkilö säilyttää vaarallisen tapahtuman
estämiseksi. [42, s. 10.]

SFS-EN ISO 14118 käsittelee myös tarkoittamattoman käynnistyskäskyn (tässä tapauk-
sessa esimerkiksi väärän venttiilin avaaminen) syntyminen estämiseksi tarkoitettuja me-
netelmiä. Standardin mukaan käsikäyttöisen käynnistyselimen (=venttiilin) sopivan ra-
kenteen, sijoituksen, suojaamisen ja merkintöjen avulla on estettävä tarkoittamaton vai-
kuttaminen laitteeseen, sekä estettävä odottamattomat seuraukset, kuten väärän

koneen käynnistyminen tai liikkeen käynnistyminen väärään suuntaan. Tehonohjauseliimet, esimerkiksi venttiilit, on tarvittaessa sijoitettava suljettuun tilaan niiden asiattoman käytön tai tarkoittamattoman vaikuttamisen estämiseksi. [42, s. 13.]

4.4 OSHA

OSHA (Occupational Safety and Health Administration) on vuonna 1970 perustettu yhdysvaltalainen sääntelyvirasto, joka toimii osana Yhdysvaltojen työministeriötä. Sen tarkoituksena on varmistaa turvalliset ja terveelliset työolot työntekijöille asettamalla standardeja sekä tarjoamalla koulutusta ja avustusta. Toisin kuin EN-standardit Euroopassa, Yhdysvalloissa OSHA:n standardien noudattaminen on pakollista. [44.] Vaikka OSHA:n standardit eivät päde Suomessa, niissä on enemmän ohjeita lockout/tagoutin toteuttamiseen kuin eurooppalaisissa standardeissa, eli ne voisivat myös auttaa lukitustavan valinnassa.

OSHA:n standardi "The Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout)" käsittelee käytäntöjä ja tarvittavia menettelyjä vaarallisen energian vapautumisen estämiseksi työntekijöiden suorittaessa huolto- ja kunnossapitotoimenpiteitä. Standardissa esitetään erilaisia toimenpiteitä sähköisen, mekaanisen, hydraulisen, pneumaattisen, kemiallisen ja termisen energian valvontaan. Lockout-standardin edellytykset täyttyvät, jos

- työn suorittajan täytyy poistaa tai ohittaa turvalaite huolto- ja korjaustyön aikana
- koneen tai laitteiston käyttö aiheuttaa vaaravyöhykkeen tai riksialueen
- työn suorittajan on laitettava mikä tahansa ruumiinjäsen laitteiston sisään tai vaikutusalueelle, jossa työ suoritetaan.

Päivittäiset normaalit työkalujen vaihdot ja pienet säädöt sekä huoltotoimenpiteet eivät kuulu Lockout/tagout-standardin piiriin, jos ne ovat rutiininomaisia, toistuvia laitteeseen liittyviä toimenpiteitä, ja ne suoritetaan valitsemalla menetelmät, jotka tuottavat tehokkaan suojan työn suorittajalle. Lockout/tagoutissa käytettävät perustarvikkeet ovat erilaiset lukituslaitteet, ja tagout-merkintälipukkeet. Sekä lukkojen että merkintälipukkeiden tulisi selkeästi osoittaa lockout-laitteen asettajan/työnsuorittajan henkilöllisyys. Lukoissa ja lipukkeissa oleva henkilötunnistus varmistaa lisäksi myös ryhmien

huoltotyöskentelyssä mahdollisesti jäljellä olevien työnsuorittajien määrän. Lukkojen ja merkintälipukkeiden täytyy olla lujia ja sietää erilaisia työympäristöjä (kuten likaa ja kosteutta), sekä niiden on oltava vakiokokoisia ja -muotoisia. [4.]

Lockout/tagout-standardissa (1910.147) on annettu ohjeita esimerkiksi, miten järjestää turvallisesti useamman ihmisen ryhmän suorittama huoltotoimenpide: jokainen valtuutettu työntekijä kiinnittää henkilökohtaisen LOTO-laitteen ryhmän lukitusmekanismiin. Lukituksen saa suorittaa vain valtuutetut työntekijät, ja jokaisen lukituslaitteen saa poistaa vain se työntekijä, joka sen on alun perin siihen laittanut. [44.] OSHA:n standardit sisältävät runsaasti ohjeita lockout/tagout-järjestelmän käyttöönottoon ja sen toteutukseen.

5 Turvalukituksen valinta

Venttiililukitukseen liittyviä EN-standardeja on useita, mutta niiden noudattaminen ei ole pakollista. Laeissa ja asetuksissa voidaan kuitenkin viitata EN-standardeihin, ja tehdä niiden noudattamisesta pakollista. [45.] Toisin kuin ISO-standardien, EU-direktiivien sekä valtioneuvoston asetusten noudattaminen on pakollista. Myös OSHA:n standardeja voidaan hyödyntää turvalukituksen valinnassa, vaikka ne pätevätkin vain Yhdysvalloissa.

Lisäksi Tukesilla on ohjeita lukituslaitteiden käytöstä. Tukes korostaa valvonnassaan laitoksen toiminnan suunnitelmallisuutta ja riskinarviointia. Painelaitteet tulee suunnitella yhdenmukaistettujen standardien mukaisesti, ja niiden lukituslaitteiden avulla tulisi saavuttaa haluttu turvallisuustaso. [46.]

