



Juhend

Doominoefektide hindamine

01.10.2018

Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Doominoefekt.....	4
1.1 Doominoefektide põhjused	4
2. Doominoefektide määramine	5
2.1 Ülerõhust tingitud doominoefekt	5
2.2 Soojuskiirgusest tingitud doominoefekt.....	6
2.3 Toksilisest ainest tingitud doominoefekt	6
2.4 Fragmentidest tingitud doominoefekt	6
Kokkuvõte.....	8
Lisa	9

Sissejuhatus

Doominoefekt on käitise või käitiste rühmade puhul võimalik suurem suurõnnetuse risk või selle raskemad tagajärjed käitiste geograafilise asukoha ja vastastikuse kauguse ning nendes paiknevate ohtlike ainete varu tõttu¹.

Käitised, mille puhul on võimalik doominoefekt, peavad esitama vajaliku informatsiooni koostatavates dokumentides (teabeleht, riskianalüüs, ohutusaruanne). Lisaks on võimalik saada informatsiooni doominoefektiga käitiste või käitiste rühmade kohta inspekteerimise käigus saadud teabe alusel ning vajadusel võib pädev asutus vajaliku info välja küsida taotluse alusel.

Koostatavates dokumentides käsitletakse doominoefektidega seotud informatsiooni²:

- teabelehes tuuakse välja käitise lähiümbruse kirjeldus, kõik objektid ja tegurid, mis võivad põhjustada õnnetust või raskendada ettevõttest lähtuva õnnetuse tagajärgi või põhjustada doominoefekti;
- riskianalüüsis esitatakse ülevaade sündmustest, mis võivad ettevõttesisestel või -välistel põhjustel stsenaariumi käivitada, töökorralduslikud ja ettevõttevälised põhjused, mis on seotud doominoefektiga või naabruses asuvate ettevõtete ja võimalike sündmustega, mis võivad olla suurõnnetuse põhjustajaks või suurendada suurõnnetuse ohtu ning raskendada selle tagajärgi, ning ülevaade looduslikest põhjustest, näiteks tormituul või üleujutus;
- ohutusaruandes tuuakse välja nende ettevõtete ja tegevuste loetelu, mis võivad olla suurõnnetuse põhjustajaks või suurendada suurõnnetuse ohtu, raskendada selle tagajärgi ja põhjustada doominoefekti, ja objektid, mida suurõnnetus võib mõjutada, samuti naabruses asuvad teised ohtlikud ja suurõnnetuse ohuga ettevõtted, mille ohualasse käitis jääb.

Kui ohtliku ettevõtte ja suurõnnetuse ohuga ettevõtte puhul on tõenäoline doominoefekt, vahetatavad nende käitlejad omavahel teavet, et rakendada asjakohaseid meetmeid, ning teevad koostööd avalikkuse teavitamisel³. Infovahetuse eesmärgiks on ohutuse tagamise süsteemi kirjelduste, ohutusaruannete, riskianalüüside ja hädaolukorra lahendamise plaanide täiendamine doominoefektist tulenevate lisariskidega⁴.

Kemikaaliseaduse kohaselt on Päästeameti pädevuseks välja selgitada ohtlikelt ettevõtetelt ja suurõnnetuse ohuga ettevõtetelt saadava teabe põhjal doominoefekti põhjustada võivad käitised või käitiste rühmad ning ettevõtteid sellest teavitada⁵. Doominoefektiga on vaja arvestada ka maakasutuse planeerimisel ning projekteerimistingimuste ja ehituslubade andmisel⁶.

Selleks, et välja tuua milliste suurõnnetuse ohuga ja ohtlike ettevõtete vahel on võimalik doominoefekti olemasolu, on koostatud Päästeameti tellimusel Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituudi poolt 2017. aastal doominoefektide hindamise meetoodika.

Meetoodika põhjal on koostatud juhend, mis on mõeldud kõigile, kellel on vajadus hinnata doominoefektide võimalikkust.

¹ Kemikaaliseadus § 21 lõige 10.

² Majandus- ja taristuministri 01.03.2016 määrus nr 18.

³ Kemikaaliseadus § 22 lõige 4.

⁴ Seveso III direktiiv artikkel 9 punktid 1-3.

⁵ Kemikaaliseadus § 34, punkt 2.

⁶ Kemikaaliseadus § 32.

