



Räjähdysaineiden ympäristövaikutukset

Ympäristönsuojelu – Kestävämpi puolustus



PUOLUSTUSVOIMAT | PUOLUSTUSHALLINNON RAKENNUSLAITOS | THE FINNISH DEFENCE ADMINISTRATION

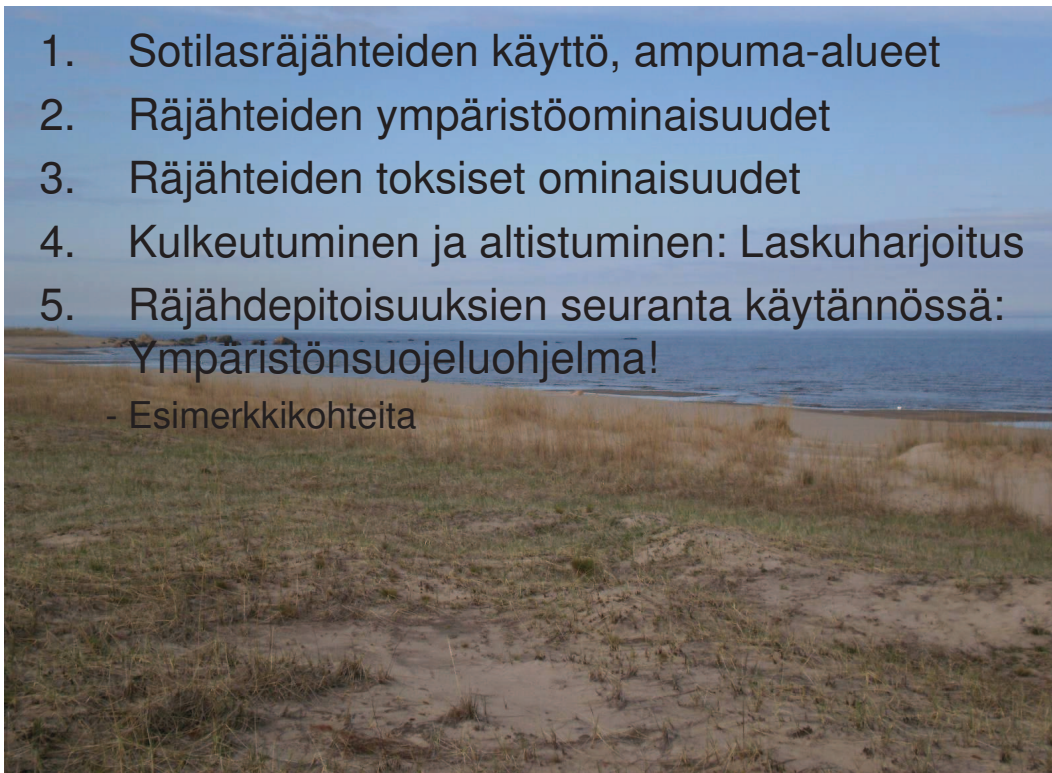
MUTKU-päivät 20 - 21. 3. 2013, Tampere



Räjähdysaineiden ympäristövaikutukset

Ympäristönsuojelu – Kestävämpi puolustus

1. Sotilasräjähteiden käyttö, ampuma-alueet
2. Räjähteiden ympäristöominaisuudet
3. Räjähteiden toksiset ominaisuudet
4. Kulkeutuminen ja altistuminen: Laskuharjoitus
5. Räjähdepitoisuuksien seuranta käytännössä:
Ympäristönsuojeluohjelma!
- Esimerkkikohteita



PUOLUSTUSVOIMAT | PUOLUSTUSHALLINNON RAKENNUSLAITOS | THE FINNISH DEFENCE ADMINISTRATION





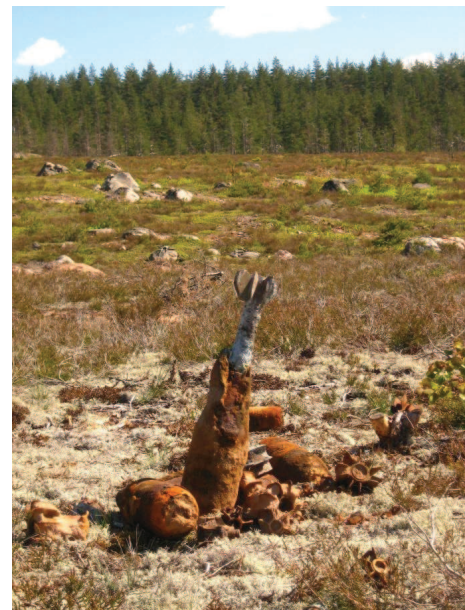
Miksi sotilasräjähteitä käytetään???

- Puolustusvoimilla lakisääteinen tehtävä: Maanpuolustus
- Alueellinen koskemattomuus turvataan tarvittaessa voimakeinoin
- Tämä edellyttää harjoittelua myös raskailla aseilla ja räjähteillä
- Ampumatoiminta on harjoitusalueiden päätoimintaa
- Vuosittain harjoittelee n. 23 000 varusmiestä, 20 000 reserviläistä ja yli 8 000 sotilasta.



Missä sotilasräjähteitä käytetään?

- PV:lla 70 ampuma- ja harjoitusaluetta
- Raskaiden aseiden kovapanos-ammuntoja ja/tai räjäytyksiä harjoitellaan 25 alueella
 - Rovajärvi 107 039 ha
 - Reila 172 ha
- Vuotuinen käyttöaste vaihtelee 200 – 270 vrk/v
- PV:lla 47 ampumarata-aluetta, joilla noin 200 lajirataa





Räjähteet

- Räjähtävät aineet voidaan jakaa
 - **räjähdysaineisiin,**
 - **ruuteihin ja**
 - **pyroteknisiin** tuotteisiin.
- Räjähdysaineet** jaetaan edelleen
 - aloiteaineisiin,
 - Sotilasräjähteisiin ja
 - louhintäräjähteisiin.
- Aloiteaine** on varsinaisen räjähteen räjäyttämiseen käytetty isku- tai kipinäherkkä räjähdysaine.
 - Nykyisin käytetään dinolia, tetratseenia
 - Ennen kemiallisia raskasmetallisuoloja (Pb, Hg)
- Ruudit** koostuvat nitroselluloosasta (NC) sekä erilaisista orgaanisista ja epäorgaanisista aineista
 - NC:n pääkomponentteja nitroglyseroli (NG), etyleeniglykolidinitraatti (EGDN) ja etyleeniglykolidinitroglykoli (DEGDN).
 - rakettimootoreissa komposiittiruudin ainesosana ammoniumperkloraattia (APCP).
- Ruudissa on **stabilisaattoreita**
 - Nitroguanidiini (NQ), DNT, difenyyliamiinia (DFA), sentraliitti (EC, MC), akardiitti ja kamferi.
- Pehmittiminä** käytetään
 - ftalaatteja ja uretaania.



