

# Tuumaenergeetika keskkonnamõju hindamisest

Ülevaade keskkonnamõjude hindamise teemadest, sh väikeste reaktorite mõjud

Töö nr 21004189

Tartu 2021

---

**Juhan Ruut**

Juhtekspert (litsents KMH0155)

---



## SISUKORD

<b>SISSEJUHATUS</b> .....	<b>3</b>
<b>1. ÜLDINE LÄHENEMINE TUUMAENERGEETIKA KESKKONNAMÕJU HINDAMISELE</b> ...	<b>4</b>
1.1. SEOSSED STRATEEGILISTE ARENGUDOKUMENTIDEGA .....	4
1.2. KSH VALDKONNAD .....	5
1.3. KESKKONNAMÕJU HINDAMISE TEEMAD – KSH TASAND .....	8
1.4. KESKKONNAMÕJU HINDAMISE TEEMAD – KMH TASAND .....	9
<b>2. TUUMAENERGEETIKA KESKKONNAMÕJU HINDAMISE TEEMAD</b> .....	<b>14</b>
2.1. KAVANDATAVA TEGEVUSE OLULISED NÄITAJAD .....	14
2.2. TUUMAENERGEETIKA KESKKONNAMÕJU VALDKONNAD .....	17
2.3. AVARIIDE TAGAJÄRGEDE KESKKONNAMÕJU HINDAMINE .....	20
<b>3. KIIRGUSE KESKKONNAMÕJU HINDAMINE</b> .....	<b>23</b>
3.1. RAJATISTE JA TEGEVUSTE HINDAMISRAAMISTIK .....	23
3.2. HINDAMINE NORMAALSETES KÄITAMISTINGIMUSTES .....	25
3.2.1. KIIRGUSALLIKA ISELOOMUSTAMINE .....	27
3.2.2. MODELLEERIMINE .....	27
3.2.3. KOKKUPUUTETEED E MÄÄRATLEMINE .....	30
3.3. KIIRGUSEKAITSTUSE HINDAMINE AVARII KORRAL .....	31
3.3.1. ELANIKKONNA KIIRGUSKAITSTUSE HINDAMINE .....	32
3.3.2. KESKKONNA KIIRGUSKAITSTUSE HINDAMINE .....	33
<b>4. OLULISEMAD TEEMAD KMH ARUANNETEST</b> .....	<b>34</b>
<b>KASUTATUD ALLIKMATERJALID</b> .....	<b>47</b>

## SISSEJUHATUS

Töö tellijaks on Fermi Energia. See ei ole ühegi avaliku protseduuri osa. Keskkonnamõjust ülevaate andmiseks on kasutatud avalikke olemasolevaid andmeid. Käsitletakse väikese modulaarsete reaktorite (SMR) keskkonnamõju hindamist. SMR on reaktor, mille tootmisvõimsus on kuni 300 MW<sub>e</sub>. SMR kasutamine looks tuumaenergeetika kasutuspotentsiaali riikides, kus elektrivõrk on väike /small electric grids/ ja investeerimisvõime piiratud. Samas on tegemist areneva valdkonnaga.

Ülevaate aluseks on Rahvusvahelise Aatomienergia Agentuuri (IAEA) materjalid, eelkõige *IAEA TECDOC Series. Considerations for Environmental Impact Assessment for Small Modular Reactors. IAEA TECDOC-1915. June 2020*

Soovitav on seda väljaannet lugeda koos järgmiste IAEA väljaannetega: „Uute tuumaenergiaprogrammide ehitamise ja käitamise keskkonnamõju hindamise juhtimine (IAEA tuumaenergia seeria nr NG-T-3.11)” ja „Rajatiste ja tegevuste tulevane radioloogiline keskkonnamõju hindamine (IAEA ohutusstandardite seeria nr GSG-10)”. Need väljaanded annavad liikmesriikidele juhiseid ja teavet mitteradioloogilise ja tulevase kiirgusmõju hindamise läbiviimiseks ning aitavad välja töötada vastavalt tõhusa keskkonnamõju hindamise protsessi. Kui selles väljaandes ei ole mõnda KMH aspekti kaasatud, tähendab see, et need kaks viidet on seda aspekti juba hõlmanud ja SMR-ide puhul pole oodata erinevusi.

Ülevaate on koostanud Hendrikson & Ko OÜ keskkonnakorralduse osakonna juhtivekspert Juhan Ruut (liitsents KMH 0155).

Ülevaates eristatakse projektipõhist tasandit (keskkonnamõju hindamine – KMH, see hõlmab ka detailplaneeringu etapi ehk eriplaneeringute detailse etapi, mis mõlemad on mõeldud konkreetse arendustegevuse ettevalmistamiseks) ja strateegilist tasandit (KSH, mis hõlmab nii arengukavad kui ruumilise planeerimise üldisemad tasandid, sh eriplaneeringu asukohavaliku etapp). Kui tekstis kasutatakse 'keskkonnamõju hindamine', siis on see eelkõige üldistus, konkreetse tasandi eristamiseks kasutatakse lühendit KMH ja KSH.

Ülevaadet ei anta KMH ja KSH korraldusest – IAEA juhendid viitavad tuumarajatise asukohariigi mõjude hindamise raamistikule. Eestis läbiviidav mõju hindamine tugineb keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seadusele (lühendatult KeHJS, eelkõige reguleerib KMH ja arengukavade KSH läbiviimist, samuti sisustab detailplaneeringu tasandi hindamise) ja planeerimisseadusele (lühendatult PlanS, reguleerib ruumilise planeerimisega seotud KSH läbiviimist).

IAEA juhendites viidatakse avalikkuse kaasamisele ja teavitamise olulisusele, sh avalikkusele ja teistele protsessis osalejatele lähteandmete, kasutatud meetodikate jms kättesaadavaks tegemisele, samuti tulemustest teavitamisele ja nende selgitamisele. Kuna see olemuselt ei erine avalikustamise ja kaasamise põhimõtetest erinevate tasandite arengudokumentide, planeeringute ja tegevusloa taotluste mõjude hindamisel KeHJS ja planeerimisseaduse kontekstis ning koostatud on ka erinevaid juhendmaterjale, siis ei ole käesolevas üleva ka sellele teemale eraldi tähelepanu juhitud. Kuid olgu märgitud, et küllalt mahukas osa IAEA juhenditest just nende teemadega tegeleb.

# 1. ÜLDINE LÄHENEMINE TUUMAENERGEETIKA KESKKONNAMÕJU HINDAMISELE

IAEA keskkonnamõju hindamise juhenditest jäeldub, et tuumarajatiste keskkonnamõju hindamine tugineb põhisosias asukohariigi keskkonnamõju hindamise raamistikule, kuid eripäraks on vajadus erinevatel tasanditel hinnata ka seotud teemasid-tegevusi, enne kui teha otsus kavandatava tegevuse lubamise üle. Seetõttu on enne tuumarajatise mõju hindamist KMH tasandil peatükkides 1.1 kuni 1.3 antud ülevaade strateegilise tasandi hindamisest.

## 1.1. SEOSD STRATEEGILISTE ARENGUDOKUMENTIDEGA

IAEA TECDOC-1915 väikeste modulaarsete reaktorite hindamise juhend viitab sissejuhatuses IAEA juhendile NG-T-3.17 „IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-3.17. Strategic environmental assessment for nuclear power programmes: guidelines. November 2018“, mis toob välja tuumaenergiaprogrammi seoses teiste valdkondadega ja strateegiliste arengudokumentidega.

IAEA NG-T-3.17: „Kui siseriiklikest õigusraamistikust ei tulene teisiti, viiakse tuumaenergiaprogrammi väljatöötamise KSH tavaliselt läbi tuginedes mis tahes eelnevale riikliku energiaprogrammi, -strateegia, -poliitika vms plaanide KSH-le. Tuumaenergia programmi KSH loob siis raamistiku järgnevatel keskkonnamõju hindamisteks (KMHdeks). Arvestades süstemaatilist lähenemist tuumaenergia arendamisele, energiastrateegiate kõrgema taseme KSH-d, poliitikad ja plaanid keskenduvad sellistele küsimustele nagu üldine energiavajadus, energiaallikate kombinatsioon ja selle raames tuumaenergia roll. Järgnevad KMHd keskenduvad seejärel projekti rakendamise üksikasjadele tasemel, kui peavad olema näiteks tuumaelektrijaamad või kasutatud tuumkütuse hoidlad ehitatud. Selles kontekstis tuumaenergia KSH eesmärgid ja põhifookus programmid sõltuvad sellest, mida need varasemad KSH-d hõlmavad“.

Vabariigi Valitsus kiitis 20.10.2017 heaks „Energiamajanduse arengukava aastani 2030“. Selle koostamisel lähtuti sellest, et tarbijatele oleks tagatud mõistliku hinna ja kättesaadavusega energiavarustus, et keskkonnamõjud oleksid aksepteeritavad ning et see oleks kooskõlas Euroopa Liidu pikaajalise energia- ja kliimapolitikaga. Samuti peab energiamajanduse arenguplaanide rakendamine olema Eesti majanduse konkurentsivõime seisukohast kõige kasulikum. Selleks koostati Eesti jaoks eeldatavalt optimaalseim energiamajandusstsenaarium, millega lahendada energiamajanduse valdkondlikud probleemid (valdkonnad: elektrimajandus, soojamajandus, kütusemajandus, transpordisektor, elamumajandus). Ettevalmistavad tegevused, sh teemade analüüsid, toimusid põhiliselt 2013.-2014. a. Tuumaenergeetika arendamine põhjalikumalt analüüsitud stsenaariumite hulka ei kuulunud.

18.11.2021 kiitis Vabariigi Valitsus heaks ettepaneku koostada energiamajanduse arengukava aastani 2035 (ENMAK 2035). Eesmärgiks on ajakohastada kehtivas energiamajanduse arengukavas aastani 2030 sisalduvad energiamajanduse suundumused, eesmärgid ning tegevused ning kirjeldada Eesti energiamajanduse arenguvisiooni, eesmäärke, kitsaskohti ning poliitikainstrumente kliimaneutraalse energia tootmise ja -tarbimise suunas liikumisel ja energiajulgeoleku tagamisel<sup>1</sup>.

**Selleks, et kaaluda tuumaenergia kasutuselevõttu, tuleb ENMAK 2035 koostamisel läbi analüüsida erinevad stsenaariumid, millistes energiaallikate kombinatsioonis rahuldada elektrienergia vajadus ja mida see tähendab varustuskindlusele jm energiamajanduse aspektidele, sh elektri tootmise ja jaotamise omahind / hind tarbijatele. Vähemalt ühes stsenaariumis peab kajastuma tuumaenergia.**

<sup>1</sup> <https://energiatalgud.ee/node/8906?category=1687>

IAEA NG-T-3.17 järgi tuleb strateegilisel tasandil hinnangus katta 19 teemat:

- 1 Riiklik positsioon tuumaenergeetika suhtes
- 2 Tuumaohutus
- 3 Juhtimine
- 4 Rahastamine (sh rahastamisallikad)
- 5 Õiguslik raamistik
- 6 Kaitsemeetmed
- 7 Regulaatiivne raamistik
- 8 Kiirguskaitse
- 9 Elektrivõrk
- 10 Inimressursi arendamine
- 11 Sidusrühmade kaasamine
- 12 Asukoht ja toetavad rajatised
- 13 Keskkonnakaitse
- 14 Hädaolukordadeks ettevalmistumine
- 15 Tuumaohutus
- 16 Tuumkütuse tsükkel
- 17 Radioaktiivsete jäätmete käitlemine
- 18 Tööstuse osalus
- 19 Hanke korraldamine.

*Kommentaar:* Olemuselt on tegemist majanduslike, kultuuriliste, sotsiaalsete, tervise ja looduskeskkonna mõjude hindamisega, nn laiendatud KSH<sup>2</sup>, mis Eesti kontekstis tuleks läbi viia ENMAK 2035 koostamise osana (**KeHJS § 33 lg 1 punkt 1 näeb ette, et KSH tuleb algatada, kui strateegiline planeerimisdokument koostatakse mh energeetika valdkonnas**). Hindamise detailsus võib olla esialgu üldisem, kuid kui selle alusel jõutakse järeldusele, et tuumaenergia on realistlik stsenaarium, tuleb teha ka detailsem hindamine (vt ka järgnevad ptk 1.2 ja 1.3, mis põhinevad samal loogikal).

## 1.2. KSH VALDKONNAD

IAEA NG-T-3.17 täpsustab edasi: Kui on tehtud otsus, et tuumaenergia võib mängida rolli riigi energiavajaduste rahuldamisel, tuleb kaaluda erinevate tuumaenergiaga rakendamises seotud valdkondades KSH läbiviimise vajadust. Neid valdkondi on juhendi ptk 3.2 järgi seitse.

Nende valdkondade hindamisel on alati oluline arvestada tuumamaterjali transporti, eriti kõigis tuumkütusetsükli etappides. See võib olla tundlik teema, eriti juhtudel, kui on probleeme julgeolekuga ja kui avalikkus on tuumaenergia suhtes kriitiline. Üldiselt otsustatakse KSH programmi koostamisel, millised tuumaenergia sidusvaldkonnad vajavad kaalumist ja millise üksikasjalikkusega. Mõned teemad võivad osutada asjakohaseks käsitleda nt asukohaspetsiifilises KMHs (sel juhul viidatakse KSH programmis). Lisaks on toodud loetelu soovituslik ja struktuuri võib kohandada, et see vastaks kõige paremini vaadeldava tuumaenergiaprogrammi konkreetsetele asjaoludele.

Juhendis tuuakse välja, et KSH ei ole ette nähtud kõikide detailide üksikasjalikuks käsitlemiseks. Näiteks füüsilise kaitse ja turvalisuse strateegiat ei koostata KSH raames, kuid hindamisel eeldatakse, et see koostatakse.

Valdkonnad:

1. Peamised **asukoha** ja **tehnoloogia valiku** aspektid - nt kaugus linnadest, merest, reaktori tehnoloogiline lahendus.

Kommentaariid:

- Eesti õigusaktide järgi on tegemist riigi eriplaneeringu kohuslusega (planeerimisseaduse § 27 lg 1 ja 2 põhjal on kavandatav tuumajaam 'elektrijaam elektrilise nimivõimsusega

---

<sup>2</sup> Planeeringute kontekstis viidatakse ka asjakohaste mõjude hindamisele, vt <https://planeerimine.ee/ruumiline-planeerimine/moju/>

alates 150 megavatti, mille asukohta valiku või toimimise vastu on suur riiklik või rahvusvaheline huvi'). § 27 lg 6 järgi on riigi eriplaneeringu koostamisel kohustuslik keskkonnamõju strateegiline hindamine (KSH).

- Arendaja pakutud arengukava järgi viidaks eriplaneering läbi 2022-2026 ja hiljemalt 2029. aastaks oleks tehtud tehnoloogia valik. Samas on vaja eriplaneeringu läbiviimisel teada tehnoloogia olemust, selle taristu vajadust jms, samuti peaks tehnoloogia põhiolemus ja vajadused teada olema ENMAK stsenaariumite analüüsil (Riigikohtu otsused seoses tuuleenergeetika arendusprojektiga, et planeerimisfaasis peab olema detailne teave mõjude kohta ehk siis mõne valdkonna mõjude hindamiseks peaks teada olema konkreetne tehnoloogia). Teisalt viidati läbivaadatud tuumaenergeetikaprojektide hindamise näidetes, et esimeste etappide hindamistes (sh asukohavaliku etapis) on arendajal keelatud sõlmida lepingut konkreetse tehnoloogia tarnijaga (et välistada võimalik arendajapoolne surve projekti elluviimiseks). Seetõttu on hinnatud mitut tehnoloogilist alternatiivi – pakutakse välja vähemalt 3 tõenäolisemat tehnoloogiat, mille puhul on teada, milline on üldine ehituslik lahendus ning toetava taristu vajadus; **ka asukohavaliku KMH on läbi viidud üldist ruumivajadust (planeeringulahenduse detailsuses) ja olemasolevate tehnoloogiate üldkarakteristikuid arvestades.**

## 2. Tuumaelektrijaama ehitamine, käitamine ja tegevuse lõpetamine.

### Kommentaariid:

- Eesti õigusaktide järgi on ehitusprojekti koostamise aluseks on riigi eriplaneeringu detailne lahendus, eraldi detailplaneeringut vm planeerimislikku meedet vaja ei ole (seetõttu ei ole ka selles etapis vaja KSHd, kuid asjakohane instrument on tegevuslubade menetluse etapis vajadusel läbiviidav KMH – kui eelnevate hindamistega võrreldes on kavandatavas tegevuses tehtud muudatusi, mis võivad põhjustada muudatusi avaldatava keskkonnamõju olulisuses).

- Keskkonnavaldkonna tegevusloaks on kiirgustegevusluba – kiirgusseaduse § 4 lg 2 punkt 3 alusel on tuumakäitise käitamine kiirgustegevus, § 20 lg 1 järgi kuulub tuumaelektrijaam tuumakäitiste hulka, § 68 lg 1 punkt 1 järgi on tuumkütusetsükli mis tahes rajatise ekspluateerimiseks, sulgemiseks ja dekomissioneerimiseks vaja kiirgustegevusluba. Kiirgustegevusloa andjaks on Keskkonnaamet (kiirgusseaduse § 69). Sarnaselt teiste keskkonnalubadega esitatakse kiirgustegevusloa taotlus KOTKAS süsteemis (kiirgusseadus § 70 lg 3<sup>1</sup> - kiirgustegevusloa taotlus koos lisadega esitatakse loa andjale keskkonnaotsuste infosüsteemi kaudu ja taotlus kinnitatakse digitaalallkirjaga). *Samas ei ole KOTKAS süsteemis kiirgustegevusloa taotlemisel võimalik kiirgustegevuse liigiks valida tuumakäitise käitamist* (seda ei ole ka eraldi välja toodud keskkonnaministri 24.11.2016 määruse nr 60 „Kiirgustegevusloa taotlusele esitatavad täpsustatud nõuded, taotluse ja kiirgustegevusloa andmete loetelud ning tuumamaterjali arvestuse pidamiseks kasutatavate kiirgusallikaid iseloomustavate andmete loetelud” Lisas 1 (keskkonnaministri 10.06.2020 määruse nr 32 sõnastuses) ja see kuuluks 'muu' kiirgustegevuse alla. Kiirgusseaduse § 79 sätestab, et **kiirgustegevusluba uue tuumakäitise käitamiseks saab taotleda pärast seda, kui Riigikogu on vastu võtnud tuumakäitise kasutuselevõtu otsuse** (võib eeldada, et selle otsuse vastuvõtmisel töötatakse välja ka kiirgustegevusloa ja -taotluse andmekoosseis). Kiirgusseadus ei täpsusta, millega tegemist, kuid võib eeldada, et see on otsus, millega kinnitatakse tuumaenergeetika kasutamist võimaldav riiklik arengukava.

- Tavapäraselt toimub ehitamine ja lammutamine ehitusseadustiku alusel. Võib eeldada, et valitud asukohas on kohaliku omavalitsusüksuse pädevuses ka ehitusloa ja kasutusloa väljastamine (kui üks lubade liik, mis võimaldab käitisel tegutseda), kuid selle väljaandmisel tuleb arvestada ehitusseadustiku § 2 lg 1 toodud kohaldamisala: *käesolevat seadustikku kohaldatakse ehitisele, selle kavandamisele ning ehitamisele, kasutamisele ja korrashoiule niivõrd, kui võrd seda ei ole reguleeritud muu seadusega, ratifitseeritud rahvusvahelise lepinguga või Euroopa Liidu õigusaktiga.* § 2 lg 6 täpsustab keskkonnamõju hindamise läbiviimist: *ehitamisega kaasneva keskkonnamõju hindamisele kohaldatakse keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seaduse (KeHJS) sätteid. Võimaluse korral ühitatakse keskkonnamõju hindamise menetlus käesolevas seadustikus sätestatud menetlusega. Sellisel juhul peavad olema täidetud mõlemale menetlusele*



*kehtestatud nõuded.* Tuleb eeldada, et tuumakäitise ehitamise ja kasutuselevõtu otsuse tegemisel viiakse sisse täpsustused ka ehitusseadustikku (või tehakse seda mõne muu seadusega), kuidas rajada ja kasutusele võtta tuumaelektrijaama.

Näitena tuumaenergeetika asukohavaliku KMH heakskiitmise järgne otsustusprotsess Soomes:

- arendaja otsustab edasise arendamisega jätkamise üle;
- kohalik omavalitsus annab jätkamiseks nõusoleku, samuti Soome kiirgusamet (Radiation and Nuclear Safety Authority, STUK);
- Vabariigi Valitsus teeb otsuse;
- Otsus ratifitseeritakse parlamendis. Ratifitseerimise järgselt lahendatakse tehnilised ja finantsilised üksikasjad. (Loviisa jaama hindamisaruandest)

3. **Tuumkütuse tsükkel**, alates hankimisest kuni kasutatud kütuse käitluseni ja kõrvaldamiseni. See katab ka maagi kaevandamise, ümbertöötlemise, rikastamise ja tuumkütuse tootmise, kuid juhend viitab selles punktis, et KSH tegeleb detailselt ainult nende teemadega, millega tuumaenergiat toota soovivas riigis tegeletakse. Kommentaar: Kuna Eestis puuduvad tuumkütuse tootmiseks tooraine, tuleb eeldada, et tuumkütus ostetakse ja seega tsükkel katab hankimise, veo, ladustamise ja kasutatud kütuse käitlemise (eelkõige ladustamine, vedu ja lõpladustamine, võib eeldada, et kasutatud tuumkütuse ümbertöötamist kohapeal ei toimu). Kiirgusseadus § 20 lg 2 määratleb tuumkütusetsükli mõiste. Kiirgusseaduse § 4 lg 2 punkt 1 järgi kuulub kiirgustegevuste hulka radioaktiivse aine tootmine, töötlemine, kasutamine, omamine, hoidmine, ladustamine, vedu, sealhulgas sisse- ja väljavedu, ning vahe- ja lõpladustamine, st vajalik on kiirgustegevusluba. § 20 lg 1 järelneb, et tuumajaam ja sellega vahetult seotud ja samas kohas asuvad rajatised, sh tuumkütuse töötlemiskäitis ja rajatised kasutatud tuumkütuse ladustamiseks jm radioaktiivsete jäätmete hoidmiseks, moodustavad ühe tuumakäitise. **Siit järelneb, et tuumajaama võimaliku asukoha hindamiseks on vaja teada, millised tuumkütuse tsükli etapid asuvad samas asukohas ja millised eraldi. Sellest sõltub ka eraldi asukohavalikute ja KSHde läbiviimise vajadus.**
4. **Kasutatud tuumakütuse käitlusstrateegia** / radioaktiivsete jäätmete ladustamine ja kõrvaldamine. Kommentaar: Kiirgusseadus § 20 lg 3 määratleb kasutatud tuumkütuse mõiste - *kasutatud tuumkütus on reaktori südamikus kiiritatud ja sealt alaliselt eemaldatud tuumkütus, mida võib käsitleda kasutatava ressursina, kui seda on kavas ümber töötada, või radioaktiivse jäätmena, kui see suunatakse lõpladustamisele.* **Kas tuumaelektrijaama rajamisel on olemasolevad ressursid radioaktiivsete jäätmete käitlemiseks piisavad või tuleb rajada ka uus lõpladestuspaik?**
5. Tuumajaama füüsiline kaitstus (hõlmab nii tuumakütuse kui jaama rajatised) ja turvamine (peab hõlmama kogu elutsükli alates ehitamisest kuni tegevuse lõpetamiseni, samuti ka tuumakütuse ja radioaktiivsete jäätmete transpordi).
6. Valmisolek ja tegutsemine hädaolukordades (tegutsemiskavad peavad hõlmama erinevad tekkepõhjused, alates tehnilisest ja inimlikust eksimusest kuni loodus-katastroofideni ning kogu sündmuse ulatuse /väike avariid kuni suurõnnetus/ ja tagajärgede raskusastmete skaala, sh mõju keskkonnale ja inimtegevusele). Kommentaar: tõenäoliselt ei ole eraldi KSH vaid käsitletakse teiste KSHde raames. Kiirgusseaduse § 34 lg 2 järgi on tuumajaam ja kõik sellega seotud rajatised/tegevused suure ohuga kiirgustegevused.
7. Taristu vajadus ja nõuded taristule, sh elektrivõrk /olemasoleva võrgusüsteemi sobivus/, millest tulenevad ettepanekud sobivate asukohtade valikuks. Kommentaar: sõltub, kas tuumajaama rajamisega kaasnevad ka mastaapsed taristuprojektid, millele on vaja KSH või KMH teha. Otstarbekas teha eraldi protsessidena.

### 1.3. KESKKONNAMÕJU HINDAMISE TEEMAD – KSH TASAND

IAEA NG-T-3.17 järgi lähtutakse eeltoodud mõjuvaldkondade hindamisel nendest keskkonna- ja sellega seotud jätkusuutlikkuse küsimustest, mis on tuumaenergiaprogrammis kesksel kohal.