Kun valitaan venttiilille sopivaa turvalukitusta, voidaan käyttää apuna riskinarviointia. Tässä voidaan hyödyntää esimerkiksi standardia SFS-EN ISO 12100, joka käsittelee riskin arviointia ja pienentämistä. Standardin mukaan riskinarviointi aloitetaan määrittämällä koneen raja-arvot, eli tarkoitettu käyttö ja kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö. Seuraavaksi tulisi tunnistaa vaarat sekä niihin liittyvät vaaratilanteet. Riskin suuruus arvioidaan jokaisen tunnistetun vaaran sekä vaaratilanteen osalta, ja arvioidaan riskin merkitys (esim. mahdollisen vahingon vakavuus ja vahingon

esiintymistodennäköisyys) ja tehdään päätökset riskin pienentämisen tarpeesta. Lopuksi poistetaan tai pienennetään vaaran riskiä suojaustoimenpiteiden avulla. [47.]

Riskinarviointiprosessin toistaminen useampaan kertaan peräkkäin voi olla tarpeen riskin pienentämiseksi. Prosessin toteuttamisessa tulisi ottaa huomioon koneen turvallisuus sen kaikkien elinkaaren vaiheiden aikana, koneen kyky suorittaa toimintonsa, koneen käytettävyys, sekä koneen valmistus-, käyttö- ja purkukustannukset. Riskin pienentämisen tavoite saavutetaan, kun vaarat poistetaan, tai pienennetään joko tarkasteltavasta vaarasta aiheutuvan vahingon vakavuutta tai kyseisen vahingon esiintymistodennäköisyyttä. [47.]

Riskinarvioinnissa voidaan käyttää apuna erilaisia taulukoita, kuten kuvan 14 taulukkoa.

ESIINTYMINEN	SEURAUKSET		
	Vähäinen	Haitallinen	Vakava
Epätodennäköinen	Merkityksetön riski	Siedettävä riski	Kohtalainen riski
Mahdollinen	Siedettävä riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski
Todennäköinen	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Sietämätön riski

Kuva 14. Esimerkki taulukosta, jota voidaan käyttää riskinarvioinnin apuna [48].

Taulukon avulla voidaan määrittää venttiilin riskialttius, kun otetaan huomioon mahdollisen onnettomuuden seurausten vakavuus, sekä esiintymistodennäköisyys. Jos riski on kohtalainen, merkittävä tai sietämätön, sitä tulisi pienentää esimerkiksi suunnittelulla tai suojaustoimenpiteillä.

Sekä näitä työkaluja että alan asiantuntijoiden haastatteluja apuna käyttäen käydään seuraavaksi läpi mihin tapaukseen mikäkin turvalukitus sopii parhaiten. Lisäksi selvitetään vaihtoehtoisia tapoja saavuttaa haluttu turvallisuustaso.

5.1 Car seal

Vaijerilukitusta ei tulisi pitää vaihtoehtoisena lukituksena interlockille, vaikka molemmat periaatteessa hoitavat saman tehtävän, eli estävät venttiilin operoinnin. Koska car seal täytyy katkaista venttiilin operoimiseksi, sitä käytetään usein venttiilien lukitsemiseksi pitkällä aikavälillä. Car seal ei kuitenkaan täytä esimerkiksi OSHA:n lockout/tagout-vaatimusta ”jokaisen lockout/tagout-laitteen asentajan täytyy myös poistaa laite”, sillä kuka tahansa voi katkaista vaijerilukituksen. [49.]

Car seal -lukitus voi kuitenkin sisältää värikoodauksia ja muita LOTO-systeemille tyypillisiä ominaisuuksia, mutta se ei voi lukita venttiileitä samalla varmuudella kuin esimerkiksi riippulukko tai interlock-lukitus [49]. Se siis sopisi parhaiten venttiileihin, joita operoidaan harvoin, ja jotka eivät ole erityisen kriittisiä. EU-direktiivin 89/655 mukaan vaijerilukitus tulisi kuitenkin varustaa riittäväillä varoituskilvillä ja muilla tagout-varusteilla. Car seal ei kuitenkaan täytä SFS-EN ISO 14118:n tarkoittamattoman käynnistyskäskyn syntymisen estämisen vaatimuksia, sillä se ei välttämättä estä suojaamisen ja merkintöjen avulla tarkoittamatonta vaikuttamista laitteeseen.

Car seal on Suomessa melko harvoin käytetty lukitusmekanismi [50], mutta muualla Euroopassa yleisempi [51]. Sitä voidaan kuitenkin hyödyntää tehokkaasti, jos käytössä on esimerkiksi pelkkä tagout-järjestelmä [44].

5.2 Riippulukko

Riippulukot ovat Suomessa yleisimmin käytetty lukitusmekanismi, ja ne sopivat moneen tarpeeseen. Parhaiten ne sopivat prosesseihin, joissa ei ole mitään tiettyä operointisekvenssiä. Riippulukot antavat usein riittävän määrän suojaa, kun ne ovat numeroituja ja niitä käytetään yhdessä infokilpien kanssa, ja avaimet säilytetään avainkaapissa. [52.] Jos halutaan vielä nostaa turvallisuustasoa, lukot voidaan huollon yhteydessä asentaa myös siten, että monella työntekijällä on oma henkilökohtainen lukkonsa, jotka kaikki kiinnitetään yhteen lukkoon. Kun kaikki työntekijät ovat poistaneet oman lukkonsa, venttiiliä voidaan taas operoida. Tämä ei kuitenkaan ole pakollista, ja voi olla melko hidasta [52].

Hyvä esimerkki tapauksesta, johon riippulukko sopii erinomaisesti, olisi prosessi, jossa venttiilejä saatetaan avata missä järjestyksessä tahansa, riippuen halutusta lopputuloksesta. Venttiilejä ei voida operoida väärässä järjestyksessä, koska mitään oikeaa järjestystä ei ole. Tällaiseen tapaukseen esimerkiksi interlock olisi reilusti huonompi, sillä mitään sekvenssiä ei ole, ja operointi olisi hyvin hankalaa. [52.] Riippulukkoja voidaan myös käyttää sekvenssissä operoitaviin venttiileihin, jos virheoperoinnin todennäköisyys on pieni [50]. Riippulukossa on kuitenkin enemmän virheen mahdollisuuksia, erityisesti jos tilanne on kiireellinen tai kyseessä on uusi työntekijä [46]. Lisäksi riippulukolla, samoin kuin car sealilla, ei voida taata venttiilin olevan varmasti joko auki- tai kiinniasennossa.