Pyrotekniset tuotteet

- Pyroteknisiä aineita** käytetään aikaansaamaan lämpö-, valo-, savu-, viive-, ääniefektejä.
- Koostuu kahdesta pääkomponentista:
 - **polttoaine**, esim. metallijauhetta (Al, Mg, Zn, Mn), fosforia, rikkiä, orgaanisia yhdisteitä (antraseeni, naftaleeni) tai hartseja.
 - **Hapetin**, esim. kloriitti, nitraatti, metallioksidi, kromaatti tai heksakloorietaani.
- Savukranaateissa pääkomponenttina on valkoinen fosfori, WP (White Phosphorus).





Raskaiden aseiden ammukset

- Räjähdysaineet
 - 2,4,6-TNT (trinitrotolueeni; trotyyli)
 - RDX (heksogeeni)
 - HMX (oktogeeni)
- TNT:n hajoamistuotteita
 - 2,4-DNT ja 2,6-DNT (2,4- ja 2,6-dinitrotolueeni)
 - 2-AT ja 4-AT (2-amino-4,6-dinitrotolueeni ja 4-amino-2,6-dinitrotolueeni)
- TNT:n epäpuhtauksia
 - DNT
 - TNB (1,3,5-trinitrobentseeni)
 - 1,3-DNB (1,3-dinitrobentseeni)
- Ruuti ja sen stabilisaattorit
 - DPA (difenyyliamiini)
 - NG (nitroglyseroli)
 - NQ (nitroguanidiini)
 - EC (etyylisentraliitti)



Raskaiden aseiden ja räjäytysten päästöt

Taulukko 1. Ampuma- ja harjoitusalueiden mahdollisia haitta-aineita

Toiminto	Arviointialue	Mahdollisia haitta-aineita		
		Ammus, kuori, hylsy	Ruuti*, aloite, propellantti	Räjähdysaineet
Tykistö	Asema	-	NG, NQ, NC, tetraseeni, EGDN, DEGDN, APCP, DNT, Pb, Hg, sentraliitti, akardiitti, DFA, EC, MC	-
	Maali	Mn, Cr, Ni, Mo, Al, Cu, Zn,	-	TNT, RDX, HMX, DNT, ADNT, TNB
Heittimet, krh	Asema	-	NG, NQ, NC, tetraseeni, EGDN, DEGDN, DNT, Pb, Hg, sentraliitti, akardiitti, DFA, EC, MC	-
	Maali	Al, Mn, Cr, Ni, Mo, Al, Cu, Zn,	-	TNT, RDX, HMX, DNT, ADNT, TNB
Sinko-ammunta	Asema	-	NG, NQ, NC, tetraseeni, EGDN, DEGDN, APCP, DNT, Pb, Hg, sentraliitti, akardiitti, DFA, EC, MC	-
	Maali	Mn, Cr, Ni, Mo, Al, Cu, Zn,	NG, NQ, NC, tetraseeni, EGDN, DEGDN, APCP, DNT, Pb, Hg, sentraliitti, akardiitti, DFA, EC, MC	TNT, PETN, RDX, HMX, DNT, ADNT, TNB
Kranaatti-KK	Asema	-	NG, NQ, NC, tetraseeni, EGDN, DEGDN, APCP, DNT, Pb, Hg, sentraliitti, akardiitti, DFA, EC, MC	-
	Maali	Al, Mn, Cr, Ni, Mo, Al, Cu, Zn,	-	TNT, RDX, HMX, DNT, ADNT, TNB
Panssariammunta	Asema	-	NG, NQ, NC, tetraseeni, EGDN, DEGDN, DNT, Pb, Hg, sentraliitti, akardiitti, DFA, EC, MC	-
	Maali	Mn, Cr, Ni, Mo, Al, Cu, Zn,	-	TNT, RDX, HMX, DNT, ADNT, TNB
Räjäytykset, tulenkuvaukset	Asema	-	NG, NQ, NC, tetraseeni, EGDN, DEGDN, DNT, Pb, Hg, sentraliitti, akardiitti, DFA, EC, MC	-
	Maali	-	NG, NQ, NC, tetraseeni, EGDN, DEGDN, DNT, Pb, Hg, sentraliitti, akardiitti, DFA, EC, MC	TNT, RDX, HMX, DNT, ADNT, TNB
Käsikranaatin heitto	Asema	-	NG, NQ, NC, tetraseeni, EGDN, DEGDN, DNT, Pb, Hg, sentraliitti, akardiitti	-
	Maali	Mn, Cr, Ni, Mo, Al, Cu, Zn	NG, NQ, NC, tetraseeni, EGDN, DEGDN, DNT, Pb, Hg, sentraliitti, akardiitti, DFA, EC, MC	TNT, RDX, HMX, DNT, ADNT, TNB
Käsiaseamunnat	Asema	Pb, Cu, Sb, As, Zn, Ni	NG, NQ, NC, tetraseeni, EGDN, DEGDN, DNT, Pb, Hg, sentraliitti, akardiitti, DFA, EC, MC	-
	Maali	Pb, Cu, Sb, As, Zn, Ni	-	-
Pyrotekniikka	Asema	-	-	-
	Maali	-	-	Al, Mg, Zn, Mn, antraseeni, naftaleeni, P, S, N, heksakloorietaani

*Taulukossa mainittujen ainesosien lisäksi ruudin pehmittiminä käytetään ftalaatteja ja uretaania.





Räjähdysaine	Lyhenne	CAS nro	Vaarallisuusluokitus	Arvio, voiko esiintyä ampuma-alueen maaperässä
2,4,6-trinitrotolueeni (TNT)	TNT	118-96-7	E, T, N	kyllä
2,4-dinitrotolueeni	2,4-DNT	121-14-2	T,N	kyllä
2,6-dinitrotolueeni	2,6-DNT	606-20-2	T	kyllä
3-nitrotolueeni	3-NT	99-08-1	ei STM 509/2005*	epätodennäköistä
4-amino-2,6-dinitrotolueeni	4-AT (4ADNT)	19406-51-0	ei STM 509/2005	kyllä
2-amino-246-dinitrotolueeni	2-AT (2ADNT)	35572-78-2	ei STM 509/2005	kyllä
1,3,5-trinitrobensoeni	1,3,5-TNB	99-35-4	E, T+,N	kyllä
1,3-dinitrobensoeni	1,3-DNB	99-65-0	T+, N	kyllä
heksogeeni	RDX	121-82-4	E, N?	kyllä
oktogeeni	HMX	2691-41-0	ei STM 509/2005	kyllä
tetryyli		479-45-8	E, T	epätodennäköistä
difenyyliamiini	DFA	122-39-4	T,N	
etyylisetraliitti	EC	85-98-3	ei STM 509/2005	kyllä

E=räjähävä; T+= erittäin myrkyllinen; T=myrkyllinen; N=ympäristölle vaarallinen; *STM vaarallisten aineiden luettelo 509/2009



Raskaiden aseiden päästöt: Tutkimus

(Walsh et al. 1993)

- Räjähdysaineiden esiintyminen pintamaassa
- 44 armeijan ampuma- tai räjäytysaluetta.
- Yhteensä 1155 analysoitua maanäytettä
- 319 analyysissä (28 %) todettiin räjähdysainejäämiä.
- Yleisimmin todettuja yhdisteitä olivat
 - TNT (66 %),
 - 2,4-DNT (45 %),
 - RDX (27 %),
 - 2A-DNT (17 %),
 - HMX (12 %), sekä
 - 4A-DNT ja 2,6-DNT (7 %).





