



TAL TECH

ELEGAASTÄITEGA ELEKTRISEADMETE KASUTAMISE KESKKONNAMÕJU

Ekspertarvamus

28.02.2025

Töö tellija: **OÜ Utilitas Wind**

Töö tellija poolne kontaktisik: **Andrus Zavadskis**, juhatuse liige

Ekspertarvamuse koostaja: **Ivar Kiitam**, teadur (PhD)

Tallinna Tehnikaülikool

Telefon: 620 2002

E-post: info@taltech.ee

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn

SISUKORD

1. Lühitaust ja elegaasi omadused.....	3
2. Elegaasi mõju keskkonnale ja elusorganismidele	3
3. Kaalutlused elegaasi keskkonnamõju osas	4
4. Elegasijäätmete ringlussevõtt ja kõrvaldamine	4
Kokkuvõte	5
Kasutatud kirjandus	6

1. LÜHITAUST JA ELEGAASI OMADUSED

Väävelheksafluoriidi (SF_6) ehk elegaasi on kõrgepingeseadmetes aastakümneid kasutatud isoleeriva täitegaasina suure dielektrilise tugevuse ja teiste sobivate omaduste tõttu. Elegaastäitega on põhiliselt võimsuslülitid ja gaasisolatsiooniga jaotlad, mis on asendamatud komponendid elektri ülekande- ja jaotussüsteemides. Elegaasi kasutamine võimaldab ehitada kompaktseid seadmeid, mis on väikese ruumikasutusega ning materjali- ja transpordikuluga.

Elegaas on keemiliselt suhteliselt inertne, lõhnatu ja värvitu gaas, mis ei ole tuleohtlik. SF_6 on võrreldes teiste levinud gaasidega väga tihe (molaarmass 146 g/mol, st õhust ca 5 korda tihedam). Elegaasi ei teki looduslike protsesside käigus märkimisväärsel määral ning praegu atmosfääris sisalduv SF_6 on praktiliselt täiel määral inimtekkeline. Vähesese reaktiivsuse tõttu püsib SF_6 keskkonnas võrdlemisi kaua, hinnanguliselt 800 kuni 3200 aastat.

2. ELEGAASI MÕJU KESKKONNALE JA ELUSORGANISMIDELE

SF_6 on hästi tuntud kasvuhooneefekti põhjustava gaasina ning see on ühtlasi peamine elegaasiga seonduv keskkonnamõju. Elegaasi 100 aasta globaalse soojenemise potentsiaali (GWP_{100}) loetakse 24 300 korda suuremaks kui süsihappegaasil [1]. Elegaasi kontsentratsioon Maa atmosfääris on hetkel siiski väga väike, ca 12 ppt (triljondikku) [2], kuid see on märkimisväärselt tõusnud viimastel aastakümnetel, mille jooksul SF_6 on laialdaselt kasutuses olnud. Elegaasi panus kogu planeedi kasvuhooneefekti on selle väikesest kogusest tulenevalt siiski tagasihoidlik, aastal 2023 oli elegaasi hinnanguline osa kõikidest kasvuhoonegaasidest tulenevast kiirgussunnist ainult ligikaudu 0,2% [3].

Paljudele elusorganismidele võib elegaas, tulenevalt oma füüsikalistest omadustest, kujutada lämbumisohtu. Tiheduse tõttu koguneb SF_6 vaba ruumi madalamatesse kohtadesse, tõrjudes välja kergemaid õhus sisalduvaid gaase (nt O_2 : 32 g/mol, N_2 : 28 g/mol). Lisaks on elegaasil mõningane tuimestav mõju ja see võib samuti tekitada uimasust [4].

Kuigi elegaas ise ei ole otseselt mürgine, võib selle lagunemisel elektrilahenduste ja kõrgete temperatuuride toimel, mis kaasnevad lühiajaliselt võimsuslülitite lülitamisega (elektrikaare toime gaasile), tekkida mitmeid erinevaid ohtlikke laguprodukte. Reaktsiooni lõppsaadused sõltuvad ka elegaasis sisalduvatest lisanditest (nt niiskus, O_2 , N_2) ja seadme metallosade koostisest ning nende hulgas on ka toksiliste või korrosiivsete omadustega ühendeid [6]. Tekkida võivad näiteks erinevad väävelfluoriidid (S_xF_y), väävli oksüfluoriidid ($\text{S}_x\text{O}_y\text{F}_z$), samuti SO_2 , HF, H_2S ja metallide fluoriidid [4]. Eelmainitud laguproduktide tüüpiline kontsentratsioon seadmetes sisalduvas elegaasis sõltub ka sellest missugusel määral on gaas elektrilahenduste poolt mõjutatud olnud ehk näiteks kas mingi konkreetse elegaasi sisaldava lülitiga on varasemalt lühisvoolu lahutatud [7]. Seetõttu tuleb elektripaigaldistes kasutatud SF_6 käitlemisel olla eriti ettevaatlik ning järgida kehtestatud tööohutuse ja keskkonnakaitse nõudeid.

3. KAALUTLUSED ELEGAASI KESKKONNAMÕJU OSAS

Selleks, et SF₆ hakkaks märkimisväärselt keskkonnamõju avaldama, on esmalt vajalik selle vabanemine keskkonda. Elektriseadmed on konstrueeritud viisil, et tavaolukorras ei toimu elegaasi märkimisväärselt eraldumist keskkonda, kuid gaasilekete täielik vältimine ei ole võimalik. Lekked võivad olla aeglased, tulenevalt ebatäiuslikust hermeetilisusest, või toimuda järsult, nt kui seadme elegaasi sisaldav kamber kahjustub õnnetuse tagajärjel.