Ainoa tapaus, jossa riippulukkoja Suomessa ei saa käyttää, on varojärjestelmissä [52]. Jos järjestelmässä on kaksi tai useampi varoventtiili suojaamassa prosessia ja yksi varoventtiileistä halutaan ottaa huoltoon, täytyy varmistaa, että muut varoventtiilit ovat käytössä. Riippulukolla tätä ei voida varmistaa, toisin kuin esimerkiksi interlockilla.

5.3 ATL

ATL on yhdellä avaimella toimiva lukitus, jonka tarkoitus on estää venttiilin luvaton operointia. Se on yleisesti käytetty mm. petrokemian alalla, vedenpuhdistamoissa sekä kaasun käsittelyssä. [53.] Koska ATL on suunniteltu suojaamaan varkaita sekä tihutöitä vastaan, se voidaan sijoittaa tehdasalueella etäisille alueille, joissa ei erityisemmin ole valvontaa. Se onkin paljon käytetty sijainneissa, joissa ulkopuolisten on mahdollista päästä käsiksi venttiiliin. [14.] Esimerkiksi suomalaisilla petrokemian alan yrityksillä ATL on käytössä aitojen ulkopuolella venttiilien suojelemiseksi ilkivaltaa vastaan [50].

Koska lukko toimii vain yksittäisellä avaimella (toisin kuin interlock kahdella) operointi on hyvin yksinkertaista, mutta ATL ei samalla tavalla varmista, että venttiili on varmasti joko auki- tai kiinniasennossa. Venttiili voidaan siis operoida kiinni-, auki- tai osittain auki - asentoon. Parhaiten ATL sopisi siis yksittäisiin venttiileihin (jotka sijaitsevat esimerkiksi tehdasalueen aidan ulkopuolella), sillä yksittäinen avain ei mahdollista operointisekvenssejä samalla tavalla kuin interlock.

5.4 Interlock

Eristämiseen liittyvien tapaturmien pohjimmainen syy sisältää usein seuraavia inhimillisiä virheitä: epäonnistuminen eristysten toteuttamisessa tai niiden poistamisessa, epäonnistuminen eristettyjen venttiilien asentojen valvonnassa, huono kommunikaatio esimerkiksi vuoronvaihdossa, sekä kaaviokuvien tarkastelussa venttiilien huomiotta jättö [54]. Inhimillisten virheiden määrää voidaan vähentää esimerkiksi interlock-lukituksen käytöllä, jolloin varmistetaan, että operaattori tekee operointisekvenssin oikeassa järjestyksessä, sekä loppuun asti.

Interlockia voidaan hyödyntää monella tapaa: yleisimmät käyttökohteet ovat varoventtiilit, putkikaavinasemat, sekä säiliöiden eristäminen [24]. Lisäksi interlock-lukitusta käytetään venttiileissä, joita täytyy operoida tietyssä järjestyksessä. Erityisesti sekvensseihin, joissa virheen mahdollisuus on suuri, käytetään usein mieluiten interlockeja [50]. Jos sekvenssin virheoperoinnin seuraukset voivat aiheuttaa merkittävän onnettomuuden, (esim. laitteen vaurioituminen, tuotteen menetys tai henkilövahinko) interlock on hyvä vaihtoehto. Vaikka työtehtävä olisi operaattorille uusi, tai työntekijät olisivat hajamielisiä, lukitus varmistaa, että työ suoritetaan turvallisesti. [55.] Riippulukkoja voidaan tietenkin myös käyttää, kunhan kyseessä ei ole varojärjestelmä. Tarve interlockille saattaa kuitenkin tulla ilmi esimerkiksi riskinarvioinnissa, jossa käydään läpi ja etsitään venttiileistä risikialteimmat. Korkean riskin venttiileihin valitaan usein mieluiten interlock. [56.]

Lainsäädäntö ohjaa vahvasti interlockien käyttöön varolaitteissa. Tukesin mukaan laitteita erottaessa tulisi pyrkiä mahdollisimman turvalliseen tapaan, ja usein turvallisin tapa on interlock. [46.] Vaihtoehtona interlockille olisi vaihtoventtiili, joka on esimerkiksi interlockia kalliimpi [56].

Putkikaavinasemassa, samoin kuin kahdennetussa varoventtiilissä, venttiilejä käytetään prosessin turvallisuuden ylläpitoon. Näiden venttiilien tahaton tai luvaton käyttö voi johtaa prosessin toimintahäiriöihin, vaarallisten kaasujen tai nesteiden vuotamiseen, ja lopulta mahdollisesti räjähdykseen. [55.] Putkikaavinasemassa interlock voi myös estää sulkuluukun avauksen, kun sisällä on vielä painetta, pääventtiilin avaamisen, kun sulkuluukku ei ole kunnolla kiinni, ja se voi suojella operaattoreita myrkyllisiltä aineilta estämällä oven avauksen, kun haitallisia aineita on vielä putkikaavinaseman sisällä [57].

Interlock (tai vaihtventtiili) on siis varojärjestelmissä Suomessa pakollinen, jolloin venttiilejä voidaan käyttää vain hallituissa olosuhteissa ja ennalta määrättyssä järjestyksessä.

Interlock-lukitusta voidaan hyödyntää muihinkin sovelluksiin, kuin putkikaavinasemaan ja varoventtiileihin. Soidutusjärjestelmät ovat yleinen interlockien käyttökohde [26], ja lisäksi sekvenssilukkoja voidaan hyödyntää esimerkiksi putkistossa virtaavan aineen vaihtamiseen. Jos aineiden sekoittumista on vältettävä, interlockia voidaan hyödyntää kuvan 15 mukaisesti.