Räjähdepäästöt

- Raskailla aseilla ammuttaessa haitta-aineita päätyy pintamaahan sekä tuliasema-että maalialueilla.
- Tuliasema-alueilla päästö on poikkeuksetta ilmasaskeuman aiheuttamaa.
- Maalialueilla sekä erillisillä räjäytysalueilla haitta-aineita päätyy myös syvemmälle maahan
- Sinko- ja rakettiammunnoissa haitta-aineita päätyy pintamaahan myös lentoradalle
- Vanhat kaatopaikat ja jätetäytöt
- Räjähdeiden dumpsaus lampiin ja soihin
- Räjähdevarastoalueet, lataamot
- → POHJAVESI!?



Räjähdyksaineiden ominaisuudet

Vesiliukoisuus	Luokittelu: S (mg/l)	TNT	RDX	HMX	2,4-DNT	2,6-DNT	2A-DNT	4A-DNT
Hyvin liukeneva	> 1000							
Liukeneva	10 ... 1000	137 - 115	41 - 60	11	200 - 160	182 - 161	319	319
Niukkaliukoinen	0,1 ... 10			5,0				
Hyvin niukkaliukoinen	< 0,1							

Haihtuvuus maaperästä	Luokittelu: P _{vp} (Pa)	TNT	RDX	HMX	2,4-DNT	2,6-DNT	2a-DNT	4a-DNT
Erittäin haihtuva	> 100							
Haihtuva	1 ... 100							
Kohtalaisen haihtuva	0,01 ... 1				10 ⁻¹	10 ⁻¹		
Heikosti haihtuva	0,0001 ... 0,01	10 ⁻³					10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
Hyvin heikosti haihtuva	< 0,0001		10 ⁻⁴	10 ⁻⁶				

Bentseeni = 1790 mg/l

Tolueeni = 611 mg/l

Bentseeni = 9510

Tolueeni = 2960





Räjähdysaineiden ominaisuudet

Haihtuvuus vedestä	Luokittelu: H (atm m ³ /mol)	TNT	RDX	HMX	2,4- DNT	2,6- DNT	2a- DNT	4a- DNT
Erittäin haihtuva	> 10 ⁻³							
Helposti haihtuva	10 ⁻⁵ ... 10 ⁻³							
Heikosti haihtuva	10 ⁻⁷ ... 10 ⁻⁵	10 ⁻⁷			10 ⁻⁷	10 ⁻⁷		
Hyvin heikosti haihtuva	< 10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹⁰ ... 10 ⁻¹⁴	10 ⁻⁸ ... 10 ⁻¹⁰		10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹⁰
Kertyvyys	Luokittelu: Log K _{ow}	TNT	RDX	HMX	2,4- DNT	2,6- DNT	2a- DNT	4a- DNT
Erittäin kertyvää	> 5							
Kohtalaisen kertyvää	4 – 5							
Hieman kertyvää	3 ... 4							
Ei kertyvää	< 3	1,6 - 2,2	0,9	0,3 - 0,8	1,9 - 2,0	1,7 - 2,1	1,9 - 2,0	1,9

Bentseeni = 5,6E⁻³

Tolueeni = 6,6E⁻³

Bentseeni = 2,1

Tolueeni = 2,7



Räjähdysaineiden ominaisuudet

Kulkeutuvuus maassa	Luokittelu K _{oc}	TNT	RDX	HMX	2,4- DNT	2,6- DNT	2a- DNT	4a- DNT
Erittäin kulkeutuva	< 50							
Helposti kulkeutuva	50-150		52- 89				101	101
Kohtalaisen kulkeutuva	150-500	177	195		364	371	283	283
Hieman kulkeutuva	500-2000	1834		532 - 1853	576	587		
Heikosti kulkeutuva	2000-5000	2812						
Kulkeutumaton	> 5000							

Bentseeni = 146

Tolueeni = 234





Räjähdyksaineiden ominaisuudet

Myrkyllisyys (rotta, akuutti)	nisäkkäille	LD ₅₀ (mg/kg BW)	TNT	RDX	HMX	2,4- DNT	2,6- DNT	2A- DNT	4A- DNT
Erittäin myrkyllistä		< 25							
Myrkyllistä		25 - 200							
Haitallista		200 – 2000	954	100		268	177		1159
Hyvin lievästi myrkyllistä		> 2000			6490			2240	

Bentseeni = 2000 - 4000 mg/kg.BW

Toluenei = 3000 - 6000 mg/kg.BW



Räjähdyksaineiden ominaisuudet

Yhdiste	Syöpäluokitus		Oral RfD	UF*	Oral CSF ₀ E ⁻⁵
	US EPA	IARC	(mg/kg-vrk)	-	(mg/kg-vrk) ⁻¹
TNT	C	3	0,0005	1000	0,03
RDX	C	nd**	0,003	100	0,11
HMX	D	nd	0,05	1000	-
2,4-DNT	B2	2B	0,002	100	0,31 (Cal EPA)
2,6-DNT		2B	0,001		0,68 ****
2A-DNT	nd	nd	0,002 ***		-
4A-DNT	nd	nd	0,002 ***		-

- UF = Uncertainty factor. ** nd = no data. *** Ei referenssiannosta.
- EPA käyttää 2,4-DNT:n RfD-annosta (0,002) myös 2A- ja 4A- TDN:lle.
- **** Ei SF-annosta:
- Käytetään 2,4/2,6-DNT-seokselle asetettua SFO-annosta (0,68)

Bentseeni: RfD = 0,004; Oral SF = 0,055

Toluenei: RfD = 0,08





Yhteenveto: ominaisuudet

- Yleisesti ns. energeettiset yhdisteet adsorboituvat maapartikkeleihin tai absorboituvat maa-aineksen orgaaniseen materiaaliin.
- Edellä esitetyt ominaisuudet yhdessä räjähdysaineiden melko alhaisten vesiliukoisuuksien ja varsinkin pintamaassa nopean hajoamisen kanssa luokittelevat tässä tarkastellut yhdisteet ympäristössä melko huonosti kulkeutuviksi.
- Toisaalta, tarkasteltavat yhdisteet eivät haihdu, ja ne voivat säilyä pintamaan alaisissa maakerroksissa hajoamatta pitkiäkin aikoja.
- Energeettisten yhdisteiden kulkeutuminen riippuu merkittävästi maa-aineksen ominaisuuksista, joten suuretkin paikalliset vaihtelut kulkeutumisessa ovat mahdollisia.
- Tarkastellut yhdisteet eivät ole akuutisti myrkyllisiä, vaan joko haitallisia tai lievästi haitallisia.
- Ihmiselle syöpävaarallisuuden perusteella toksisuutta arvioitaessa yhtäkään aineista ei ole luokiteltu ryhmiin ”karsinogeeninen” eikä ”luultavasti karsinogeeninen”.



