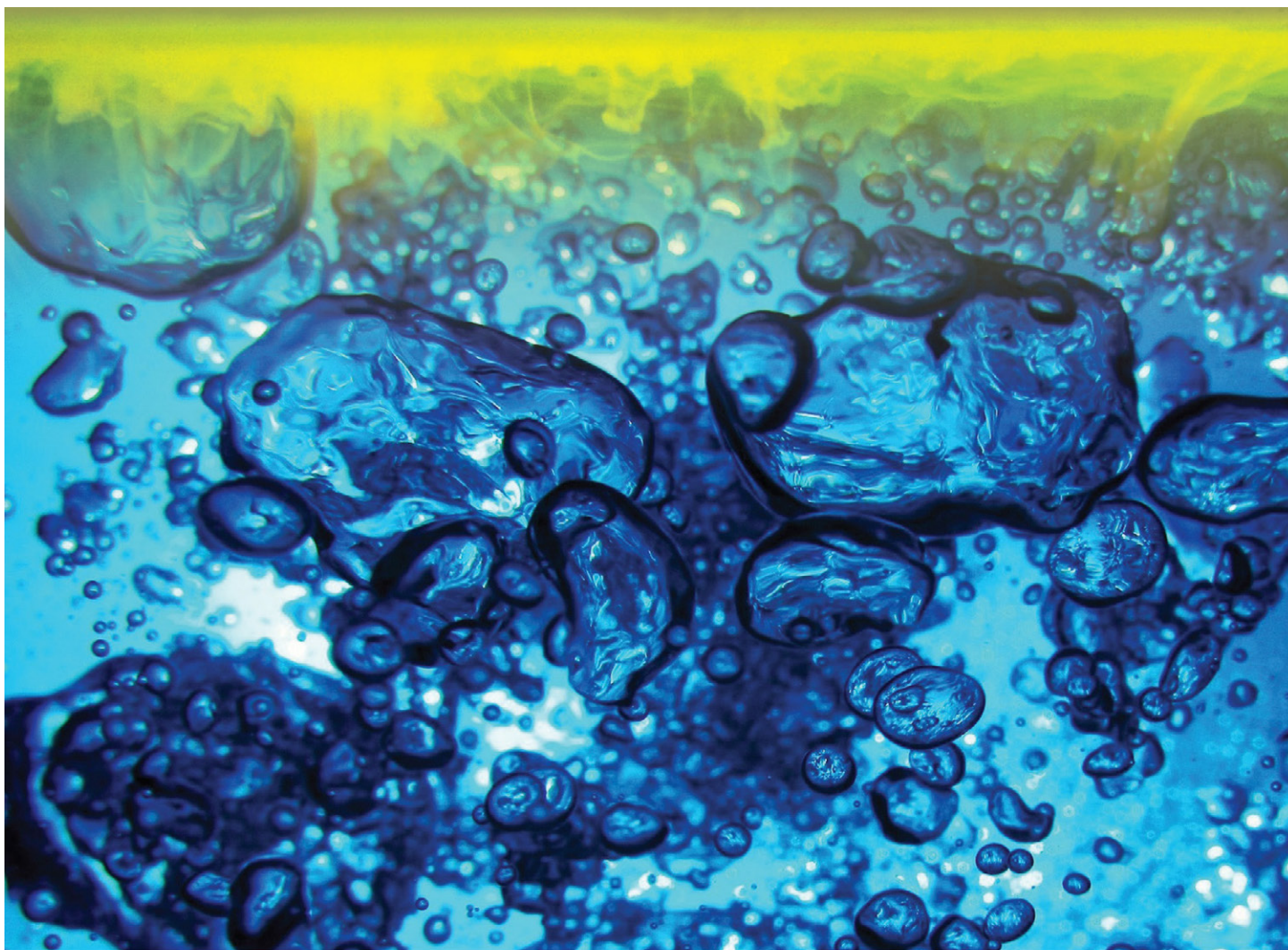




# Estimering av forurensning i tunnel og tunnelvaskevann

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr.99



NORWAT - Nordic Road Water

### Tittel

Estimering av forurensning i tunnel og tunnelvaskevann

### Undertittel

### Forfatter

Malin Torp og Sondre Meland

### Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

### Seksjon

Miljø

### Prosjektnummer

603019

### Rapportnummer

Nr.99

### Prosjektleder

Sondre Meland

### Godkjent av

Hedda Vikan

### Emneord

Tunnel, renseanlegg, miljø, tunnelvaskevann, forurensningsindeks.

### Sammendrag

Det er laget en oversikt over 74 tunneler i Region øst med og uten rensing av tunnelvaskevann. 58 (78 %) av tunnelene har ikke noen form for vannrensing. Rapporten viser også estimert forurensning fra tunnelene. Hensikten har vært å lage en rangering på hvilke tunneler som bør prioriteres ved fordeling av midler til vannrensing. Tunnelene rangeres i rapporten ved hjelp av en forurensningsindeks (f-indeks). Nordbyttunnelen har dokumentert forurensningseffekt på miljøet og benyttes som en «referansetunnel». Fem tunneler har større f-indeks for årsproduksjon forurensning per tunnel enn Nordbyttunnelen. Ved bruk av f-indeks for forurensningskonsentrasjon i vaskevannet har 25 (34%) tunneler en større f-indeks enn Nordbyttunnelen. Ved en eventuell vurdering av fremtidige rens tiltak er det disse som først bør prioriteres. I en fremtidig vurdering av rens tiltak bør det også gjennomføres en mer detaljert karakterisering av den enkelte resipient med henblikk på robusthet mot forurensning.