Elegaasi lekkega kaasneb seadme elektriisolatsiooni nõrgenemine ja sellest tulenev isolatsioonirikke oht. Võimsuslülite korral võib tekkida olukord, et lüliti ei suuda väljalülitamisel vooluahelat katkestada (elektrikaar ei kustu). Rikke tagajärjed võivad olla väga tõsised ning kaasaegsetel seadmetel on reeglina gaasirõhu andur, mis annab häiresignaali kui seadme sisemine gaasirõhk hakkab vähenema. See võimaldab käidupersonalil kiiresti reageerida ning leke tuvastada ja likvideerida. Automaatse gaasirõhu monitoorimissüsteemi kasutamisega saab seekaudu oluliselt piirata elegaasi eraldumist keskkonda.

Kui elegaasi sisaldav seade peaks järsult kahjustuma ja kogu selles sisalduv SF₆ satub korraga keskkonda, siis on sisuliselt tegu kasvuhoonegaasi emissiooniga, mis on pikaajalist keskkonnamõju arvestades äärmiselt ebasoovitav, kuigi mitte katastroofiline, tagajärg. Sellise juhtumi korral piirab negatiivse mõju ulatust ühes seadmes sisalduva elegaasi suhteliselt väike kogus (suurusjärgul paar kilogrammi kuni paarkümmend kilogrammi). Samuti tuleb arvestada, et taoliste sündmuste esinemise tõenäosus on väike ja piisava hoolega põhimõtteliselt täiesti välditav.

4. ELEGAASIJÄÄTMETE RINGLUSSEVÕTT JA KÕRVALDAMINE

Elegaasi kõrvaldamiseks ja ringlussevõtuks on erinevaid variante ning sellealast uurimistööd tehakse jätkuvalt. Elegaasi saab näiteks kõrgel temperatuuril põletada, kuid sarnaselt SF₆ lagunemisega elektrikaares tekib põletamise käigus erinevaid toksilisi ja korrosiivseid laguprodukte, mida tuleb täiendavalt töödelda. Uuritakse ka võimalusi elegaasi hävitada plasma abil. Elegaasi on samuti võimalik taaskasutada, kui see elektripaigaldise eluea lõpus seadmetest eemaldada, kokku koguda ning ebasoovitavatest lisanditest puhastada. [8]

Kuna SF₆ ringlussevõtt ja ohutu kõrvaldamine on keskkonnahoiu seisukohast olulised teemad, mille vastu on laialdane ülemaailmne huvi, ning järjest rohkem elegaasi kasutavaid seadmeid on jõudmas oma kavandatud tööperioodi lõppu, on oodata vastavate tehnoloogiate edasist arengut ja kasutuselevõttu. Selleks hetkeks, kui elegaasi sisaldavad seadmed mida praegu ja lähitulevikus paigaldatakse, omakorda eluea lõppu hakkavad jõudma (ca 30 aasta pärast), on arvatavasti kasutusel küpsed ja keskkonnasäästlikud SF₆ ringlussevõtu ja kõrvaldamise tehnoloogiad.

KOKKUVÕTE

Kui on kasutusel mõned põhilised ettevaatusabinõud, siis on uute elegaastäitega seadmete paigaldamise ja käitamisega seonduva märkimisväärse negatiivse keskkonnamõju esinemine vähetõenäoline. Täpsemalt tuleks jälgida, et:

- elegaasi sisaldavate seadmetega tegelev personal on saanud vastava väljaõppe, kasutatakse sobilikke töövõtteid ja järgitakse üldiseid hoolsusnõudeid;
- järgitakse elegaasi käitlemisega seonduvaid õigusakte, tööohutuse ja keskkonnakaitse nõudeid ja parimaid praktikaid;
- elegaastäitega seadmed on varustatud gaasirõhu monitoorimise süsteemiga, mis edastab gaasilekke tuvastamise korral automaatse häiresignaali;
- elegaasi lekked likvideeritakse kiiresti.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Euroopa Parlamendi ja Nõukogu määrus (EL) 2024/573.
- [2] X. Lan, K. Thoning ja E. Dlugokencky, „Trends in globally-averaged CH₄, N₂O, and SF₆ determined from NOAA Global Monitoring Laboratory,” veebr 2025. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://doi.org/10.15138/P8XG-AA10>.
- [3] NOAA Global Monitoring Laboratory, „Annual Greenhouse Gas Index (AGGI),” [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://gml.noaa.gov/aggi/aggi.html>. [Kasutatud 27.02.2025].
- [4] National Library of Medicine, „Sulfur Hexafluoride | F₆S | CID 17358 - PubChem,” [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/17358>. [Kasutatud 25.02.2025].
- [5] C. T. Dervos ja P. Vassiliou, „Sulfur Hexafluoride (SF₆): Global Environmental Effects and Toxic Byproduct Formation,” *Journal of the Air & Waste Management Association*, kd. 50, nr 1, p. 137–141, 2000.
- [6] R. Arora ja W. Mosch, High Voltage and Electrical Insulation Engineering, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- [7] C. T. Dervos, J. A. Mergos ja M. D. Palaiologopoulou, „Environmental Effects of Electrically-stressed Sulfur Hexafluoride,” *2nd European Energy Conference*, 2012.
- [8] A. Parthiban, A. A. R. Gopal, P. Siwayanan ja K. W. Chew, „Disposal methods, health effects and emission regulations for sulfur hexafluoride and its by-products,” *Journal of Hazardous Materials*, kd. 417, p. 126107, 2021.