Kuva 15. Interlockin hyödyntäminen virtaavan aineen vaihtamisessa ilman, että aineet sekoittuvat keskenään [25].

Ainetta virtaa ensin oikealta puolelta, missä venttiili on auki. Jos halutaan avata vasemmanpuoleinen venttiili, valtuutettu työntekijä aloittaa laittamalla punaisen avaimen oikeaan venttiiliin. Venttiili suljetaan, ja sininen avain vapautuu. Sininen avain vieään vasemmanpuoleiselle venttiilille, venttiili avataan ja vihreä avain vapautuu. [25.] Virtaava

aine on vaihdettu ilman, että aineet sekoittuivat keskenään, ja vihreä avain voidaan lopuksi viedä avainkaappiin.

5.5 Ei lukitusta ollenkaan

OSHA:n standardin 1910.147 mukaan lukituslaitteita tulisi aina käyttää, paitsi jos laitetta ei pystytä lukitsemaan, tai jos työnantaja pystyy todistamaan, että pelkkä tagout-järjestelmä tarjoaa työntekijöille yhtä turvalliset työolot. Lisäksi jos käytetään pelkkää tagout-järjestelmää, työntekijät täytyy kouluttaa ymmärtämään tagoutin rajoitukset: merkintälipukkeet ovat vain varoituslaitteita, jotka on kiinnitetty venttiiliin. Ne eivät fyysisesti estä venttiilin operointia. Lipukkeet voivat myös aiheuttaa väärän turvallisuuden tunteen, ja niiden merkitys tulisi ymmärtää osana energianhallintaohjelmaa. Käytettäessä tagout-järjestelmää lukituslaitteiden sijasta, merkintälipuke kiinnitetään venttiilissä samaan kohtaan, johon lukituslaite kiinnitettäisiin. [44.]

Myös Suomessa venttiilin lukitsematta jättäminen on mahdollista, jolloin pätee sama sääntö kuin Yhdysvalloissa: venttiili voidaan jättää lukitsematta, jos voidaan osoittaa sama turvallisuustaso, kuin lukituksen kanssa saataisiin. Jos mahdollinen poikkeustilanne ei aiheuta ympäristöön vakavaa haittaa, venttiili ei välttämättä tarvitse lukitusta. [46.] Esimerkiksi eräällä suomalaisella petrokemian alan yrityksellä on useita tällaisia venttiilejä [50]. Usein lukitukseksi halutaan kuitenkin vähintään munalukko [52]. Jos käytössä ei ole lukituslaitteita, mutta halutaan silti tietää, onko venttiili auki vai kiinni, venttiilin asennonosoitin voi olla sopiva ratkaisu.

6 Vuokaavion tekeminen

Alan asiantuntijoiden haastatteluja sekä standardeja apuna käyttäen tehtiin lopuksi vuokaavio (liite 1), jota voidaan hyödyntää lukitustyyppin valinnassa. Ohjeet kaavion käyttöön ovat liitteessä 2. Kaavion tekeminen aloitettiin tekemällä alustava kaavio, johon pyrittiin miettimään kysymyksiä, jotka rajaisivat lukon valintaa. Seuraavaksi alustava kaavio näytettiin ohjaajille, jotka mieltivät mahdollisia lisäkysymyksiä.

Kysymyksiä laadittiin yhteensä kahdeksan:

- ”Onko kyseessä varolaite?” -kysymys valittiin, sillä lainsäädäntö ohjaa varolaitteissa vahvasti interlockien käyttöön.
- ”Halutaanko lukko?” rajaa tehokkaasti, lähdetäänkö kaaviossa interlockin ja riippulukon suuntaan, vai sopiiko venttiiliin paremmin asennonosoitin tai esimerkiksi car seal.
- ”Halutaanko venttiiliin rajatieto?” -kysymyksellä pystyttiin määrittämään sopisiko venttiiliin asennonosoitin.
- ”Halutaanko venttiili 100 % varmuudella olevan joko auki tai kiinni?” valittiin, sillä se on usein tärkeä syy, miksi interlock valitaan.
- ”Onko kyseessä sekvenssi?” on tärkeää tietää, koska usein sekvenssissä operoitavissa venttiileissä käytetään interlockia.
- ”Onko virheoperoinnin todennäköisyys suuri?” -kysymys valittiin, sillä virheoperoinnin todennäköisyyden ollessa suuri interlock on parempi vaihtoehto. Jos todennäköisyys on pieni, myös riippulukkoa voidaan käyttää.
- ”Operoidaanko venttiiliä usein?” valittiin, sillä usein operoitavissa venttiileissä interlock on helppokäyttöisempi kuin riippulukko.
- ”Ovatko virheoperoinnin seuraukset mitättömät?” -kysymys otettiin kaavioon mukaan, koska sillä pystyttiin määrittämään, tarvitaanko lukkoa ollenkaan.

Kun kysymykset oli laadittu, piirrettiin käsin useita luonnoksia, joiden avulla pyrittiin määrittämään loogista kysymysten esitysjärjestystä. Testattiin useampaa eri aloituskysymystä, kuten ”onko kyseessä varolaite?”, ”halutaanko venttiili 100 % varmasti joko auki tai kiinni?”, ja ”halutaanko kyseiseen venttiiliin lukkoa ollenkaan?”. Näistä ”onko kyseessä varolaite?” valittiin lopulliseksi aloituskysymykseksi, koska kyseinen kaavio eteni loogisimmassa järjestyksessä. Kun kysymyksille oli määritetty järkevä järjestys, kaavio piirrettiin tietokoneella. Lopuksi vuokaavion värit muutettiin sellaisiksi, että kaavion lukeminen olisi helppoa.