1. Doominoefekt

Kõige enam doominoefektiga seotud õnnetusi on juhtunud kemikaale hoiustavates ettevõtetes, millele järgnevad protsessi ettevõtted. Ohtlikest kemikaalidest on kõige enam seotud tuleohtlikud ained – peamiselt veeldatud naftagaas (LPG). Varasemate õnnetusjuhtumite analüüsi kohaselt on kõige sagedasemaks doominoefekti põhjustajaks plahvatused (aurupilve plahvatus), järgnevad tulekahjud (lombitulekahju). Need õnnetused võivad tekitada kolm eskaleerivat vektorit (soojuskiirus, ülerõhk, fragmendid), mis võivad mõjutada ümbritsevaid seadmeid, hooneid, personali ja keskkonda⁷.

Doominoefektiga ühest ettevõttest teise kanduda võivad suurõnnetuste mõju ülekannet vaadeldakse antud töö põhiosas nelja võimaliku teguri kaudu. Need on:

- Plahvatuses tekib **ülerõhk ja lööklaine**
- Tulekahjust või plahvatuses tekib **soojuskiirusvoog**
- Plahvatuses, tulekahjust või lekkest tekib **toksiliste ühendite levik**
- **Fragmentide** laialipaiskumine⁸

Nüüdisajal on doominoefektiga õnnetuste stsenaariumid ka palju laiemad ja sisaldavad endas nn inimfaktorit (eksitus, ebakompetentsus, omavoliline reeglite muutmine, väsimus, tahtlus) või küberriskide ahelalist realiseerumist.

1.1 Doominoefektide põhjused

Antud alapeatükis tuuakse välja mõningad põhjused, mis võivad esile kutsuda doominoefekti.

- a. Looduslikud põhjused (geoloogilised, atmosfääri ja ökosüsteemi poolt tingitud):
 - Kliima ja ilmastiku tingitud: metsatulekahjud, üleujutused, laviinid, tormituuled, tavatult suured sademed (talvel lumekoormuse järsk kasv jne);
 - Geoloogilised: maalihked, maavärinad, tehnilike või looduslike maa-aluste tühemike kollaps, tsunamid.
- b. Inimtekkelised põhjused (töökorraldus, pahatahtlikkus vms):
 - Töökorraldusest ja tegevusest põhjustatud: inimlikud vead (tegevusest või tegevusetusest või vaegtegevusest põhjustatud), disaini ja inseneeria vead, toimimisprotseduuride või töökorralduse vead;
 - Pahatahtlikkusest põhjustatud: vargus, kahjustamine, sabotaaž, kättemaks, terrorism jms. Tegemist võib olla materiaalsel vara kahjustava tegevusega või inimestele suunatud kahjustava tegevusega. See puudutab ka kübersüsteemidele suunatud rünnakuid: informatsiooni ja infosüsteemide kahjustamine, valeinformatsiooni levitamine, kasutatavate küberfüüsikaliste süsteemide kahjustamine, turvasüsteemide jms kahjustamine (laiemalt ka küberrünnakud).
- c. Tehnoloogilised põhjused (tulekahju, plahvatus, toksilise aine vabanemine):
 - Tulekahju: laustuli, plahvatus, tulekerad ja jugatuli;
 - Plahvatus: aurude plahvatamine suletud ruumis (CVCE), keeva vedeliku paisuva auru plahvatus (BLEVE), tuulutus- ja ventilatsioonisüsteemides toimuv

⁷ F.Kadri, E.Châtelet and G.Chen, Method for quantitative assessment of the domino effect in industrial sites, Elsevier 2013.

⁸ Kõige keerulisem hinnata, mistõttu fragmentidest tingitud doominoefekti käesolevad juhendis detailselt ei kajastata.

plahvatus, aurupilve plahvatus (VCE), tolmuplahvatus, mehaaniline plahvatus (näiteks üle- või alarõhu mahutite põhjustatud);

- Toksiliste ühendite eraldumine: mahutitest, tootmisprotsessist, transpordil.

Kõik need tegurid võivad omavahel kombineeruda ning tekitada ka sündmuste põhjus-tagajärg kaskaade (doominoefekti). Võimalikke potentsiaalseid seoseid saab hinnata kvalitatiivselt (kasutatakse ka terminit deterministlikult) ja kvantitatiivselt (kasutatakse ka terminit tõenäosuslikult). Mõlemad hindamismetoodikat on võimalik ka omavahel kombineerida.

2. Doominoefektide määramine

Ohuala ehk siis ohtliku ala välispiirile tõmmatud raadiust ei saa automaatselt lugeda kauguseks, mis käivitaks mõjufaktori tõttu doominoefekti. Doominoefekt on seotud ennekõike stsenaariumitega ning sellest tuleb ka lähtuda doominoefektide mõjuraadiuste hindamisel.