#### Üldised keskkonna ja jätkusuutlikkuse teemad.

*KSH keskmes on keskkonnakaitse ja keskkonnaarengu põhimõtted. See ulatub kaugemale tuumarajatiste, näiteks elektrijaamade jaoks sobivate kohtade ja sellega seoses kasutatava asukohapõhise tehnoloogia hindamisest ning hõlmab ka sellega seotud taristu, mis eelkõige on seotud tuumkütuse tsükliga. See tähendab, et tõenäoliselt tuleb hindamisel arvesse võtta laiemat geograafilist piirkonda, eriti kui võtta arvesse kogu tuumkütusetsükkel. Lisaks tuumajaama konkreetsele asukohale tuleb kaaluda ka tugirajatiste ruumilise paigutamise vajadust. Teiseks oluliseks kaalutluseks on nõuded elektrivõrgule (st kas olemasolev võrguinfrastruktuur oleks piisav ja kui mitte, siis mida oleks vaja selle edasiseks arendamiseks). Samuti tuleb kaaluda, kust tuumkütus tuleb ja kuhu jäätmed ladestatakse.*

*Nende teemade puhul on kesksel kohal ohutus - meetmete kaalumise, mida rakendada õnnetuste riski minimeerimiseks, materjalide ja rajatiste füüsiline kaitse ja turvalisus ning hädaolukorraks valmisolek ja nendele reageerimine tuumkütuse olustsükli kõigil etappidel. Kuigi neid küsimusi tuleb käsitleda tuumaenergiaprogrammi väljatöötamisel, on nende keskkonnamõjude (sh tervisemõjude) hindamine KSH põhiülesanne.*

*Sellega seoses on oluline KSH ulatuse määramise etapis varakult selgeks teha, millised teemad hindamisprogrammi lisada ja millised välja jätta. Mis puudutab mõjude geograafilist ulatust, siis kõik on kohalikku ja piirkondlikku laadi, kuid mõned on ka riiklikud või rahvusvahelised, viimased sõltuvad tegevuste ja rajatiste asukohast. Variantide (alternatiivide) valik tuleb teha tihedas koostöös sidusrühmadega. Valikud peavad olema reaalsed, mis tähendab, et neid ei tohiks välja mõelda, et toetada eelarvamusliku eelistatud variandi väljatöötamist. Üldiselt on kumulatiivsete mõjude arvestamine oluline.*

Juhend IAEA TECDOC-1915 viitab ptk 4.3 piiriülese keskkonnamõju hindamise aspektidele SMR tehnoloogia korral. Nagu suurte reaktoritega jaamade puhul võivad SMR asukohtadeks olla kahe või enama riigi piiride läheduses paiknevad alad. Samuti võivad transpordimarsruudid ületada rahvusvahelisi piire. Ka heitveed ning muud heited SMR elutsükli kõigis etappides võivad avaldada piiriülest mõju. Eelkõige puudutab see avariiliste juhtumite tagajärgi ning Eestisse tuumajaama rajamine on tõenäoliselt piiriülese mõju hindamisega (kuid see sõltub avariiliste juhtumitega kaasnevate heidete ulatusest).

Juhendi IAEA NG-T-3.17 järgi vaadeldakse-hinnatakse nii KSHdes kui KMHdes kolme teemapaketti (mis on omavahel seotud):

- (ptk 3.1) **Ohutus.** See on läbiv teema mõjude hindamisel. Üldiselt on tuumajaamade tavapärase tööga seotud keskkonna- ja terviseriskid väikesed. See aga muutub, kui erinevate riskide kontrolli all hoidmine ebaõnnestub. Arvestades õnnetusjuhtumitega kaasneva kiirguse potentsiaalselt tõsiseid tagajärgi, on ohutuskalutlused jätkusuutlikkuse tagamisel kesksel kohal. Peamine ohutuseesmärk on kaitsta elanikkonda ja biofüüsikalist keskkonda laiemalt tuumamaterjalist ja tuumarajatistest tuleneva ioniseeriva kiirguse kahjulike mõjude eest. Selle eesmärgi toetamiseks sõnastas IAEA 2006. aastal kümme peamist ohutuspõhimõtet. Need hõlmavad küsimusi, sealhulgas vastutust ohutuse eest, praeguste ja tulevaste põlvkondade kaitset, õnnetuste ennetamist ning hädaolukordadeks valmisolekut ja reageerimist. Nende ohutuspõhimõtete alusel töötati välja 14 ohutuse eestvedamise ja juhtimise nõuet, näiteks juhtide ohutusega seotud juhtrolli demonstreerimine või suhtlemine huvitatud isikutega. Nende rakendamiseks on IAEA avaldanud umbes 130 ohutusjuhendit ja -standardit. IAEA põhikiri muudab need standardid siduvaks nii IAEA-le endale kui ka liikmesriikidele.

- (ptk 3.2) Mõju hindamine seotud valdkondades - hindamise tehnilised ja organisatoorsed teemad, mille kontekstis vaadeldakse keskkonnamõju hindamise teemasid. Käesolevas töös ülevaade antud ptk 1.2.



- (ptk 3.3) Keskkonnamõju hindamise teemad - keskkonna- ja sellega seotud jätkusuutlikkuse küsimused on ühendatud kaheksaks keskkonnamõju teemaks, milles kirjeldatakse üksikasjalikult taristuga seotud keskkonnamõjusid ja programmist tulenevaid laiemaid mõjusid ning ka mõjusid programmile. „Need keskkonnamõju teemad määratleti käesolevate suuniste jaoks ning põhinevad kehtival õigusaktidel ja tavadel. Nagu tuumaenergia mõjuvaldkondade puhul, tuleb neid kohandada nii, et need sobiksid kõige paremini tegeliku kontekstiga, milles KSH rakendatakse. Oluline on, et mitte ainult tuumaenergia mõju neile valdkondadele vaid ka nende valdkondade mõju hinnatakse tuumaenergiaprogrammi KSHs ...“. Need 8 teemat on:

- (1) õhk, vesi, pinnas;
- (2) heide keskkonda (nii kiirguslikud kui mittekiirguslikud), müra ja vibratsioon;
- (3) maa, maastik, kultuuripärand;
- (4) ökosüsteemid;
- (5) kliimamuutused;
- (6) rahvatervis, heaolu ja ohutus;
- (7) majandus (seoses keskkonnamõjudega) ja ühiskond;
- (8) looduslikud ohud.

#### Alternatiividest

Juhendi IAEA TECDOC-1915 ptk 6 käsitleb lühidalt alternatiivseid lahendusi, mis jagunevad olemuselt kaheks: alternatiivid projekti eesmärgi saavutamiseks ja alternatiivid tehnoloogilise lahenduse osas. Projekti eesmärgi saavutamise alternatiivid annavad otsustajatele ja avalikkusele teavet, mis võimaldab teha kaalutusotsuse selle kohta, kas kavandatav vastab kõige paremini kindlaksmääratud eesmärgile (nt 300 MW<sub>e</sub> elektrienergia tootmine). Alternatiivsed lahendused on muud energiaallikad nagu päikesepaneelid, tuuleturbiinid ja hüdroelektrienergia tootmine.

*Kommentaar.* Tuleb nentida, et eesmärgi saavutamise alternatiivide hindamine ei ole Eesti kontekstis KMH tasandi küsimus vaid otsuse, kas SMR tehnoloogiaga tuumajaama ehitamine ja käitamine on eesmärgi saavutamiseks eelistatud alternatiiv teistele energiatehnoloogiatele, peab tegema strateegilisel tasandil (juhendi järgi oleks strateegilisel tasandil käsitletud küsimused nagu säästev areng, maakasutusplaanid, parimad võimalikud keskkonnavalikud, kumulatiivsed mõjud kõigest toetavad KMH raames püstitatavate alternatiivide sõnastamisel). Asjakohane tasand eesmärgi saavutamise alternatiivide sõnastamiseks on ENMAK.

## 1.4. KESKKONNAMÕJU HINDAMISE TEEMAD – KMH TASAND

Juhendi IAEA TECDOC-1915 järgi on tuumarajatise KMH käigus nõutav teave sarnane Eesti õigusaktide kohaselt KMH käigus nõutava-esitatava teabega (Eesti õigusaktidest tulenevate nõuete väljavõte on esitatud Tabelis 1). Juhendi ptk 2.3 toob üldistatult välja, milliseid teemasid erinevate riikide tuumaenergeetika projektide KMH aruanded käsitlevad:

- 1) Projekti tutvustus ja ülevaade
- 2) Projekti põhjendus ja kaalutava projekti alternatiivid
- 3) KMH protseduur
- 4) Avalikkuse ja sidusrühmade kaasamine
- 5) Projekti kirjeldus (projekti komponendid ja tegevused)
- 6) Projekti komponentide alternatiivide hindamine
- 7) Tuumaohutus
- 8) Olemasoleva keskkonna kirjeldus (st lähtetingimused)
- 9) Võimalike kahjulike mõjude kirjeldus ehituse, käitamise ja sulgemise perioodil:
  - Välisõhk (sh õhukvaliteet)
  - Mulla kvaliteet
  - Veekeskkond (sealhulgas vee kvaliteet, kogus ja vooluhulk)
  - Geoloogia ja hüdrogeoloogia

- Vee elusloodus ja elupaik (magevee- ja merevesi)
  - Maismaa elusloodus ja elupaik
  - Inimese tervis
  - Maastik ja kultuurikeskkond
  - Transport / liiklus
  - Sotsiaal-majanduslikud tegurid
- 10) Punktis 9 kirjeldatud võimalike kahjulike mõjude leevendamine
  - 11) Jääkmõjude olulisus (pärast leevendusmeetmete rakendamist)
  - 12) Kumulatiivne mõju
  - 13) Õnnetuste ja talitlushäirete võimalikud tagajärjed
  - 14) Piiriülesed mõjud
  - 15) Keskkonnaseire programm
  - 16) Järeldused.

Eraldi pakettidena eelistatakse käsitleda tuumajaama üldisemaid keskkonnamõjusid ning kiirguse avaldatavat mõju keskkonnale ja tervisele. Sama lähenemist on kasutatud ka käesoleva ülevaate koostamisel - põhiosas on tuumaelektrijaama mõju hindamise teemad sarnased suurenergeetika või suure tootmiskäitise (olulise ruumilise mõjuga ettevõtte) keskkonnamõju hindamisele ning ptk 2 on antud ka ülevaated peamistest teemadest. Seejuures ei ole põhjust minna meetodilistesse detailidesse, sest olemuslikult ei sõltu nn üldteemade hindamine sellest, kas tegemist on tuumarajatise või mitte. Eraldi on käsitletud kiirguse mõju keskkonnale ja inimese tervisele, samuti kiirgusohutuse teemasid. Ptk 3 keskendutakse kiirgustemaatikale, sh antakse viited hindamismeetoditele (kuid ei tooda välja meetodite kirjeldust – need on kajastatud IAEA mahukates juhendites).

Tuumarajatiste mõjude hindamisel arvestatakse rajatise kogu elutsükliga, milles on 3 etappi (nendes etappides võivad olla erinevad mõjutegurid ja ka erinev mõju iseloom):

1. ehitamine (sh asukoha ettevalmistus);
2. käitamine ja hooldus;
3. tegevuse lõpetamine, sulgemine ja ohutustamine.

Võrreldes tavapäraste tööstustegevustega on eripäraks 3. etapi kestus, mis on ligikaudu sama käitamisperioodiga või isegi pikem.

Väikesed reaktorid. Juhendi IAEA TECDOC-1915 üldosade kokkuvõte:

Üldiselt ei ole põhimõttelisi erisusi KMH läbiviimisel esitatava teabe koosseisus ega hindamismeetodikates, kas tegemist on suurte või väikeste reaktoritega. Sh ei ole sisulist vahet huvirühmade kaasamises. Erisused juhendi ptk 4 järgi; Ülevaade antud kokkuvõtvalt ptk 2.

**Tabel 1. KMH käigus esitatav teave Eesti õigusaktide kohaselt (väljavõte olulisemast)**

KMH programm (KeHJS § 13)	KMH aruanne (KeHJS § 20 ja KMin määrus 01.09.2017 nr 34)
<p>Programmi ja aruande sisunõuded kohati kattuvad. Kuna nõuetele vastavaks tunnistatud programm on aruande lisaks (määruse nr 234 § 11 lg 1), siis ei ole vaja aruandes dubleerida programmis esitatud teavet, kui see on keskkonnamõju hindamiseks piisavas mahus kajastatud: praeguseks on välja kujunenud praktika, et programmis nõutakse detailse teabe esitamist asukoha kohta ning ka olemasolul kavandatava tegevuse tehnoloogiliste jm detailide kohta.</p>	
<p><b>Kavandatav tegevus ja selle reaalsed alternatiivsed võimalused</b></p>	
<p>1) kavandatava tegevuse eesmärk ja täpne asukoht; 2) kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimaluste lühikirjeldus; 4) kavandatava tegevuse seos strateegiliste planeerimis-dokumentidega; /aruandes ei kajastu/</p>	<p>Määruse nr 34 § 3. (1) KMH aruandes esitatakse kavandatava tegevuse kirjeldus, mis sisaldab: 1) tegevuse eesmärgi, vajadust ja täpset asukohta; 2) tegevuse füüsiliste näitajate kirjeldust, sealhulgas tegevuse elluviimise eelduseks vajalike lammutustööde kirjeldust, ning ehitamise ja ehitise kasutamise seotud maakasutusvajadusi; 3) tegevuse ala kaarti. (2) KMH aruandes esitatakse reaalsete alternatiivsete võimaluste kirjeldus, mis sisaldab nende valiku põhjendusi ning ala kaarti.</p>
<p>5) teave kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimaluste ... eeldatavate mõjuallikate kohta</p>	<p>Määruse nr 34 § 4. Keskkonnakasutus (1) KMH aruandes esitatakse kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimalustega seotud asjakohase keskkonnakasutuse kirjeldus ning hinnang loodusvara kasutamise otstarbekusele, lähtudes säästva arengu põhimõtetest. (2) ... lõikes 1 nimetatud keskkonnakasutus hõlmab: 1) rajamis-, kasutamise-, eelkõige tootmisprotsessi, ning lõpetamisetappide põhiomaduste kirjeldust, näiteks energiakasutuse kirjeldust ning kasutatavate materjalide, ainete ja loodusvarade, sealhulgas vesi, maa, maavara, muld, pinnas ja looduslik mitmekesisus, kogust; 2) hinnangut rajamis- ja kasutamisetappides ning võimaluse korral lõpetamisetapis liigi ja koguse kaupa tekkivate jäätmete ning eeldatavalt tekkivate jääkide ja heidete, näiteks saasteained, lõhn, müra, vibratsioon, valgus, soojus ja kiirgus, kohta.</p>
<p><b>Asukoha kirjeldus</b></p>	
<p>3) eeldatavalt mõjutatava keskkonna kirjeldus;</p>	<p>§ 5. Mõjutatav keskkond (1) KMH aruandes esitatakse kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimalustega eeldatavalt oluliselt mõjutatava keskkonna kirjeldus, mis peab sisaldama teavet asjakohaste keskkonnanähtude ja -aspektide kohta. Kirjelduse juurde lisatakse kaart piirkonnas paiknevate tundlike objektide asukohtadega. 2) lõikes 1 nimetatud keskkonnanähtude hulka kuuluvad: 1) maa, näiteks maa hõivamine, maavara, muld, näiteks orgaaniline aine, erosioon, tihenemine, katmine ja pinnas; 2) vesi, näiteks hüdrogeoloogiline seisund, kogus ja kvaliteet; 3) välisõhk ja kliima, näiteks kasvuhoonegaaside heide atmosfääri ja kliimamuutustega kohanemise seisukohalt asjakohane teave; 4) maastik ja looduslik mitmekesisus, näiteks loomastik ja taimestik. (3) lõikes 1 nimetatud keskkonnaaspektide hulka kuuluvad elanikkond, inimese tervis, heaolu ja vara, Natura 2000 võrgutiku alad, kaitstavad loodusobjektid ning kultuuripärand, sealhulgas kultuuri- ja arheoloogilise väärtusega objektid. (4) KMH aruandes esitatakse kirjeldus keskkonnaseisundi tõenäolisest arengust juhul, kui kavandatavat tegevust ellu ei viida.</p>

<b>Mõju hindamine</b>	
6) keskkonnamõju hindamisel kasutatava hindamismetoodika kirjeldus, sealhulgas teave keskkonnamõju hindamiseks vajalike uuringute kohta;	Määruse nr 34 § 6 lg 1: (1) KMH aruandes esitatakse kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimalustega eeldatavalt kaasneva olulise keskkonnamõju prognoosimise meetodite kirjeldus, sealhulgas vajaduse korral nõutava teabe kogumisel tekkinud raskused ning selgitused juhteksperdi või eksperdirühma hinnangute määramatuse kohta.
5) teave kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimalustega eeldatavalt kaasneva <b>olulise keskkonnamõju</b> , eeldatavate mõjuallikate, mõjuala suuruse ning mõjutatavate keskkonnamelementide kohta	Määruse nr 34 § 6. <b>Oluline keskkonnamõju</b> (2) KMH aruandes esitatakse hinnang kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimaluste eeldatavalt olulise keskkonnamõju kohta käesoleva määruse § 5 lõigetes 2 ja 3 nimetatud asjakohaste keskkonnamelementide ning -aspektide lõikes, mis tuleneb muu hulgas: 1) kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimaluste iseloomust, sealhulgas rajamis-, kasutamise- ja lõpetamisetappidest; 2) kasutatavast tehnoloogiast ning kasutatavatest materjalidest ja ainetest; 3) loodusvarade, eelkõige maa, pinnase, mulla, maavara, vee ja loodusliku mitmekesisuse kasutamisest, arvestades ressursside jätkusuutlikku kättesaadavust; 4) heidetest õhku, vette või pinnasesse, sealhulgas saasteained, lõhn, müra, vibratsioon, valgus, soojus, kiirgus, ja teistest olulistest keskkonnahäiringutest ning jäätmete käitlemisest; 5) ohust inimese tervisele, varale, heaolule, maastikele, kultuuripärandile või keskkonnale, näiteks suurõnnetuste või katastroofide tõttu; 6) koosmõjust muude praeguste ja planeeritavate tegevustega, võttes arvesse kõiki praeguseid suure keskkonnatähtsusega alade või loodusvarade kasutamisega seotud keskkonnaprobleeme; 7) mõjust kliimale, näiteks kasvuhoonegaaside heitest atmosfääri, ning kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimaluste tundlikkusest kliimamuutuse korral; 8) mõjust kaitstavatele loodusobjektidele; 9) mõjust Natura 2000 võrgustiku alale, selle kaitse-eesmärkidele ja terviklikkusele.  (3) lõikes 2 nimetatud eeldatavalt olulise keskkonnamõju hindamisel lähtutakse otsesest ja kaudsest mõjust, koosmõjust, piiriülesest mõjust, lühiajalisest, keskmise pikkusega ja pikaajalisest mõjust, püsivast ja ajutisest mõjust, soodsast ja ebasoodsast mõjust.  (4) Asjakohasel juhul esitatakse keskkonnamõju hindamise aruandes hinnang kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimalustega eeldatavalt kaasneva olulise keskkonnamõju kohta tulenevalt nende tundlikkusest võimalike suurõnnetuste või katastroofidega kaasnevate ohtude suhtes.  (6) Juhul kui on oht, et võib toimuda vee seisundi ajutine või püsiv halvenemine või seatakse ohtu kinnitatud veemajanduskavade eesmärkide saavutamine, esitatakse keskkonnamõju hindamise aruandes veeseaduse §-de 3 <sup>8</sup> –3 <sup>12</sup> kohased põhjendused ja kohaldatakse veeseaduse §-s 3 <sup>13</sup> sätestatud.
Määruse nr 34 § 11 lg 3 toodud kommentaar avariiliste jm sündmuste kohta: (3) ... määruse § 6 lõikes 4 ja § 7 lõikes 2 nimetatud teabe koostamisel võib kasutada asjakohast riigisiseste õigusaktide alusel teostatud hindamiste ja riskianalüüside kaudu saadud teavet.	Määruse nr 34 § 7. Keskkonnameetmed. 1) Keskkonnamõju hindamise aruandes esitatakse kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimaluste keskkonnameetmete, sealhulgas seire, kirjeldus rajamis-, kasutamise- ja lõpetamisetappide lõikes, sealhulgas nende kasutamise eeldatava efektiivsuse hinnang.  (2) Asjakohasel juhul kirjeldatakse käesoleva määruse § 6 lõikes 4 nimetatud hinnangus keskkonnameetmeid, mis on vajalikud selliste sündmuste olulise keskkonnamõju ennetamiseks, vältimiseks, vähendamiseks või leevendamiseks, ning sellisteks hädaolukordadeks valmisoleku ja neile kavandatava reageerimise üksikasju. ...

	Määruse nr 34 § 8. Kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimaluste võrdlus KMH aruandes esitatakse kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimaluste võrdlus, lähtudes eeldatavalt kaasnevast olulisest keskkonnamõjust ja vajalikest keskkonnameetmetest, ning peamised põhjused kavandatava tegevuse elluviimiseks valitud lahendusvariandi eelistamiseks.
<b>Avalikustamine-kaasamine</b>	
7) kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimaluste keskkonnamõju hindamise ning selle tulemuste avalikustamise ajakava 9) asjaomaste asutuste loetelu koos menetlusse kaasamise põhjendusega	§ 9. Avalikustamine (1) KMH aruandes esitatakse: 1) kokkuvõtte asutuste ja isikute ettepanekutest, vastuväidetest ja küsimustest; 2) ülevaade keskkonnamõju hindamise, avalikkuse kaasamise ning piiriülese keskkonnamõju hindamise korral konsultatsioonide tulemustest. (2) KMH aruandele lisatakse: 1) asutuste ja isikute ettepanekute, vastuväidete ja küsimuste kirjade koopiaid; 2) asutuste ja isikute ettepanekute, vastuväidete ja küsimuste vastuskirjade koopiaid, milles selgitatakse aruande kohta esitatud ettepanekute ning vastuväidete arvestamist, põhjendatakse arvestamata jätmist ning vastatakse küsimustele; 3) aruande avaliku arutelu protokolli koopia.

## 2. TUUMAENERGEETIKA KESKKONNAMÕJU HINDAMISE TEEMAD

Ptk 1.4 anti ülevaade tuumaenergeetika projektide KMH aruandes esitatavast ja samuti ülevaade Eesti nõuetest KMH aruandele. Siinkohal jätkatakse ülevaatega, millest sõltub avaldatav keskkonnamõju ja millised on olulised keskkonnamõju hindamise valdkonnad. Fookus on väikeste moodulreaktorite (SMR) võrdlus tavapäraste suurte reaktoritega tuumajaamadega, aluseks juhend IAEA TECDOC-1915. Lisatud on kommentaare läbivaadatud KMH aruannetest.

### 2.1. KAVANDATAVA TEGEVUSE OLULISED NÄITAJAD

Juhend IAEA TECDOC-1915 toob ptk 3 välja reaktorite tehnoloogilised jm karakteristikud, mis on olulised avaldava keskkonnamõju suhtes, kas siis keskkonnakasutuse määra, sündmuste avaldumise tõenäosuse vms kaudu. Kokkuvõttev teave on antud tabelis 2.

Sarnaselt suurtele reaktoritele põhinevad praegused SMR tehnoloogiad tavapärasel reaktori jahutamiseks kasutatavatel materjalidel (nt vesi, gaas, vedel metall ja sulasool) ning tuuma lõhustumise protsess on kas termiline või kiirete neutronitega: veega jahutatavad reaktorid, kõrge temperatuuriga gaasiga jahutatavad reaktorid, vedelikuga jahutatavad reaktorid kiirete neutronite spektriga metall ja sulasoola reaktorid. Kokku on üle 50 erineva SMR tehnoloogia. Käesoleva ülevaate eesmärk ei ole neid võrrelda ega hinnata nende sobivust Eestis kasutamiseks. IAEA on koostanud SMR arenduste ülevaate ning veebipõhise SMR reaktoriteabesüsteemi ARIS<sup>3</sup>. Enamik tehnoloogiaid on erinevas arendamisjärgus. Reaalselt on töös kokku 7 SMR jaama Lõuna-Koreas, Indias ja Jaapanis, mis kõik kasutavad tuumkütusena uraandioksiidi (mis on erineva rikastusastmega).

Ptk 1.2 juba viidati tuumaenergeetika tehnoloogiavaliku ja mõju hindamise eripärale, et tuumaenergeetika projektide esimeste etappide hindamistes (sh asukohavaliku etapis) on arendajal keelatud sõlmida lepingut konkreetse tehnoloogia tarnijaga. See on läbivaadatud KMH aruannetes lahendatud mitme tehnoloogilise alternatiivi hindamisega – pakutakse välja vähemalt 3 tõenäolisemat tehnoloogiat, mille puhul on teada, milline on üldine ehituslik lahendus ning toetava taristu vajadus; hindamisel arvestatakse üldist ruumivajadust (planeeringulahenduse detailsuses) ja alternatiivsete tehnoloogiate üldkarakteristikuid. Seejuures võeti hindamisel aluseks erinevate reaktoritehnoloogiate halvimaid tulemusi andvad näitajad ja stsenaariumid (*worst case approach*). Samuti töötati välja erinevad käitise asendiplaanid, et välja selgitada maksimaalne ruumivajadus ja mõjualade ulatus. Erinevaid alternatiivseid lahendusi hinnati ka reaktori jahutamisel.

Põhimõtteliselt on tegemist juhendi IAEA TECDOC-1915 ptk 6 viidatud teist tüüpi alternatiividega ehk alternatiivid tehnoloogilise lahenduse osas (esimest tüüpi alternatiivid ehk alternatiivid projekti eesmärgi saavutamiseks tuleks Eesti kontekstis kindlaks teha strateegilisel tasandil – vt käesoleva töö ptk 1.3). Teist tüüpi alternatiivid kohalduvad tuumajaama toimimiseks vajalikele komponentidele – iga komponendi realiseerimiseks võivad olla erinevad tehnoloogilised lahendused. Siia hulka kuuluvad ka SMR projektide rakendused lisaks elektri tootmisele ja mitteradioaktiivsete jäätmete käitlusvõimalused. Neid alternatiivseid lahendusi hinnatakse majanduslike, tehniliste ja keskkonnaalaste kriteeriumide alusel ning projekti realiseerimiseks valitakse välja eelistatud alternatiiv.