**Antall sider** 28

**Dato** November 2013

### Title

Estimation of pollution in wash water from tunnels

### Subtitle

### Author

Malin Torp and Sondre Meland

### Department

Traffic Safety, Environment and Technology Department

### Section

Environmental Assessment

### Project number

603019

### Report number

No.99

### Project manager

Sondre Meland

### Approved by

Hedda Vikan

### Key words

Tunnel, treatment plant, tunnel wash water, environment, pollution index.

### Summary

This report contains a list of tunnels in the Eastern Region of Norway with information about whether they have treatment facilities for tunnel wash water or not. 78% of studied tunnels do not have any form of water treatment. The intention of the report is to create a ranking of the tunnels that should be given priority when distribution of funds for treatment systems is given. To create a ranking of tunnels, a pollution index (f-index) was calculated. The Nordby tunnel has documented contamination impact on the environment, and was used as a reference tunnel. Five tunnels had a higher f-index for total pollution produced per tunnel than the reference tunnel. Twenty-five (34%) of the tunnels had higher f-index for concentration in wash water than the reference. For tunnels with index more than or close to the reference level it would be appropriate to conduct precise surveys of wash water chemical composition and water consumption. Moreover, the tunnels' recipients should be evaluated in order to ascertain their robustness against contamination

**Pages** 28

**Date** November 2013



Statens vegvesen

**NORWAT**  
Nordic Road Water

## Forord

NORWAT er et fireårig etatsprogram (2012-2015) som gjennom ny kunnskap skal bidra til at Statens vegvesen planlegger, bygger og drifter vegnettet uten å påføre vannmiljøet uakseptabel skade. Programmet ønsker å redusere risikoen for biologisk skade forårsaket av avrenningsvann, redusere utslipp av miljøgifter til resipient og lage renseløsninger som er tilpasset landskap og resipient. Dette skal oppnås ved å utvikle anvendbare metoder for når, hvor og hvilke rens tiltak som skal iverksettes. I tillegg skal programmet etablere forslag til retningslinjer og rutiner for drift og vedlikehold av renseløsningene. Ytterligere informasjon om NORWAT inkludert publiserte rapporter finnes på nettsidene [www.vegvesen.no/norwat](http://www.vegvesen.no/norwat).

Denne rapporten er laget etter et ønske fra Byggherreseksjonen Region øst hvor det ble etterspurt en oversikt over tunneler med og uten renseløsning. Videre er forurensningsproduksjon estimert for å kunne lage en oversikt over hvilke tunneler som har størst behov for rens tiltak. Rapporten inkluderer ikke sårbarhetsvurdering av de enkelte tunnelers resipienter.

Arbeidet med rapporten ble startet i juli 2012 og slutført høsten 2013. Takk til Kjersti Wike Kronvall og Hedda Vikan for gode råd. Takk til Willie Pedersen Juul for hjelp til informasjon fra NVDB. Takk til Iiril Helen Ulvøen for hjelp med ÅDT-registreringer. Takk til driftsseksjonene på Vegavdelingene i Region øst for hjelp med informasjon vedrørende tunnelene.

## Sammendrag

Det er laget en oversikt over 74 tunneler i Region øst med og uten rensing av tunnelvaskevann. 58 (78 %) av tunnelene har ikke noen form for vannrensing. Rapporten viser også estimert forurensning fra tunnelene. Hensikten har vært å lage en rangering på hvilke tunneler som bør prioriteres ved fordeling av midler til vannrensing. Beregningene tar utgangspunkt i tidligere målinger utført på tre tunneler i Region øst: Nordbytunnelen (årsdøgntrafikk (ÅDT) 25 000), Granfosstunnelen (ÅDT 29 000) og Festningstunnelen (ÅDT 80 000). Ved å anta lineære sammenhenger mellom forurensningsmengde i tunnelene (mengde (stoff/km)/år) og ÅDT kan man estimere årsproduksjonen av forurensning inne i tunnelene som vil fraktes videre til vaskevannet (mengde stoff/L vaskevann). Forurensningskonsentrasjonen i vaskevannet er regnet ut ved å bruke estimerte vaskevannsmengder fra tidligere undersøkelser. Tunnelene rangeres i rapporten ved hjelp av en forurensningsindeks (f-indeks). Nordbytunnelen har dokumentert forurensningseffekt på miljøet og benyttes som en «referansetunnel». Tunnelene med høyest f-indeks er de tunnelene med høyest forurensningsbidrag blant de 74 tunnelene. Det ble beregnet f-indeks både for årsproduksjon forurensning og for forurensningskonsentrasjon.