Doominoefektiga õnnetuste eskalatsioon on riskiks nii ettevõtete siseselt kui ka erinevate ettevõtete vahel juhul, kui nad jäävad üksteise ohualadesse või kui analüüsid näitavad, et mõjufaktor võib mingitel muudel tingimustel olla doominoefekti põhjustajaks.

Ettevõtete vahelise doominoefekti võimalikkuse ja erinevate tegurite mõjuraadiuste hindamisel on oluline arvesse võtta nii maastiku reljeefi, taimestikku, ümbruses paiknevaid hooneid ja rajatisi kui ka ilmastikku, mille koosmõju tulemusena on mõjukaugused suundadest sõltuvalt erinevad. Fragmentide puhul on mõjuraadiuse ja mõju iseloomu ennustamine ilma konkreetsete sisendandmeteta raskendatud.

2.1 Ülerõhust tingitud doominoefekt

Ülerõhk on doominoefektide põhjustajaks peamiselt aurupilve plahvatuse ja mehaanilise plahvatuse juhtumite puhul. Kahjustavaks faktoriks on plahvatusel tekkiv õhulööklaine.

Peamisteks füüsikalisteks parameetriteks, mis määravad õhulööklaine kahjustava mõju inimestele ja mitmesugustele rajatistele on lööklaine impulss ja tipprõhk. Seejuures ilmnevad kahjustavad mõjud (ületatakse kahjustuste lävi) vaid sellisel juhul, kui tipprõhk ületab mingi kindla piirtaseme.

Õhulööklaine ülerõhk ja impulss sõltuvad peamiselt kolmest faktorist:

- plahvatava materjali kogusest (plahvatusel vabaneva energia suuruselt);
- plahvatava materjali plahvatuskiirusest (plahvatuse võimsusest);
- kaugusest plahvatuskohast.

Doominoefekte põhjustavate käitiste rühmade väljaselgitamisel võtta aluseks:

- väga ohtliku ala parameeter: 160 mbar (16 kPa);
- hoonete puhul tuleb arvestada, et vastupidavus sõltub konkreetsest hoonest ja materjalidest:
 - hinnata andmete ja kohapealse vaatluse alusel hooneid ja rajatisi, mis on seotud suurõnnetuse ohuga ja ohtlike ettevõtetega ning jäävad ohtlikusse alasse (kuni 50 mbar, 5 kPa).

2.2 Soojuskiirgusest tingitud doominoefekt

Soojuskiirgus on doominoefektide põhjustajaks põlemisega (loigutuli, jugatuli, tulekera) seotud esmapõhjuste puhul.

Soojuskiirgusega võib doominoefekt käivituda näiteks põhjusel, kui mahutite ühenduskohtades on kasutatud materjale, mis soojuskiirgusele eksponeerudes sulavad ja toksilised ained paiskuvad seetõttu väliskeskkonda. Mahutiparkide õnnetuste puhul on soojuskiirgus põhjuseks, süttivad naabermahutid. Eriti ohtlik on suur soojuskiirguse voog osaliselt täidetud või peaaegu tühjade mahutite suunal, kus ainehulk on väiksem ning selle aurustamiseks või keemispunktini viimiseks kulub seega vähem aega.

Doominoefekte põhjustavate kaitiste rühmade väljaselgitamisel võtta aluseks (vastava parameetri valimine sõltub põlegu kestvusest):

- Lühiajaline (kuni 20 sek) soojuskiirus:
 - ehitised on osaks doominoefektist: parameeter 37 kW/m^2 ;
 - inimesed on osaks doominoefektist: parameeter 10 kW/m^2 .
- Keskpikk (kuni 100 sek) soojuskiirgus:
 - inimesed on osaks doominoefektist: parameeter 8 kW/m^2 .
- Pikaajaline (üle 15 min) soojuskiirgus:
 - ehitised on osaks doominoefektist: parameeter 15 kW/m^2 .

Inimosalus doominoefektis on võimaliku stsenaariumi ja selle tõenäosuse hindamise küsimus. Soovitus on pigem lähtuda asjaolust, et inimeste vigastused võivad kumuleeruda ja sellest lähtudes hinnata, kas on doominoefekti avaldumise võimalust.