<sup>3</sup> Lisateavet SMR tehnoloogiate kohta vt [https://aris.iaea.org/Publications/SMR\\_Book\\_2020.pdf](https://aris.iaea.org/Publications/SMR_Book_2020.pdf) ja <https://aris.iaea.org/sites/overview.html>





**Tabel 2.** Tuumajaamade reaktorite jm näitajad, millest peamiselt sõltub avaldav keskkonnamõju

<b>Näitaja</b>	<b>Seosed keskkonnamõjuga</b>
Toodetud energia	SMR on madalama elektri- ja soojusvõimsusega kui suured reaktorid. Seetõttu on nende tehnoloogiliste lahenduste puhul, mis juhivad sooja jahutusvee kondensaatorist suublasse, SMR jaama soojuskadu ja sellest tulenev keskkonnamõju eeldatavasti väiksem kui suurte reaktorite puhul.
Käitise ruumivajadus („jalajälg“)	Peamiselt tänu väikesemale võimsusele ja kompaktsel lahendusele on SMR reaktoril ja sellega seotud seadmetel oluliselt väiksem ruumivajadus kui suurte reaktoritega jaamadel ja seetõttu on ka käitise rajamisega seotud keskkonnamõjud väiksema ulatusega. SMR jaama maakasutuse vajadus sõltub projekt-lahendusest, seadmete paiknemisest ja asukoha keskkonnatingimustest. Võrreldes suurte reaktoritega on SMR võimalike avariide tagajärgede ulatus eeldatavalt väiksem, mistõttu ka saab kavandada väiksema ulatusega turvatsoone, keelutsoone ja evakuaatsioonitsoone. Mõned SMR lahendused pakuvad moodulite või peamiste komponentide valmistamise võimalust tehases ja kohapeal toimuks ainult montaaž. Selliste lahenduste eesmärk on lihtsustada ehitamist, vähendada ehitustaristu mahtu ja lühendada ehitusaega. Tulemuseks võib olla väiksem ehituslik jalajälg kui suurte reaktoritega jaamadel, mis kokkuvõttes mõjutab erinevaid biofüüsikalisi ja sotsiaalmajanduslikke mõjude avaldumist. SMR tehnoloogiat saab kasutada ka merel, sh saab neid paigaldada laevadele. Sel juhul väheneb maismaaga seotud taristu maht, sh ehitustaristu osas. Kuid vette ehitamisel tuleb arvestada jalajälge, mis tekib veealuste ehitiste ehitamisel ja sellest tulenevaid erinevaid mõjusid.
Modulaarne lahendus	Tuumaelektrijaamad on sageli mitme reaktoriga ja moodullahendused on kasutatavad ka SMR puhul. Moodulid kas paigaldatakse korraga või järkjärgult pikema perioodi jooksul. See mõjutab KMH mitmeid teemasid, sh alternatiivseid lahendusi ja keskkonnamõjude, sealhulgas ehitusaegseid mõjusid ja õnnetuste tagajärgede hindamist (nt mitut moodulit hõlmav õnnetus).
Rakendatavus muudel eesmärkidel kui elektrienergia tootmine	SMR tehnoloogia võimaldab lisaks elektritootmisele ka muid rakendusi. Eelkõige soojuse koostootmine, mis sõltub SMR tüübist ja reaktori jahutusvedeliku temperatuuridest. Soojuse saab suunata piirkonnas asuvatele tööstustarbijatele, samuti kaugküttesüsteemidesse. Teiste potentsiaalsete rakenduste hulka kuuluvad merevee magestamine, söe gaasistamine ja vesiniku tootmine. Kui vaja on toota kõrgetemperatuuriga protsessisoojust, siis SMR tehnoloogiad, mida vesi ei jahuta (nt kõrge temperatuuriga gaasjahutusega reaktorid - HTGR) on selleks oluliselt sobivamad kui veega jahutatavad suured reaktorid. Koostootmise võimekus on oluline projekti alternatiivide määramisel, õnnetuste hindamisel (nt sündmuse tagajärgede mõju samas piirkonnas asuvatele tööstuskäitistele ja nende töötajatele), aga ka muudes KMH valdkondades (nt kus on asjakohane erinevate tegevuste koosmõju hindamine).
Paigutamisevõimalused (arvestades kaasneva taristu vajadust)	SMR jaamade asukohtade valik on oluliselt laiem kui suurte reaktoritega jaamadel, seda tänu nende väiksemale ruumivajadusele ja väiksemale sõltuvusele vesijahutusest (eriti nende SMR tehnoloogiate puhul, mis ei vaja kondensaatori jahutamiseks vett, nt õhkjahutusega reaktorid). Praegused tuumajaamad paiknevad tavaliselt maal, suurte veevarude lähedal ja asuvad asulatest eemal. Seevastu SMR tehnoloogiaga jaam, olenevalt eesmärgist, võib paikneda nii maismaal kui merel, asulate lähedal (sõltuvalt konkreetse tehnoloogia keelutsooni ulatusest), samuti vähese taristu ja piiratud juurdepääsetavusega kohtades. Asukoha iseärasustega on seotud mitmed keskkonnamõju valdkonnad. Eraldatud asukohas võib vajalikuks osutuda juurdepääsude rajamine, nt maantee või raudteede ehitamine ja selle võib olla oluline mõju keskkonnale. Lisaks tuleks õnnetuste stsenaariumite keskkonnamõju hindamisel arvestada hädaolukorrale reageerimise aega, mh võttes arvesse teede seisukorda, õhutranspordirajatiste olemasolu, ilmastikutingimusi. Need asjaolud mõjutavad kohapealsete leevendusmeetodite mahtu, et kompenseerida rajatiseväliseid määramatusi.

	<p>Merel paiknevad SMR jaamade keskkonnamõjude hindamise fookus erineb maismaal paiknevatest jaamadest. Näiteks mõjud põhjaveele ja maismaa ökosüsteemidele võivad mitte esineda või olla piiratud teatud taristu rajamisega ning tähelepanu tuleb pöörata näiteks veeökosüsteemidele avaldavatele mõjudele ja õnnetuste mõjule merekeskkonnale.</p>
Maa-alune paigutus	<p>Mõned SMR tehnoloogiaga jaamad on ette nähtud osaliselt või täielikult maa alla ehitamiseks, et suurendada ohutust ja turvalisust. Keskkonnamõju hindamisel tuleb hinnata mõju põhjaveele kogu elutsükli jooksul ja täiendavat uurimist vajab pinnase ning maetud ehitiste vastastikune mõju.</p>
Tuumkütuse uuendamine ( <i>refuelling</i> )	<p>Enamiku SMR tehnoloogiate keskmine tuumkütuse uuendamise intervall on umbes 24 kuud, mis on sarnane täiustatud konstruktsiooniga suurtele reaktoritele.</p> <p>Samas on SMR tehnoloogiaid, millel on pikem kütuse uuendamise intervall. Neid saab kasutusele võtta piiratud juurdepääsuga kohtades, kus võib tekkida raskusi reaktorite sagedase tankimisega – nt kaugemates maismaapiirkondades asuvates kaevandustes, avamereplatvormidel. Näiteks on naatriumiga jahutatav kiire reaktor, mille südamiku kasutusiga kütuse uuendamiseta on kuni 30 aastat.</p> <p>Mida pikem on uuendamiste vaheline aeg, seda vähem on vaja jaamas ladustada kasutatud tuumkütust ning seda väiksem on tarnimise sagedus, samuti võib kogus osutada oluliselt väiksemaks. Need tegurid vähendavad radioaktiivsuse juhusliku keskkonda sattumise ohtu.</p> <p>Mõne SMR tehnoloogia puhul saab asendada kogu kasutatud tuumkütuse reaktorianuma väljavahetamisega. Võrreldes kütusevarraste jms järk-järgulise asendamisega on laadimisel tekkivate avariide tõenäosus väiksem ja see vähendab ka radioaktiivsuse juhusliku keskkonda sattumise ohtu.</p>
Radioaktiivse allika tugevus ( <i>source term</i> )	<p>Tuumkütuse kogus SMR jaamas on tavaliselt oluliselt väiksem kui suures jaamas. Seetõttu võib eeldada, et allika tugevus pärast tõsist avariid (st jaama avarii korral keskkonda vabanev radioaktiivse aine kogus) on väiksem ja esimeses lähenduses saab seda hinnata soojusvõimsuse suhte järgi (<i>scaled by thermal power ratio</i>).</p> <p>SMR jaamas on tavaliselt suurte jaamadega sarnase rikastusastmega tuumkütus. Sellest lähtuvalt on allika isotoopkoostised sama tehnoloogiaga, kuid erineva suurusega reaktoritel sarnased.</p> <p>Mõne SMR puhul on kütuse rikastusaste suurem, et võimaldada töötamist pikema tsükliga kui 2 aastat. Sel juhul on allika tugevus erinev nii koguse kui ka radionukliidide koostiselt. Mõnel juhul on suhteline kütusekogus suurem tänu madalamale kütuse- ja võimsustihedusele (nt traditsiooniliste kütusevarraste asemel kasutatakse nn klibupeenraid).</p> <p>Mõne reaktori konstruktsiooni puhul kasutatakse tuumkütust sellises vormis, mis takistab lõhustumisproduktide vabanemist suurtes kogustes ja seetõttu on ka allika tugevus oluliselt väiksem.</p>
Jäätmete ja -käitlus	<p>Tuumajaama tegevuse käigus tekib nii radioaktiivseid kui mitteradioaktiivseid jäätmeid. Arvestades SMR väiksemat suurust ja lihtsamat konstruktsiooni võrreldes suurte reaktoritega, on eeldatavasti vedelate, tahkete ja gaasiliste jääkide teke SMR jaamas väiksem. Samas ei ole praegu veel piisavat teavet SMR jäätmete kohta, et anda põhjalikum hinnang seda tüüpi tuumaelektrijaamade tekitatud jäätmete käitlemise mõjust keskkonnale.</p> <p>SMR projektides on kasutatud tuumkütuse ning madala ja keskmise tasemega radioaktiivsete jäätmete kogus ja koostis seotud aspektidega nagu südamiku suurus (sellest sõltub tuumkütuse kogus), reaktori tehnoloogia, kütuse rikastamise tase ja kütuse kulu ajaühikus. Kasutatud tuumkütust võib ladustada kohapeal või eraldi hoidlas, olenevalt sellest, kuidas iga liikmesriik selliseid jäätmeid käitleb. Mõned SMR tüübid võimaldavad kütusemooduli asendamist või kütuse uuendamist väljaspool jaama või mõlemat, mis välistaks kohapeale ladustamisvõimaluste rajamise vajaduse.</p> <p><i>Kommentaar (KMH aruannete alusel):</i> Kasutatud tuumkütuse hoidla mõjud sõltuvad ka kütuse rikastamisest – kõrgema rikastusastme korral on suuremad ohud kuumenemiseks. Täpne kasutatud tuumkütuse käitlustehnoloogia sõltub reaktori tüübist. Madala ja keskmise radioaktiivsusega jäätmete käitlemine on sarnane, st ei sõltu reaktori tüübist.</p>

## 2.2. TUUMAENERGEETIKA KESKKONNAMÕJU VALDKONNAD

SMR projekteerimise ja tehnoloogiliste omaduste erisuste tõttu võib neid kasutatavatel tuumaelektrijaamadatel olla suurte reaktoritega jaamadest erinev keskkonnamõju, mida tuleks arvestada mõjude hindamisel ja kajastada KMH aruande koostamisel. Samas ei ole SMR tehnoloogiate arendajate esile toodud eelised nagu moodulite tehases valmishitamise võimalus ja elektrijaama asukohas tehakse ainult montaažitööd praktikas laiemalt järele kontrollitud. Seetõttu on SMR tuumajaama mõjude hindamise kontekstis tegemist vähemalt osade sisendparameetrite määramatusega, mille tõttu ei saa ka KMH aruandes esitada kindlaid hindamistulemusi ja järeldusi, sest sama määramatus kandub neile üle.

Tabelis 3 on esitatud juhendi IAEA TECDOC-1915 ptk 4 kokkuvõte, kus käsitletakse SMR hindamise erisusi kümnes keskkonnamõju hindamisvaldkonnas: välisõhk, pinnase kvaliteet, veekeskond, geoloogia ja hüdrogeoloogia, vee-elustik ja elupaigad, maismaa elustik ja elupaigad, inimeste tervis, maastik ja kultuurikeskkond, transport ja liiklus ning sotsiaalmajanduslikud tegurid. Igas valdkonnas on iseloomustatud mõjutegureid jms erinevatel tegevusetappidel (ehitamine, käitamine, tegevuse lõpetamine) normaalsetes käitamistingimustes (avariiliste juhtude mõju hindamist on kirjeldatud käesoleva töö ptk 2.3). Eesmärgiks ei ole anda ülevaadet vastava valdkonna hindamisel kasutatavatest meetodikatest, sest põhimõtteliselt ei ole vahet SMR ja tavapärase tuumajaama mõjude hindamises. SMR-st tulenevate keskkonnamõjude olemus ei pruugi oluliselt erineda suurte reaktoritega tuumajaamade mõjudest, kuid teatud valdkondades võib esineda erinevusi avalduva mõju suurus ja ulatuses, seda kuni suurusjärgu võrra.

**Tabel 3. Hinnatavad keskkonnamõju valdkonnad**

Valdkond	Kirjeldus, eelkõige SMR erisused võrreldes suurte reaktoritega tuumajaamadega
<b>1. Välisõhk.</b> Tuumarajatise elutsükli jooksul satuvad välisõhku transpordivahendite jm seadmete kasutamise käigus tekkivad põlemisgaasid, tolm jm tahked osakesed ning rajatise kontrollitavatest allikatest (nn punktallikad) õhku sattuv kiirgav ja mittekiirgav heide.	
Ehitamine	Hajusheide tekib transpordil ja ehitustehnika kasutamisel, samuti lõhkamistöodel. Heide sõltub materjalide hulgast, tööde mahust ja kestusest, mis võib SMR puhul olla oluliselt väiksem. Reaktori mooduleid on võimalik toota tehases ja need transporditakse jaama asukohta, mistõttu erinevate tegevuste maht võib kokkuvõttes olla väiksem. Modulaarne lähenemine võimaldab ka etapiviisilist ehitamist, kus jaama tegutsemise ajal paigaldatakse uusi moodulreaktoreid. Sel juhul tuleb arvestada koosmõju jaama käitamisega ja ehitustegevusega, kuid võib eeldada, et olulist heidete suurenemist ei teki.
Käitamine	Olulisi erinevusi ei ole, välja arvatud tegevusmahtudest sõltuva mõju suurus ja ulatus, sh transpordikoormus. Tuleb arvestada ka hooldustööde mõju, nt transpordimaht võib sel ajal olla tavapärasest oluliselt suurem.
Sulgemine ja ohutustamine	Olulisi erinevusi ei ole, välja arvatud tegevusmahtudest sõltuv mõju.
<b>2. Pinnase kvaliteet.</b> Mitmesugused saasteained, mis tuumajaama elutsükli käigus sadenevad maapinnale või lekivad välja seadmetest ja konstruktsioonidest, võivad levida põhjavee või pinnaveekogude kaudu ning muuta pinnase kvaliteeti käitise läheduses. Saasteainete keskkonda sattumise määr ja mõju mulla kvaliteedile sõltub rajatise tehnoloogiast ja konstruktsioonidest ning asukoha keskkonnatingimustest, sh pinnase omadustest. Mõjuteguriteks on ka kaevetööd ning radioloogiliste ja mitteradioloogiliste saasteainete kontrollitud heidet põhja- ja pinnavee kaudu.	
Ehitamine	Sarnaselt teiste maa-aluste osade ja struktuuridega ehitiste ja rajatistega tuleb ehitustegevuse käigus väljakaevandatava pinnase hulka arvesse võttes kaaluda selle käitlemisel tekkida võivate mõjude haldamist (nt sademevee mõjul vajumine-lihked ja saasteainete väljaleostumine). Samuti tuleb veekogudega seotud tööde puhul arvestada väljakaevatud setete käitlemise mõju, sh lähtudes setete saastatusest. Võrreldes suurte reaktoritega jaamadega on SMR jaama jalajälg ruumivajadus üldiselt väiksem ja seetõttu on ka kaevetöödega seotud mõjud väiksemad. Kuna SMR jaamu saab paigutada ka merele, tuleb vette ehitamisel tuleb arvestada jalajälge, mis tekib veealuste ehitiste ehitamisest ja sellest tulenevaid mõjusid. Kui projekt on modulaarse iseloomuga, siis võib osutada vajalikuks arvestada jaama käitamise ja ehitustegevuse koosmõju.

Käitamine	SMR jaamadel võib olla oluliselt väiksem mõju mulla kvaliteedile võrreldes suurte tuumajaamadega, kuna saasteainete keskkonda sattumine on ligikaudu proportsionaalne jaama elektrilise võimsusega ja ka ruumivajadusega. Merel paiknevate SMR jaamade mõju pinnasele on eeldatavasti madalam kui maal paiknevatel jaamadel, kuna osa rajatistest asuks merekeskkonnas. Seevastu võib suureneda mõju veekeskkonnale, sh vee kvaliteedile.
Sulgemine ja ohutustamine	SMR ja suute reaktorite sulgemise mõjul ei ole põhimõttelisi erinevusi. Samas sõltub ohutustamine SMR tehnoloogiast ja seetõttu võib tehnoloogia valik olla otsese mõjuga pinnase kvaliteedile avalduva mõju olemusele ja ulatusele, sh tegevusmahust sõltuvad mõjud. Maa-aluste konstruktsioonidega seotud mõjud sõltuvad sulgemisel kasutatavast meetodist, st kas nt on vajalik tervikuna väljakaevamine ja ohutustamine toimub väljapool kaitist või jääb konstruktsioon pinnasesse ja ohutustamine toimub kohapeal. Merel paiknevate SMR jaamade puhul on asjaolud sarnased ehitamise ja käitamise aegsete teemadega. Kui tegemist on ujuvrajatisega, siis on võimalik, et sulgemis- ja ohutustamistööde koht erineb käitamiskohast.
<b>3. Veekeskkond.</b> Mõju pinna-, põhja- ja mereveele sõltub tuumajaama tehnilisest lahendusest ja asukoha omadustest. Mõju võib tekkida ehitamise, sh vette ehitamise, sademevee ärajuhtimise, kuivendamise ning radioaktiivsete ja mitteradioaktiivsete saasteainete kontrollitud heite tõttu.	
Ehitamine	Ehitusplatsi suurus, kasutatavate masinate hulk, ehituse laad, ehituse kestus, vee eemaldamise vajadus ja vees tehtavad tööd võivad kõik olla tegurid, mis määravad veekeskkonnale, sh vee kvaliteedile avaldatava mõju ulatuse tuumarajatise ehitamise ajal. Saasteaineteks võivad olla ehitusplatsi sademevees jm sisalduda võivad naftasüsi-vesinikud ja heljuvaine, aga arvestada tuleb ka pinnase ja põhjavee loodusliku koostisega, aga samuti saasteainete esinemisvõimalusega, kui on vajalik kaevistest ja pinnase ladustusplatsidelt vee ärajuhtimine pinnavee suublasse. Ehitustegevus ja kuivendamine võib muuta pinnavee ja põhjavee voolu, kogust ja kvaliteeti ning mõjutada põhjavee toitealasiid ja väljavoolu. Need SMR tehnoloogiad, mis asuvad täielikult või osaliselt maa all, võivad mõjutada mitut põhjaveekihti, millest igal kihil on oma keemiline koostis ja omadused. Merel paiknevate SMR jaamade puhul on mõjud maismaa pinnaveele ja põhjaveele väiksema ulatusega. Kuid merel võib vette ehitamine suurendada hõljuvaine sisaldust vees, mis vähendab vee läbipaistvust, samuti võib ehitusmasinatest lekkida naftasüsi-vesinikke ümbritsevasse vette. Kui projekt on modulaarse iseloomuga, siis võib osutada vajalikuks arvestada jaama käitamise ja ehitustegevuse koosmõju.
Käitamine	Jahutussüsteemide vesi ja erinevate jääkide puhastussüsteemidest tekkivad heited võivad halvendada ümbritseva vee kvaliteeti. Selle mõju suurus sõltub sellistest teguritest nagu jaama tootmisvõimsus, radioaktiivsetest ja keemilistest voogudest ning väljalaskudes sisalduvatel ainetel. Projektid, mis hõlmavad maa-aluseid ehitisi või rajatise, võivad võrreldes teiste SMR või suurte reaktoritega jaamadega kaasa tuua suurema mõju põhjaveele kogu nende elutsükli jooksul. Põhjavee ja maa-aluste ehitiste konstruktsioonide vastastikust toimet tuleks hoolikalt hinnata, sealhulgas arvestada võimalikest leketest tingitud saastumist ning põhjavee koostise muutusest tekkida võivaid mõjusid. Merel paiknevate SMR jaamade puhul võivad lekked vees ja vee peal asuvatest konstruktsioonidest (sealhulgas reaktoritest) põhjustada merevee kvaliteedi halvenemist.
Sulgemine ja ohutustamine	Olukord on sarnane pinnasele avaldavate mõjudega – mõjude olemus ja ulatus sõltub konkreetse tehnoloogiaga kaasnevatest sulgemis- ja ohutustamistegevustest. Mõnel juhul võib osutada eelistatuks rajatise mitte likvideerida, nt mitte demonteerida veealuseid sildumisrajatise, et vältida vee või merepõhja asjatut häirimist ning hõljuvaine sisalduse suurenemist vees.
<b>4. Geoloogia ja hüdrogeoloogia</b>	
Ehitamine	Mõjud asukoha geoloogilistele ja hüdrogeoloogilistele tingimustele tuumarajatiste all ja nende ümbruses sõltuvad rajatise konstruktsioonist ja asukoha omadustest. Mõju on peamiselt tingitud ehitustegevusest ja käitamise ajal rajatise füüsilisest kohalolekust. Olulisi erinevusi SMR ja suurte reaktoritega jaamade vahel ei ole, välja arvatud tegevusmahudest sõltuv mõju. <i>Kommentaar.</i> Asukohas valitsevate geoloogiliste tingimustega tuleb arvestada tuumarajatise asukoha valikul. See on üks ohutuse tagamise eeldusi.
Käitamine	
Sulgemine ja ohutustamine	
<b>5. Vee-elustik ja elupaigad.</b> Mõjud magevee- või mereökosüsteemidele ja elupaikadele võivad ilmned vee kvaliteedile avalduva mõju, vees olevate rajatiste põhjustatud füüsiliste häiringute, müra, vibratsiooni, valguse, samuti jahutussüsteemide töö ja nendega seotud soojusheite kaudu.	