Räjähdējäämien kulkeutuminen ja niille altistuminen: Terveysriskin laskentaperusteet

Altistumisesta johtuvan syövä ilmaantuvuutta kuvaavat luvut ilmaistaan desimaali- tai murtolukuina. Esimerkiksi syöpäfrekvenssi $1,0 \cdot 10^{-5}$ (eli 1/100 000) tarkoittaa, että haitta-aineille altistuminen aiheuttaisi yhden ylimääräisen syöpätapauksen (luontaisesti esiintyvien tapausten lisäksi) 100 000 ihmisen populaatiossa elinaikaisella tarkastelujaksolla. Usein käytetään hyväksyttävän riskin arvona $1,0 \cdot 10^{-5}$, kun tarkastellaan ns. herkkiä kohteita (esim. asumiskenaariota) ja arvoa $1,0 \cdot 10^{-4}$, kun tarkastellaan vähemmän herkkää kohdetta (esim. työpaikkaskenaario). Tässä riskinarviossa syöpävaaran raja-arvoksi on asetettu $1,0 \cdot 10^{-5}$.

Muu terveysriski ilmaistaan riskisuhteen **HQ** (Hazard Quotient) ja riskiindeksin **HI** (Hazard Index) avulla. Ne kuvaavat terveysriskin esiintymisen todennäköisyyttä (muu kuin syöpä) lasketuilla pitoisuuksilla ja altistuksilla. HQ-arvo kuvaa kohteessa mitattujen maksimipitoisuuksien perusteella laskettujen päivittäisten, pitkäkestoisten altistuspitoisuuksien (CADD) suhdetta arvioituu haitattomaan pitoisuuteen (RfD):



HQ = CADD/RfD, jossa:

- **HQ** = Riskisuhde (Hazard Quotient)
- **CADD** = Haitta-aineen krooninen päivittäinen keskimääräinen annos, mg/kg-vrk (Chronic average daily dose)
- **RfD** = Ihmisen terveydelle haitattomaksi arvioitu päivittäinen annos, mg/kg-vrk (Reference dose)

Krooninen päivittäinen keskimääräinen annos CADD lasketaan seuraavasti:

CADD = (C_{max} × IR × AAF × EF) : (BW × 365 pv/v), jossa:

- **C_{max}** = Suurin 7-vuoden aikajakson keskimääräinen pitoisuus juomavedessä (mg/l)
- **IR** = Altistumisannos (l/vrk)
- **AAF** = Ainekohtainen ruoansulatuskanavasta absorboituvan aineen osuus (mg/mg)
- **EF** = Altistumistiheys (krt/vuodessa)
- **BW** = Altistujan ruumiinpaino (kg)

Riskitaso arvioidaan vertaamalla HQ-arvoa lukuun 1:

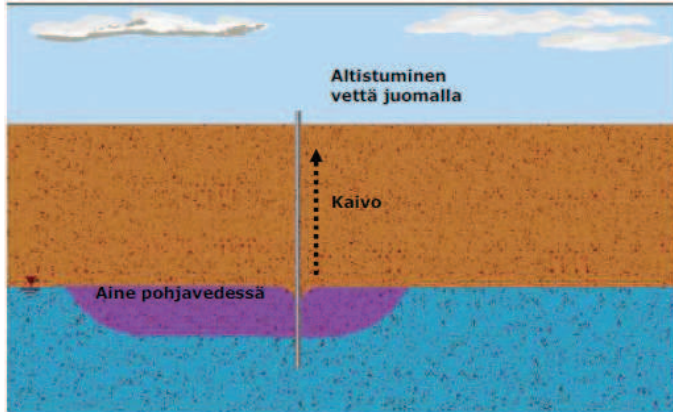
- **HQ < 1** ; riski on hyväksyttävällä tasolla (CADD < RfD)
- **HQ ≥ 1** ; kohteessa muodostuu merkittävä terveysriski, kohteessa on tehtävä lisäselvityksiä tai suoritettava riskinhallintatoimenpiteitä (CADD > RfD).





Räjähdejäämien kulkeutuminen ja niille altistuminen: mallilaskentaa 1:

Tilanne 1: Yksittäinen haitta-aine on talousvedessä (kaivo) pitoisuutena, joka aiheuttaa suurimman haitattomaksi arvioidun altistumisen!



Lähtöarvo	Suure	Lapsi	Aikuinen
Elinikä	vuosi	70	
Paino (BW)	kg	20	70
Altistumistiheys (EF)	krt/vuosi	350	
Altistumisen kesto	vuosi	6	24
Altistumisannos (IR)	l/vrk	1,5	2,0
Altistumispitoisuus (C)	µg/l	ainekohtaiset pitoisuudet	



Räjähdejäämien kulkeutuminen ja niille altistuminen: mallilaskentaa 1:

Tilanne 1: Yksittäinen haitta-aine on talousvedessä (kaivo) pitoisuutena, joka aiheuttaa suurimman haitattomaksi arvioidun altistumisen!

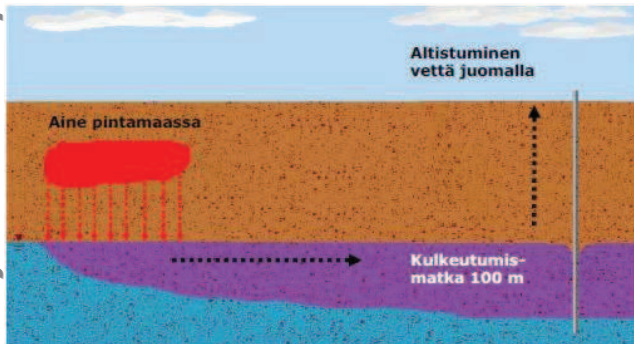
Yhdiste	SVP _{ov} juomavesi (µg/l): Syöpäriski		RfC _{ov} juomavesi (µg/l): Muu terveysriski	
	Aikuinen	Lapsi	Aikuinen	Lapsi
TNT	36	53	18	6,9
RDX	11	16	111	42
HMX	-	-	1830	714
2,4-DNT	3,5	5,2	74	28
2,6-DNT	1,6	2,4	38	14
2a-DNT	-	-	7,3	2,8
4a-DNT	-	-	7,3	2,8





Räjähdejäämien kulkeutuminen ja niille altistuminen: mallilaskentaa 2:

Tilanne 2: Yksittäinen haitta-aine esiintyy pintamaassa pitoisuutena, joka päätyessään pohjaveteen ja kulkeutuessaan talousvesikaivoon aiheuttaa suurimman hyväksyttävän altistumisen!



Talousvetenä käytettävän pohjaveden pilaantumisriskiin ja pilaantuneen pohjaveden kautta altistumiseen perustuvien maaperän viitearvojen laskennan (SVP_{pv}) lähtökohtana on käytetty seuraavia oletusarvoja:

- Maaperä on hiekkaa (orgaanisen hiilen määrä 1 %),
- Haitta-aineet sijaitsevat pintamaassa (maaperän ylin 10 cm),
- Pilaantunut alue on kooltaan 10 m x 10 m,
- Pohjavesi sijaitsee 2 m:n syvyydellä pilaantumisen alatasosta.
- Matka pilaantumasta vedenottokaivoon 100 m (gradientti 0,008)
- Aineiden hajoamista ei oteta huomioon.