7 Lockout/tagoutin tulevaisuus

Venttiililukitukset ovat yleistyneet viime vuosina, ja lukitukset ovat vielä kehittyvä ala. Uusia tuotteita on paljon, ja kehitykseen liittyy oleellisesti toimintatapojen sähköistyminen, ja tiedon siirtyminen digitaaliseen muotoon.

Automaattiset avainkaapit ovat eivät ole vielä kovin yleisiä, mutta tulevaisuudessa niiden käyttö todennäköisesti kasvaa. Esimerkiksi Sofis suosittelee tällaisten avainkaappien

käyttöä interlock-lukitusten kanssa lukitusavainten tietojen tallentamiseksi sekä turvallisuuden lisäämiseksi. [51.] Myös avainkaappien automaatio lisääntyy [50].

Toinen alan uusi tuote on vielä kehitteillä oleva avaimeton lukitus, joka toimii etälukijalla [51]. Yleisiä ongelmia avaimellisten lukkojen kanssa ovat oikean avaimen löytäminen sekä aikaa vievyys. Avaimettomat lukot toimivat RFID-tunnisteella, jolloin lukko avataan esimerkiksi työntekijän henkilökohtaisella kortilla. Järjestelmästä pystytään tällöin seuraamaan, milloin lukot avataan ja suljetaan, ja kuka niitä on käyttänyt. [58.]

Manuaaliset venttiilit ovat nykyisin vielä hyvin yleisiä, mutta tulevaisuudessa toimilaitteet todennäköisesti yleistyvät. Myös venttiilin asennon ilmaisimet yleistyvät, jolloin venttiilien asentotiedot voidaan lähettää suoraan valvomoon. [51.] Lisäksi menettelytavat sähköistyvät, minkä ansiosta esimerkiksi tabletin kanssa RFID:n avulla voidaan hakea kaikki tiedot halutusta venttiilistä. Kaukaisemmassa tulevaisuudessa mahdollisesti robotit hoitavat vaarallisimmat työtehtävät. [58.]

8 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli käydä läpi erilaisia venttiililukituksia, ja selvittää lukitustyyppien soveltuvuus eri tapauksiin. Lopputuloksena tehtiin kaavio, josta voidaan kätevästi nähdä, millainen lukitus mihinkin venttiiliin kannattaa hankkia. Oikeanlaisen lukituksen valitseminen on tärkeää, jotta voidaan välttyä työtapaturmilta sekä vaurioilta laitteistoihin ja tuotteisiin.

Insinööriyössä käytiin läpi yleisesti käytettyjä lukitustapoja, kuten car seal, riippulukko, ATL, sekä interlock. Lainsäädäntöjä, standardeja, ja viranomaisten sekä alan asiantuntijoiden haastatteluja apuna käyttäen saatiin selville, mihin tapauksiin mitkäkin turvalukitukset sopivat parhaiten. Saatiin selville, että valittavaan lukitukseen vaikuttaa oleellisesti haluttu turvataso, jolle voidaan päästä monella tapaa. Tiettyihin tapauksiin, kuten varolaitteisiin, lainsäädäntö kuitenkin ohjaa vahvasti interlockin käyttöön. Selvitettiin myös, että kaikissa tapauksissa ei tarvita välttämättä lukitusta ollenkaan, jos sama turvallisuustaso pystytään saavuttamaan muilla keinoilla. Lukituksen valintaan vaikuttaa moni asia,

eikä voida yksiselitteisesti sanoa, että tietty lukko on aina paras vaihtoehto tiettyyn tapaukseen.

Lopuksi tehtiin vuokaavio, jonka tarkoitus on auttaa venttiililukituksen valinnassa. Sekä alan asiantuntijoiden haastatteluja, aiheeseen liittyviä standardeja, että insinööriyön ohjaajien antamaa palautetta käytettiin apuna kaavion tekemisessä. Tavoitteena oli luoda selkeä kaavio, jossa kysymykset on esitetty loogisessa järjestyksessä. Vuokaavio hahmoteltiin ensin käsin piirtämällä, ja lopullinen versio piirrettiin tietokoneella. Oy Konwell Ab:lla sitä voidaan hyödyntää asiakkaiden neuvomiseen venttiililukituksen valinnassa.

Lähteet

- 1 Työpaikkatapaturmat. 2019. Verkkoaineisto. Tapaturmavakuutuskeskus. <https://tilastoportaali.vakes.fi/SASVisualAnalyticsViewer/VisualAnalyticsViewer_guest.jsp?reportName=Tikku&reportPath=/6.%20Julkinen/3.%20Tapaturma/Raportit/&reportViewOnly=true&reportContextBar=true>. Luettu 8.3.2021.
- 2 Valve interlock systems prevent accidents. Verkkoaineisto. Sofis valve operation <<https://www.sofisglobal.com/valve-interlock/>>. Luettu 8.3.2021.
- 3 Southall, Angela. The Iceberg Effect - The Hidden Costs of Workplace Accidents. Verkkoaineisto. Southalls. <<https://safety.southalls.com/blog/2018/02/09/iceberg-effect-workplace-accidents-cost#:~:text=Accident%20and%20ill-health%20costs,greater%20than%20the%20insured%20costs>>. Luettu 8.3.2021.
- 4 Sareskoski, Sakari. 2001. Lockout / tagout riskialueiden suojalaitteet. Verkkoaineisto. Sareskoski. <<https://www.sareskoski.com/lockout-tagout/IP10>>. Luettu 8.3.2021.
- 5 Yritys. Verkkoaineisto. Konwell. <<https://www.konwell.fi/fi/yritys>>. Luettu 9.1.2021.
- 6 Toikka, Matti. 2021. Tekninen asiantuntija. Oy Konwell Ab, Helsinki. Keskustelu 18.2.2021.
- 7 Konwell Oy Ab. Verkkoaineisto. Fonecta finder. <<https://www.finder.fi/Venttiilit/Konwell+Oy+Ab/Helsinki/yhteystiedot/163482>>. Luettu 9.3.2021.
- 8 Our history. Verkkoaineisto. Castell. <<https://www.castell.com/our-history/>>. Luettu 9.3.2021.
- 9 Liimatainen, Jouni. 2020. Markkinointipäällikkö. Oy Konwell Ab, Helsinki. Keskustelu 9.12.2020.
- 10 About us. Verkkoaineisto. Sofis valve operation. <<https://www.sofisglobal.com/about-us/>>. Luettu 9.3.2021.
- 11 Stojkov, Brent. 1997. The Valve Primer. E-kirja. Industrial Press Inc. <https://books.google.fi/books?id=oA2s5MsoQ8UC&printsec=copyright&redirect_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Luettu 9.3.2021.