Ehitamine	<p>Maismaal paiknevate SMR jaamade puhul on potentsiaalne mõju sarnane suurte reaktoritega jaamade ehitustegevuse mõjuga, erinevus seisneb mõju ulatuses ja suuruses. Võimalikeks mõjuteguriteks on elupaiga hävitamine või füüsiline muutmine, samuti ehitusaegne müra ja vibratsioon.</p> <p>Merel paiknevate SMR jaamade puhul on potentsiaalne mõju vee-elustikule ja elupaikadele eeldatavasti suurem kui maismaal paiknevatel jaamadel, kuna põhiosa ehitustegevusest toimub veekeskkonnas, põhjustades kas otseselt või kaudselt müra, vibratsiooni ja valgusega seotud häiringuid.</p>
Käitamine	<p>Võib eeldada, et maismaal paiknevate jaamade mõju on peamiselt seotud füüsiliste mõjuteguritega (nt müra, valgus, jahutusvee juhtimine), mille suurus on võrdeline tootmisvõimsusega.</p> <p>Merel paiknevate SMR puhul võib tekkida täiendavaid mõjutusi. Veealuste või ujivate jaamade turbiinide tööst tulenev müra ja vibratsioon võivad avaldada mõju veeloomastikule. Lisaks võivad veealuse jaamaga seotud rajatised oluliselt muuta veeloomastiku ja -taimestiku elupaika. Negatiivse mõju näiteks on kudemisalade muutus / ümberpaigutumine / kadumine keskpikas või pikas perspektiivis. Positiivse mõju näitena võib tuua populatsioonide tekkimist rajatiste piirkonnas ja rajatistel (aga sel juhul tuleb nendega arvestada jaama sulgemistöödel).</p>
Sulgemine ja ohutustamine	Mõjude olemus on sama, mis ehitusperioodil. Merel paiknevate SMR rajatiste likvideerimiskavade koostamisel võib osutada vajalikuks arvestada rajatistel või nende piirkonnas tekkinud populatsioonide säilitamisvajadusega.
<p><b>6. Maismaa elustik ja elupaigad.</b> Mõjud võivad tekkida õhu-, pinnase- ja veekvaliteedile avalduvate mõjude ning maismaal paiknevate rajatiste ehitamisest ja olemasolust põhjustatud füüsiliste häiringute tõttu, mille tulemuseks on elupaiga kadumine või muutumine kas otseselt või kaudselt, sh müra, vibratsiooni ja valguse kaudu.</p>	
Ehitamine	<p>Maa-aluste osade ja struktuuridega ehitiste ja rajatistega võivad kaasned muudused piirkonna veerežiimis sh võidakse mõjutada põhjavee taset ja vooluhulka, mis omakorda võib mõjutada ümbritsevat taimestikku ja kaudset sellele taimestikule tuginevatele kooslustele. Sügavate maa-aluste struktuuridega projektide puhul võib kaasned ka müra ja vibratsiooni levik laiemale alale, nt lõhkamistöödega, olenevalt geoloogilistest tingimustest.</p> <p>Elupaikade kadumist ja muutumist võivad põhjustada erinevad ehitustööd nagu kaevamine ja lõhkamine, samuti ehitusjäätmete ladustamine ja käitlemine. Lisaks ehitusaegsele ruumivajadusele tuleb arvestada müra, vibratsiooni, tolmu jms levikuga. Merel paiknevatel rajatistel on väiksem mõju maismaa elustikule ja elupaikadele, kuna maismaaga seotud tegevuste maht on väiksem.</p>
Käitamine	<p>Maismaal paiknevate SMR jaamade puhul on potentsiaalne mõju sarnane suurte reaktoritega jaamade käitamise mõjuga, erinevus seisneb mõju ulatuses ja suuruses.</p> <p>Merel paiknevate jaamade puhul võib mõju maismaa elupaikadele olla väiksem, eelkõige turbiinide või jahutussüsteemide või mõlema põhjustatud müra ja vibratsiooni osas.</p>
Sulgemine ja ohutustamine	SMR jaamade potentsiaalne mõju on sarnane suurte reaktoritega jaamade sulgemistegevuste mõjuga, erinevus seisneb mõju ulatuses ja suuruses.
<p><b>7. Inimese tervis</b></p>	
Ehitamine	<p>KMH raames võetakse arvesse kõiki tuumajaama elutsükli faase, tavaliselt inimese terviseriski hindamise (<i>human health risk assessment</i>, HHRA) raames. IAEA annab põhjalikud juhised tuumaenergiaga seotud projektide kiirgusmõju hindamiseks (käesolevas juhendis refereeritud ptk 3). <i>Kommentaari</i>: ka selle töö käigus läbi vaadatud KMH aruannetest ilmnes, et eraldi pakettidena käsitleti tuumajaama üldisemaid keskkonnamõjusid ning kiirguse avaldatavat mõju keskkonnale ja tervisele.</p> <p>Tuleb hinnata erinevate tegevusetappide käigus heiteallikatest eralduda võivad raadioaktiivseid ja mitteraadioaktiivseid saasteaineid, samuti tuleb arvestada erinevate kütuste, jahutusvedelike ja muude kemikaalide võimalike mõjudega inimeste tervisele kõigi võimalike kokkupuuteviiside kaudu. Siinkohal tuleb arvestada, et täpsemad üksikasjad saasteainete eraldumise ja levikuteede kohta ei ole SMR projektide kavandamise varases staadiumis kättesaadavad, kuid liikudes üldisematelt arendusetappidel detailsemateni, muutuvad ka hinnangud järjest detailsemaks.</p> <p>Inimestele avalduvad mõjud ka maastiku ja kultuuri ning sotsiaalmajanduslike tegurite kaudu.</p>
Käitamine	
Sulgemine ja ohutustamine	
<p><b>8. Maastik ja kultuur</b></p>	
Ehitamine	Lisaks tervisemõjudele võivad erinevad tuumaenergia projektid inimesi mõjutada maastiku muutmise, vaba aja veetmisvõimaluste, sh jaht ja kalapüük ning ka kultuuriliste
Käitamine	



Sulgemine ja ohutustamine	<p>ja vaimsete sidemete kaudu rajatist ümbritseva keskkonnaga. Vajalik on hea suhtlus kohalike huvirühmadega. See võimaldab huvirühmadel olla projektist piisavalt teavitatud ja neil on võimalik osaleda KMH protsessis, et anda oma sisend võimalike mõjude tajumise ja võimalike leevendusmeetmete osas.</p> <p>SMR jaamade puhul võivad visuaalsed mõjud olla proportsionaalselt väiksemad kui suurte reaktoritega jaamade puhul. SMR maa-aluse paigutuse puhul on jaamal tõenäoliselt väiksem visuaalne mõju kui maapealsete reaktoritega jaamadel. Samamoodi võib merel paiknevatel SMR projektidel olla väiksem visuaalne mõju kui maismaal asuvatel tuumaelektrijaamadel.</p>
<p><b>9. Transport ja liiklus.</b> <i>Kommentaari:</i> IAEA juhend viitab, et transport objektile ja sealt tagasi on tegevus, mida tavapäraselt KMHdes ei käsitleta, isegi uue tee vm transpordirajatise vajaduse hindamine jääks tuumarajatiste puhul mõju hindamist korraldava asutuse otsustada, Võib eeldada, et sellele on viidatud seetõttu, et hindamine tehakse eelnevalt strateegilisel tasandil ehk KSH käigus. Eestis hinnatakse transpordi mõjusid nii KMH kui KSH tasandil, kui see on hinnatava tegevuse puhul oluline teema – vajaduse üle otsustatakse programmi koostamisel.</p> <p>Väljakujunenud taristuga piirkondades võib osutada, et SMR jaama transpordiga seotud mõjud ei erine oluliselt suurte reaktoritega jaama mõjudest. Kõrvalistes kohtades asuvate jaamade puhul võib aga olla vajalik uus maantee, raudtee või isegi sadam, mille rajamisel võib olla nii kohalik kui piirkondlik mõju.</p>	
Ehitamine	<p>Tuumajaamade, sh SMR ehitamisel võib eeldada suuremahuliste veoste transportimise vajadust, iseäranis kui reaktorimoodulite ehitamine toimub tehases. Olemasolev transporditaristu (maanteed, raudtee ja veeteed) ei pruugi olla loodud suurte või raskete veoste transportimiseks. SMR-projekterimisel on üheks eesmärgiks komponentide ja moodulite suuruse ja kaalu arvestamine, et hõlbustada nende transportimist olemasoleva taristu ja transpordivahenditega (sh laevadega).</p> <p>Transporditaristu ja koridoride ehitamine või täiustamine võib parandada ligipääsetavust äärealadel, mille tulemuseks võib olla inimeste, kaupade ja teenuste parem liikumine nendes piirkondades.</p>
Käitamine	<p>Võrreldes suurte reaktoritega jaamadega võib SMR jaama mõju olla väiksem – see sõltub hooldus- ja tuumkütuse uuendamise välbast, samuti on personali arv väiksem ning väiksemad on ka hooldustööde käigus transporditavate materjalide jm maht.</p> <p>Merel, sh saartel paiknevate jaamade puhul võib suureneda liiklus veekogudel.</p>
Sulgemine ja ohutustamine	<p>Sulgemistöödel kasutatakse üldjuhul sama transpordi infrastruktuuri, mis ehitamisel ja käitamisel ning seetõttu ei ole põhjust eeldada täiendavaid mõjusid.</p>
<p><b>10. Sotsiaalmajanduslikud tegurid.</b> Tuumajaam avaldab kogu elutsükli jooksul mõjud kohaliku ja piirkondliku elanikkonna elatusasemele sotsiaalmajanduslike tegurite nagu tööhõive, otsesed ja kaudsed tulud ja kulud. SMR mõjud võivad erineda suurte reaktoritega jaamade mõjudest, kuna SMR võimalikud asukohad, suurus ja füüsiline jalajälg on erinevad.</p>	
Ehitamine	<p>Nii maismaal kui merel paiknevate SMR jaamade puhul võib mitmete jaama ja reaktori komponentide tehases valmistamise tõttu jaama asukohas vaja minna vähem tööjõudu ja ka lühemaks perioodiks kui suurte reaktoritega jaama puhul. Samuti on SMR jaamade puhul eeldatavalt väiksem käitamis- ja hoolduspersonali vajadus.</p> <p>Kui SMR jaam asub isoleeritud piirkondades, võivad sotsiaal-majanduslikud mõjud olla märgatavamad kui asustatud aladele piirkonnas paiknevate projektide puhul. Eraldatud piirkondades tuleb jaama käitamiseks ehitada ja hooldada infrastruktuuri, sh meresadamad, teed, tervishoiuasutused. Ehitajate ja käitusaegsete töötajate asumine piirkonda võib tuua kaasa ka vajaduse rohkemate sotsiaalteenuste järele.</p>
Käitamine	
Sulgemine ja ohutustamine	

## 2.3. AVARIIDE TAGAJÄRGEDE KESKKONNAMÕJU HINDAMINE

Juhend IAEA TECDOC-1915 käsitleb ptk 5 avariiliste juhtumite keskkonnamõju hindamist, ülevaade hõlmab kogu elukaare (ehitamine, käitamine ja tegevuse lõpetamine-ohutustamine) ja erinevad avariide tüübid (radioaktiivsed ja mitteradioaktiivsed).

Põhimõtteliselt ei ole vahet, kas hinnatakse suurte reaktoritega jaama või SMR jaama avariisid, millega kaasneb radioaktiivne ehk kiirguslik heide – meetodid jäävad samaks ja nendest on antud põhjalikum ülevaade eraldi IAEA juhendis GSG-10 (refereeritud käesolevas töös ptk 3.3). Meetodid on eri suurusega jaamadel samad ka mitteradioaktiivsete avariide korral, merel paiknevate SMR puhul on erisuseks vahetu mõju hindamine veekeskonnale.



Samas on riskitase defineeritud kui tõenäosuse ja tagajärgede raskuse korrutis. Avariijuhtumite tõenäosus ja keskkonnaga seotud tagajärgede ulatus on SMR jaamadel eeldatavasti erinevad kui suurte reaktoritega jaamadel, mh on erinevad SMR konstruktsioon ja ohutusfunktsioonid. Allpool tuakse välja SMR tehnoloogiate peamised aspektid, mis võivad mõjutada üldist keskkonnamõju taset:

- Parema soojusülekandevõimega jahutusvedelike kasutusvõimalus – näiteks võib sula plii toimida tõhusa jahutusainena palju kõrgemate temperatuurideni kui kerge või raske vesi. See võimaldab vähendada või isegi välistada reaktori südamikul olulisel määral sulamisega seotud riske.
- Südamikureaktiivsusomadused – mõnda SMR tehnoloogiat on võimalik projekteerida soojusenergia väljundvõimsuse isejuhtimisega õnnetuse ajal (kuni seiskamiseni). Seda funktsiooni saab mõnel juhul kasutada kaitsemeetmena kütuse sulamise vähendamiseks või vältimiseks.
- Sulamiskindel kütus – mõnel SMR tehnoloogial saab kasutada kütuse lahendusi, mille korral sulatamiseks vajalik temperatuur on oluliselt kõrgem kui õnnetuste ajal tekkida võib temperatuur.
- Vette sukeldatud isolatsioonimahuti – mõnel vesijahutusega SMR tehnoloogial on võimalik ette näha vette sukeldatud kompaktne terasest kate, mis vähendab radioaktiivsete ainete sattumise võimalust atmosfääri õnnetuste ajal.
- Reaktoriga integreeritud auruvarustussüsteemid – mõnel vesijahutusega SMR tehnoloogial saab reaktori surveanumasse integreerida kõik peamised auruvarustussüsteemi komponendid (sh aurugeneraatori) ja mõnikord ka juhtvarda ajamimehhanismi. Seda tüüpi konstruktsioonil ei ole suure läbimõõduga ühendustorustikke ja seetõttu on välistatud suurte reaktoritega jaamadele omased avariiliste juhtumite stsenaariumid, kus jahutusvedeliku kaoga kaasneb suure purustusjõuga aurustussüsteemi plahvatus.
- Tuumakütuse uuendamine – võrreldes suurte reaktoritega jaamadega eeldatakse transporditavate SMR moodulite puhul, et kütuse käitlemisega seotud õnnetuste tõenäosus objektil väheneb, kuna vahetatakse välja kogu reaktori anum või moodul, mistõttu ei käidelda jaama asukohas üksikuid kütuseagregaate.
- Soojusenergia koostootmine ja samas asukohas paiknevad teised tööstusrajatised – kui SMR jaama kasutatakse enamasti eesmärgidel kui elektrienergia tootmine, siis jaamas toimuv avariid võib tekitada täiendavaid heiteid mõjutatud rajatistest. Samuti on olemas võimalus, et õnnetus muus rajatistes mõjutab sellega seotud SMR jaama.
- Paigutuse eripärad – võrreldes suurte reaktoritega jaamadega on mõned SMR tehnoloogiad paigutatud maa alla või merele ja seega võivad neil olla ka erinevad õnnetusjuhtumite stsenaariumid ja nendega kaasnevad keskkonnamõjud.

Avariiliste juhtumite keskkonnamõjude hindamine tugineb osaliselt radioaktiivse allika tugevusele ja selle põhjal arvutatakse välja kiirguse mõju elanikkonnale ja keskkonnale. Kui SMR jaam kasutab tavapärase kerge veega jahutatavate reaktorite asemel teistsuguseid tehnoloogiaid ja kütusetüüpe, muudab see tõenäoliselt kiirgusallika olemust, sh tugevust. Lisaks on SMR tehnoloogiatel radioaktiivse allika tugevus võrreldes suurte reaktoritega jaamadega väiksem, kuna reaktori südamikus on väiksem tuumakütusevaru ja energia väljundvõimsus on väiksem. Seetõttu eeldatakse, et kiiritusega seotud avariide tagajärjed (nt inimeste ja elustiku saadav kiirgusdoos) on SMR puhul väiksemad. Teisalt tuleks mitme mooduliga SMR allika tugevuse hindamisel arvesse võtta mitut moodulit hõlmavaid sündmusi, sealhulgas avariijuhtumite stsenaariume, mis hõlmavad kõiki jaama mooduleid.

Avariiliste juhtumite analüüsis kasutatakse radioaktiivse allika tugevuse hindamiseks valideeritud arvutusprogramme, mis põhinevad suurte reaktorite tööst saadud sisendandmetel. Mõne SMR tehnoloogia korral võivad kehtida praegu töötavate tuumaelektrijaamade arvutukoodid, kuid tehnoloogilised erinevused võivad mõjutada olemasolevate mudelite rakendatavust. Seetõttu tuleb neid erinevusi teadvustada ja ka keskkonnamõju hindamisel

dokumenteerida. Seega tuleb uute SMR tehnoloogiate puhul esitada täiendavaid mudelite usaldusväärsuse analüüse.

Sarnaselt suurte reaktoritega jaamadele võetakse SMR jaama avariide tagajärgede analüüsimisel arvesse ka juhuslikke radioaktiivse aine lekkeid tegevustest nagu tuumkütuse käitlemine, kasutatud tuumkütuse kuiv- või märgladustamine ja erineva tugevusega radioaktiivsete jäätmete ladestamine.

Mõned SMR tehnoloogiad on konstrueeritud sellisel, et tuumkütuse käitlemine toimub väljaspool jaama asukohta. Sellised tegevused jäävad tavaliselt tuumajaama KMH ulatusest välja, kuna piirduakse jaama asukohas toimuvate tegevustega. Samuti võib mõnes liikmesriigist KMH ulatusest välja jääda värske või kasutatud tuumkütuse transport. Kuid eelnevalt on juhendis (ja selle põhjal käesolevas töös ptk 1.2) viidatud, et tuumaenergeetika rakendamisega seotud keskkonnamõju strateegilised hindamised peavad muuhulgas hõlmama kogu tuumkütuse käitluse tsükli, sh hankimise ja transpordi, st hinnangud väljapool käitist toimuvate avariiliste juhtumite mõjudele tuleb anda enne kui hakatakse tuumajaama rajama.

Mõju hindamise raames tuleb hinnata ka leevendavate meetmete rakendatavust, milleks avariiliste juhtumite korral on hädaolukorra lahendamise plaanid (Eestis kasutatakse kiirgusseaduses terminit 'avariikiirituse olukorras tegutsemise plaan, mis põhineb potentsiaalse kiirituse hinnangut', mis lisatakse kiirgustegevusloa taotlusele suure ohuga kiirgustegevuse korral). Tuumaelektrijaama hädaolukorra lahendamise plaanid hõlmavad nii kohapealseid kui ka piirkondlike tegevusi ja ettevalmistusi, et reageerida avariilistele sündmustele, millel võivad olla tagajärjed töötajatele, elanikkonnale ja keskkonnale. Sündmuste ennetamise ja leevendamise ning nende võimalike tagajärgedega seotud ohutus- ja kontrollimeetmete piisavust hinnatakse tavaliselt kavandatava rajatise kiirgustegevusloa andmise käigus ning KMH protsessi osana kogutakse seda hindamist toetavaid olulisi andmeid. See hõlmab tüüpsündmuste iseloomustamist (kasutades KMH raames halvima juhtumi stsenaariume) ja elanikkonnale ning keskkonnale avalduvate võimalike mõjude prognoosimist, võttes arvesse kohustust kehtestada piisavaid ohutus- ja kontrollimeetmed.

Kokkuvõtvalt tuleb nentida, et avariiliste juhtumite tagajärgede hindamine on seotud mõjuala ulatuse määramisega. SMR tehnoloogiate puhul on arendajad viidanud, et ohuala määramise meetodikat peaks suurt reaktoritega jaamadega võrreldes muutma, et näiteks võtta arvesse SMR rajatise spetsiifilisi omadusi, kuid senimaani on järeldatud, et muudatuste tegemiseks on liiga vähe andmeid praktikas realiseeritud SMR tehnoloogiate kohta<sup>4</sup>. Seetõttu on pragmaatiline rakendada keskkonnamõju hindamise protsessis konservatiivsemaid prognoose.

---

<sup>4</sup> SMR Regulators' Forum, Pilot Project Report: Considering the Application of a Graded Approach, Defence-in-Depth and Emergency Planning Zone Size for Small Modular Reactors (2018). <https://www.iaea.org/sites/default/files/18/01/smr-rf-report-29012018.pdf>

### 3. KIIRGUSE KESKKONNAMÕJU HINDAMINE

Ülevaade põhineb IAEA ohutusjuhendil „IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities. General Safety Guide No. GSG-10. Vienna 2018“.

Juhend sätestab, et riiklike õigusaktidega tuleb kindlaks määrata rajatise ja tegevuse liigid, mille puhul kiirguse keskkonnamõju hindamine on vajalik, või määratlema kriteeriumid, mille alusel iga juhtumi puhul eraldi otsustada, kas selline hindamine on vajalik. Kuna Eestis on kiirgusseaduse alusel tuumaelektrijaama käitamine ja tuumkütusetsükli rajatised automaatselt kõige kõrgema ohutusemehhanismiga tegevused, siis siinkohal ei keskenduta GSG-10 juhendi olulisuse määratlemise kriteeriumitele vaid tuuakse välja juhendi asjakohased sätted kõrge ohutusemehhanismiga kiirgustegevuste mõju hindamise kohta.

Eestis ei kasutata kiirgusseaduses mõistet „kiirguse keskkonnamõju hindamine“. Põhimõtteliselt on tegemist seaduse § 70 lg 1 punktis 5 viidatud kiirgusohutushinnanguga, mis annab ülevaate inimese kaitse ja kiirgusallika ohutusega seotud kiirgustegevuse aspektidest, sealhulgas kasutatavatest kaitse- ja ohutusmeetmetest ning nii normaalsetes töötingimustes kui ka avariija püsikiirituse olukorras kiirgustöötajatele ja elanikele põhjustatavatest potentsiaalsetest hinnatavatest doosidest, ning millele on lisatud andmed kiirgusohutuse tagamiseks võetavate meetmete kohta. § 70 lg 1 punkt 5<sup>1</sup> täpsustab, et suure ohuga kiirgustegevuse puhul lisatakse ka kiirgustöötaja aastase ekvivalent- või efektiivdoosi ja elaniku efektiivdoosi piirangud kavandatud kiirgustegevuse korral normaalsetes töötingimustes.

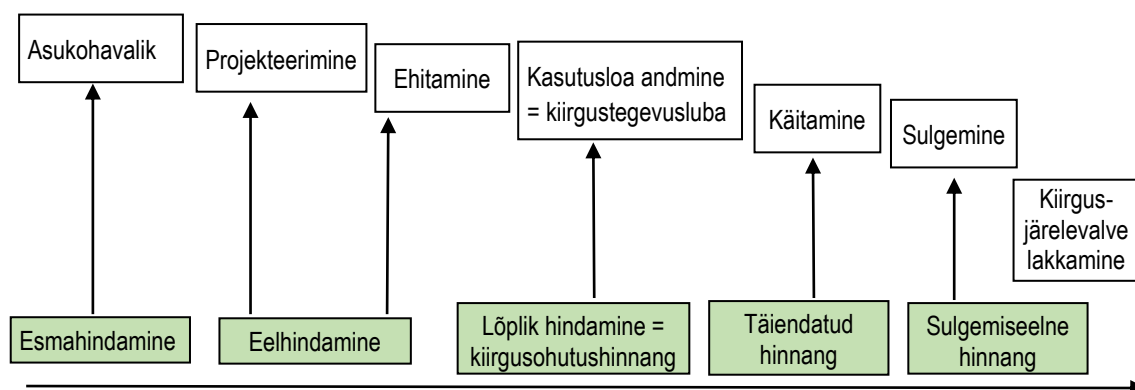
Samas on kiirgusohutushinnang osaks kiirgustegevusloa taotlusest, kuid IAEA kasutab kiirguse keskkonnamõju hindamist laiemalt. Juhendis GSG-10 viidatakse, et kiirguse keskkonnamõju hindamise koosseisu ja detailsuse taseme peaks määrama riiklikus õigusraamistikus või valdkonda reguleeriva asutuse juhustega. Kiirguse keskkonnamõju hindamine ei pea tingimata olema eraldi menetlus, see võib olla näiteks üheks osaks läbiviidavast keskkonnamõju hindamisest. Seetõttu on allpool kasutatud laiemat mõistet, asjakohasusel on viidatud ka kiirgusohutushinnangule.

#### 3.1. RAJATISTE JA TEGEVUSTE HINDAMISRAAMISTIK

Kiirguse mõju hindamisel tuleb arvesse võtta tegevuse või rajatise omadusi, hinnatakse riske elanikkonnale ja keskkonnale, mis tulenevad eeldatavast ekspositsioonist tavatingimustes ja avariijuhtumite korral. Hindamisel kasutatakse erinevaid meetodikaid ja mudeleid, mille kasutamisel muuhulgas arvestatakse, millisel tasemel otsustusprotsessis mõju hindamine toimub – mida lähemal ollakse tegevusloa andmisele, seda detailsemad hinnanguid tuleb anda ja see tingib ka järjest keerukamate mudelite kasutamist.

Esimene hindamine tuleks tavaliselt läbi viia tuumaenergiaprogrammi väljatöötamise algfaasis. Strateegilise tasandi otsustusprotsessi osana tehtav kiirguse keskkonnamõju hindamine on tavaliselt madalama detailsusega ja selles kasutatakse vähem spetsiifilisi andmeid kui asukohavaliku või kiirgustegevusloa andmise protsessis) läbi viidav hindamine. Kuid erinevatel tasanditel antavad hinnangud peaksid olema omavahel kooskõlas.

Tuumarajatiste, näiteks tuumaelektrijaamade ja tuumkütuse ümbertöötlemisrajatiste puhul on nende rajamiseks tegevusloa andmise protsessis mitu etappi, millega kaasnevad kiirguse keskkonnamõju hindamised, sh kiirgusohutushinnang kiirgustegevusloa etapis. Samuti on nende käitiste tegutsemise ajal vaja hinnanguid täpsustada ning ka sulgemiseks ja ohutustamiseks on vaja kiirgusohutushinnangut. Joonisel 1 on esitatud näide võimalikest loa andmise etappidest tuumarajatise elukaarel ja kaasnevatest kiirguse keskkonnamõju hindamisest.



**Joonis 1.** Tuumarajatisel elukaare etappidel eeldatavalt tehtavad kiirguse keskkonnamõju hindamised [Allikas: IAEA ohutusjuhend GSG-10, 2018; täiendatud Eesti kontekstiga]

Kiirguse keskkonnamõju hindamiseks on olulised järgmised tegurid: allika heide (*source terms* - rajatisest eralduva või eeldatavalt eralduva radioaktiivse materjali kogus ja isotoopkoostis, füüsikalised ja keemilised omadustega; seda kontseptsiooni kasutatakse radionukliidide keskkonda sattumise ja hajumise modelleerimiseks), eeldatavad doosid, tegevuse või rajatiseloomustus. Tabelis 4 on esitatud näidisloetelu lähteandmetest. Kindlasti tuleb uue kätise rajamisel tehtavates kiirguse keskkonnamõju hindamistes arvesse võtma piirkonnas olemasolevate või teiste kavandatavate rajatiste-tegevuste panust elanikkonna kiirgusdoosi.

**Tabel 4.** Näited teguritest, mida arvestada kiirguse keskkonnamõju hindamisel

Tegur	Olulised parameetrid jm
<b>Kavandatava rajatisel või tegevusel kirjeldus</b>	
Heite iseloom ( <i>source term</i> )	Radionukliidid Kogus (nii tegevus kui mass/maht) Vorm (keemiline/füüsiline teke / <i>make-up</i> ) Geomeetria (heitallika suurus, kuju ja kõrgus) Vabanemise võimalus ( <i>potential for release</i> ): heite iseloom erineb oluliselt normaalse tegevuse ja avariiliste juhtumite korral
Oodatavad doosid normaalsetes tingimustes või prognoositavad doosid potentsiaalsest kokkupuutest	Eelhindamise käigus või sarnaste rajatiste-tegevuste eelnevad hinnangud
Tegevuse või rajatiselohutustegurid	Projekteerimisel rakendatud tehnilised võtted ja tõkkemeetmed ohutuse tagamiseks Tõsiste õnnetuste tekkepotentsiaal
<b>Asukoha tingimused</b>	
Kätise asukoha omadused, mis on seotud radionukliidide hajutamisega keskkonnas	nt geoloogia, hüdroloogia, meteoroloogia, morfoloogia, biofüüsikalised omadused
Mõjutatavate objektide olemasolu ja omadused	nt rahvastik, eluharjumused ja -tingimused, taimestik ja loomastik
Kokkupuuteteed	
Maakasutuse iseloom ja muud tegevused	nt põllumajandus, toidu töötlemine, muu tööstuslik tegevus
Muude läheduses asuvate rajatiste omadused ning võimalikud loodus- ja inimtegevusest tingitud välissündmused	nt maavärinad, üleujutused, tööstusõnnetused, transpordiõnnetused
<b>Tegevuse või rajatisel etapp, milles mõju hindamine läbi viiakse</b>	Õigusaktide nõuded (loa taotlemine) Tegevuse lubamise etapp

Enne tuumarajatise käitamist ja selle käigus tehtud kiirguskeskkonnamõtjude hinnangud põhinevad sarnastel eeldustel eeltoodud tegurite kohta, kuid arvutuste-modelleerimistulemuste määramatuse taseme vähendamiseks peaks need tuginema võimalikult üksikasjalikel ja konkreetsetel lähteandmetel.