5 tunneler har større f-indeks for årsproduksjon forurensning per tunnel enn Nordbytunnelen. Det betyr at disse tunnelene produserer mer forurensning samlet per tunnel per år enn Nordbytunnelen. Av disse er det kun en tunnel som ikke har renseløsning for vann. Ved bruk av f-indeks for forurensningskonsentrasjon i vaskevannet har 25 (34%) tunneler en større f-indeks enn Nordbytunnelen. Det betyr at disse har høyere forurensningskonsentrasjoner i vaskevannet enn referansetunnelen. Sytten av disse tunnelene har ikke renseløsninger for vaskevannet. Ved en eventuell vurdering av fremtidige rensiltak er det disse som først bør prioriteres. I en fremtidig vurdering av rensiltak bør det også gjennomføres en mer detaljert karakterisering av den enkelte resipient med henblikk på robusthet mot forurensning.

# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b>	<b>i</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>ii</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>1</b>
<b>2. Tunnelvask</b>	<b>3</b>
2.1 <i>Vaskerutiner og vaskeprosedyre</i>	3
2.2 <i>Mengde vaskevann</i>	4
<b>3. Datagrunnlag og metode</b>	<b>4</b>
3.1 <i>Grunnlagsdata</i>	4
3.1.1 <i>Mengde forurensning</i>	6
3.1.2 <i>Estimert forbruk av vaskevann</i>	8
3.2 <i>Forurensningsindeks</i>	8
<b>4. Resultat og diskusjon</b>	<b>10</b>
4.1 <i>Resultater</i>	10
4.2 <i>F-indeks for årsproduksjon og forurensningskonsentrasjon</i>	20
<b>5. Miljørisiko og anbefalinger</b>	<b>24</b>
<b>6. Konklusjon</b>	<b>25</b>
<b>7. Referanser</b>	<b>26</b>
<b>VEDLEGG 1</b>	<b>I</b>



## 1. Innledning

Statens vegvesen har et sektoransvar for miljø gjennom planlegging, bygging og drifting av det statlige og fylkeskommunale vegnettet. Til sammen i hele landet utgjør dette vegnettet i overkant av 54 000 km. Med bakgrunn i vår topografi, bosettingsmønster, arealutnyttelse og miljøhensyn er Norge et av de landene i verden med flest tunneler. I dag har Statens vegvesen ansvaret for mer enn 1000 tunneler (800 km), og det bygges ca. 20-30 km ny tunnel hvert år (Vikan 2012).

Forurenset vegavrenning fra sterkt trafikkerte veger og tunnelvaskevann kan potensielt skade miljøet ved at miljøgifter spres til jord og vann (Meland et al., 2010a; Ramakrishna & Viraraghavan, 2005; Meland et al., 2010c). Enkelte studier har vist en sammenheng mellom økende årsdøgntrafikk (ÅDT) og mengde forurensningsstoffer i miljøet ved vegen (Hares & Ward, 1999; Opher & Friedler, 2010; Kimaszewska K, 2007), mens andre har ikke greid å dokumentere noen klar sammenheng (Apul et al. 2010). Kjente kilder til forurensningene er bremses, dekk (spesielt piggdekk), katalysatorer, karosseri, forbrenningsrester, olje- og bensinsøl. I tillegg vil slitasje av vegoverflaten (asfalt), vegsalt, plantevernmidler, vegutstyr som trafikkskilt og midtrabatter, og vaskemidler fra tunnelvask, inkluderes i vegavrenningen (Meland, 2010).

I tunneler avsettes og akkumuleres forurensninger til tunnelvegger, tak og teknisk utstyr (Meland et al., 2010a). Generelt sett er forurensningskonsentrasjonen i tunnelvaskevann langt større enn forurensningskonsentrasjonen i avrenningsvann fra veg i dagen ved sammenlignbar ÅDT. Dette skyldes bl.a. at forurensningene normalt akkumuleres over lengre tidsperioder sammenlignet med veg i dagen som er styrt av tiden mellom nedbørsepisoder (Meland, 2012; Roseth & Amundsen, 2003). Forurensning på åpen veg vil også spres av vind og sprut over lengre strekninger. Dermed når ikke store deler av forurensningen frem til renseløsningen på lik linje som den gjør i en tunnel. Renhold av tunnelene bidrar til utslipp av vann med store mengder miljøgifter, og det er påvist både kronisk og akutt giftighet hos vannlevende organismer (Meland, 2010; Meland et al., 2010b; Meland 2012a). For eksempel, så er det dokumentert redusert vekst hos sjøørret (*Salmo trutta*) nedstrøms utslipp for tunnelvaskevann selv om vannet er rensert i sedimenteringsbasseng (Meland et al., 2010a).

I Norge brukes renseløsninger som renseløsning for tunnelvaskevann, men de færreste av eksisterende tunneler har dette. Det er derfor viktig at det foretas en vurdering av om disse

tunnelene skal suppleres med renseløsninger. En slik vurdering bør inkludere en estimering av forurensningsmengder og konsentrasjoner for vannet som fraktes ut av tunnelen, samt en vurdering av resipientens sårbarhet. (Meland, 2012).