Räjähdejäämien kulkeutuminen ja niille altistuminen: mallilaskentaa 2:

Tilanne 2: Yksittäinen haitta-aine esiintyy pintamaassa pitoisuutena, joka päätyessään pohjaveteen ja kulkeutuessaan talousvesikaivoon aiheuttaa suurimman hyväksyttävän altistumisen!

Yhdiste	SVP _{pv} (mg/kg): Syöpäriski		SVP _{pv} (mg/kg): Muu terveysriski	
	Aikuinen	Lapsi	Aikuinen	Lapsi
TNT	357	409	129	49
RDX	90	53	695	151
HMX	-	-	> 100 000	> 100 000
2,4-DNT	52	71	1075	377
2,6-DNT	24	33	500	192
2a-DNT	-	-	333	123
4a-DNT	-	-	333	122





Räjähdysaineiden viitearvoja

Yhdiste	Kansainvälisiä viitearvoja *	
	Maaperä (mg/kg)	Pohjavesi (µg/l)
TNT	0,15...200	1,0...4,7
RDX	0,005...500	0,35...28
HMX	3,4...4100	93...782
2,4-DNT	0,006...50	0,05...2,0
2,6-DNT	0,05...620	1,1...15,6
2A-DNT	0,48...31,3	1,0...31,1
4A-DNT	0,48...1900	1,0...73

Yhdiste	RfC _{PV} pohjavesi	SVP _{PV} maaperä
	(µg/l)	(mg/kg)
TNT	6,9...53	49...409
RDX	11...111	53...695
HMX	714...1830	10 000
2,4-DNT	3,5...74	71...1075
2,6-DNT	1,6...38	24...500
2-AT	2,8...7,3	123...333
4-AT	2,8...7,3	122...333

Räjähdysaine	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3	Luokka 4	Luokka 5
TNT	<1,0	1,0-3,4	3,4-100	100-200	200-2500
RDX	<0,8	0,8-3,9	3,6-100	100-200	200-3000
HMX	<70	70-135	135-500	500-1000	1000-3000
TNB	<30	30-80	80-200	200-400	400-1000
Tetryl	<9,0	9,0-28	28-200	200-500	500-3000
DNB	<0,02	0,02-0,6	0,6-47	47-76	76-1000
2,4-DNT	<0,8	0,8-2	2,0-200	200-400	400-1000
2,6-DNT	<0,4	0,4-0,9	0,9-100	100-170	170-1000
ADNT	<0,02	0,02-0,8	0,8-100	100-200	200-3000

Maankäyttömuodot:

Luokka 1: rajoittamaton käyttö
Luokka 2: asuinalueet, leikkipuistot, uimarannat

Luokka 3: kaupunkialueet ilman asutusta, kadut, torit, kulkureitit

Luokka 4: teollisuusalueet, rautatiet ja pääväylät
Luokka 5: jätteenkäsittelyalueet

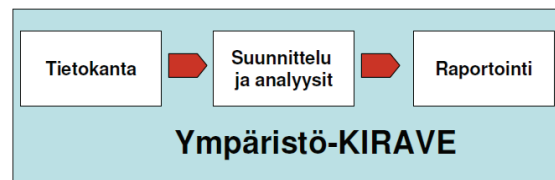
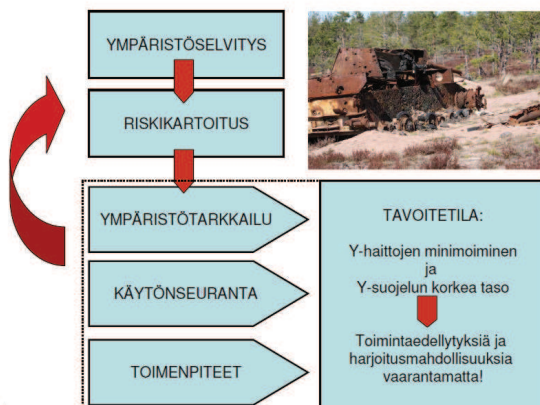


Teoriasta käytäntöön!

Rakennuslaitos kehittää ympäristötiedonhallintaa ja -järjestelmiä niin, että se pystyy

- Tuottamaan PV:lle ympäristönsuojelun suunnitteluun tarvittavan tietopohjan
- Tarjoamaan järjestelmän, joka täyttää nykyiset ja ennakoit tulevia raportointivaateita
- Seuraamaan, ylläpitämään ja kehittämään kohteidensa ympäristön tilaa
- Analyttisesti ja nopeasti tuottamaan tilannekuvia PV:n tarpeisiin
- Kohteita: Pima, Energia, Jätehuolto, Tarkkailut, Päästöt (esim. melu, käytönseuranta) ...
- Paikkatietopohjainen **Ympäristö-KIRAVE**, käyttövalmis 2013!

Ampuma- ja harjoitusalueiden ympäristönsuojeluohjelma



Esimerkkikohteita:

- Rovajärvi
- Pohjankangas
- Taipalsaari





Rovajärven ympäristöselvitys

Ympäristönsuojelu – Kestävämpi puolustus



ROVAJÄRVEN AMPUMA- JA HARJOITUSALUE
LIITE 2



MERKINNÄT
Puolustusalueen raja
Sotilas-Puolustusalue
Puolustusalue
Luokitus
Väestönsuojelu-alueen (tämä) puolustusalue
Väestönsuojelu-alueen (tämä) puolustusalue
Muu puolustusalue

Taulukko 3. Ampuma- ja harjoitusalueen vuoden 2011 eri aselajittain koostetut laukaus- ja räjähdemäärät

Aselaji	Käyttömäärä (kpl) 2011
Panssarintorjunta (kes ja rsk:n ontelot) ja ohjuksia	1 700
Kranaatinheitin kranaatit	8000
Tykistölaukaukset (ml. panssarivaunut)	8000
Ohjuksia	1 700
Räjähteet	1 400 kg
Käsitähtäimet (taistelu)	125
Merkkisävyt	900
Kiväärilaukaukset (7.62 mm)	200 000
Kiväärilaukaukset, paukku-ruuna	150 000
Ilmatorjunta kpl laukaukset	17 000
Panssarivaunu kpl	13 000