Esmane kiirguse keskkonnamõtju hindamine, mis kasutab üldisi andmeid, tuleb läbi viia asukoha valiku - asukoha sobivuse hindamise etapis, et teha kindlaks rajatisele või tegevusele sobivad piirkonnad või kohad. See hinnang peaks hõlmama järgmist: asukoha ja piirkonna keskkonningimused, mis võivad ohutust mõjutada; inimeste kokkupuude; praegune ja tulevane maakasutus; kultuuriline ja majanduslik kontekst, demograafilised arengud. Selles etapis ei ole veel kindlaks määratud konkreetset tehnoloogiat ning teave süsteemide ja projektlahenduse ohutust määravate tegurite kohta saadaolev teave võib olla piiratud.

Kui ala või alad on välja valitud ja rajatise tehnoloogia on konkreetsemalt määratletud, tuleks konkreetse(te) asukoha(de) jaoks läbi viia kiirguse keskkonnamõtju eelhindamine, kasutades olemasolevaid kohaspetsiifilisi andmeid.

Üldjuhul tuleks ehitusperioodil koguda hinnangu andmiseks vajalikku asukohaspetsiifilist teavet, sealhulgas keskkonna kiirgustaseme mõõtmiste tulemusi ning objekti ümbruses läbiviidud elamisharjumusi ja -tingimusi käsitlevate uuringute tulemusi. See võimaldab saada lisateavet, et koostada hästi põhjendatud kiirgusohutushinnang, mis lisatakse käitise kiirgustegevusloa saamise taotlusele (mis on ühtlasi kasutusloaks).

Enne rajatise tegevuse alustamist tehtud kiirguse keskkonnamõtju hindamist tuleks kasutada ühe sisendina lubatud radioaktiivse heite piirnormide ja muude elanikkonna kaitsega seotud radioaktiivse aine käitlemise piirkoguste määramisel. Lubatud heitepiirangute kehtestamise juhised on esitatud IAEA dokumendis GSG-9<sup>5</sup>. Eestis määratakse radioaktiivsete heidete keskkonda viimise tingimused kiirgustegevusloaga (kiirgusseaduse § 57 lg 2).

Käitise tegevusetapis võib andmete koosseis täpsustuda ja siis tuleb ka kiirgusohutushinnangut ajakohastada. Hinnangut tuleb ajakohastada, kui käitamisetapis toimub olulisi muutusi allika heites või potentsiaalse kokkupuute stsenaariumites (kiirgusseaduse § 78 lg 1 sätestab kiirgustegevuse muudatused, mille kavandamise korral tuleb esitada kiirgustegevusloa täiendamise taotlus, § 78 lg 2 viidatud oluliste muudatuste korral uus taotlus). Igas etapis esitab arendaja/käitaja ajakohastatud kiirguse keskkonnamõtju hindamise tulemused / kiirgusohutus-hinnangu pädevale asutusele (Eestis Keskkonnaamet) läbivaatamiseks.

## 3.2. HINDAMINE NORMAALSETES KÄITAMISTINGIMUSTES

Kiirgusallikate kasutamisel või radioaktiivseid materjale töötlemisel tuleb kõigil tegevusetappidel (projekteerimine, ehitamine, kasutusele võtmine, käitamine sh juhtimine ja hooldustööd, tegevuse lõpetamine) arvestada radioaktiivsete materjalide keskkonda sattumise vältimist või minimeerimist. Siiski võib ka tavapärase töö käigus tekkivas gaasilises või vedelas heites leiduda väga väikeses koguses radionukliidide jääke. Mõnel juhul võib rajatis või tegevus põhjustada kokkupuudet ka otsese kiirgusega. Elanikkonnale avalduda võiva mõju kontrollimiseks tuleb koostada prognooshinnang gaasiliste ja vedelate heitmete ning otsesest kiiritusest tuleneva võimaliku doosi kohta ning tulemusi võrrelda määratletud kriteeriumidega.

Kuna tegemist on suurte mahtudega, võib kogu jääkmaterjali ladustamine käitises kiirgusohutuse nõuete kohaselt olla tehniliselt keeruline ning madalat aktiivsus-kontsentratsiooni silmas pidades oleks selle kulud kiirguskaitse seisukohalt tõenäoliselt

---

<sup>5</sup> IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment. General Safety Guide No. GSG-9. Vienna 2018

ülemäära suured ja põhjendamatud. Eesti on kiirgusseaduse § 62 alusel sätestatud tingimused kiirgustegevuse käigus tekkinud radioaktiivse aine kiirgusohutuse nõuete täitmisest vabastamiseks (keskkonnaministri 25.08.2021 määrus nr 40 „Kiirgustegevuses kasutatavate või tekkivate radioaktiivsete ainete väljaarvamise ja vabastamise tingimused ning väljaarvamise ja vabastamise taotlusele esitatavad nõuded“).

Normaalsetes käitamistingimustes antakse hinnang rajatise käitamise või tegevuse käigus keskkonda suunatavate heidete tulemusel avalikkuse saadavast kiirgusdoosile. Sellise hinnangu komponendid on järgmised:

- Kiirgusallika iseloomustamine (*selection of the source term*).
- Otsese kiirguse, selle keskkonnas leviku ja erinevates keskkonna osades jaotumuse modelleerimine.
- Kokkupuuteteede määratlemine.
- Esindusliku isiku (*the representative person*) määratlemine normaalsetes käitamistingimustes (esinduslik isik on "isik, kes saab doosi, mis vastab elanikkonnas kõrgema ekspositsiooniga isikute doosile"; see ei ole elanikkonna tegelik liige, vaid pigem võrdlusisik, mis on määratletud dosimeetriliste mudelite ja harjumuste andmete abil, mis on iseloomulikud neile isikutele, kes on kõrgema ekspositsiooniga; mõistet kasutatakse kiirgustegevuse vastavuse määramisel või kavandatava tegevuse mõju hindamistes).
- Esindusliku isiku doosi hindamine.
- Hinnatud doosi võrdlemine doosipiirangute ja piirarvudega.

Üldiselt peaks hindamise esimene element olema kiirgusallika iseloomustamine, kuna see on seotud elanikkonna kokkupuutega. Järgmisena tuleks kaaluda levikut keskkonda ja radionukliidide ülekandumist keskkonnaosadesse, mis on olulised kindlaksmääratud kokkupuuteviiside ja -koha jaoks. Erinevates keskkonna osades hinnatud aktiivsuse kontsentratsioonid tuleks seejärel kombineerida asjakohaste andmetega elamisharjumuste ja -tingimuste (nt hingamissagedus, veetarbimine, toidutarbimine) ja ajaliste teguritega (nt konkreetses kohas või sees või väljaspool viibitud aeg) kohta. Hooned), et arvutada esinduslikule isikule radionukliidide (sisekiirgus) või väliskiirituse (väliskiiritus) kogused. Radionukliidide sissevõtt ja väliskiirgus tuleks kombineerida dosimeetriliste andmetega, et arvutada välja esindusliku isiku doosid, et võrrelda neid asjakohaste kriteeriumidega (nt doosipiirangud). Järgnevalt on ülevaade teemadest, mis koostaja hinnangul enim mõjutavad hindamistulemust (eesmärgiks ei ole võetud IAEA ohutusjuhendites toodud teemade täismahus tutvustamine).

Läbi vaadatud tuumaelektrijaamade KMH aruannetest ilmneb, et tavapärase tegevuse käigus on ka suurte reaktoritega tuumajaamast radionukliidide heide väga madal ja see sisuliselt ei eristu looduslikust kiirgusfoonist:

- Darlington (Kanada): projekti elluviimise tulemusena oleks lisanduv kiirgusdoos ligikaudu 0,005 millisiivertit aastas (riiklikuks doosi piirmääraks on 1 millisiivertit aastas) ja see moodustab murdosa Kanada loodusliku taustkiirguse aastasest doosist, mis on 1,84 millisiivertit aastas. Lisanduv doos väheneb kauguse suurendes – peamine lisanduv doos pärineb heitest õhku, heites oleva radioaktiivse aine kontsentratsioon õhus väheneb allikast kaugenedes atmosfääris hajumise tõttu.
- Loviisa 3 (Soome): radioaktiivne heide tuumajaamast õhku on madal ja see ei mõjuta inimeste tervist ega looduskeskkonda. Tundlikke analüüsimeetodeid kasutades on üldisest radioaktiivsete elementide tuvastatavad Loviisa jaamast sinna sattunud isotoope, kuid tegemist on juhuleidudega. Uue reaktoriploki kiirgusdoos piirkonna elanikele oleks hinnanguliselt 0,0003 millisiivertit aastas, st ligikaudu sama, mis tuleneb olemasolevatest plokkidest. Kõigi kolme reaktoriploki koosmõju tulemusena tekkiv kiirgusdoos on madal ja ei tekita olulist mõju inimeste tervisele (piirdoosiks on 0,1 millisiivertit aastas).



### 3.2.1. KIIRGUSALLIKA ISELOOMUSTAMINE

Kiirguse keskkonnamõju hindamiseks on vaja iseloomustada hinnatavast rajatisest või tegevusest tekkiva heite kiirgusliku olemust. Asjakohased teemad on radionukliidide koostis ja kogus heites, heidet vastuvõttev keskkonnakomponent ning radionukliidide keskkonnas levikut määravad olulised füüsikalised omadused (st kas tegemist on gaasi, aerosooli või vedelikuga) ja keemilised omadused. Heidet atmosfääri ja veekeskkonda ning otsest kiiritamist tuleks käsitleda eraldi.

Mõju hindamise algusetappidel on andmed kiirgusallika kohta tavaliselt üldisemad. Hilisematel etappidel, kui rajatise või tegevuse projekteerimise ja toimimise kohta on teada rohkem üksikasju, tuleb kiirgusallikat täpsemalt iseloomustada.

Kiirgusallika iseloomustamisel on oluline nii radionukliidide heide aastas kui heide kogu kasutusperioodi vältel. Kasutusperioodi kestuse peaks määrama pädev asutus, üldiselt eeldatakse kiirguse mõju hindamisel, et heited on pidevad ja püsivad kogu kiirgusallika kasutusperioodi jooksul, näiteks 30–50 aasta vältel. See eeldus ei pruugi alati paika pidada, kuna osadele tegevustele on iseloomulik märkimisväärne heitkoguste kõikumine lühikese ajaperioodi vältel või impulssvabanemine – nt kui tegevuses on nn partiiviisilisi protsesse (nt tuumamaterjali töötlemisrajatised). Selliseid impulssvabanemise mustreid tuleks hindamisel arvesse võtta, kui see mõjutab oluliselt tulemust.

Arvestada tuleb ka sellega, et keskkonda sattumine võib jätkuda ka pärast käitamise lõpetamist, kui rajatises on radionukliidide jäägid.

### 3.2.2. MODELLEERIMINE

Juhendis SGS-10 ptk 5 kirjeldatud meetodika põhineb matemaatilistel mudelitel, et hinnata radionukliidide hajumist keskkonnas ja nende tungimist läbi erinevate looduskeskkonna osade (nt vesi, õhk, sete, elustik), radionukliidide omastamist inimeste ja elustiku toiduahelates ning inimeste kiirgusdoose, mis tulenevad välis- ja sisekiirgusest. Mudelid peaksid olema asjakohased konkreetse ülesande lahendamiseks, milleks neid kasutatakse, ja nad peavad olema valideeritud. Mudelis tehtavate eelduste ja sisendparameetrite valik peab olema kirjeldatud piisava detailsusega ja läbipaistev (sh antakse viited kasutatud allikatele), et võimaldada sõltumatud hindamist-verifitseerimist.

Samuti saab kasutada erinevaid meetodeid, sealhulgas erinevaid arvutusvahendeid ja sisendandmeid. Taotleja määrab kavandatavate meetodite keerukuse ja üksikasjad vastavalt rajatise või tegevuse omadustele ja asukohale ning ka menetlusstaadiumile. Taotleja vastutab kõige sobivamate meetodite valimise eest vastavalt pädeva asutuse antud juhiste. Riiklik pädev asutus peaks taotleja ja teiste huvitatud isikutega arutades otsustama, milline meetodika sobib konkreetse hindamise läbiviimiseks, ning leppima kokku, et kasutatud meetodika on kavandatud eesmärgi jaoks piisav. Hindamise sügavus-detailsus sõltub tegevuse iseloomust (sh kiirgusohu tasemest) ja tagajärgede raskusastmest (sh mõjutatava keskkonna iseloomust).

Hinnangusse tuleb asjakohasusel lisada rajatisest või tegevusest tulenev otsene gammakiirgus, mõnel juhul ka atmosfäärilist tagasipeegelduv hajutatud gammakiirgus („taevasära“, see tekib ainult nn kaaneta kiirgusallikate puhul), Kavandatava tegevuse puhul saab seda modelleerida või hinnata sarnaste rajatiste või tegevuste käigus tuvastatud andmete (nt seireprogrammide tulemuste) põhjal. Rajatiste ja tegevuste puhul, kus kasutatakse ainult kinniseid radioaktiivseid allikaid või kiirgusgeneraatoreid, võib gammakiirgus olla ainukeseks või kõige olulisemaks kiirguskomponendiks elanikkonna kokkupuute määramisel.

Radionukliidide leviku ja leviku prognoosimiseks keskkonnakomponentide kaudu ja esinduslikule isikule on vaja mitmesuguseid mudeleid ja andmeid. Tuleks kindlaks teha doosi hindamise seisukohast olulisemad protsessid ja välja töötada kontseptuaalne mudel, mis kajastab keeruka süsteemi võtmelemente või komponente, näiteks eraldunud radionukliidide

käitumist keskkonnas. Kontseptuaalne mudel peaks esindama tuvastatud asjakohaseid hajumise teid ja ülekandeteid nagu:

- a) radionukliidide hajumine atmosfääris;
- b) radionukliidide sadestumine atmosfäärist maapinnale või muudele pindadele ja sellele järgnev radionukliidide resuspendeerumine;
- c) radionukliidide levimine pinnavees (magevesi, riimvesi või merevesi) ja põhjavees;
- d) radionukliidide akumulatsioon ja sellele järgnev remobiliseerumine veesetetes;
- e) radionukliidide ülekandumine taimedele ja loomadele ning akumulatsioon inimese toiduahelas.

Radioaktiivsete materjalide oletatavatest heidetest tulenevaid aktiivsuskontsentratsioone keskkonnakomponentides (nt õhk, setted, pinnas, vesi, elustik) tuleks hinnata matemaatiliste mudelite abil. On välja töötatud matemaatilised mudelid radionukliidide hajumise ja ülekandumise hindamiseks erinevatel keerukusastmetel.

Kaks võimalikku lähenemist mudelite ja andmete kasutamisele hindamisel on (a) üldine ja lihtsam meetodika, mis võtab ettevaatlike eeldustega arvesse lahjendamist, hajumist ja radioaktiivse materjali kandumist keskkonda, ning (b) spetsiifiline ja üksikasjalikum meetodika, kasutades osaliselt või täielikult kohaspetsiifilisi andmeid, et hinnata aktiivsuskontsentratsiooni erinevates keskkonnakeskkondades, realistlikumate eeldustega. Mõnes olukorras võib hindamiseks sobida ka üldiste mudelite kombinatsioon kohaspetsiifiliste andmetega. Kõikidel juhtudel peaksid valitud mudelid sobima keskkonna aktiivsuskontsentratsioonide ruumilise jaotuse ja ajalise kõikumise hindamiseks. Kasutatava mudeli keerukus peaks olema vastavuses rajatise või tegevuse tõenäolise keskkonnamõju tasemega ning taotleja peaks selle välja pakkuma ja põhjendama ning reguleeriva asutuse nõusolekul.

Valitud mudelid peaksid sobima radionukliidide hajumise, lahjendamise, ülekandumise ja akumulatsioonide ning nende lagunemise või vajaduse korral muude eemaldamismehhanismide simuleerimiseks, võttes arvesse rajatise normaalse töö või tegevuse käigus eeldatavate heidete omadusi.

Aktiivsuskontsentratsioonide hindamiseks keskkonnas kasutatavates mudelites tuleks arvesse võtta heitmete füüsikalisi-keemilisi omadusi. Näiteks tuleks hinnata efektiivset heitekõrgust, lähedalasuvate hoonete mõju heitvee hajumisele või lokaalse batümeetria mõju (veekogude puhul). Arvesse tuleks võtta ka eemaldamis- või akumulatsioonimehhanisme, nagu läherradionukliidide lagunemine ja radioaktiivsete järglaste kasv, märg- ja kuivsadestumine ja settimine.

Lihtsaid hinnanguid vajavate rajatiste või tegevuste puhul võivad mudelite sisendina kasutatavad meteoroloogiliste ja hüdrooloogiliste tingimuste andmed olla üldised ja põhineda avaldatud andmetel või riiklikel andmetel. Keerulisemate hindamiste jaoks kasutatavad meteoroloogilised ja hüdrooloogilised tingimused peaksid olema kõnealuse koha jaoks sobivad ja spetsiifilised ning neid tuleks eelistatavalt keskmistada mitme aasta andmete põhjal (vähemalt kolm kuni viis aastat). Sellised andmed võivad olla kättesaadavad ala enda kohta või neid võib saada lähedalasuvatest meteoroloogia- või hüdroloogiajaamadest.

Üldiselt saab kasutada Gaussi tüüpi atmosfääri hajumise mudeleid, eriti kui vaadeldavate alade geograafilised omadused võimaldavad eeldada lihtsaid hajumise stsenaariume (nt suhteliselt tasase maastiku korral) ja isendid saavad tõenäolisemalt suurimad annused elavad või eeldatavasti elavad 10 või 20 km raadiuses vabanemispunktist. Keerulisemate hajutamistingimuste korral – näiteks rajatised, mis asuvad mägipiirkondade lähedal või piirkondades, kus on oodata keerulisi lokaalseid atmosfääriringlusi – võivad osutada vajalikuks keerulisemad hajumise mudelid. Igal juhul peaksid prognoosid põhinema nii palju kui võimalik realistlikel eeldustel ja ettevaatlikel eeldustel, kui andmete ebakindlus või varieeruvus takistab nende realistlike eelduste rakendamist. Kui rajatise asukoht on hindamise ajal kindlaks määratud, peaksid eeldused võtma arvesse kohaspetsiifilisi tingimusi. Kui rajatise asukoht pole

veel määratletud, tuleks kasutada piirkondliku tasandi üldist teavet, kuni täpse asukoha kohta on teada rohkem üksikasju.

Radionukliidide võib lasta magevette, suudmealasse või merekeskkonda. Veekogudesse juhitud radionukliidid hajuvad või kontsentreeritakse keskkonnaprotsesside, nagu vee liikumine ja settimine, toimel. Palju sõltub veekeskonna kohalikest iseärasustest ja seetõttu ei ole võimalik omada täiesti üldist mudelit veekeskonna sattumise kohta. Näiteks jõe poolt veehajumise modelleerimiseks kasutatav teave peaks hõlmama vähemalt jõe mõõtmeid ja voolukiirust. Mudelid peaksid sobima aktiivsuskontsentratsioonide hindamiseks veesambas ja setetes. Nende hinnangute põhjal saab arvutada aktiivsuse kontsentratsioonid vees elavates toiduainetes, nagu kalad, molluskid ja koorikloomad, kui see on asjakohane, koos välise kiirgusega, mis on tingitud setetest kaldal või jõekaldal.

Mõnede rajatiste ja tegevuste puhul võib radioaktiivset heitvett juhtida kanalisatsiooni, mille järel kanalisatsioon viiakse puhastitesse. Sellistest heitest tulenevate dooside hindamisel peaksid mudelid sobima radionukliidide kanalisatsiooni kaudu kandumise ja nende hilisema keskkonda sattumise hindamiseks (nt kasutades sektsioonimudeleid /*compartmental models*/- mudelid, mida kasutatakse erinevate ülekandeprotsesside esitamiseks süsteemi osade vahel, kusjuures iga osa eeldatakse olevat homogeenne üksus.). Radionukliidide võib koos puhastatud heitveega juhtida jõgedesse või rannikuvette, sel juhul mudelid, millel on eelmises lõigus näidatud omadused. Lisaks võivad radionukliidid olla seotud reoveesetetega, mida käideldakse mitmel viisil, sealhulgas taaskasutamine mullaparandajana ja väetisena põllumajandusmaal, selle töötlemine või kõrvaldamine põletamise teel või olmejäätmete prügilasse viimine. Vajaduse korral tuleks kasutada adekvaatseid mudeleid, et hinnata reoveesettes sisalduvate radionukliidide ülekandumist maismaa toiduahelatesse ja resuspendeerimise tulemusena atmosfääri. Samuti võib osutada vajalikuks hinnata kanalisatsioonisüsteemide töös ja puhastites osalevate töötajate kokkupuudet sellega.

Kui radionukliidide lastakse pidevalt välja, akumulerevad nad keskkonda kuni punktini, mil saab eeldada tasakaalutingimusi. Dooside hinnangud tuleks arvutada ajal, mil oodatakse suurimat kiirgusega kokkupuudet. Dooside hindamiseks kasutatavad aktiivsuskontsentratsioonid keskkonnakeskkonnas peaksid esindama tingimusi, mille puhul võib eeldada, et akumulatsioon on maksimaalne. Näiteks kui rajatis peaks töötama 30 või 40 aastat, tuleks doosi hinnata 30. või 40. aastaks, et võtta arvesse maksimaalset akumulereumist keskkonda. Rajatiste või tegevuste puhul, millest väljutatakse pikaealisi radionukliidide, võivad maksimaalsed kokkupuuted ilmneda kaua pärast tegevuse lõppemist, näiteks radionukliidide aeglase migratsiooni tõttu keskkonnas pärast tööperioodi. Hindamisel tuleks seda võimalust arvesse võtta.

Arvesse tuleks võtta osa radioaktiivsete järglaste doosist radioaktiivsetes lagunemisaahelates. Mõnel juhul võivad lagunemissaadused olla radioloogiliselt olulisemad kui lähtheradionukliidid ja seetõttu on oluline arvestada selliste lagunemissaaduste sissekasvamisega. Näited lagunemissaaduste kohta, mis on radioloogiliselt olulisemad kui nende lähtheradionukliidid, on uraani lagunemisseeria ja  $^{241}\text{Pu}$ , mis laguneb  $^{241}\text{Am}$ . Radioaktiivsete järglaste käsitlemisel kasutatud eeldused ja lähenemisviisid, sealhulgas vajaduse korral järglaste arvessevõtmisest väljajätmine, peaksid olema põhjendatud.

Radionukliidide ülekandumist keskkonnakeskkonnast taimedele ja loomadele inimese toiduahelas tuleks hinnata üldiste ülekandeparameetrite abil, kasutades maismaa-, mere- ja mageveeökosüsteemide toidu ülekandetegurid. Kui hindamist on vaja täpsustada – näiteks kui üldiste ülekandetegurite abil algset hinnatud doosid on valitud doosikriteeriumitest suuremad või sellele lähedased – võib osutada vajalikuks kasutada kohapealsetel mõõtmistel põhinevaid ülekandetegureid; selliseid kohaspetsiifilistel mõõtmistel põhinevaid ülekandetegureid võib aga tulevase hindamise jaoks olla raske saada. Reguleeriv asutus peaks otsustama, kas hindamisel tuleks kasutada mõõtmistel põhinevaid kohaspetsiifilisi andmeid. Kohapõhiste andmete puudumisest tulenevat edastusparameetrite ebakindlust saab kompenseerida üldiste andmete kasutamisega ettevaatlike eeldustega, kuigi sellised oletused ei tohiks olla väga pessimistlikud.

Komplekshinnangut vajavate rajatiste puhul saab esialgse hinnangu hajumise ja keskkonda kandumise kohta autoriseerimismenetluse algfaasis, kasutades lihtsaid konservatiivseid mudeleid ning meteoroloogilisi ja hüdrooloogilisi andmeid, mis on piirkonna jaoks üldised (nt avaldatud andmete või lähimate meteoroloogia- või hüdroloogiajaamade kirjetest, mis võivad mõnikord asuda paikadest kümnete kuni mõnesaja kilomeetri kaugusel). Loa andmise protsessi hilisemates etappides tuleks kasutada meteoroloogilisi ja hüdrooloogilisi andmeid, mis on saadud kohapeal või rajatise asukohale väga lähedal tehtud mõõtmistest, kui need muutuvad kättesaadavaks. Sellised lokaalsed mõõtmised tehakse tavaliselt objekti uurimise ja ehituse etapis.

Võimaluse korral tuleks valitud mudelid valideerida mudelite abil tehtud arvutuste tulemuste võrdlemise teel sarnaste kokkupuutesenaariumite mõõtmistel saadud tegelike andmetega või, kui see ei ole võimalik, siis võrdlusuuringuid teiste asjakohaste mudelitega. Rajatise või tegevuse käitamisetapi keskkonnaseireprogramme saab kasutada mitte ainult heite- ja doosipiirangutest kinnipidamise kontrollimiseks, vaid ka selleks, et kinnitada, et tulevikuhinnangus kasutatud keskkonnamudelid olid piisavad.

Asukohavaliku kasutatavate mudelite ülevaade on erinevates IAEA juhendites: IAEA nr NS-R-3 (Rev. 1) „Tuumarajatiste asukoha hindamine“, IAEA nr SSG-18 „Meteoroloogilised ja hüdrooloogilised ohud tuumarajatiste objektide hindamisel“ ja IAEA nr NS-G-3.2 „Radioaktiivsete materjalide hajumine õhus ja vees ning elanikkonna jaotuse arvestamine tuumaelektrijaamade asukoha hindamisel“.