## **Målsetting**

Målsettingen med denne rapporten har vært to-delt;

- 1) gi en oversikt over hvilke tunneler i Region øst som har eller ikke har rensing av tunnelvaskevann
- 2) lage en rangering av tunnelene som potensielt har størst årlig forurensningsproduksjon og forureningskonsentrasjon av et utvalg vegrelaterte forurensningsstoffer (metaller, næringsstoffer og organiske forbindelser)

## 2. Tunnelvask

### 2.1 Vaskerutiner og vaskeprosedyre

Tunnelvask er nødvendig for å opprettholde trafikksikkerhet. For eksempel er det nødvendig at fluoriserende skilter og nødllys holdes rene, og at olje og andre friksjonsdempende stoffer spyles fra vegbanen. Tunnelvask bidrar også til å forlenge levetiden til tunnelen og dens konstruksjoner. Dette er fordi for eksempel saltløsninger kan føre til korrosjon av stålarmeringene, og forårsake sprekker i betongen. I tillegg bidrar tunnelvask til at partikkelinnholdet i lufta inne i tunnelen holdes nede for å unngå helseskadelig nivå for bilistene (Byman, 2012; Statens vegvesen, 2012).

Det er variasjon i hvor ofte tunneler vaskes og hvor mye vann som brukes. Minimumskrav til vaskefrekvens bestemmes ut fra tunnelens ÅDT og er angitt i Statens vegvesens standard for vedlikehold og drift av riksveger (Statens vegvesen, 2012) (Tabell 1). Kravene gjelder alle tunneler og er uavhengig av konstruksjonsmetode.

**Tabell 1. Minimumskrav til vaskerutiner avhengig av ÅDT som skal utføres i alle løp, tunnelnisje, rømningsveg og andre rom i forbindelse med tunnelen samt tunnel- og vegutstyr (Statens vegvesen, 2012)**

ÅDT/tunnelløp	Årlig vasketype og vaskefrekvens	Teknisk renhold vaskefrekvens
> 15 001	helvask×2 + halvvaske×4	teknisk×5
12 001 - 15 000	helvask×2 + halvvaske×3	teknisk×5
8001 - 12 000	helvask + halvvaske×2	teknisk×3
4001 – 8000	helvask + halvvaske	teknisk×2
301 – 4000	Helvask	teknisk×1
0 – 300	Helvask hvert 5 år	teknisk×1 (i år uten renhold)

Under vasking brukes suge- og feiebil til å fjerne skitt og større partikler før vasking med vann og såpe. Etter vaskingen samles skitt og udrenert overskuddsvann opp fra vegbanen.

Helvask består av å rengjøre alle flater og teknisk utstyr. Ved halvvaske gjennomføres kun vasking av vegger, skilt, lysrekker og skylling av vegbanen. Sandfang med partikler tømmer ved behov, og graden av forurensning avgjør om slammet sendes på deponi (Statens vegvesen, 2006). Teknisk vask består av rengjøring av sideplasserte overhengende skilt,



bommer inkludert belysning, kjørefeltsignaler, nødstasjoner og annet teknisk utstyr samt, dører og rengjøring av kjørebane og skulder.

## **2.2 Mengde vaskevann**

Vannforbruket varierer med forskjellig vaskeutstyr og fremdriftshastighet (Statens vegvesen, 1997a). Lavtrykksdyser (< 15 bar) fører til et større vannforbruk enn bruk av høytrykksdyser (75 -150 bar). En studie av tunnelvask i 13 tunneler viste en forskjell i vannforbruk på opp mot 356 % mellom lav- og høytrykksdysene (Statens vegvesen, 1997b). En annen studie på tunnelvask viste at vannforbruket ved bruk av lavtrykksdyser er ca. 100 L/m ved helvask av en toløps firefelts-tunnel (to felt i hvert tunnellopp) og ca. 140 L/m i en toløps trefelts-tunnel (tre felt i hvert tunnellopp) (Roseth & Meland, 2006). Ved halvvaske benyttes ca. 70 % av vannforbruket som ved en helvask.

Omtrent 70 – 90 % av vaskevannet føres ut av tunnelen med overvanns- og drens-systemet, resten absorberes i vegg- og takoverflatene, fordampes eller suges opp av feie- og sugemaskinen. Sprøytebetong vil f.eks. typisk absorbere mer vann enn betongelementer. Bruk av såpe varierer, og der dette benyttes vil ca. 0,2 – 5 % av vannforbruket bestå av såpe.

## **3. Datagrunnlag og metode**

### **3.1 Grunnlagsdata**

Det er laget en oversikt over 74 tunneler i Region øst med og uten renseløsning, og videre er forurensningsproduksjon i tunnelene estimert. Hensikten med beregningene er å lage en oversikt og en rangering av de tunnelene som har størst estimert forurensningsproduksjon, og derfor har størst behov for rensing eller ytterligere rensiltak. Det finnes tidligere undersøkelser av forurensningskonsentrasjoner i tunnelvaskevann (Andersen et al. 1995; Statens vegvesen 1997), samt ulike utslippsfaktorer utarbeidet av Amundsen og Roseth (2004) og utslippsfaktorer tilgjengelig i den svenske modellen Stormtac ([www.stormtac.com](http://www.stormtac.com)). Vi har imidlertid valgt å basere beregningene med utgangspunkt i en nyere studie fra 2006 (Roseth & Meland, 2006; Meland, 2012) da vi anser at disse dataene er noe mer sikrere og konsistente (prøve- og analysemetodikk) for forurensningskomponenter i tunnelvaskevann. I tillegg er Statens vegvesens retningslinjer for vaskerutiner benyttet i beregningene (Statens vegvesen, 2012). Vi vil allikevel presisere at tallene som fremkommer i denne rapporten er grove anslag ettersom det er basert på flere forutsetninger og målinger som kan gi usikkerhet,

men vi mener den gir et godt grunnlag for å sammenligne forureningsbelastningen mellom de enkelte tunnelene.