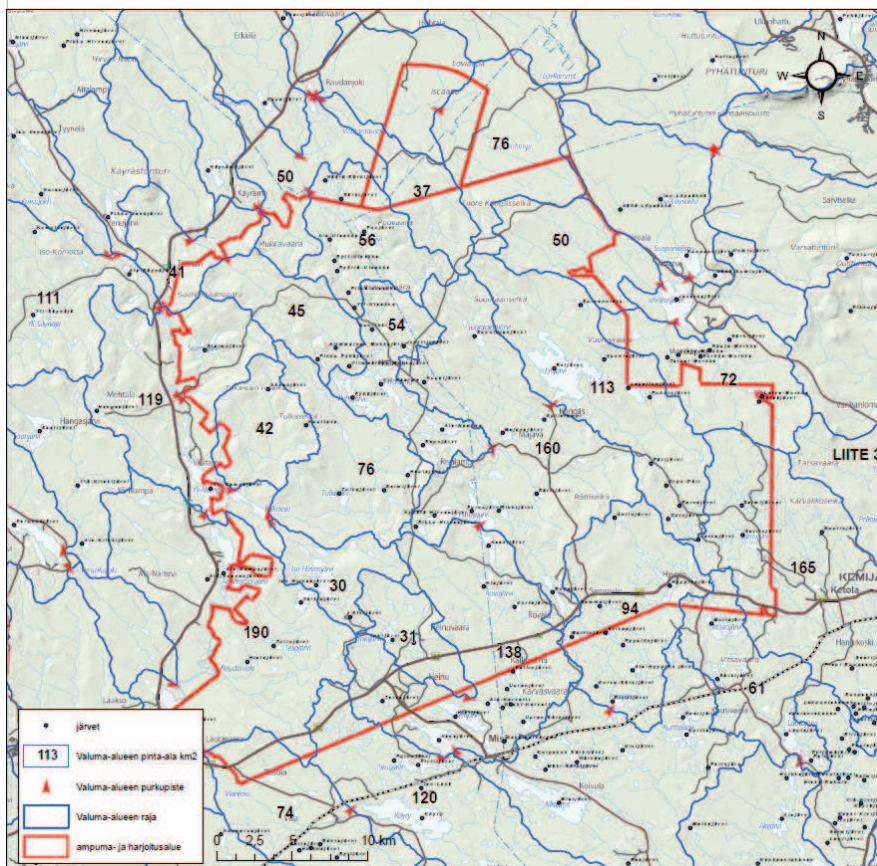


PUOLUSTUSVOIMAT | PUOLUSTUSHALLINNON RAKENNUKSIEN YLLÄPITÄMINEN | THE FINNISH DEFENCE ADMINISTRATION



Rovajärven ympäristöselvitys

Ympäristönsuojelu – Kestävämpi puolustus



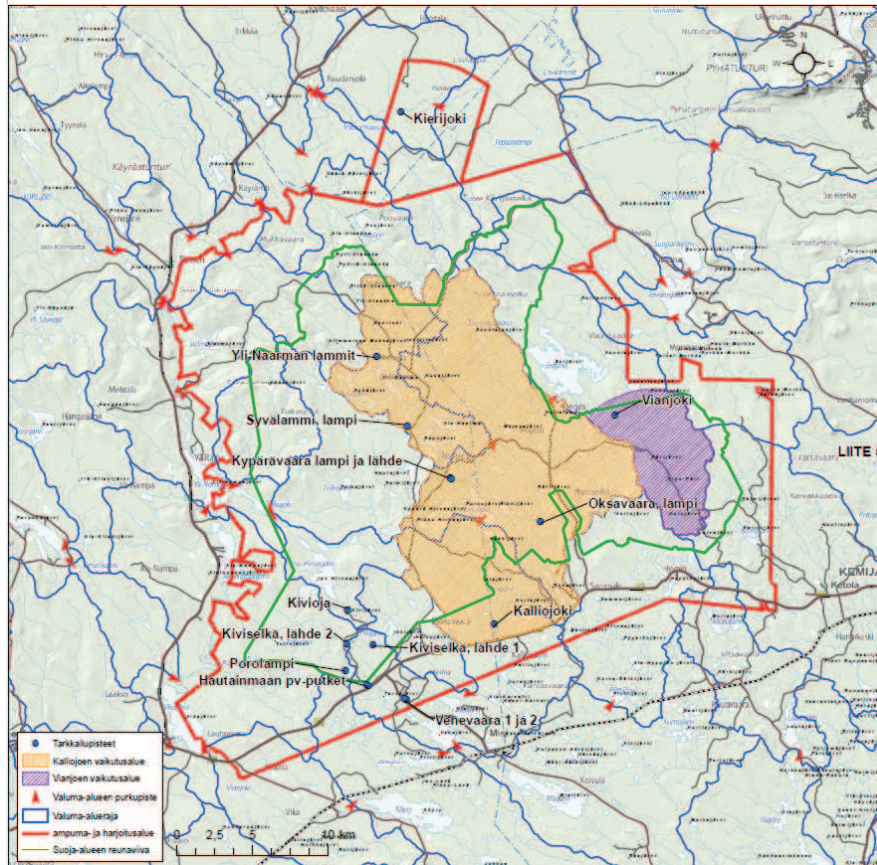
LIITE 3



PUOLUSTUSVOIMAT | PUOLUSTUSHALLINNON RAKENNUKSIEN YLLÄPITÄMINEN | THE FINNISH DEFENCE ADMINISTRATION



Rovajärven ympäristöselvitys



Rovajärven ympäristöselvitys

NÄYTE	PVTT	RDX µg/l	HMX µg/l	1,3-DNB µg/l	TNT µg/l	2-AT 4-AT µg/l	2,4-DNT 2,6-DNT µg/l	DFA EC, MC µg/l
Kongäsvuoma	12KT304	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Porolampi	12KT305	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Kalliojoki	12KT306	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Kivisekä Lahde 2	12KT307	1	<0,2	<0,2	4	4-AT 2 2-AT 1	<0,2	<0,2
Niemimaa ylinaarmen lampi	12KT308	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Kypärävaara lampi	12KT309	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Kypärävaara lahde	12KT310	5	<0,2	<0,2	0,2	4-AT 0,7 2-AT 0,4	<0,2	<0,2
Kivioja (Ryy- mäysvaara)	12KT311	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Syvälammi, lampi	12KT312	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Oksavaara	12KT313	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Vianjoki	12KT314	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Hautainmaa 1. Pohjavesi	12KT315	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Määritys- alarajat		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

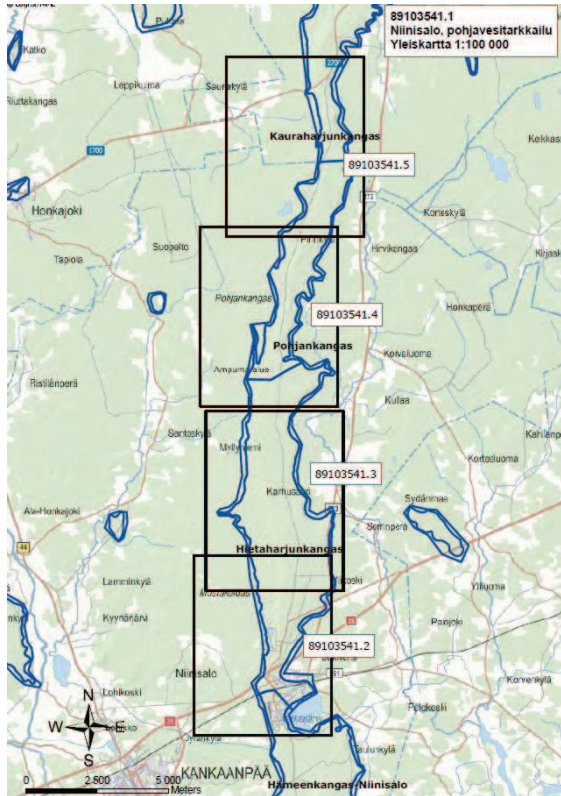
Käytetyt lyhenteet:

RDX = Heksogeeni
HMX = Oktogeeni
1,3-DNB = 1,3-Dinitrobensoeni
TNT = 2,4,6-Trinitrotolueeni
2,4-DNT = 2,4-Dinitrotolueeni
2,6-DNT = 2,6-Dinitrotolueeni
2-AT=2-Amino-4,6-dinitrotolueeni
4-AT=4-Amino-2,6-dinitrotolueeni
DFA=Difenyylamiini
EC = Etyylisentralliitti
MC = Metyyliisentralliitti





Pohjankankaan ampuma- ja harjoitusalue: Tarkkailu



Taulukko 3. Vuosina 2007-2011 määräysrajan ylittäneinä pitoisuuksina todetut räjähdysaineet ja ruudin stabilisaattori (EC). Taulukossa on vain ne havaintopisteet, joissa määräysrajan ylityksiä on todettu.