Ülevaade üldiste konservatiivsete meetodite kohta on esitatud IAEA juhendis SR No. 19 „*Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, Vienna 2001*“.

Nõuded ja soovitused andmete tüübi ja üksikasjade kohta, mis peaksid olema kättesaadavad loa andmise protsessi hilisemates etappides, on samuti esitatud erinevates IAEA ohutusstandardites. IAEA viib regulaarselt läbi rahvusvahelisi mudelite ja andmete valideerimise projekte, sh tehakse võrdlusuuringuid. Teave IAEA kiirgusohutuse keskkonnamudelitel (EMRAS) programmis kasutatud mudelite kohta on avaldatud IAEA raportis „*Environmental Modelling for Radiation Safety (EMRAS) - A Summary Report of the Results of the EMRAS Programme (2003–2007), IAEA-TECDOC-1678, IAEA, Vienna 2012*“, EMRAS II portaalist<sup>6</sup> ning kiirgusmõju hindamise mudelite programmide kohta portaalist MODARIA<sup>7</sup> ja MODARIA II<sup>8</sup>.

### 3.2.3. KOKKUPUUTETEEDE MÄÄRATLEMINE

Kiirgusdoosid tuleb arvutada mitme kokkupuuteviisi jaoks, mida peetakse konkreetsete keskkonnaheidete stsenaariumide puhul asjakohaseks puhul. Võimalikud kokkupuuteviisid kiirgusallika sisemise kokkupuute (st tuumajaama käitise territooriumil) kui ka välise kokkupuute (st väljapool käitise piire) korral, mida modelleerimisel jne kaaluda, on järgmised.

Radionukliidide atmosfääri ja pinnavette sattumise võimalikud kokkupuuteviisid tavatöös (tavaliselt tuumarajatiste, näiteks tuumaelektrijaamade puhul) on näiteks järgmised:

- (a) Õhus lendlevate ainete (gaasid, aurud, aerosoolid) sissehingamine atmosfääris;
- (b) Resuspendeeritud materjali sissehingamine;
- (c) Põllukultuuride allaneelamine;
- (d) loomsete toiduainete (piim, liha, munad) allaneelamine;
- (e) Joogivee allaneelamine;
- (f) Veetoidu allaneelamine (magevee- või merekalad, koorikloomad, molluskid);
- (g) Metsatoidu (metsseened, metsamarjad, ulukid) allaneelamine;

<sup>6</sup> <http://www-ns.iaea.org/projects/emras/emras2/>

<sup>7</sup> <http://www-ns.iaea.org/projects/modaria/>

<sup>8</sup> <https://www-ns.iaea.org/projects/modaria/modaria2.asp>

- (h) Imikutel rinnapiima või kohapeal valmistatud toidu allaneelamine;
- (i) Pinnase ja setete tahtmatu allaneelamine;
- (j) Radionukliidide väline kokkupuude atmosfääri kaudu („pilvesära“);
- (k) Maapinnale jm pindadele ladestunud radionukliidide väliskiirgus („maapinna sära“);
- (l) Väline kokkupuude vees ja setetes leiduvate radionukliididega (st tegevustest kaldal, ujumisel ja kalapüügil).

Võimalikud kokkupuuteviisid kanalisatsiooni sattumisel tavatöös (tavaliselt nukleaarmeditsiini osakondadega haiglates) on järgmised:

- (a) Resuspendeeritud kuivatatud rooveesetete sissehingamine;
- (b) Kuivatatud või märjas rooveesetetes esinev radionukliidide väline kokkupuude;
- (c) Toidu allaneelamine, mida mõjutab töödeldud rooveesette kasutamine põllumajanduslikel eesmärkidel.

Mõne rajatise või tegevuse puhul võivad kiirgusallikad tekitada välise doosi rajatise vahetus läheduses elavatele elanikele (NB! Töötajatele, kes puutuvad kokku kiirgusega allikatest, mis ei ole otseselt nende tööga seotud, peavad olema tagatud sama kaitsetase kui üldsusele; seega teiste ettevõtete töötajaid käsitletakse kiirguskeskkonnamõju hindamisel üldsuse liikmetena).

Täiendavad kokkupuuteviisid, mida tuleb arvesse võtta, on järgmised:

- (a) Käitises hoitavate kiirgusallikate (nt kasutatud tuumkütus või radioaktiivsed jäätmed) otsesest kiiritusest põhjustatud väliskiiritus;
- (b) Väline kokkupuude rajatises kasutatavate allikate (nt tööstuslikud kiiritajad) otsesest kiiritusest;
- (c) Väline kokkupuude rajatise otsesest kiirgusest (nt rajatise tuuma- või radioaktiivsetest komponentidest või sekundaarsetest komponentidest, nagu ladustatud jäätmed, jahutusvedeliku süsteemid või aurusüsteemid).

Olenevalt kokkupuutestsenaariumidest ja asukoha tingimustest ei ole vaja võtta kõiki ülal loetletud kokkupuuteviise hindamisse. Aga teatud stsenaariumite korral võib tuvastada ka täiendavaid kokkupuute teid. Kokkupuutete panus ülddoosi oleneb hindamisse kaasatud radionukliididest, inimeste harjumustest, kokkupuutekohas viibitud ajast ja muudest hindamisel arvesse võetavatest elanikkonna parameetritest. Mõned kokkupuuteviisid saab hindamisest välja jätta põhjusel, et nendega seotud doosid on hinnanguliselt olematud või tühised. Kuid iga otsus jätta teatud kokkupuuteviisid kaalumistest välja peab olema põhjendatud.

Mõnel juhul võib olla võimalik kasutada üldisi väärtusi, et arvutada allaneelamisel saadud annuseid ainult väga üldiste toidukategooriate puhul. Näiteks saab doose üldiselt arvutada ainult põllukultuuride allaneelamisel, ilma et oleks võimalik täpsustada, millist tüüpi põllukultuure tõenäoliselt tarbitakse. Kui aga uuringud on tehtud kasvukoha lähedal, võib olla asjakohane kasutada piirkonna tegelike põllukultuuride jaoks kohaspetsiifilisi väärtusi.

### 3.3. KIIRGUSEKAITSTUSE HINDAMINE AVARII KORRAL

Kiirgust tekitavate rajatiste ja tegevuste projekteerimisel, ehitamisel, kasutusse lubamisel, käitamisel ja tegevuse lõpetamisel võetakse arvesse vajadust vältida õnnetusi ja leevendada nende tagajärgi ning seeläbi vältida või minimeerida oluliste kiirgusmõjude ohtu avalikkusele-inimeste tervisele, samuti kahjulikku mõju keskkonnale ja varale. Kõigil nimetatud etappidel tuleb arvestada õigusaktide jm nõuetega. IAEA on koostanud ulatuslikud ohutusjuhendid, mis katavad kogu tuumarajatise elukaare. Näiteks juba tuumajaamade projekteerimisel tuleb arvestada 82 põhinõudega (avaldatud IAEA SSR-2/1 „*Safety of Nuclear Power Plants: Design.*“ Rev. 1, Vienna 2016).



Rajatise või tegevuste kiirgusohutushinnangu koostamisel käsitletakse erinevat tüüpi õnnetusi, määratletakse ohutusnõuded ja tegevusmeetmed avariiliste sündmuste tõenäosuse vähendamiseks ja sündmuse toimumise korral selle tagajärgede leevendamiseks. Ohutushinnang võimaldab analüüsida, kas on saavutatud piisav kaitse võttes arvesse nõutavaid ohutusmeetmeid ja nende tõhusust ning annab ülevaate erinevate juhtumite tõenäosusest ja stsenaariumite realiseerumiseks vajalikest võimalikest lähtetingimustest (kui neid on).

### 3.3.1. ELANIKKONNA KIIRGUSKAITSTUSE HINDAMINE

Võimaliku kokkupuute prognoosimiseks kasutatakse hinnanguid elanikkonna dooside kohta, mis tulenevad ohutusanalüüsis nimetatud oletatavatest õnnetustest või tuleb selliste dooside hinnangu põhjal kindlaks määrata tervisemõjude riski tase. IAEA juhendi GSG-10 lisas II on toodud riskitaseme määramise kriteeriumite ülevaade<sup>9</sup>.

Sellise hindamise etapid on sarnased ptk 3.2 kirjeldatuga, kuid alustatakse ohutusanalüüsi põhjal võimalike kokkupuutestsenaariumite analüüsiga:

- Kokkupuutestsenaariumite määratlemine ja valik.
- Kiirgusallika iseloomustamine (*selection of the source term*).
- Otsese kiirguse, selle keskkonnas leviku ja erinevates keskkonna osades jaotumuse modelleerimine.
- Kokkupuuteteede määratlemine.
- Esindusliku isiku määratlemine (erineb tavaolukorra jaoks määratud esinduslikust isikust).
- Esindusliku isiku doosi hindamine avariilises olukorras.
- Hinnatud doosi ja riskitaseme võrdlemine etteantud kriteeriumitega-piirmääradega.

Rajatiste või tegevuste puhul, millel on projekteeritud vähene arv tehnilisi ohutuselemente, hõlmab potentsiaalsete kokkupuutestsenaariumide määratlemine ja valimine tavaliselt sarnaste tegevuste läbiviimisel täheldatud õnnetuste, näiteks tüüpiliste tööstusõnnetuste või sündmuste nagu tulekahjud ja juhuslikud lekked arvesse võtmist.

Rajatiste puhul, millel on suur arv projekteeritud ohutuselemente (sh tuumajaamad) ja mille puhul on vaja keerulist analüüsi, et teha kindlaks sündmuste tõenäosus ja omadused, mis võivad põhjustada potentsiaalset kokkupuudet kiirgusega, võib osutada vajalikuks kaaluda ja üksikasjalikult analüüsida suuremat arvu õnnetusjuhtumite stsenaariume. Sellise rajatiste jaoks võib osutada vajalikuks rakendada keerukaid ohutuse hindamise tehnikad, mis kombineerivad deterministlikke ja tõenäosuslikke meetodeid ning mõnel juhul ka eksperthinnanguid.

Kiirgusallika iseloomustamisel on vaja arvestada, et avarii käigus eralduvate radionukliidide liigid ja kogused ning nende füüsikalised ja keemilised omadused võivad oluliselt erineda tavaolukorras eralduvatest radionukliididest. Avariilise allika iseloomustamisel tuleb arvestada õnnetuseni viinud sündmuse või sündmuste jada iseloomu (sh millised füüsikalised ja keemilised reaktsioonid võivad esineda) ning rajatise või tegevuse ohutusmeetmeid, mille eesmärk on piirata avariilises olukorras tekkida võiva heite suurust (sh milline on meetmete ja radioaktiivse aine vastastikune mõju). Tuumarajatiste puhul, kus on suured radioaktiivse materjali varud ja keerukad konstruktsioonilised ohutuselemendid ning kus rajatises olevate

---

<sup>9</sup> Lühikokkuvõte: tuumaohutuse ekspertkoda on hinnanud, et inimesele risk, mida väljendatakse kui tõenäosus aasta jooksul saada konkreetsest tuumarajatisest surmav doos, ei tohi ületada  $10^{-5}$ ; eeldatakse, et selliste sündmuste kiiritusdoos elanikkonna kõrgema ekspositsiooniga esindajatele on 1 mSv. Väiksemate avariide, mis eeldavad kohalikul tasandil reageerimis-meetmeid, on maksimaalne lubatud aastane tõenäosus  $10^{-4}$ . Selliste õnnetuste eeldatav kiiritusdoos elanikkonna kõrgema ekspositsiooniga esindajatele on vahemikus 10-100 mSv. Tuumaelektrijaamade puhul hinnati 1999. aastal, et tõsise kahjustuse (*core damage*) tõenäosus ei tohi ületada olemasolevatel jaamadel  $10^{-4}$  (väljendatuna kui sündmuste arv jaama tööaasta kohta) ja täiendavate ohutusmeetmete rakendamisega õnnestub see viia tasemele  $10^{-5}$ . Üksikisiku surma riskina tähendab see olemasolevate jaamade puhul oluliselt väiksemat taset kui  $10^{-5}$  sündmust aastas ja uute jaamade puhul  $10^{-6}$  sündmust aastas.



radionukliidide füüsikalised ja keemilised omadused või tuumakarakteristikud võivad õnnetuse korral põhjustada ulatuslikku heite, tuleb alati rakendada üksikasjalikke ohutusanalüüsi meetodeid, et hinnata realistlike potentsiaalseid radioaktiivsuse heiteid (IAEA on selle kohta avaldanud ka täiendavaid juhiseid). Muuhulgas tuleb vajadusel arvestada ajalisi erisusi heite koostises. Näiteks võib tuumaelektrijaama avarii korral algul atmosfääri paiskuda väärisgaaside radionukliidide, millele järgnevad kergemini lenduvad radioaktiivsed materjalid ja seejärel muu radioaktiivne materjal aerosooli või tahkete osakeste kujul.

Võrreldes tavaolukorraga võib heite iseloom avarii korral olla oluliselt erinev tänu plahvatuslikule protsessile, milles eraldub ka palju soojusenergiat (saastelehviku efektiivne kõrgus või sügavus on sel juhul oluliselt suurem). Seetõttu on ka avariiliste juhtumitega kaasneva heite modelleerimisse vaja kaasata keskkonnamõjude mudeleid, mis arvestaksid mittetasakaaluliste tingimustega ja lühiajaliste erinevustega heite iseloomus ja meteoroloogilistes tingimustes. Kui avariilise juhtumiga on tõenäoline radioaktiivse saaste ulatuslikum heide, tuleb kasutada mudeleid, mis hindavad radionukliidide ülekandumist ja hajumist keskkonnas suurtel vahemaadel. Radionukliidide avariilise heite leviku hindamiseks keskkonnas tuleb vajadusel kasutada lühiajaliste heidete ja radionukliidide pikamaatranspordi jaoks kohaldatavaid hajumise mudeleid.

Ka peamised kokkupuuteteed võivad olla tavaolukorrast oluliselt erinevad. Näiteks võib värske piima või köögiviljade tarbimine vahetult pärast tuumaelektrijaama õnnetust olla oluline viis lühikese poolestusajaga joodi radioaktiivsete isotoopidega kokkupuuteks. Avariiliste juhtumite olulisemad kokkupuuteteed, mida hindamisel arvestada, on:

- a) väline (st väljapool käitise piire) kokkupuude radionukliidide sadestumisest nahale;
- b) väline kokkupuude allika otsesest kiiritusest;
- c) väline kokkupuude atmosfääri otsesest kiiritusest („pilvesära“);
- d) väline kokkupuude maapinnale või muudele pindadele ladestumisest (maapinna „sära“);
- e) radionukliidide sissehingamine õhuga;
- f) sadenenud, kuid resuspendeerunud materjali sissehingamine;
- g) maapinnale või muudele pindadele ladestunud radioaktiivse materjali tahtmatust allaneelamisest tingitud radionukliidide sattumine organismi;
- h) saastunud toidu ja vee tarbimisest tingitud radionukliidide sattumine organismi.

Olenevalt õnnetuse stsenaariumide hindamisel võetud eeldustest võib saastunud toidu allaneelamisest tulenevat kokkupuudet vähendada või vältida kaitsemeetmete kiire rakendamisega. Teiste kokkupuuteviiside, näiteks sissehingamise ja välise kokkupuute hinnangulisi doose saab samuti oluliselt vähendada, kui eeldatakse, et rakendatakse erakorralisi kaitsemeetmeid, nagu varjumine, evakueerimine ja joodi sissevõtmine (et blokeerida radioaktiivse joodi imendumine kilpnäärmesse). Näiteks võib hoonete pakutav varjestus oluliselt vähendada õnnetuse ajal hoonetes viibinud inimeste doose. Kokkupuuteviisid, varjestustegurid ja eeldused kaitsemeetmete kohta peavad olema kiirgusohutushinnangus selgelt näidatud ja nõuetekohaselt põhjendatud ning peavad olema kooskõlas tegelike väljaspool tuumarajatiste tegevuskohta rakendatavate kaitsemeetmetega.

### 3.3.2. KESKKONNA KIIRGUSKAITSTUSE HINDAMINE

Metoodiline alus on sama, mis inimeste kiirguskaitstuse hindamisel. IAEA juhend viitab, et liikmesriigiti on nõuded elusloodusele avalduva kiirguse hindamiseks erinevad. Kuid üldiselt tagab inimeste ohutuse hindamine ka eluslooduse asjakohase kaitse ioniseeriva kiirguse kahjulike mõjude eest.

Arvestades, et rajatiste tavapärasest tööst ja tegevusest tulenev kiirgusohu taimestiku ja loomastiku populatsioonidele on eeldatavasti madal, peaksid taimestikule ja loomastikule avaldatava mõju hindamise meetodid olema praktilised ja lihtsad, põhinema teaduslikel alustel kiirguse mõjude kohta organismidele ning ei tohiks tekitada asjatut koormust käitajale või reguleerivale asutusele.

## 4. OLULISEMAD TEEMAD KMH ARUANNETEST

Ptk 2.2. esitati ülevaade tuumaenergeetika keskkonnamõju valdkondadest. Sellest ülevaatest ja ka läbivaadatud KMH aruannetest võib järeldada, et suuremas osas sõltuvad avaldatavad keskkonnamõjud tuumajaama asukohas valitsevatest tingimustest ja seetõttu ei ole otstarbekas siinkohal süveneda näiteks elusloodusele avaldatava mõju detailidesse. Juba eelnevalt sai ka välja toodud, et tavapärasel tegevuses ei ole jaama kiirguslik mõju oluline ja jääb kordi alla loodusliku fooni.

Huvi pakkuvateks korralduslikeks teemadeks on:

- Üldine korraldus – kes korraldavad KMH läbiviimist, üldine ajakava, vajalikud kooskõlastused. Soome ja Kanada süsteemi kohta on võrdlev teave esitatud tabelis 5. Mõlemal juhul on tuumajaama keskkonnamõju hindamisse kaasatud täiendavalt vaatlusrühm, kes samuti hindab aruande, selle kohta esitatud ettepanekute arvestamise jms asjakohasust ning annab omapoolseid seisukohti.
- Projekti seos strateegiliste arengudokumentidega, vajalikud tegevusload. Tabelis 6 toodud ülevaatest võib järeldada, et lisaks energiamajandust suunavatele arengudokumentidele on vaja arvestada eri tasandi planeeringutega, ligi 30 erineva keskkonna-alase arengudokumentiga alates kliimamõjudest kuni bioloogilise mitmekesisuse programmideni (neid ei ole tabelis üksikasjalikult üles loetletud). Tegevuse võimaldamiseks toimuvad paralleelsed või järjestatud protsessid nii kiirgustegevuse võimaldamiseks kui ehitusseadustiku jms alusel, mis kokkuvõttes tähendab, et tuumajaama tegevuseks läheb vaja kümneid erinevaid tegevuslubasid.
- Kui detailselt käsitletakse KMH-s eesmärgi saavutamise alternatiivseid viise, sh põhjenduste maht – ülevaade tabelis 7.

Peamised mõjud on seotud jaama ja seda toetava taristu mahukusega (nii ruumiliselt kui ressursikasutuse mõttes), seda nii ehituse kui kasutuse perioodil. Tabelis 8 on esitatud ülevaatlikud andmed kavandatava projekti mahtude kohta.

Darlingtoni jaama näitel on esitatud ülevaade ettevalmistuse- ja ehitusperioodi teemadest (Tabel 9). Ehitust ettevalmistava perioodi kestuseks on prognoositud 1,5 aastat, ehituse kestuseks 5 aastat. Ehituse 3. aastal algavad paralleelselt tuumajaama seadmete installatsioonitööd.

Eraldi on võrdlevalt kirjeldatud jahutussüsteemide valikuga seotud kaalutlusi.

Üldine kommentaar mõju hindamise detailsuse kohta: kuna tehnoloogiat ei ole valitud, olid keskkonnamõju hinnangud kohati kvalitatiivse iseloomuga. Aruannetest võib järeldada, et see on tuumaenergeetika projektide puhul tavapärase lähenemine, detailid, eelkõige kiirgusohutuse osas selguvad pärast konkreetse reaktortehnoloogia valikut.

Reaktortehnoloogiast sõltub ka tuumkütuse rikastusaste, millest omakorda sõltub kasutatud tuumkütuse käitlemine. Madala rikastusastmega kütuse puhul on rakendatav kaheastmeline protsess, mis hõlmab märgladustamise reaktorihooones (muuhulgas toimub esmane jahutamine) ja seejärel kuivladustamise käitise vahelhoidlas. Märklaos on reaktorist eemaldatud kütus ligikaudu 10 aastat. Darlingtoni jaama puhul lähtuti kütusekoguse hindamisel EC6 tehnoloogiast, mis eluea jooksul tekitab 7 860 tonni uraani ehk 393 000 kütusevarrast reaktori kohta. Teistel reaktoritüüpidel on kõrgem kütuse rikastusaste, mis tähendab väiksemat kogust, kuid kaasneb vajadus rangemate kontrolli- ja ohutusnõuete järele, samuti ladustamise piirkogust, et mitte tekitada laos liigset soojuskooormust.

Mõlema projekti puhul otsustati pärast KMH aruande läbiviimist, et projekti ellu ei viida (kuigi olulisi negatiivseid keskkonnamõjusid KMH tulemusena ei tuvastatud).

Tabel 5. Projekti ja keskkonnamõju hindamise osapooled

Teema	Loviisa 3 (Soome)	Darlington (Ontario provints, Kanada)
Arendaja	Fortum Power and Heat OY (Fortum korporatsiooni tütarettevõtte; korporatsiooni enamusosanik oli Soome valitsus). 2007. a moodustas tuumaenergia 48 % Fortumi elektritoodangust.	Ontario Power Generation (OPG). Olemasoleva Darlingtoni tuumajaama käitaja.
KMH läbiviimise ajakava	Algatamine kevad 2007 (28.05.2007 teavitati Loviisa Linnavalitsust). KMH programm esitati koordineerijale 26.06.2007, avalik väljapanek 02.07-17.09.2007, kiideti heaks 16.10.2007 (kokku ca 3,5 kuud, millest 2,5 kuud avalik väljapanek). Aruande esimene eelnõu valmis jaanuaris 2008. Hinnatud aruande versioon (kuupäevata) eelnes selle avalikule väljapanekule. Viimane aruandes viidatud kuupäev 14.01.2008. Avaliku väljapaneku kestus on vähemalt 30 päeva, kuid mitte rohkem kui 60 päeva. Kordineerijal on kuni 2 kuud aruandele seisukoha andmiseks. Kommentaar: KMH eeldatav läbiviimise aeg oli 1 aasta, kuid Loviisa tuumajaamale 3. plokki rajamist hinnati KMH raames ka 1999. aastal (st tõenäoliselt oli võimalik tugineda ka varasematele hinnangutele).	21.09.2006 esitas OPG taotluse Kanada Tuumaenergia Ohutuse Komisjonile (CNSC) taotluse alustada Darlingtonis laiendusega seotud ettevalmistustöid. CNSC korraldas seisukohtade saamise ametkondadelt, kellel võib menetluse vastu huvi olla. 05.04.2007 esitas Ontario Provintsi Keskkonnaministeerium seisukoha, et see projekt väljub provintsi pädevusest. 20.03.2008 algatas Kanada Keskkonnaministeerium CNSC pöördumise alusel KMH. 05.09.2008 valmis esimene eelnõu KMH läbiviimise juhistest ja ka eelnõu CNSC ja Kanada Keskkonnaministeeriumi ühise ülevaatekomisjoni (JRP) moodustamiseks, mõlemad dokumendid pandi 75-päevasele avalikule väljapanekule. Saadud ettepanekute alusel tehti täiendused ja 12.03.2009 juhised kinnitati.
Kordineerija (mh annab hinnangu programmi ja aruande nõuetele vastavuse osas) ja teised osapooled	Soome tööhõive ja majandusministeerium (nimetus alates 01.01.2008, varasem nimetus kaubandus ja tööstusministeerium)  KMH läbiviimise hindamiseks kutsus Fortum kokku sõltumatu audiitorrühma, kuhu kuulusid Loviisa linna ja teiste piirkonna omavalitsuste esindajad, samuti eksperdid ja riigiasutuste esindajad. Audiitorrühm edendas ka teabevahetust mõju hindajate ja erinevate huvirühmade vahel. Audiitorrühmal oli kokku 4 istungit erinevate teemade arutamiseks.  Lisaks tegutses omavalitsuste nõukoda ( <i>Municipal Advisory Group</i> ), kes seiras KMH protsessi strateegiliselt tasandilt. Nõukotta kuulusid Itä-Uusimaa maakonnavalitsuse esimees, Loviisa linnapea ( <i>town manager</i> ), piirkonna 5 valla vanemad ( <i>municipal managers</i> ) ja Fortumi esindajad. Toimus 4 istungit.	OPG alustas KMH aruande koostamist ning 30.09.2010 esitati KMH aruanne, samuti täiendatud taotlus ettevalmistustööde alustamiseks. 30.10.2009 moodustati kolmeliikmeline JRP KMH aruande ülevaatamiseks. JRP ülesanne oli hinnata projektiga seotud mõjutegureid keskkonnale ja kas on võimalik olulise keskkonnamõju teke. JRP allkirjastas omapoolse aruande 25.08.2011. KMH algatamise ettevalmistamise kestus oli 1,5 aastat ja KMH kestuseks 2,5 aastat. (Kanadas täiendati keskkonnamõju hindamise raamistikku 2012. aastal, see projekt enne seda. Tuumaenergeetikaprojektide keskkonnamõju hindamist koordineerib CNSC või määrab minister sõltumatu ja erapooletu Ülevaatekomisjoni (Review Panel), kelle tegevust toetab Kanada Keskkonnamõju Hindamise Amet. <a href="https://www.canada.ca/en/impact-assessment-agency/services/environmental-assessments/basics-environmental-assessment.html">https://www.canada.ca/en/impact-assessment-agency/services/environmental-assessments/basics-environmental-assessment.html</a> )

Piiriülene hindamine	Jah, koordineeris Soome keskkonnaministeerium. Teavitatud riigid: Eesti, Venemaa, Taani, Saksamaa, Rootsi, Poola, Läti, Leedu, Norra. Osalemisest teavitasid: Rootsi, Eesti, Norra, Saksamaa (andsid ka programmile sisendi), Poola, Leedu (ei andnud programmile sisendit), Venemaa (annab sisendi programmile hiljem). Läti ja Taani teavitasid, et ei osale.	Teave puudub (eeldatavalt mitte)
KMH-le järgnevad sammud	Projekti elluviimiseks vaja: <ul style="list-style-type: none"> <li>- toetav seisukoht Loviisa linna volikogult ja Soome Kiirgus- ja Tuumaohutuse Ametiilt (STUK);</li> <li>- Soome Vabariigi Valitsuse positiivne resolutsioon;</li> <li>- Selle resolutsiooni ratifitseerimine parlamendis.</li> </ul> Alles valitsuse otsuse järel on võimalik alustada majanduslikult siduvate lepingute sõlmimist, sh tuumajaama reaktortehnoloogia jt seadmete soetamiseks.	Kanadas on tuumaelektrijaama rajamiseks vaja taotleda eraldi luba ettevalmistustööde alustamiseks, ehitusluba ning käitamisluba. JRP aruandest nähtub, et JRP esitab omapoolse KMH aruande Kanada Keskkonnaministri kaudu Kanada valitsusele, st võib järeldada, et loa väljastamise ettevalmistustööde alustamiseks peab valitsus heaks kiitma. 2013. a otsustas Ontario provintsi valitsus, et Darlingtoni jaama ei laiendata ( <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Darlington_Nuclear_Generating_Station">https://en.wikipedia.org/wiki/Darlington_Nuclear_Generating_Station</a> ).