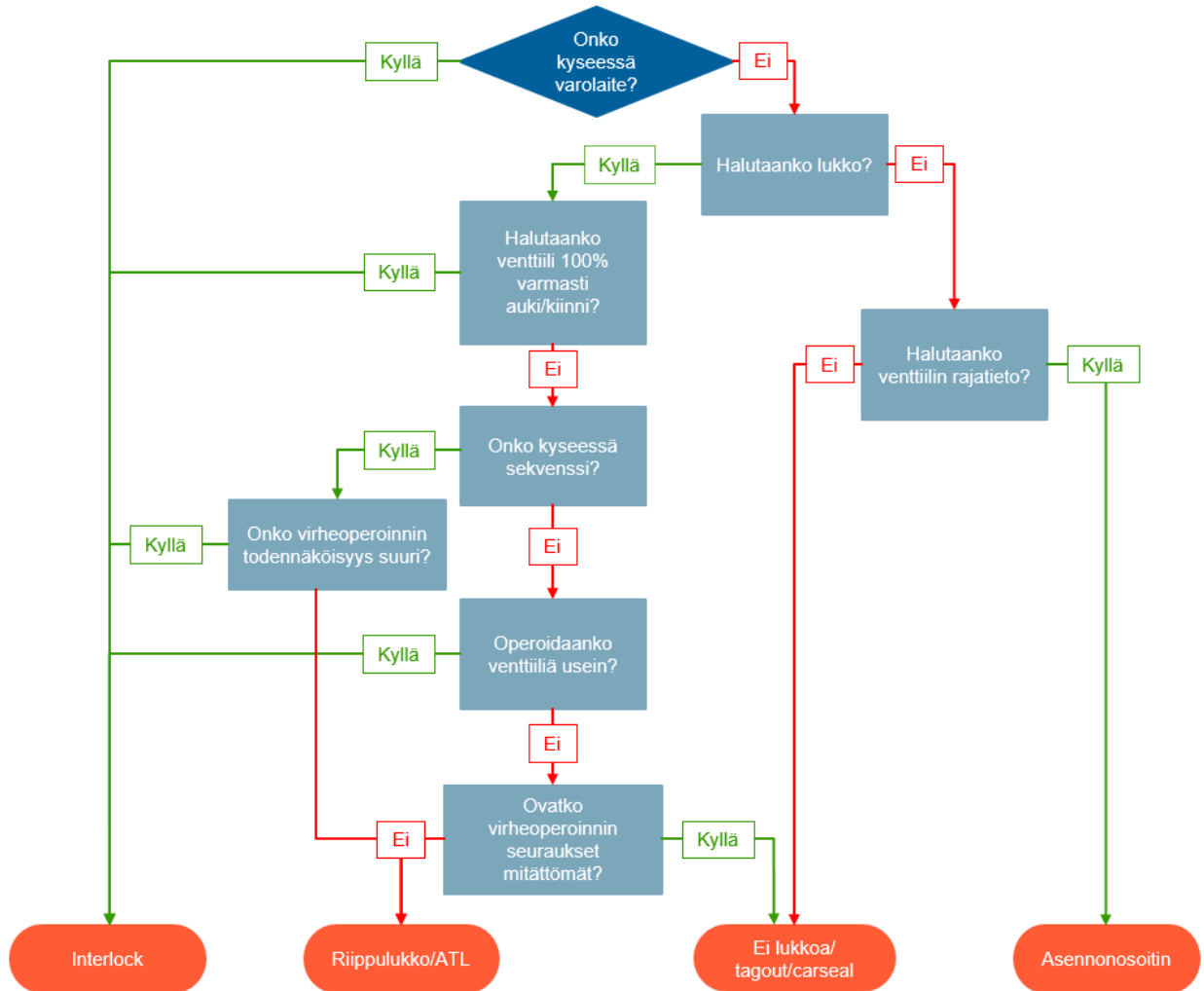
- 12 Palloventtiilit höyrylle ja lauhteelle. Verkkoaineisto. Konwell. <<https://www.konwell.fi/fi/tuotteet/hoyry-ja-lauhde/teollisuusventtiilit/palloventtiilit>>. Luettu 9.3.2021
- 13 Varoventtiilit höyrylle ja lauhteelle. Verkkoaineisto. Konwell. <<https://www.konwell.fi/fi/tuotteet/hoyry-ja-lauhde/teollisuusventtiilit/varolaitteet/varoventtiilit>>. Luettu 9.3.2021.
- 14 Venttiilien turvalukitusmahdollisuudet. Verkkoaineisto. Konwell. <<https://www.konwell.fi/fi/viestinta-ja-julkaisut/blogit/arkisto/venttiilien-turvalukitus-mahdollisuudet>>. Luettu 8.12.2020.
- 15 What is a Car Seal Valve? Verkkoaineisto. Wermac. <http://www.wermac.org/valves/valves_car_seal.html>. Luettu 10.3.2021.
- 16 What does car seal open, car seal closed mean? Verkkoaineisto. Total lockout. <<https://www.car-seal.com/latest-news/car-seal-open-car-seal-closed-mean>>. Luettu 10.3.2021.
- 17 Car seal. Verkkoaineisto. Smith Flow Control. <<https://www.smithflowcontrol.com/process-safety/lock-out-tag-out/car-seal/>>. Luettu 10.3.2021.
- 18 Muut turvalukitukset höyryjärjestelmissä. Verkkoaineisto. Konwell. <<https://www.konwell.fi/fi/tuotteet/prosessi/prosessiventtiilit/varolaitteet/venttiilien-turvalukitukset/master-lock-turvalukitukset>>. Luettu 10.3.2021.
- 19 Lukitustuotteet. Verkkoaineisto. Etra. <<http://tuotteet.etra.fi/tuotekuvat/e23215424/>>. Luettu 10.3.2021.
- 20 Kompakti palloventtiilien lukituslaite Master Lock. Verkkoaineisto. Sareskoski. <<https://www.sareskoski.com/kompakti-palloventtiilien-lukituslaite-master-lock/P6347>>. Luettu 10.3.2021.
- 21 Chainlok. Verkkoaineisto. Smith Flow Control. <<https://www.smithflowcontrol.halmacloud.com/process-safety/lock-out-tag-out/chainlok/>>. Luettu 10.3.2021.
- 22 The HSV anti tamper valve interlock. Verkkoaineisto. Enclosure Solutions. <<https://www.enclosuresolutions.co.za/valve-interlock/394-the-hsv-anti-tamper-valve-interlock.html>>. Luettu 11.3.2021.
- 23 ATL (Anti-tamper lock). Verkkoaineisto. Smith Flow Control. <<https://www.smithflowcontrol.com/process-safety/atl-anti-tamper-lock/>>. Luettu 11.3.2021.