Havaintopiste	RDX	TNT	2-AT	4-AT	EC
HP2	x	x	x	x	
HP3	x				
HP4		x	x		
HP5			x		
Koeampumalaitos	x	x			
Likolampi	x	x			
Sammakkolampi	x				x
Suo-oja	x	x			
Santaskylän VO	x	x	x	x	

Taulukko 4. Keväällä 2012 määräysrajan ylittäneet räjähdysaineiden pitoisuudet. Santaskylän vedenottamon kohdalla on sulkeissa kesän ja syksyn lisänäytteenottojen tulokset.

Piste	RDX	2-AT	4-AT
HP2	0,9		0,3
HP3	0,3		
HP4		0,2	
HP5		0,3	
Koeampumalaitos	0,5		
Sammakkolampi	2,0		
Santaskylän VO	0,8 (0,5), (<0,2)		



Pohjankankaan ampuma- ja harjoitusalue: Tarkkailu

Havaintopiste Ajankohta	HP1B 2007	2008	2009	2010/04	2010/08	2011/06	2011/11	2012/5
Yhdiste								
RDX ug/l	<100	<0,05	<0,2		<0,2	<0,2	<0,2	
HMX ug/l	<100		<0,2		<0,2	<0,2	<0,2	
1,3-DNB ug/l	<100		<0,2		<0,2	<0,2	<0,2	
2,4,6-TNT ug/l	<100	<0,1	<0,05		<0,2	<0,2	<0,2	
2-AT ug/l	<100		<0,05		<0,05	<0,2	<0,2	
4-AT ug/l	<100		<0,05		<0,05	<0,2	<0,2	
1,3,5-TNB ug/l	<100		<0,05		<0,05	<0,2	<0,2	
2,4- ja 2,6-DNT ug/l	<100		<0,05		<0,2	<0,2	<0,2	
DFA ug/l	<100		<0,5		<0,5	<0,5	<0,2	
EC ug/l	<100		<0,1		<0,1	<0,1	<0,2	
Nitraatti mg/l	<0,2	<1,0	<1,0	1,1				
Nitriitti mg/l	<0,002	<0,05	<0,05	<0,01				
Ammonium mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02				
Happi mg/l	12,1	12,8	13,0	12,7				

Havaintopiste Ajankohta	HP2 2007	2008	2009	2010/04	2010/08	2011/06	2011/11	2012/5
Yhdiste								
RDX ug/l	<100			<0,2	0,7	1,0	0,6	0,9
HMX ug/l	<100			<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
1,3-DNB ug/l	<100			<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
2,4,6-TNT ug/l	<100		<0,05	0,9	<0,2	<0,2	<0,2	
2-AT ug/l	<100		0,1	0,2	<0,05*	<0,2	<0,2	
4-AT ug/l	<100		0,1	0,2	<0,05*	<0,2	<0,2	
1,3,5-TNB ug/l	<100		<0,05	<0,05	<0,05	<0,2	<0,2	
2,4- ja 2,6-DNT ug/l	<100		<0,05	<0,05	<0,02	<0,2	<0,2	
DFA ug/l	<100		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,2	
EC ug/l	<100		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	
Nitraatti mg/l	1,8		1,7					
Nitriitti mg/l	<0,05		<0,01					
Ammonium mg/l	<0,05		<0,02					
Happi mg/l	12,9		12,1					

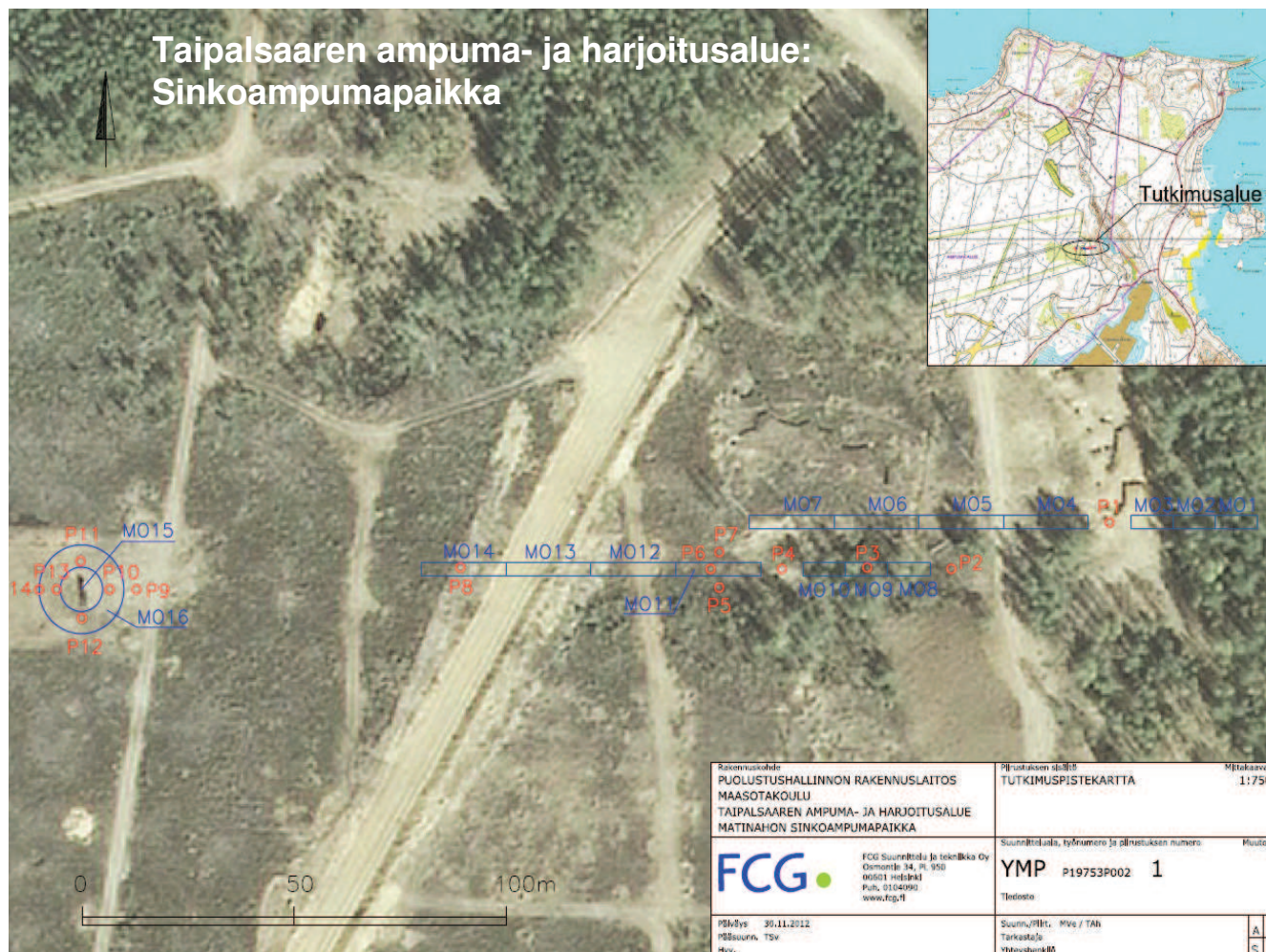
Yhdiste	Kansainvälisiä viitearvoja *	
	Maaperä (mg/kg)	Pohjavesi (µg/l)
TNT	0,15...200	1,0...4,7
RDX	0,005...500	0,35...28
HMX	3,4...4100	93...782
2,4-DNT	0,006...50	0,05...2,0
2,6-DNT	0,05...620	1,1...15,6
2A-DNT	0,48...31,3	1,0...31,1
4A-DNT	0,48...1900	1,0...73