Tabel 6. Projekti seos strateegiliste arengudokumentidega, vajalikud tegevusload jms

Teema	Loviisa 3 (Soome) Kajastatud KMH aruande 4. ja 5. peatükis	Darlington (Ontario provintsi, Kanada)
<b>Maakasutuse planeerimine</b>		
Regionaalne tasand	Ptk 4.1. Itä-Uusimaa maakonna planeering näeb ette Hästholmeni saarele võimaluse rajada tuumaelektrijaam. Planeering kiideti heaks maakonnaavalitsuses 12.11.2007, kuid selle peab kinnitama ka Soome Keskkonnaministeerium.	JRP aruanne refereerib, et arendaja esitatud aruandes on antud asjakohane ülevaade, kuid JRP aruandes detailid puuduvad. Viidatakse, et olemas on Durhami piirkonna pikaajalise kasvu strateegia aastani 2056.
Üldplaneeringu tasand	Loviisa linna üldplaneering kinnitati 1987. aastal, selle koosseisus on ka 1985. aastal kinnitatud Hästholmeni saare osaüldplaneering. Nähakse ette võimalus rajada tuumaelektrijaam. Loviisa linn koostab kaldaalade osaüldplaneeringut, mis hõlmab ka saared. See oli avalikul väljapanekul 10.12.2007-08.01.2008. 5 km raadiuses on 3 kehtivat kaldaala planeeringut. Loviisa linn ja Ruotsinpyhää vald koostavad Loviisa põhjaosa ning Tesjoki piirkonnas ühist osaüldplaneeringut, mille koosseisus on ka uus ühendustee E18-lt Loviisa tuumajaamani.	JRP annab endapoolse analüüsi kokkuvõttena soovitusi enne ettevalmistustööde alustamist, et CNSC koordineeriks arutelu OPG ja kohaliku tasandi osapoolte vahel, kuidas projekt mõjutab elamis-pindade pakkumist ja nõudlust, kohaliku tasandil vaba aja veetmise võimalusi (nii kohti/vahendeid kui programme), pakutavaid teenuseid ja taristut, samuti milliseid leevendavaid meetmeid oleks vaja kohalikul tasandil vaja rakendada, et vältida ebasoodsaid sotsiaal-majanduslikke mõjusid. Samuti soovitatakse, et CNSC peaks kaasama provintsi ja kohaliku

Detailsem planeering	Hästholmeni saarel ja mandril paiknevatel tugialadel on kehtivad linnaplaneeringud (town plans, sisuliselt detailplaneering – määratakse täpne maakasutus, ehitiste ja rajatiste asukohad ja mahud), mis on kinnitatud 1972, 1974, 1989 ja 1993. (detailsem ülevaade KMH aruande ptk 7.1).	tasandi osapooli arutellu, kuidas korraldada maakasutust tuumaelektrijaamade ümbruses. Üks meetmetest peaks olema, et kaitise piiridest 3 km kaugusele jäävas tsoonis ei toimuks elamu-ehitust ega rajataks muid tundlikke objekte (koolid, haiglad jms).
<b>Tegevusload ja keskkonnavalid</b>		
Tuumarajatise ehitusluba	Tuumarajatise ehitamise ja käitamisloa andmine on Soome valitsuse pädevuses. Ehitusloa saab anda alles pärast rajamisotsuse ratifitseerimist parlamendis. Ehitusloa taotlemise käigus esitatakse esmakordselt ka kiirusohutuse hinnang, mis põhineb reaalselt soetataval tehnoloogial.	Detailne ülevaade JRP aruandes puudub.
Ehitusaegsed keskkonnavalid	Loviisa linna keskkonnaameti pädevuses on väljastada load Hästholmeni saarele rajatavatele kivipurustustehasele ja betooni-segamistehasele. Lääne-Soome Keskkonnavalid Amet väljastab load veega seotud tegevustele, näiteks jahutusvee tunneli rajamine, kaldarajatiste ehitamine ehitusmaterjalide maha- ja pealelaadimiseks, allpool merepinda tehtavad tööd.	
Ehitusluba	Loviisa Linnavalitsuse ehitusosakonnast tuleb taotleda ehitusloa kõikide uute hoonete ja rajatiste ehitamiseks. Üle 30 m kõrguste objektide puhul kaasatakse loa menetluse Lennuamet.	
Tuumarajatise kasutusluba	Ehitusloa väljastamise järgselt on võimalik anda kasutusluba, mis kehtib konkreetse tähtajani. Selleks tuleb täita rida eeltingimusi, sh STUK on veendunud, et käitis vastab kõikidele nõuetele, tuumkütuse jäätmete käitlemise tagamine, STUK-le tuleb esitada lõplik ohutusaruanne ning tõenäosuslik ohutusanalüüs.	
Muud kiirgustegevuse load	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tuumkütuse impordi ja veoluba.</li> <li>- Kasutatud tuumkütuse jäätmete käitlusluba - taotletakse kasutusloa taotlemise raames.</li> <li>- Eraldiseisev tuumajäätmete hoidla on kõrge kiirusohuga rajatis, mille rajamiseks tuleb läbida hindamiste etapp ning taotleda ka vastavad load. Samuti tuleb tuumajäätmete hoidla rajamisest teavitada Euroopa Komisjoni Euratom lepingu kohaselt.</li> <li>- Tuumajäätmete veoluba, väljastab STUK.</li> </ul>	

Keskkonnaluba	Lääne-Soome Keskkonnalubade Amet väljastab elektri jaamale keskkonnavalua, mis katab mittekiirguslikud heited välisõhku ja vette, jäätmetekke ja -käitluse, müra jms asjakohased mõjud. Eraldi on vaja taotleda veevõtuluba, mille väljastab samuti Lääne-Soome Keskkonnalubade Amet. Kui käivituskatlamaja võimsus ületab 20 MW, on vaja süsinikdioksiidi heite luba.	
Muud load	Erinevateks nn tehnilisteks tegevusteks on vaja lubasid erinevatelt ametkondadelt, sh reovee juhtimiseks ühiskanaliseerimise, surveadmetele, kemikaaliseaduse kohased load suurõnnetuse ohuga ettevõtte rajamiseks. Uute elektriliinide rajamiseks on vajalik uuringuluba maakonnavalitsusest, õhutakistuse luba Lennuametist, ehitusluba vastavalt elektrituru seadusele, samuti võib vaja minna kinnisvara (sund)võõrandamise luba.	

Tabel 7. Alternatiivsed võimalused projekti eesmärgi saavutamiseks

Teema	Loviisa 3 (Soome)	Darlington (Ontario provint, Kanada)
Projekti vajadus ja eesmärk	<p>Soome elektrienergia tarbimine oli 2007. a 90,3 TWh, prognoositud tarbimine 2030. a 115 TWh (kuni 2020. a hinnatud tarbimise kasvu 1,2 % aastas, seejärel 0,7 % aastas). Eelnenud 10 aastaga kasvas elektrienergia tarbimine keskmiselt 2,6 % aastas, samuti suurenes import. Ajavahemikul 2000.-2006. a imporditi keskmiselt 10 TWh/a (KMH aruandes ptk 1.3 on esitatud veel numbreid ja graafikuid).</p> <p>Rajatav tuumajaam asendab fossiilkütustel põhinevad elektri jaamad, vähendab elektritootmise kasvuhooonugaaside heidet ja elektri importi ning tulevikus asendab ka olemasoleva Loviisa (tuuma?)-jaama (võetakse käigust ära Loviisa 3 kasutusaja vältel).</p> <p>Selleks, et olla kooskõlas EL kliimamuutuste, varustuskindluse ja konkurentsi eesmärkidega, on Soomes vaja CO<sub>2</sub>-vaba elektritootmise lisavõimsusi. Soome valmistas ette pikaajalist kliima- ja energiastrateegiat, mis eeldatavalt valmis 2008. a suvel.</p>	<p>Arendaja: vajadus tuleneb Ontario provintsi pikaajalisest energiakavast ja varustuse mitmekesistamise direktiivist. Uute plokide rajamine Darlingtoni jaama tuleneb Ontario provintsi valitsuse võetud otsusest säilitada tuumaenergia tootmise baastase 14 000 MWh<sub>e</sub>, mis moodustab 50 % provintsi kogu energiavajadusest. 2006. a väljastas osariigi valitsus direktiivi uute tuumavõimsuste loomiseks, 2008. a pakuti välja, et seda tehakse Darlingtoni tuumajaamas. 2010. a energiakava ülevaatamisel kinnitati provintsi vajadust vähemalt 2000 MW<sub>e</sub> lisaenergiale Darlingtoni tuumajaama uutest üksustest.</p> <p>Ontario provintsi Energeetikaministeerium andis täiendava sisendi RP küsimuste alusel: 2020. aastaks suletakse Pickering'i tuumajaama A ja B plokid, seega vaja leida 2000 MW<sub>e</sub> asendus. Selleks, et tulevikus paindlikumalt saaks planeerida energiaga varustamist, on Darlingtoni projektile ette nähtud varu, nii et kokku</p>



	<p>Fortumi enda pikaajaline eesmärk on saavutada energiatootmisel CO<sub>2</sub> nullheide, mille üheks komponendiks on tuumajaamad.</p>	<p>saaks 4800 MWh<sub>e</sub>. Osalt on see tingitud sellest, et 2014. aastaks on kavas Ontario provintsis lõpetada elektri tootmine kivisöest ja tipukoormuse katmiseks hakatakse kasutama maagaasi. Projekti arendamise vajadus tuleneb ka provintsi kohustusest täita kasvuhoonegaaside heite vähendamise eesmärke.</p> <p>Kuigi avalikkus esitas mitmeid vastuväiteid 50 % tuumaenergia baastaseme hoidmisele ja leidis, et provintsi energiavarustust on võimalik tagada muude allikate arvel, sh taastuvenergiaallikatest ja targa võrgu tehnoloogiaga, importida hüdroenergiaelektrit Quebeci ja Manitoba provintsist, kasutada maagaasil põhinevaid koostootmisjaamu ja rakendada energiasäästumeetmeid, jõudis RP järeldusele, et provintsi Energeetikaministerium on vajadust piisavalt analüüsinud.</p>
<p>Alternatiivsed võimalused eesmärgi saavutamiseks</p>	<p>KMH aruandes võeti ptk 1.10 kokku, et elektrienergia vajadus sõltub üldisest sotsiaal-majanduslikust arengust. Fortumil puuduvad vahendid-reservvõimsuses, et ilma Loviisa 3 projektita katta samaväärse koguse elektrienergia tootmine. Lisaks tuleb arvestada, et tootmine peab kliimaeesmärke silmas pidades olema CO<sub>2</sub> heiteta. Konkureerivate tuumaenergiaprojektide arvestamine ei ole selle KMH ülesanne, nendest on lühikokkuvõtte tehtud ptk 1.5 (Teollisuuden Voima OY Olkiloutu tuumajaama 4. plokki KMH aruanne esitati otsustajale 2008. a veebruaris, Fennovoima OY esitas jaanuaris 2008 KMH programmi Gäddbergsö-Kampuslandet tuumajaama projekti kohta, mille alternatiivsed asukohad on 3...5 km kaugusel Hästholmenist). Ka muul viisil energia tootmist ei ole alternatiivina hinnatud, ülevaade on antud KMH aruande 11. ptk.</p>	<p>Arendaja kaalutud variandid, mille puhul leiti, et ükski ei ole realistlik või ei vasta strateegilistele arengudokumentidele:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ei tehta midagi (st 0-alternatiiv);</li> <li>2) kavandatava jaama võimsus on väiksem kui 4800 MW<sub>e</sub>;</li> <li>3) leida alternatiivne asukoht;</li> <li>4) lisatootmisvõimsus tagatakse lahendustega, mis ei põhine tuumaenergial.</li> </ol> <p>RP tõi välja, et vastavalt hindamisjuhendile tuleb projekti alternatiivide analüüsil kirjeldada funktsionaalselt erinevaid võimalusi projekti vajaduse rahuldamiseks ja eesmärgi saavutamiseks, lähtudes taotleja võimalustest. RP andis suunised lisada ülevaade tehniliselt ja majanduslikult teostatavatest alternatiivsetest elektri-tootmise võimalustest, mis on arendaja kontrolli all ja/või huvides. Lisaks märgiti suunistes, et kuna provintsi energiapoliitika hindamine ei kuulu RP pädevusse, <b>ei pea projekti alternatiivid sisaldama alternatiive, mis on vastuolus Ontario ametlike plaanide või direktiividega.</b> Siiski tuleb aruandesse lisada selgitused, millistel juhtudel seda põhjendust rakendati.</p> <p>Arendaja peab aruandes selgitama, kuidas jõuti kriteeriumiteni, mida kasutati alternatiivide oluliste keskkonnavalaste, majanduslike ja tehniliste kulude ja tulude tuvastamiseks, ning kuidas nende kriteeriumite kaalumiseiga määratleti eelistatud alternatiiv. Aruandes</p>

		<p>tuleb teemat käsitleda detailides, mis võimaldavad nii RP-I kui avalikkusel võrrelda projekti alternatiive.</p> <p>CNSC esindajad nõustusid, et arendaja otsus hinnata projekti alternatiive Ontario energiapoliitika raamistikus oli mõistlik ja vastuvõetav ning vastab Kanada Keskkonnamõju Hindamise Ameti juhistele.</p> <p>Paljud avalikkuse esindajad olid aruannet lugedes siiski seisukohal, et ei ole piisavalt arvestatud alternatiivseid võimalusi (ülevaade eelnevalt antud). Kokkuvõtteks võib välja tuua, et Ontario provintsi energiapoliitika raamistiku osade dokumentide koostamine-menetlemine toimus paralleelselt Darlingtoni tuumajaama laienduse KMH-ga (KMH aruanne on allkirjastatud 25.08.20211). Provintsi energiavarustuse mitmekesistamise direktiiv võeti vastu 11.02.2011, vastuvõtmisele eelnes 45-päevane avalikustamise periood. Mais ja juunis 2011 olid avalikud konsultatsioonid provintsi Integreeritud Elektrisüsteemi Kava eelnõu osas. RP järeldeb, et avalikkusel oli piisavalt võimalusi osaleda provintsi strateegiliste arengudokumentide suunamisel, kuid toob välja, et provintsi pikaajalise energiakava koostamise protsess ei ole veel lõppenud (st Darlingtoni projekti hinnati enne, kui Ontario Energy Board on kava lõplikult heaks kiitnud). Lisaks toimus selle kava koostamine enne Fukushima õnnetust. RP ühelt poolt mõistab provintsi valituse ees seisvaid väljakutseid energiavajaduse rahuldamiseks, kui tuleb lõpetada söe kasutamine ja vähendada kasvuhoonegaaside heidet, teisalt mõistab ka avalikkuse esindajate soovi üle vaadata provintsi energiavarustuse alused.</p>
--	--	--

**Tabel 8. Kavandatud tegevuste iseloomustus ülevaatesse kaasatud KMH aruannete järgi, sh tegevusmahud**

Teema	Loviisa 3 (Soome)	Darlington (Ontario provints, Kanada)
Kavandatava laienduse elektri- tootmisvõimsus	Laiendus 1000-1800 MW <sub>e</sub> , kavandatakse ühte reaktorit. Eeldatav soojusvõimsus 2800-4600 MW <sub>th</sub> . (Loviisa jaama 1. plokk alustas 1977. a, tegevusluba kuni 2027. a, 2. plokk 1981. a, luba kuni 2030. a ; võimsus a' 490 MW <sub>e</sub> );	Kokku kuni 4 reaktorit summaarse võimsusega kuni 4800 MW <sub>e</sub> , realiseeritakse etapikaupa. Eri tehnoloogiatega erinevad lahendused.

Eeldatav jaama tööaeg	ca 60 aastat (eeldatavalt ~2018 – ~2080)	60 aastat, sh arvestatud et ca 30. aastal pärast tegevuse alustamist suuremad hooldustööd-renoveerimised
Asukoht	Hästholmeni saar Läänemeres (muid asukohti ei kaalutud, kuna sellel asub ka olemasolev tuumajaam). Fortumi omanduses on kogu saar ja ühendusteedeks kasutatav poolsaar, kokku ca 170 ha maad, lisaks 240 ha ümbritsevat veeala. Kaugus lähimast asulast 7 km, Loviisa linnakeskusest 12 km (7 400 elanikku), Helsingi 90 km. 20 km raadiuses jaamast elab püsivalt 12 600 elanikku, 100 km raadiuses 1,6 miljonit (sh alad Eestis ja Venemaal).	Claringtoni omavalitsusüksus Ontario järve põhjakaldal, Torontost 70 km. Lähimad asulad Bowmanville (ca 5 km), Newcastle (8 km) ja Oshawa linn (ca 15 km).
Reaktori tehnoloogiad, mille alusel pandi paika jaama ruumivajadus	Kavandatakse kergveereaktorite kasutamist, millel on Soomes kasutuses kaks eri tüüpi - keeva vee reaktor; - rõhu all oleva vee reaktor. KMH aruande ptk 3.2 antud ülevaade kergveereaktorite konstruktsioonist ja tööpõhimõtetest, alternatiivsetest reaktori-tehnoloogiatest (kokku 10) eraldi viitega, kas Euroopas on hinnatud vastavust tehnilistele ohutusnõuetele ( <i>European Utility Requirements</i> ) – 4 tk. Rõhutatakse, et valik ei piirdu selle loeteluga ja otsust konkreetse tehnoloogia kasuks ei ole tehtud. Ptk 3.3 on loetletud uue ploki eelduslikud parameetrid vahemikena (elektriline võimsus 1000-1800 MW, tuumkütuse /uraandioksiid/ kulu 20-40 t/a, kütuse keskmine rikastusaste 3-5 %, tuumkütuse kogus reaktoris 100-150 t, elektritoodang 8-14 TWh/a, jahutusvee vajadus 40-70 m <sup>3</sup> /s). Rakendatakse ühtset ohutusnõuete paketti, st hinnatav keskkonnamõju ei sõltu konkreetsest reaktorist. Võimalik on ka kahe väikese reaktori ehitamine summaarse võimsusega ettenähtud vahemikus, kui tulevikus on vastavad tehnoloogiad olemas	Hindamisse kaasati 4 erinevat tehnoloogiat / tootjat - ACR 1000 (Atomic : Energy of Canada Ltd.): 4 reaktorit ja kokku 4300 MW <sub>e</sub> ; see on CANDU tehnoloogial põhinev hübriidreaktor, kus kerget vett kasutatakse kütuse jahutamiseks ja rasket vett moderaatorina. Reaktori netovõimsus 1 085 MW <sub>e</sub> , kasutatakse madala rikastusastmega (2,5 %) uraankütust. - EPR (AREVA) 3 reaktorit kokku 4700 MW <sub>e</sub> ; survestatud kergvee-reaktor netovõimsusega 1 580 MW <sub>e</sub> . Kasutatakse 5 % rikastusastmega uraankütust. - AP 1000 (Westinghouse) 4 reaktorit kokku 4200 MW <sub>e</sub> ; survestatud kergveereaktor netovõimsusega 1 037 MW <sub>e</sub> . Kasutatakse kuni 4,5 % rikastusastmega uraankütust. - tõhustatud CANDU 6 (Atomic Energy of Canada Ltd., lüh. EC6), 4 reaktorit kokku 2960 MW <sub>e</sub> ; survestatud raskeveereaktor netovõimsusega 686 MW <sub>e</sub> . Kasutatakse rikastamata uraankütust.  CNSC nõustub tehnoloogiliste alternatiivide valikuga – kõigil neljal tehnoloogial on projekteerimistase ja ettenähtud meetmed võimalike õnnetuste tagajärgede leevendamiseks sarnased ja tagavad piisava ohutuse. Rõhutatakse, et lõpliku kinnituse nõuetele vastavuse osas saab anda siis, kui tehnoloogia on valitud, olemas üksikasjaline projekteerimislahendus ning ohutusanalüüs. RP toob välja, et kasutusfaasi on jõudnud ainult EC6 reaktorid, teiste reaktoritüüpide kohta puuduvad võimalused hinnata võimalikke keskkonnamõjusid tegutsevate jaamade andmete põhjal. Kuid

		<p>kõikide hindamises kasutatud reaktoritüüpide ohutus on piisav.</p> <p><b>RP rõhutab, et kui edasises protsessis valitakse KMH aruandes käsitletutest põhimõtteliselt erinev reaktoritehnoloogia, tuleb teha uus keskkonnamõju hindamine. (Recommendation #1)</b></p>
Eeldatav maksumus	El käsitleta	<p>Hinnad orienteeruvad, avalikest allikatest pärinevate andmete põhjal, <b>2010 aasta</b> USD väärtus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapitaliinvesteeringud (ehitusmaksumus): 4 500-6 000 USD/kW<sub>e</sub> (arvestavad 0-järgu maksumust, Darlingtoni projekt laiendus).</li> <li>- Käitamis- ja hoolduskulud: aastas 59 USD/kW<sub>e</sub> 1 000 MW<sub>e</sub> installeeritud võimsuse kohta /3,54 mlrd USD 60 aasta peale/.</li> <li>- Sulgemis- ja ohutustamiskulud: 700 mln USD 1 000 MW<sub>e</sub> installeeritud võimsuse kohta.</li> <li>- Lisaks riskifond õnnetusjuhtumise tagajärgede likvideerimiseks – Kanada õigusaktidest tulenev summa 650 mln CDN.*</li> </ul> <p>Avalikkusel oli küsimuseks, et jaama tegelik maksumus võib kujuneda prognoositust suuremaks – nii juhtus ka Darlingtoni olemasoleva jaama rajamisega.</p> <p>PR järeldas, et tõenäoliselt mõjutab Fukushima õnnetus ohutusnõudeid ja seekaudu ehitusmaksumus võib osutuda suuremaks (ohutusnõuete muutumine mõjutas olemasoleva jaama rajamise maksumust). See tuleks välja selgitada projekti võimalikult varases staadiumis. Lisaks tuleb maksumuses arvestada riskiga, et kasutatud tuumkütust tuleb hoida jaama territooriumil (st seda ei õnnestu käitlemiseks ära anda).</p>
Hindamisel kasutatud jaama ruumivajadus.	<p>Planeeringu alternatiivsete reaktortehnoloogiate / jaama tüüpide üldinfor alusel koostas Fortum Nuclear Services. Lisaks arvestatud kasutatud tuumkütuse vahelhoidlaga, madala ja keskmise radioaktiivsusega jäätmete töötlemise, ladustamise ja lõpp-ladestamise rajatised, tuumajaama lammutamiseks vajalik üksus ning lammutusjäätmete hoidla.</p> <p>4 varianti jahutusvee võtmiseks merest ja juhtimiseks merre; trasside pikkus kuni 5 km</p> <p>Kasutatud tuumkütuse käitlemine Posiva OY Olkiluoto (Eurajoki)</p>	<p>Töötati välja kolm maksimaalse ruumivajadusega stsenaariumi, mis arvestasid nii reaktor-tehnoloogia kui jahutussüsteemide alternatiive, samuti kaevetööde, vetteehitamise jms mahtusid. Need kombineeriti üheks summaarseks maksimaalse ulatusega „asendiplaaniks“.</p> <p><b>RP tõi välja, et ruumivajaduse arvestamisel on oluline kaasata ka leevendavate meetmete rakendamiseks vajalik ruum.</b> Seda arvesse võttes võib vajalikuks osutuda jaama koguvõimsuse vähendamine või alternatiivse asukoha otsimine, et vajalikke leevendusmeetmeid ära mahutada.</p>