- 24 Valve interlock. Verkkoaineisto. Netherlocks safety systems. <<https://www.netherlocks.com/valve-interlock/>>. Luettu 11.3.2021.
- 25 Valve Interlock System. Verkkoaineisto. Wermac. <http://www.wermac.org/valves/valves_interlock.html#:~:text=A%20valve%20interlock%20is%20a,conducting%20different%20valve%20process%20activities>. Luettu 11.3.2021.
- 26 Key interlocks for pipeline safety. Verkkoaineisto. Sofis valve operation. <<https://www.sofisglobal.com/key-interlocks-pipeline-safety/>>. Luettu 11.3.2021.
- 27 QL valve interlocks for lever operated valves. Verkkoaineisto. Smith flow control. <<https://www.smithflowcontrol.com/process-safety/lever-operated-valves/>>. Luettu 11.3.2021.
- 28 GL valve interlocks for hand operated valves. Verkkoaineisto. Smith flow control. <<https://www.smithflowcontrol.com/process-safety/gl-valve-interlocks-hand-operated-valves/>>. Luettu 11.3.2021.
- 29 GL lock internal mechanical construction. Verkkoaineisto. Smith flow control. <<https://www.smithflowcontrol.halmacloud.com/process-safety/gl-valve-interlocks-hand-operated-valves/gl-lock-internal-mechanical-construction/>>. Luettu 12.3.2021.
- 30 Konwell Webinaari - Interlock lukkolaitteet. Verkkoaineisto. <<https://www.youtube.com/watch?v=rBF1r3FxeI>>. Luettu 12.3.2021.
- 31 Interlock-turvalukitukset prosessijärjestelmissä. Verkkoaineisto. Konwell. <<https://www.konwell.fi/fi/tuotteet/prosessi/prosessiventtiilit/varolaitteet/venttiilien-turvalukitukset/interlock-turvalukitukset>>. Luettu 12.3.2021.
- 32 SFC key interlocks & process management systems. Verkkoaineisto. Smith flow control. <<http://www.smithflowcontrol.com/wp-content/uploads/2013/11/Smith-Flow-Control-Brochure.pdf>>. Luettu 12.3.2021.
- 33 Unique interlock benefits. Verkkoaineisto. Alcatraz interlocks. <<https://www.alcatrazinterlocks.com/benefits>>. Luettu 12.3.2021.
- 34 Key cabinets. Verkkoaineisto. Smith flow control. <<https://www.smithflowcontrol.halmacloud.com/process-safety/key-cabinets-sfc-permit-work-ptw-systems/>>. Luettu 15.3.2021.
- 35 Key cabinet engraving. Verkkoaineisto. Smith flow control. <<https://www.smithflowcontrol.com/process-safety/key-cabinets-sfc-permit-work-ptw-systems/key-cabinet-engraving/>>. Luettu 15.3.2021.

- 36 Process interlocking. Verkkoaineisto. Netherlocks safety systems. <<https://www.netherlocks.com/wp-content/uploads/2014/07/Netherlocks-CKC-ECK-Cabinets.pdf>>. Luettu 15.3.2021.
- 37 Linear keys. Verkkoaineisto. Netherlocks safety systems. <<https://www.netherlocks.com/products/process-interlocking/mechanical-interlocking/linear-key-concept/>>. Luettu 15.3.2021.
- 38 Smartkey+. Verkkoaineisto. Smith flow control. <<https://www.smithflowcontrol.com/process-safety/smartkey/>>. Luettu 15.3.2021.
- 39 Smartkey+ operation. Verkkoaineisto. Smith flow control. <<https://www.smithflowcontrol.com/process-safety/smartkey/smartkey-operation/>>. Luettu 15.3.2021.
- 40 EU-direktiivi. 1989. 655/30.11.1989.
- 41 Valtioneuvoston asetus. 2008. 403/12.6.2008.
- 42 SFS-EN ISO 14118. Koneturvallisuus. 2018. Odottamattoman käynnistymisen estäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 43 About OSHA. Verkkoaineisto. U.S. Department of labor. <<https://www.osha.gov/aboutosha>>. Luettu 17.3.2021.
- 44 29 CFR 1910.147. Occupational Safety and Health Standards. 1989. The control of hazardous energy (lockout/tagout). <<https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.147>>.
- 45 What is a European Standard (EN)? Verkkoaineisto. Cencenelec. <<https://www.cencenelec.eu/standards/DefEN/Pages/default.aspx>>. Luettu 29.3.2021.
- 46 Talvitie, Timo. 2021. Ylitarkastaja. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Haastattelu 11.3.2021.
- 47 SFS-EN ISO 12100. Koneturvallisuus. 2010. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 48 Riskien tunnistus ja hallintakeinot. Verkkoaineisto. Työterveyslaitos. <<https://www.ttl.fi/vesihuoltolaitosten-tyoturvallisuus-opas/riskien-tunnistus-ja-hallintakeinot/>>. Luettu 29.3.2021.