Forurensningsstoffene som inngår i beregningene er: fosfor (P), sink (Zn), bly (Pb), nikkel (Ni), kobber (Cu), kadmium (Cd), nitrogen (TOT-N<sup>1</sup>), krom (Cr) og benzo(a)pyren, TOT-olje<sup>2</sup> og TOT 16-PAH<sup>3</sup>, samt mengde partikler. Estimert på såpeinnhold beregnes ikke i denne rapporten. Mengden vaskevann reduseres ved bruk av såpe, men dette er tatt hensyn til ved at estimerte mengder vaskevann bygger på tall fra tunnelvask med bruk av såpe. Det foreligger ikke målinger av forurensningsstoffer i vaskevann fra teknisk vask. Teknisk vask er derfor ikke tatt hensyn til i beregningene. Dette medfører trolig en liten underestimert av den totale årsproduksjonen, men vil ikke påvirke innbyrdes rangering av tunnelene med henblikk på forurensningspotensialet.

Som grunnlag for oversikter over tunnelene og deres eventuelle renseløsninger er det tatt utgangspunkt i informasjon fra driftsseksjonene på Vegavdelingene i Region øst (Oppland, Østfold, Akershus, Oslo og Hedmark) og tunnelenes beredskapsplaner. For tunneler, vegreferanser, tunnellengder, registrerte renseløsninger for tunnel og ÅDT er Nasjonal vegdatabank (NVDB) brukt som referanse. Det kan ha blitt registrert nye tunneler i NVDB underveis som ikke er inkludert her. Enkelte tunneler som er korte eller foreligger som lokk og som det finnes for liten informasjon om til å bruke i beregningene er tatt ut. For noen lokk som ligger avsides til og har lav ÅDT er det ikke faste vaskerutiner. Noen av disse vaskes enten sjelden eller aldri, men beregninger i denne rapporten bygger på hva som teoretisk forventes fra håndbøker om ikke annen informasjon er registrert. ÅDT ble hentet ut 21.1.2013 og er gjennomsnittsverdi for den totale årsgjennsnittsverdi for den gitte strekningen tunnelen strekker seg over. I utgangspunktet blir trafikkregistreringer kvalitetssikret og lagt inn løpende gjennom året, men på grunn av etterslep av innregistreringer kan det mangle oppdateringer fra foregående år (Skibakk pers. med., 2013). For noen av ÅDT-referansene er det benyttet registreringer fra tellepunkter i nærheten av tunnelen (Ulvøen pers. med., 2013). Objekter (installasjoner som er en del av infrastrukturen til vegen/tunnelen, for eksempel lysarmaturer,

---

<sup>1</sup> TOT-N er summen av nitrat (NO<sub>3</sub>), nitritt (NO<sub>2</sub>), organisk nitrogen og ammoniakk (alle betegnet som N).

<sup>2</sup> TOT-olje er alle fraksjonene av hydrokarboner (korte, middels og langkjedete)

<sup>3</sup> TOT 16-PAH er det totale innholdet av benz(a)anthracene, benzo(a)pyrene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, chrysene, dibenz(a,h)anthracene, indeno(1,2,3-cd)pyrene, acenaphthene, acenaphthylene, anthracene, benzo(ghi)perylene, fluoranthene, fluorene, naphthalene, phenanthrene og pyrene. Disse 16 enkelt PAH'ene er de mest skadelige i henhold US EPA (United States Environmental Protection Agency).

vifter og sandfang i tunnel) registrert for tunnel ble oppdatert i NVDB i 2010, og da ble mange renselanlegg lagt inn i databasen. Det er ikke utført generelle oppdateringer på objekter etter dette, om ikke driftsavdelingene har sørget for dette selv. Oppdateringer på tunnelobjekt i NVDB fram til 2013 kan derfor være noe mangelfull (Chiodini pers. med., 2013). Det kan derfor bety at noen tunneler har renseløsning uten at dette er registrert i NDVB, men det er også utført kvalitetssikringer med driftsavdelingene som håndterer tunnelene. Det er også mangel på tegninger av bassengene, og de som foreligger er lite tilgjengelige.