	<p>lõppladestus. 2008. a algatati laienduse KMH.</p> <p>Elektriliinid: Rajada 400 kV liin olemasoleva tuumajaama switching station-st</p> <p>Olemasoleva jaama 110 kV liini tõhustamine.</p> <p>Hinnati ka koostootmisvarianti, et tarnida kuni 1000 MW soojusenergiat kaugküttesüsteemi, kuid lähiümbruses suured auru- ja soojustarbijad puuduvad. Soojatrasside rajamist selles KMHs ei käsitletud.</p>	
Ehitusaeg	Kavandatud 2012 -2018 (kuid 2010. a otsustati ehitusluba mitte väljastada)	6-8 aastat 2 plokki, järgmise 2 ploki jaoks veel 6-8 aastat
Sulgemine-ohutustamine		Aastatel 2100 - 2150

**Tabel 9. Tuumajaama rajamise ettevalmistamise ja ehitusperioodi aegsed tegevusmahud ja võimalikud mõjud.**

Tegevused-teemad	Darlington (Ontario provints, Kanada)
Taristu rajamine või rekonstrueerimine ehitustööde ettevalmistaval perioodil	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Jaamasisesse teedevõrgu rajamine, ühendused kohalike teedega ja regionaalse kiirteega.</li> <li>* Vajadusel raudtee taastamine ja kai ehitamine.</li> <li>* Pinnasetööd, vundamendisüvendite rajamine (kokku 12 mln m<sup>3</sup> pinnast ja aluspõhja vajab teisaldamist, sellest kuni 5 mln m<sup>3</sup> ladustatakse tuumajaama kinnistul pinnaselaos).</li> <li>* Potentsiaalne jääkreostus eelnevatest tegevustest – tuvastamisel kõrvaldatakse või tervendatakse ettevalmistava perioodi käigus. Visuaalse vaatlusega tuvastati kolm võimalikku ala kus esineb pinnasereostust – rikutud pinnase ladustamise kohad, asfalditehas, tsemenditehas.</li> <li>* Kaldajoone stabiliseerimine, täitetööd – kasutatakse 3 mln m<sup>3</sup> vundamendisüvendite rajamisel saadud materjali, millega täidetakse ca 40 ha kallast (maksimumstsenaarium, pakuti välja 3 erinevat alternatiivi kokku 7 erineva variandiga). Mõjude hindamisel jõuti järeldusele, et vees ei tohi minna täitematerjali paigutamise sügavamale kui 2 m.</li> <li>* Kuni 4 mln m<sup>3</sup> võib vajada teisaldamist käitisest välja (eeldatav kogus, mis jääb üle ehituse lõppfaasis maastikukujundusest-haljastusest), selleks tehakse kuni 200 vedu päevas (sihtkohad selguvad tööde käigus, nt kaevanduste ja karjääride täitena, teedehitus jm ehitustööd, olmejäätmete prügilate kattematerjal).</li> <li>* Sulundseinte ehitamine vees toimivateks töödeks.</li> <li>* Parkimiskohtade ja materjalide mahalaadimisalade ehitamine.</li> <li>* Ehitusplatsi ümbritseva aia ehitamine.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Vajadusel raadamine.</li> <li>* Kraavide ümbersuunamine kuivendustööd.</li> <li>* Ehituseks vajaliku elektri, veevarustuse, reoveekanalisatsiooni, pinnase ja sadevee suublate jms rajamine.</li> </ul>
Ehitusperiood	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Reaktorihooned ja turbiinihooned ehitamine.</li> <li>* Jahutussüsteemi rajamine ja seotud veevõtu ning ärajuhtimise taristu.</li> <li>* Tugisüsteemide ehitamine, sh olemasoleva jaotusjaama laiendamine, jahutustornide tühjendusbasseinid.</li> <li>* Jaama territooriumil asuvad radioaktiivsete jäätmete käitlemise rajatised, sh kasutatud tuumkütuse kuivladu ning madala ja keskmise aktiivsusega radioaktiivsete jäätmete hoidla.</li> </ul>
Ettevalmistus- ja ehitusperioodi ühised teemad	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Sademevee käitlemine, mh kraavide, viimarite ja tiikide süsteemi kaudu.</li> <li>* Seadmete, ehitusmaterjalide ja tuumajaama komponentide kohaletoomine-hoidmine.</li> <li>* Ehituses kasutatavate ohtlike materjalide, õlide ja määrdeainete käitlemine.</li> <li>* Ehitusjäätmete ja ohtlike materjalide jäätmete käitlemine.</li> <li>* Tööjõuga seotud teemad – ettevalmistavas etapis kuni 100 ehitustöölist, ehitusetapis kuni 3 500; lisaks ca 300 tööde juhtimise ja ehitusjärelvalve spetsialisti.</li> </ul>
<b>Mõju hindamisel olulisemad teemad</b>	
Pinnase ja põhjavee koostis	<p>Tehti pinnase ja põhjavee koostise eeluuringud, sh tuvastati elemendid, mille looduslik foon on tööstusala piirväärtustest kõrgem (berüllium). Pinnase kõrge berülliumisisaldus võib olla takistuseks selle kasutamiseks väljapool kõrge loodusliku fooniga piirkonda täitematerjalina jm. Sõltub konkreetsest rakendusest, tuleb nagunii koostada projektid ja saada kooskõlastused.</p> <p>Vette ehitamisel on samuti oluline täitematerjali vastavus koostiselt. Eeluuringutega tuvastati, et pinnase krooni, mangaani, nikli ja üldfosfori sisaldus ületab täitepinnasele lubatud piirväärtused, kuid ei ületata suletud struktuuridesse paigutatava materjali piirväärtuseid. JRP juhtis tähelepanu, et suletud struktuurid, nt kaitsetammid, peavad vastu pidama 1 kord 100 aasta jooksul esineva tormi lainetusele.</p> <p><b>JRP jõudis järeldusele, et enne ettevalmistustööde alustamist on vaja teha põhjalikud pinnaseuurimised, sh selgitada välja jääkreostuste olemasolu potentsiaalselt saastunud aladelt. (Recommendation #2)</b></p>
Ettevalmistustöödega alustamine	<ul style="list-style-type: none"> <li>* JRP jõudis järeldusele, et mitte alustada vetteehituse ettevalmistustöid enne, kui on selgunud reaktoritehnoloogia ja saadud heakskiit projekti realiseerimiseks – järve kaldaastangute eemaldamine ja kaldaäärse täitmine põhjustavad pöördumatuid muutusi ja juhul, kui projekti ei realiseeritaks, oleks tegemist põhjendamatu mõjutamisega. <b>(Recommendation #5)</b></li> <li>* JRP jõudis järeldusele, et juhul kui ettevalmistustöödega alustatakse enne reaktoritehnoloogia valimist, tuleb esialgses tegevuse lõpetamise kavas näha ette meetmed juhuks, kui projektiga edasi ei minda – mil määral ja kuidas taastatakse esialgne bioloogiline mitmekesisus. <b>(Recommendation #6)</b> Samuti tuleb selleks olukorraks ette näha finantsgarantiid – nii arendaja kui CNSC eeldasid, et finantsgarantiid on vaja jaama tegevuse lõpetamise kulude katmiseks, kuid JRP peab vajalikuks taastamisfondi olemasolu, kui projekt lõppeb ettevalmistusfaasi tööde tegemise ajal. <b>(Recommendation #7)</b></li> </ul>



## Jahutussüsteem

### **Loviisa:**

Olemasolev tuumajaam võtab keskmiselt 44 m<sup>3</sup>/s merevett, veehaare asub 8-11 m sügavusel saare lääneküljel. Jahutusveega kantakse tuumajaama 10-20 tonni kalu aastas.

Kasutatud jahutusvesi, mille temperatuur on tõusnud 8-12 °C, juhitakse merre saare idaküljel veealuste tammidega piiratud alade kaudu Jahutusvee kogust ja temperatuuri mõõdetakse pidevalt.

Piirkonna merevesi soojeneb vegetatsiooniperioodil (mai-oktoober) 1-2,5 °C võrra 1-2 km raadiuses väljalasust. Jahutusvesi moodustab mõne meetri paksuse pindkihi, segunemine jahedama mereveega on tiheduste erinevuse tõttu halb. Avamerel ei ole olulisi temperatuurimuutusi, täheldatud on üksikuid kõrgema temperatuuri juhte mõne kilomeetri kaugusel jaamast, nende teke sõltub ilmastikutingimustest.

Talvel võib moodustuda väljalasu ümbruses jääalune soojema veega pindkiht, mille temperatuur võib olla 8-10 °C. Väljalasust kaugenedes selle temperatuur tasapisi alaneb. Erakordselt külmadel talvedel on täheldatud veidi soojemat vett kuni 10 km kaugusel väljalasust.

Jahutusvesi mõjutab jäätumistingimusi eelkõige talve alguses, kui väljalasu piirkonnas tekivad jäävabad alad. Samuti on talvel merejää Hästholmeni ümbruses nõrgem ja sulab kiiremini kui kaugematel aladel. Väga pehmetel talvedel Hästholmfjärden kinni ei külmu.

### **Darlington:**

Kondensaatori jahutussüsteemi alternatiivid hõlmasid avatud tsükliga jahutamise järveveega (st jahutusvesi ei tsirkuleeri), suletud tsükliga vesijahutus, kus vett jahutatakse eri tüüpi jahutustornidega (loomuliku tõmbega jahutustornid, mehaanilise tõmbega jahutustornid, ventilaatoriga varustatud loomuliku tõmbe jahutustornid) ja erinevad märja / kuiva jahutuse hübriidsüsteemid.

Veevõtusüsteem paigaldatakse järve põhja, veevõtušaht on kaetud poorsete ja mitteläbilaskvate betoelementide süsteemiga, et vähendada veevõtu kiirust ja võrreldes avatud toruga veevõtuga, mis vähendab mõju kalastikule. Jahutusvee väljutustoru lõpeb difuuseritega, et kindlustada kiire soojuslik segunemine järveveega.

Loomuliku tõmbega tornide kõrgus on ca 150 m vundamendist. Mehhaanilise tõmbega tornid on oluliselt madalamad (kõrgus kuni 20 m), kuid on oluliselt laiemad ja kulutavad töötamiseks energiat. Ventilaatoriga varustatud loomuliku tõmbe jahutustornid on parameetritelt vahepealsed. Kõik need tornivariandid tekitavad töötades auruilve.

Hübriidsüsteemidel on väiksem veevajadus ja tornist väljub mõnevõrra väiksema nähtavusega auruilv.

*Kommentaari: Kondensatsiooniturbiinideks on turbiinid (joonis) kus auruturbiini järel aur enamasti kondenseeritakse (veeldatakse). Selliste turbiinide juurde kuulub ka veega või (väga harva) õhuga jahutatav kondensaator. Külma jahutusvesi suunatakse läbi torude, mille pinnal aur kondenseerub. Nullilähedane rõhk (tavaliselt 3...5 kPa) saavutatakse jahutusvee piisavalt madala temperatuuriga. Kuna läbi turbiini madalamarõhulise osa tihendite satub aurutrakti mingil määral õhku, on kondensaator varustatud õhueleemaldamispumbaga. Kondensaatori jahutusveega viiakse ära soojus, mis vabaneb auru kondenseerumisel. Et kondensaatori jahutusvesi liigselt ei kuumeneks (see vähendaks turbiini kasutegurit), on selle kogus suhteliselt suur – 50 kuni 100 kg ühe kilogrammi auru kohta ehk 0,10...0,15 m<sup>3</sup> saadava elektrienergia iga kilovatt-tunni kohta. Kuna jahutusvesi soojeneb kondensaatoris ainult 15...20 K võrra, on selles sisalduva soojuse tehniline rakendamine raske ja enamasti juhitakse soojenenud vesi tagasi kas samasse veekogusse, kust see võeti, või (suletud jahutuskontuuri korral) jahutustorni, kus soojus viiakse ära jahutusõhuga. <https://energiatalgud.ee/Soojusj%C3%B5useadmed>  
St jääksoojus hajutatakse keskkonda.*



Arendaja jõudis järeldusele, et avatud järveveega jahutamisel on väiksemad keskkonnamõjud kui suletud süsteemi korral. Vee-elustiku kadu struktuuride alla jäämise, kaasahaaramise, termiliste mõjude ja muude häirete tõttu ei oleks kogu järve hõlmavate populatsioonide seisukohalt märkimisväärne. Neid tasakaalustab jahutussüsteemi madalam maksumus, väiksem elektrienergia kulu, väiksem maapinna vajadus (ruumivajadus? – kuid originaalis 'land area'), visuaalse mõju puudumine (jahutustornid ja nende tekitatav aurupilv – kohalik kogukond viitas, et need rõhutaksid tuumaenergeetika rajatiste kohalolu ja neist lähtuvat heidet).

JRP märkis, et järeldused põhinesid pelgalt kvalitatiivsetel võrdlustel ja suuresti jäid arvestamata võimalike keskkonnamõjude olulisus või ulatus. Omavahel võrreldi avatud jahutussüsteemi keskkonnamõjusid ja jahutustornide sotsiaal-majanduslikke mõjusid (mille hulka kuuluvad ka visuaalne mõju ja elanikkonna heaolu). Kuid järeldati, et sõltumata valitud jahutustehnoloogiast on võimalik rakendada leevendavaid meetmeid, nii et jääkmõjud ei ole olulised. Kuid neid tuleb põhjalikumalt analüüsida.

CNSC tõi välja, et USAs on jahutustornid õigusaktidega määratud eelistatud alternatiiviks, sest väldib mõju kaladele jt vee-elustikule. Kuid Kanadas tuleks hindamisel lähtuda erinevate süsteemide efektiivsuse ja tulude-kulude võrdlusest.

**JRP järeldab, et arendaja peab reaktori ehitamise litsentsitaotluse osana läbi viima ametliku kvantitatiivse tasuvusanalüüsi jahutustornide ja avatud jahutusveesüsteemide kohta, seejuures lähtudes parima võimaliku tehnika põhimõtetest.** Selles analüüsis tuleb arvesse võtta asjaolu, et järve ei täideta allapoole kahemeetrist sügavusjoont ja jahutustornides kasutatakse meetmeid aurupilve vähendamiseks. (**Recommendation #3**)

## KASUTATUD ALLIKMATERJALID

Loviisa tuumajaama 3. üksuse keskkonnamõju hindamise aruanne (*Loviisa 3 EIA, Fortum Power and Heat OY Supplementing the Loviisa Nuclear Power Plant with a Third Plant Unit. Environmental Impact Assessment Report*). 2007-2008

Darlingtoni tuumajaama lisaploki keskkonnamõju hindamise aruanne (*Darlington New Nuclear Power Plant Project. Joint Review Panel. Environmental Assessment Report. August 2011*).

*IAEA TECDOC Series. Considerations for Environmental Impact Assessment for Small Modular Reactors. IAEA TECDOC-1915. June 2020*

*IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-3.17. Strategic environmental assessment for nuclear power programmes: guidelines. November 2018*

„Uute tuumaenergiaprogrammide ehitamise ja käitamise keskkonnamõju hindamise juhtimine“ (IAEA tuumaenergia seeria nr NG-T-3.11)

„Rajatiste ja tegevuste tulevane radioloogiline keskkonnamõju hindamine“ (IAEA ohutusstandardite seeria nr GSG-10)

Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seadus

Kiirgusseadus

### Ruumivajadus ja sellest tulenevad mõjud

Teema	Jaam 1 (Ontario, Kanada)	Jaam 2 (Loviisa 3, Soome)
Mõju maakasutusele		Kavandatakse olemas-oleva tuumajaama piir-konda ja põhiosas kasutab olemasolevat taristut. Uue jaama rajamine on kooskõlas kehtiva pla-neeringulahendusega.
Mõju maastikule ja vaadetele		Olemasoleva jaama hoone on kohalikus maastikus visuaalseks dominandiks ja sama-laadse uue objekti lisan-dumine ei põhjusta põhimõttelist muutust. Kõige suurem mõju on piirkonna suvilatest avanevatele vaadetele, eriti öisel ajal, sest jaam on valgustatud.
Mõju looduskeskkonnale, sh kaitsealused objektid ja Natura 2000 alad		Jaam paikneb olemas-oleva jaama vahetus läheduses, kus puuduvad olulised kooslused jms. Mõju piirdub hoonete ja ehitus-tegevuse aladega.
Liikluskoormuse kasv ja selle mõju		Uue jaama valmimisel suureneb Loviisa piir-konnas liikluskoormus ca 35 % võrreldes olemas-oleva olukorraga. Jaamaga seotud kahe-suunaline ööpäevane koormus on 1 360 sõidukit, mis iga-aastase ca 3-nädalase hooldus-perioodil ajal suureneb kuni 2 060 sõidukini. Valdavalt on tegemist sõiduautode ja kergeveokitega. Juurdepääsuteede ääres asuvates asulates ei suurene tolmu, müra ja vibratsiooni tase oluliselt.

### Ehitusaegsed mõjud

Teema	Jaam 1 (Ontario, Kanada)	Jaam 2 (Loviisa 3, Soome)
		Saarel 30 ha ehitusala, millel ka oma kai maha- ja pealeaadimisteks
		Mandriil 18 ha ala, millel laoplat ja eeltöötlus
		Kuni 5 km jahutusvee trasside merre ehitamine
		Vajalik olemasoleva laevatee süvendamine
Pinnase teisaldamine		1,3-2,1 mln m <sup>3</sup> kaevist ja lõhatud materjali. Osa sellest on kasutatav ehitustöödel (660 000 m <sup>3</sup> purustatud graniiti). Vajalik ajutine laoplat (maantee ääres).
Mitteolulised mõjud		Jõuti järeldusele, et uue jaama ehitamine ei põhjusta kahju keskkonnale (asukoht olemas-oleval tööstusalal) ega ohusta olemasoleva jaama madala ja keskmise intensiivsusega tuumajäätmete hoidlat. Ehitustöödel ei ole mõju põhjavee kvaliteedile.
Tee-ehituse mõju		Atomitie laiendamine võib mõjutada kohalikke loodusväärtusi (Mysskärret ja Ryssviken)
Müra		50 dB tsoon kogu ehitus-piirkond, eelkõige 4. aastal, kui liikluskoormus kõige

		suurem. 45 dB tsoon ulatub kuni 1 km kaugusele, eelkõige asulates, mis paiknevad avatult graniidi purusta-mise seadmete suhtes (st ei ole varjestatud muude objektidega)
Ehitustööde majanduslik mõju		Soomes 21 000 inimtööaastat, mõjutab Loviisa piirkonna äri jm majandustegevust aastaid

**Kasutusaegsed mõjud**

Teema	Jaam 1 (Ontario, Kanada)	Jaam 2 (Loviisa 3, Soome)
Heide õhku ja mõju õhukvaliteedile		
Radioaktiivsete ainete heide		Radioaktiivne heide jaamast on madal ja see ei mõjuta inimeste tervist ega looduskeskkonda. Tundlikke analüüsi-meetodeid kasutades on üldisest radioaktiivsete elementide foonist tuvas-tatavad Loviisa jaamast sinna sattunud isotoobid, kuid tegemist on juhu-leidudega.
Heide käivitus-seadmetest		Tuumajaama hooldus-seisakutel ja jaama käivitamiseks kasuta-takse põletusseadmeid, millelt tekib ca 3900 t/a CO <sub>2</sub> , < 4 t/a NO <sub>x</sub> , < 1 t/a SO <sub>2</sub> ja ca 0,5 t/a osakesi. Sellel heitel puudub märkimisväärne mõju õhukvaliteedile.
Müra		Jaam tekitab konstantset madala tasemega müra, mida summutavad looduslikud helid (tuul, lained). Müra levib enim vee kohal, võrreldes olemasolevaga on suurenemine ühes suvilapiirkonnas 2 dB (müra modelleerimise põhjal).
Mõju veekeskkonnale		
Kasutatud jahutus-vee mõju veeteedele ja kalandusele		Sooja jahutusvee mõju merevee temperatuurile ja jääoludele uuriti 3D mudeliga 10 km raadiuses väljalasust. Kui jahutusvett võetakse sügavalt merest, on see ka kasutatuna jahedam kui suvine rannikumeri, kuid muude variantide puhul merevee temperatuur tõuseb. Mõju jääoludele on suurim kohaliku veevõtu ja kaugse suubla variandi puhul. Toitainete juurdevool väljalasu piirkonnas suureneb kõikide variantide puhul. Võrreldes olemasoleva olukorraga ei teki olulisi muutusi merevee kvali-teedis, põhjaloomastikus, veetaimestikus, kala-populatsioonides ning mõjus kalandusele. Alternatiivide vahel olulisi mõjude erinevusi ei ole.
Jäätmekäitluse mõjud		
Kasutatud tuumkütsus		Jahutatakse ja hoitakse mõned aastad jaama tiikides. Seejärel pannakse aastakümneteks vahe-hoidla jahutatavatesse tiikidesse kuni viiakse lõppladestuspaika. Käitlemisnõuete järgimisel oluline mõju keskkonnale ja tervisele puudub.
Madala ja keskmise radioaktiivsusega jäätmed		sh tuumajaama tegevuse lõpetamisel tekkivad jäätmed paigutatakse pärast vaheladustamist olemasoleva jaama hoidlasse (kavandatava tegevuse käivitamisel on vaja seda laiendada).

Juhan Ruut  
Hendrikson & Ko juhtivekspert  
(Litsents: KMH 0155)



**HENDRIKSON & KO**

Raekoja plats 8  
51004 Tartu  
tel +372 740 9800

Maakri 29  
10145 Tallinn  
tel +372 617 7690

**Hendrikson & Ko**  
[www.hendrikson.ee](http://www.hendrikson.ee)  
[hendrikson@hendrikson.ee](mailto:hendrikson@hendrikson.ee)



## Darlington, Canada

OPG confirmed that it followed the EIS Guidelines requirement for the site study area to include the facilities, buildings and infrastructure at the Darlington Nuclear site, including the existing licensed exclusion zone for the site on land and within Lake Ontario, and particularly the property where the Project would be located.

The EIS Guidelines required that the local Study area extend beyond the site study area where there is a reasonable potential for the Project to cause environmental effects through normal activities or from accidents or malfunctions. The local study area was to include the Darlington Nuclear site, the lands within the Municipality of Clarington closest to the Project and the area of Lake Ontario adjacent to the Project. OPG asserted that it expanded the local study area substantially beyond the area suggested in the EIS Guidelines to include all of the Municipality of Clarington and the easterly urbanized portion of the City of Oshawa. This local study area generally coincides with the primary zone for emergency response as identified by Emergency Measures Ontario.

The EIS Guidelines prescribed that the regional study area was to encompass the area where there is the potential for cumulative biophysical and socio-economic effects. OPG defined that the regional study area extended approximately 40 kilometres east and west of the Darlington Nuclear site—to the Durham Region boundary to the west and the town of Cobourg to the east—thereby including both the Pickering Nuclear Generating Station and the town of Port Hope historic low-level radioactive waste sites. To the north, the regional study area included the Oak Ridges Moraine and the nearby provincially designated greenbelt area.

OPG stated that it adjusted the study areas as appropriate for individual environmental assessment studies conducted for each environmental component.

KSHs/KMHs käsitletava kohaliku 'uuringuala' määrab ära peamiselt ohutsooni ulatus, regionaalse skaala määravad ära 'kumulatiivsed biofüüsikalised mõjud' ja sotsiaal-majanduslikud mõjud: Darlingtoni aruanne

Madala ja keskmise radioaktiivsusega jäätmete käitlemine on sarnane, st ei sõltu reaktori tüübist. Kogus: 2-3 vedu kuus (a' 20 m<sup>3</sup>) madala radioaktiivsusega (kokku 38 700 m<sup>3</sup> eeldatava eluea ehk 60 aasta vältel), keskmise tasemega 2 752 m<sup>3</sup>. Lisanduvad veel muud jäätmed

For intermediate-level waste, the bounding scenario would also result in two to three truck shipments per month during the operating period. OPG stated that the peak shipping rates may be higher during reactor maintenance outages, but the lifetime average shipping rate would still be very low. OPG noted that other shipments of radioactive materials, contaminated equipment and contaminated clothing would also periodically occur.

Triitiumiga raske vesi vajab samuti transporti ja CANDU reaktori tüüp tekitab rohkem triitiumi kui rõhu all oleva vee reaktorid. Keskkonda satuvad elanike arvates lisaks triitiumile ka I-131 ja Cs 137.

Viidati ohuanalüüside kallutatusele, ohtude alahindamisele – kõik see ka teiste projektide puhul ...They felt that worst-case beyond design basis accidents were not fully considered, despite the fact that nuclear accidents can and do happen, such as at Three-Mile Island (1979), Chernobyl (1986) and Fukushima Daiichi (2011).

Esmane evakuatsioonitsoon: 10 km raadiuses tuumajaama piiridest. Praktilised õppused kuni 30 km alal. Tsoonide täpsem kirjeldus ptk 6:

## Emergency Management

Ontario explained that the Exclusion Zone is the one-kilometre on-site area inside the site boundary; the Primary Zone extends from the Exclusion Zone up to a 10-kilometre radius around the site. The Primary Zone includes a Contiguous Zone covering the area from the site boundary up to four kilometres immediately surrounding the Darlington nuclear site.

Emergency Management Ontario further stated that the Secondary Zone extends up to 50-80 kilometres around the site.

For the purpose of the environmental assessment, OPG described the Exclusion Zone for the Project as being 500 metres from the venting or release stacks of the new reactor facility, the Contiguous Zone as a three-kilometre radius and the Primary Zone as a 10-kilometre radius. The Municipality of Clarington measures these zones from the geographical centre of the entire Darlington Nuclear site.

Heide õhku: radioaktiivne (mis põhjustab mõju, ei ole kommenteeritud, aga hindamisel kasutatakse samuti hajmisarvutusi) ja mitteradioaktiivne (tavapärase käsitlus)

## Radiological

OPG stated that the expected dose to the public from.

CNSC staff accepted OPG's characterization of the predicted emissions of nuclear substances from the Project.