- 49 Car seal versus LOTO, what's the difference? Verkkoaineisto. Total Lockout. <<https://www.car-seal.com/latest-news/car-seal-versus-loto-whats-difference>>. Luettu 29.3.2021.
- 50 Imponen, Jaakko. 2021. Putkistosuunnittelija. Neste Oyj. Haastattelu 27.1.2021.
- 51 Peeters, Sander. 2021. Markkinointipäällikkö. Sofis Valve Operation. Haastattelu 27.1.2021.
- 52 Ijäs, Jyrki. 2021. Käyttöinsinööri. Neste Oyj. Haastattelu 22.1.2021.
- 53 Valve locking systems HSV. Verkkoaineisto. Haake Technik GmbH. <<https://www.haake-technik.com/en/products/valve-locking-systems-hsv/>>. Luettu 1.4.2021.
- 54 Valve interlocks eliminate human error in valve operations. Verkkoaineisto. Sofis Valve Operation. <<https://www.sofisglobal.com/valve-interlocks-eliminate-human-error-in-valve-operations/>>. Luettu 1.4.2021.
- 55 Trapped Key Interlocks. Verkkoaineisto. Total Lockout. <<https://www.totallockout.com/expertise/interlocks/>>. Luettu 1.4.2021.
- 56 Imponen, Jaakko. 2021. Putkistosuunnittelija. Neste Oyj. Haastattelu 2.12.2020.
- 57 Fatal incident stresses importance of eliminating human error on pigging operations. Verkkoaineisto. Sofis Valve Operation. <<https://www.sofisglobal.com/pigging-operations-valve-interlocks/>>. Luettu 1.4.2021.
- 58 Lockout-Tagout 2020: A Look at the Future of Lockout-Tagout Solutions. Verkkoaineisto. Safety+Health Magazine. <<https://www.safetyandhealthmagazine.com/events/21-lockout-tagout-2020-a-look-at-the-future-of-lockout-tagout-solutions>>. Luettu 1.4.2021.

Kaavio lukituksen valitsemiseen



Ohjeet vuokaavion käyttöön

Vuokaavion lukeminen aloitetaan yläreunassa olevasta sinisestä laatikosta. Vastaamalla kysymykseen ”onko kyseessä varolaite?” päästään etenemään kaaviossa alaspäin. Jos kysymykseen vastataan ”kyllä”, seurataan vihreää nuolta, joka johtaa suoraan alareunan interlock-kohtaan. Tällöin interlock olisi siis suositeltu lukitusvalinta. Jos kysymykseen vastataan ”ei”, seurataan punaista nuolta seuraavaan kysymykseen. Samalla periaatteella jatketaan nuolten seuraamista vastaamalla kysymyksiin, kunnes päästään johonkin alareunan oransseissa ellipseissä olevista lukkovaihtoehtoista. Väärinymmärrysten välttämiseksi jokainen vaaleansinisessä laatikossa oleva kysymys on seuraavaksi selitetty erikseen:

- ”Halutaanko lukko?” Jos riskinarvioinnissa on määritetty, että lukkoa ei välttämättä tarvita, eikä sitä kyseiseen venttiiliin haluta, voidaan vastata ei. Muuten vastataan kyllä.
- ”Halutaanko venttiilin rajatieto?” Venttiilin rajatiedolla tarkoitetaan esimerkiksi valvomoon näkyvää tietoa, onko venttiili kiinni vai auki.
- ”Halutaanko venttiili 100 % varmasti auki/kiinni?” Jos venttiili voi olla myös väliasennossa, voidaan vastata ”ei”. Jos venttiilin halutaan olevan aina joko täysin auki- tai kiinniasennossa, vastataan ”kyllä”.
- ”Onko kyseessä sekvenssi?” Operoidaanko venttiiliä sarjassa muiden venttiilien kanssa?
- ”Onko virheoperoinnin todennäköisyys suuri?” Virheoperoinnin riski voidaan määrittää riskinarvioinnissa, ja kysymykseen vastataan sen pohjalta.
- ”Operoidaanko venttiiliä usein?” Jos venttiiliä operoidaan niin usein, että esimerkiksi riippulukon käyttäminen olisi hankalaa, voidaan vastata ”kyllä”. Tällöin tulokseksi saadaan interlock, joka on usein operoitaessa helppokäyttöisempi.
- ”Ovatko virheoperoinnin seuraukset mitättömät?” Jos riskinarvioinnissa on katsottu, että virheoperoinnilla ei ole vakavia seurauksia, kuten ympäristöhaitta tai työtapaturma, voidaan vastata ”kyllä”.

Kaavion alareunassa olevat lukitusvaihtoehdot ovat interlock, riippulukko/ATL, ei lukkoa/tagout/car seal, sekä asennonosoitin. Jos tulokseksi saadaan esimerkiksi riippulukko/ATL, tämä tarkoittaa, että kumpi tahansa lukitus on mahdollinen, ja voidaan valita se, jonka nähdään olevan kyseiseen venttiiliin sopivampi.