2.3 Toksilisest ainest tingitud doominoefekt

Toksiliste ühendite lendumise ja leviga seotud doominoefekt on ennekõike seotud mõjuga inimestele. Kui näiteks toksilise aine levi tõttu peavad inimesed kiirelt lahkuma oma töökohtadelt või nad evakueeritakse võib juhtuda, et inimeste järelevalvet eeldav tootmisprotsess hüljatakse. Juhul kui konkreetse tööstusprotsessiga on seotud riskid, mis inimese osaluseta võivad kulmineeruda õnnetuseks, siis on inimeste lahkumine toksilise aine leviku tõttu toksilise ühendi põhjustatud doominoefekt. Doominoefekti vältimiseks tuleb kindlustada et ka kiirelt evakueerides lülitatakse/lülitub inimkriitiline protsess välja ning et selliseid protsesse juhtivatel inimestel on olemas toimivad isikukaitsevahendid, mis kindlustava nende ohutuse protsesside väljalülitamisel.

Antud ohu puhul on tegemist eelkõige mõjuga inimestele ning see on ilmastikunähtustest tugevalt sõltuv. Juhtudel, kui on põhjust eeldada inimõjuga doominoefekti edasikandumist, soovitame kasutada doominoefekti leviala määramisel taset IDLH, ehk siis lähtuda suurimast kemikaali kontsentratsioonist, mis 30 minuti jooksul ei tekita tervele inimesele pöördumatuid tervisekahjustusi ega takista inimese evakueerumist.

2.4 Fragmentidest tingitud doominoefekt

Fragmentide paiskumine doominoefektide edasikandjana on valdavalt ilmnenud nii keeva vedeliku aurude plahvatuste (BLEVE) kui mehaaniliste plahvatuste puhul.

Kui on eeldust arvata, et fragmendid tekivad, siis tuleb hinnata, mida tekkivad fragmendid mõjutada võivad: hooneid, energiasüsteemi osi (liinid, alajaamad jms), juhtimissüsteeme,

torujuhtmeid, inimesi jne. Fragmentide laialipaiskumise kiiruse või kauguse hindamiseks/analüüsimiseks tuleb teada fragmentide parameetreid.

Kuna väga keeruline on hinnata, kas fragmendid põhjustavad dominoefekti, siis eeldame, et peatükkides 2.1 ja 2.2 käsitletud ohualade parameetrid saame aluseks võtta fragmentidest tingitud dominoefektide hindamisel.

Kokkuvõte

Doominoefektidega arvestamiseks on vajalik koostada riskianalüüs ja teostada ohualade arvutamine. Oluline on teada, millised suurõnnetuse ohuga ja ohtlikud ettevõtted paiknevad lähestikku. Hea ülevaate selleks annab Maa-ameti kaardirakendus: [Flash versioon](#) ja [HTML versioon](#).

Võttes aluseks peatükkides 2.1-2.4 toodud doominoefekti ohualade parameetrid saame kindlaks teha:

1. Kas tegemist on doominoefektiga ettevõttega või mitte:
 - a. juhul, kui doominoefekti raadiusesse jäävad teised suurõnnetuse ohuga või ohtlikud ettevõtted, siis me räägime kemikaaliseaduse mõistes doominoefektiga käitisesest;
 - b. juhul, kui doominoefekti raadiusesse ei jää teisi suurõnnetuse ohuga või ohtlike ettevõtteid, siis tegemist ei ole doominoefektiga ettevõttega.
2. Millised objektid, sh suurõnnetuse ohuga ja ohtlikud ettevõtted jäävad doominoefekti raadiusesse.

Inimosalus doominoefektis on võimaliku stsenaariumi ja selle tõenäosuse hindamise küsimus. Soovitus on pigem lähtuda asjaolust, et inimeste vigastused võivad kumuleeruda ja sellest lähtudes hinnata, kas on doominoefekti avaldumise võimalust. Juhul, kui on võimalik tööprotsesse ohutult peatada või objekt võib jääda tööle ilma inimesteta, siis doominoefektiga võimalikkusega ei arvestata (vt lühiajaline ja keskpikk soojuskiirgus inimestele ja toksilise aine levik).

[Lisas](#) on välja toodud ka kokkuvõttev skeem doominoefektidega arvestamise jaoks.

Lähtuvalt kemikaaliseadusest on nendel ohtlikel ja suurõnnetuse ohuga ettevõtetel, kelle puhul on tõenäoline doominoefekt teatud kohustused. Omavahel tuleb vahetada teavet, rakendada asjakohaseid meetmeid, teha koostööd avalikkuse teavitamisel.

Lisa