### **3.1.1 Mengde forurensning**

Forurensning avsettes på veg- og tunnelflater. Generelt gir høyere ÅDT større forurensningsproduksjon, men sammenhengen er ikke helt lineær (Apul et. al 2010; Roseth & Meland 2006). Vi har derfor valgt å bruke lineær metode i to intervaller, ÅDT 0 – 27 000 og ÅDT 27 000 – 80 000. Ved estimat av forurensningsproduksjonen er målte tall og resultater fra Festningstunnelen (ÅDT 80 000), Granfosstunnelen (ÅDT 29 000) og Nordbytunnelen (ÅDT 25 000) benyttet ved å sette en lineær sammenheng mellom ÅDT og forurensningsproduksjonen i disse tunnelene (Tabell 2), slik at mengde forurensning øker lineært med mengde ÅDT. Målingene av forurensninger i vaskevannet og fordeling av forurensningsstoffer før og etter rensing i disse tre tunnelene ble gjort i 2006 (Roseth & Meland 2006).

Forurensningene vil fordele seg mellom urensset vaskevann, masser i sandfang og masser tatt opp av suge- og feiebil under rengjøring (Roseth & Meland 2006). Prosentvis fordeling av forurensningsproduksjonen som går videre i vaskevannet er oppgitt i Tabell 3 og inkludert i beregningene. De fleste tunneler har sandfang til oppsamling av overflatevann og vaskevann, og pumpestasjoner, pumpeledninger med slamutskiller og oljeutskiller (Statens vegvesen, 2010). Fordeling til sandfang og eventuelt oljeavskillere er ikke inkludert i beregningene, og ikke registrert som egne rensiltak for tunnelvaskevann. Dette er fordi sandfang primært er bygd for å fange opp sand og grus mens oljeavskillere er bygd for å hindre ukontrollerte utslipp av væsker lettere enn vann ved tankbilvelt.

Tabell 2. Beregnet lineær sammenheng mellom ÅDT (0 til 27 000 og 27 000 til 80 000) og forurensningsproduksjon (mengde stoff/km/år) basert på målinger fra Roseth og Meland (2006).

ÅDT 0 – 27 000 y = stoff/km/år. X = ÅDT til den enkelte tunnel		ÅDT 27 000 – 80 000 y = stoff/km/år. X = ÅDT til den enkelte tunnel	
P (kg)	$y = 0,0005X$	P (kg)	$y = (0,0006X) - 3,3019$
Zn (kg)	$y = 0,0004X$	Zn (kg)	$y = (0,0003X) + 0,8302$
Pb (g)	$y = 0,0098X$	Pb (g)	$y = (0,0153X) - 148,66$
Ni (g)	$y = 0,0143X$	Ni (g)	$y = (0,0093X) + 135,34$
Cu (kg)	$y = 4 \times 10^{-5}X$	Cu (kg)	$y = (9 \times 10^{-5}X) - 1,5472$
Cd (g)	$y = 0,0002X$	Cd (g)	$y = (0,0002X) + 1,9245$
TOT-N (kg)	$y = 0,0005X$	TOT-N (kg)	$y = (0,0002X) + 6,3774$
Partikler (tonn)	$y = 0,0006X$	Partikler (tonn)	$y = (0,0008X) - 4,8868$
Cr (g)	$y = 0,0243X$	Cr (g)	$y = (0,0209X) + 90,547$
TOT-16-PAH (g)	$y = 0,0025X$	TOT-16-PAH (g)	$y = (0,0029X) - 11,453$
Benzo(a)pyren (g)	$y = 7 \times 10^{-5}X$	Benzo(a)pyren (g)	$y = (0,0002X) - 2,0755$
TOT-olje (kg)	$y = 0,0031X$	TOT-olje (kg)	$y = (0,0023X) + 22,34$

Tabell 3. Andel (%) av forurensningsstoffer som fraktes ut med vaskevannet under tunnelvask (Roseth & Meland 2006; Meland 2012).

Forurensningskomponent	%-andel forurensning som går videre til vaskevannet
Fosfor	32
Kobber	38
Sink	27
Bly	28
Kadmium	51
Nikkel	22
Krom	17
Tot. Nitrogen	40
Partikler	17
Benzo(a)pyren	34
Tot. 16-PAH	43
Tot. Olje	52

### 3.1.2 Estimert forbruk av vaskevann

Årlig mengde vaskevann i den enkelte tunnel er beregnet ved å bruke vannmengde pr løpemeter tunnel, og er angitt i Tabell 4. Vannmengdene øker som følge av antall tunnellop og antall kjørefelt. Vaskevannsproduksjon for et helt år er estimert ut ifra minimum vaskehypighet angitt i Statens vegvesens standard for vedlikehold og drift av riksveger (Statens vegvesen, 2012) (Tabell 1., Kap. 2.1) i forhold til den enkelte tunnels ÅDT. Tunneler med ÅDT lavere enn 3000 vaskes kun hvert femte år. Dette betyr at forurensning akkumuleres i mange år. Forurensningsmengde per år fordelt på årlig forbruk av vaskevann kan uttrykkes ved å dividere vaskevannsmengden på antall år mellom hver vask.