Havaintopiste Ajankohta	HP3 2007	2008	2009	2010/04	2010/08	2011/06	2011/11	2012/5
Yhdiste								
RDX ug/l	<100			<0,2		0,3	0,2	0,3
HMX ug/l	<100			<0,2		<0,2	<0,2	<0,2
1,3-DNB ug/l	<100			<0,2		<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-TNT ug/l	<100			<0,05		<0,2	<0,2	<0,2
2-AT ug/l	<100			<0,05		<0,05	<0,2	<0,2
4-AT ug/l	<100			<0,05		<0,05	<0,2	<0,2
1,3,5-TNB ug/l	<100			<0,05		<0,05	<0,2	<0,2
2,4- ja 2,6-DNT ug/l	<100			<0,05		<0,2	<0,2	<0,2
DFA ug/l	<100			<0,5		<0,5	<0,5	<0,2
EC ug/l	<100			<0,1		<0,1	<0,1	<0,2
Nitraatti mg/l	8,3		7,0					
Nitriitti mg/l	<0,05		<0,01					
Ammonium mg/l	<0,05		<0,02					
Happi mg/l	12,0		11,2					

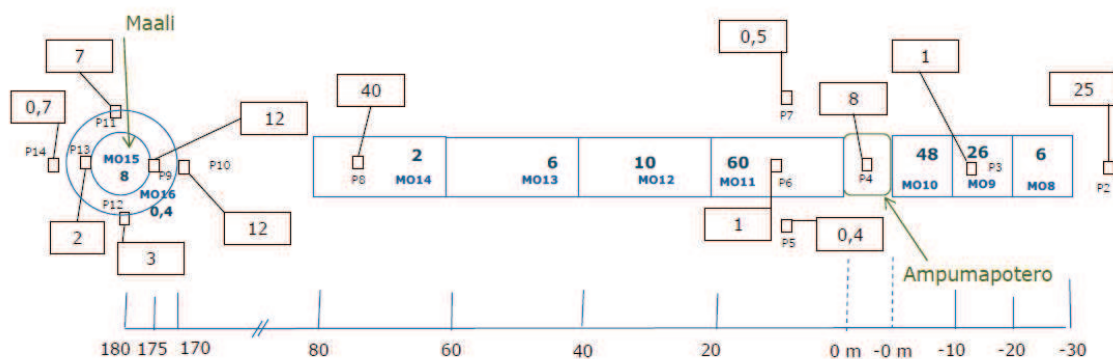
Havaintopiste Ajankohta	HP4 2007	2008	2009	2010/04	2010/08	2011/06	2011/11	2012/5
Yhdiste								
RDX ug/l	<100			<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
HMX ug/l	<100			<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,3-DNB ug/l	<100			<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-TNT ug/l	<100			0,1	0,5	<0,05	<0,2	<0,2
2-AT ug/l	<100			<0,05	0,1	<0,05	<0,05	0,2
4-AT ug/l	<100			<0,05	<0,05*	<0,05	<0,05	<0,2
1,3,5-TNB ug/l	<100			<0,05	<0,05	<0,2	<0,2	<0,2
2,4- ja 2,6-DNT ug/l	<100			<0,05	<0,05	<0,2	<0,2	<0,2
DFA ug/l	<100			<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,2
EC ug/l	<100			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2
Nitraatti mg/l	<1,0		<1,0					
Nitriitti mg/l	<0,05		<0,01					
Ammonium mg/l	<0,05		<0,02					
Happi mg/l	12,2		11,1					

Havaintopiste Ajankohta	HP5 2007	2008	2009	2010/04	2010/08	2011/06	2011/11	2012/5
Yhdiste								
RDX ug/l	<100			<0,2			<0,2	8,3
HMX ug/l	<100			<0,2			<0,2	<0,2
1,3-DNB ug/l	<100			<0,2			<0,2	<0,2
2,4,6-TNT ug/l	<100			<0,05			<0,2	<0,2
2-AT ug/l	<100			<0,05			0,2	0,3
4-AT ug/l	<100			<0,05			<0,2	<0,2
1,3,5-TNB ug/l	<100			<0,05			<0,2	<0,2
2,4- ja 2,6-DNT ug/l	<100			<0,05			<0,2	<0,2
DFA ug/l	<100			<0,5			<0,5	<0,2
EC ug/l	<100			<0,1			<0,1	<0,2
Nitraatti mg/l	<1,0		<1,0					
Nitriitti mg/l	<0,05		<0,01					
Ammonium mg/l	<0,05		<0,02					
Happi mg/l				11,8				

Taipalsaaren ampuma- ja harjoitusalue: Sinkoampumapaikka

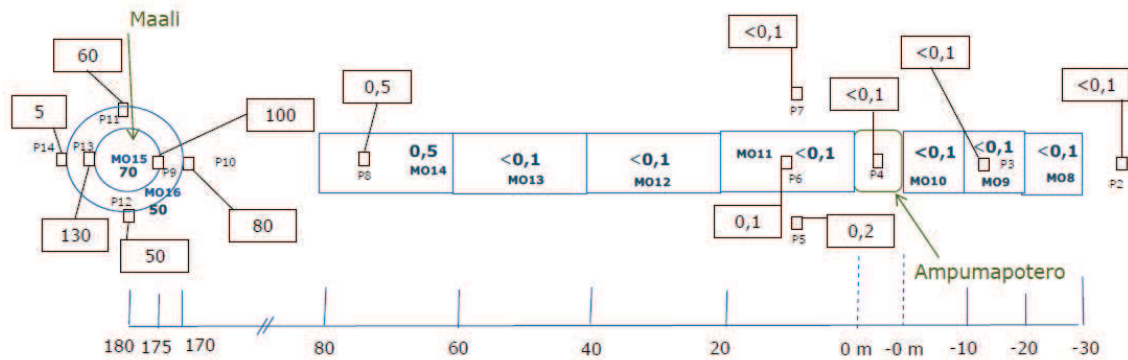


Taipalsaaren sinkoampumapaikka, TNT





Taipalsaaren sinkoampumapaikka, HMX



... Kiitos!