Tabell 4. Estimerte mengder vaskevann som forbrukes under tunnelvask for tunneler med ulike antall løp og felt

Antall tunnellop	Antall kjørefelt	Vaskevann helvask (L/m)	Vaskevann halvask (L/m)
2	3	140	98
2	2	100	70
2	1	60	42
1	2	60	42
1	3	80	56

Videre er årsproduksjon forurensning per tunnel sammen med estimert bruk av vaskevann benyttet til å beregne konsentrasjoner i vaskevannet (mengde stoff dividert på volum vaskevann). Det er stor variasjon i vaskevannsforbruk (jmf. kap. 2.2) noe som resulterer i en direkte usikkerhet for konsentrasjoner i vaskevannet. Derfor vil beregning av årskonsentrasjon ha mindre usikkerhet knyttet til seg enn ved bruk av tall basert på vaskevann. Dette påvirker imidlertid ikke den innbyrdes rangeringen av tunnelenes f-indeks for årsproduksjon og forurensningskonsentrasjon i vaskevann.

### 3.2 Forurensningsindeks

For å få et uttrykk for samlet forurensningsproduksjon og for å kunne sammenligne og rangere forurensningsproduksjonen mellom tunnelene, er det benyttet en forurensningsindeks basert på formel etter Amundsen et al. (1999). Forurensningsindeks er i denne undersøkelsen beregnet for estimert konsentrasjon i vaskevann (mengde forurensningsstoff/L) og for estimert årsproduksjon (mengde forurensningsstoff/tunnel/år). Sistnevnte vil ikke avhenge av vaskevannsmengde og vaskehypighet, men kun av ÅDT. Framgangsmåten er den samme.

Forurensningsindeks regnes ut ved hjelp av Ligning 1. I dette eksempelet beregnes f-indeksen for årsproduksjon av forurensende stoff i en tunnel.

$$(1) FI_i = \frac{Zn_i}{\sum Zn_{1-x}} + \frac{Cd_i}{\sum Cd_{1-x}} + \frac{Pb_i}{\sum Pb_{1-x}} + \frac{Cu_i}{\sum Cu_{1-x}} + \frac{PAH_i}{\sum PAH_{1-x}} \text{ osv.}$$

Hvor:

$FI_i$  er forurensningsindeks for tunnel i.

$Zn_i$  er årsproduksjon av Zn i tunnel i.

$\sum Zn_{1-x}$  er summen av årsproduksjonen av Zn i alle x tunnelene.

Dette gjøres altså ved å dividere mengden for et stoff for hver tunnel med summen av det enkelte stoff for alle tunneler. Til slutt summeres delsummene av alle forurensningsstoffene, hvor høyest tall indikerer høyest forurensningsbidrag. For å gjøre det mer lettleselig, har vi regnet om disse tallene til en skala fra 0 – 100, hvor 100 representerer den tunnelen med høyest f-indeks (mest forurenset).

For å kunne si noe mer om den reelle miljørisikoen av forurensning fra tunnelene er Nordbyttunnelen brukt som referanse. Her er det påvist negative effekter på miljøet bl.a. i form av redusert vekst hos sjøørret nedstrøms utslipp av rensert tunnelvaskevann i Årungselva, samt akutt dødelighet av rumpetroll (buttsnutefrosk, (*Rana temporaria*)) i renselassenget (Meland et al., 2010a). Disse effektene på sjøørret og rumpetroll ble dokumentert ved en ÅDT på 25 000. I dag har trafikken økt i Nordbyttunnelen (ÅDT 32 600), og det er derfor i tillegg beregnet forurensningsproduksjon for Nordbyttunnelen slik den er i dag. Et eksempel på beregning av vaskevannsproduksjon, estimering av forurensning i tunnel og beregning av f-indeks finnes i Vedlegg 1.



## 4. Resultat og diskusjon

### 4.1 Resultater

Av totalt 74 kartlagte tunneler i Region øst så har 58 (78 %) av tunnelene ingen rensing av tunnelvaskevann. En fylkesinndelt oversikt over alle tunnelene med og uten rensing samt ÅDT, resipient<sup>4</sup> og kommentarer, er gitt i Tabellene 5-9. Alle tunnelene er sortert i alfabetisk rekkefølge etter tunnelnavn.

Forurensingsindeksen (f-indeks) basert på total årsproduksjon per tunnel er vist i Fig. 1, og f-indeks for konsentrasjoner i tunnelvaskevann presentert i Fig. 2. Begge figurene presenterer alle tunneler med og uten rensing inkludert Nordbytunnelen med ÅDT 25 000 (referansetunnel) og 32 600 (gjeldende ÅDT). Fem tunneler (7%) har større f-indeks for årsproduksjon per tunnel sammenlignet med Nordbytunnelen (ÅDT 25 000). En av disse har ikke rensing. Tjuefem (34 %) av tunnelene har større f-indeks for forurensningskonsentrasjon enn Nordbytunnelen med ÅDT 25 000. Sytten av disse har ikke rensing.

---

<sup>4</sup> Det er usikkert om alle opplysninger om resipientene stemmer (det er ikke utført nye undersøkelser på dette i sammenheng med rapporten), og det må derfor gjøres oppmerksom på at opplysningene her kan være svært usikre.

Tabell 5 Oversikt over tunneler i Østfold med informasjon om vegnummer, tunnallengde, ÅDT, rensning/ikke rensing, resipient, samt kommentarer om rensing/resipient.

Veg	Navn	Tunnallengde (m)	Løp	Felt/løp	ÅDT	Rensing?	Typ renseløsning	Resipient	Kommentar
E18	Askimporten	1000	2	2	9436	Ja	Sedimenteringsbasseng	Glomma	Utslipp fra vegbanen i tunnelen vil renne ned til sedimenteringsbasseng utenfor vestre tunnelåpning. Fra bassenget føres vannet ut i Glomma.
FV108	Bjølstadtunnelen	440	2	2	11600	Nei			Tilsig og eventuelle utslipp fra tunnelen vil renne til pumpesump og fordrøyningsbasseng <sup>5</sup> ved tunnelportal mot Oslo.
E6	Eidet-tunnelen	865	2	2	23900	Nei		Visterflo	Oppsamling av forurensning ved Børstad undergang FV 118. I dag går vaskevannet i store tanker til oppsamling av forurensning. Annet vann går videre ut i bekk til Visterflo. Entreprenør kjører bort vaskevannet i kummene under vaskingen.
E6	Galteryggen	91	2	2	23900	Nei			
FV108	Hvalertunnelen	3775	1	2	1990	Nei			Pumpestasjon for drenering av overvann og lekkasjevann ligger i tunnelens laveste punkt. Ved pumpestans i normal situasjon vil vannet renne over i fordrøyningskammeret. Tunnelen er undersjøisk.
RV19	Mosseporten	295	1	2	20650	Nei			
RV110	St, Hansfjellet	158	1	2	22002	Nei			

<sup>5</sup> Fordrøyningsbasseng er ikke registrert som renseløsning for tunnelvaskevann. Dette er fordi fordrøyningsbasseng har dårlig rensfunksjon da innlekkasje av drenasjevann forstyrrer sedimenteringsprosessen. Drenasjevann er derimot med på å fortynne vaskevannet, og det anbefales å slippe det ut sammen med rensset vaskevann.

Tabell 6 Oversikt over tunneler i Akershus med informasjon om vegnummer, tunnallengde, ÅDT, rensning/ikke rensing, resipient, samt kommentarer om rensing/resipient.

Veg	Navn	Tunnallengde (m)	Løp	Felt/løp	ÅDT	Rensing?	Typ renseløsning	Resipient	Kommentar
RV160	Bekkestutunnelen	745	1	2	9621	Ja	Sedimenteringsbasseng		Pumpesump og oppsamling av forurensning. 2 stk. basseng/magasin.
FV159	Blåkollentunnelen	450	1	2	10600	Ja	Renseanlegg	Sagelva	Overvannet fra tunnelen blir automatisk pumpet via en kum til rensesanlegget RA2 <sup>6</sup> . I kummen er det montert en oljeføler som stenger en ventil ved oljesøl. Vannet blir da pumpet over i et reservebasseng i tunnelen slik at det oljeholdige overvannet ikke pumpes videre til RA2 anlegget. Det er montert en detektor som utløser en alarm og sender et varsel til Vegtrafikksentralen. Uttømming av oljetanken utføres i forbindelse med vedlikehold. Reservebassenget blir da tømt manuelt med en sugebil. Fjellvann vil renne ned til dreisvannbassenget (75 m3) og pumpes til Sagelva.
E16	Brennetunnelen	1093	2	2	13143	Ja	Våtmark/infiltrasjon	Isi-elven	Utslipp fra vegbanen i tunnelen vil renne ned til sedimenteringsbassenget i dagen ved Wøyen. Fra sedimenteringsbassenget vil vannet renne til våtmarksfilteret. Våtmarksfilteret på Brenne har ikke membran og vannet vil filtreres i elvegus. Våtmarksfilteret har leire i bunn. Slamkammer og våtmarksfilter er dimensjonert etter vask av et tunneløp pr gang.
E6	Eidsvolltunnelen	1177	1	2	13296	Nei			<u>Sørgående løp (mot Oslo):</u> Her er det to samletanker (40 m <sup>3</sup> ) som er nedgravd i sørenden av tunnelen. All oljeholdig utslipp og overvann samler seg i disse tankene. Tankene tømmes etter hver tunnelvask med sugebil. <u>Nordgående løp (mot Hamar):</u> Her er det en stor kum i sørenden av tunnelen som alt overvann går igjennom. Hvis det kommer olje i vannet, blir oljen liggende på toppen, mens vannet renner ut. Utslipp fra vegbanen vil renne mot Oslo, ut i bekk. Denne kummen må inspiseres manuelt, og tømmes med sugebil når det er påkrevd. Det er ingen form for rensing av vaskevannet i dette løpet.
FV164	Evjetunnelen	270	1	2	7000	Nei		Engervannet	Punktutslipp til vannforekomst.
E6	Follotunnelen	885	2	2	32295	Nei			
RV23	Frogntunnelen	1564	1	2	11377	Ja	sedimenteringsbasseng	Krøkle	2-delt basseng for sedimentasjon og slam. Vann fra Frogntunnelen føres til sedimenteringsbasseng med oljeavskiller øst for tunnelen.
E16	Furusmo viltovergang	54	2	2	13100	Nei			

<sup>6</sup> RA2: Statens vegvesen inngikk i oktober 2007 en avtale med Renseanlegget RA2 om mottak av vaskevann i Rælingstunnelen og Blåkolltunnelen for rensing og behandling før utslipp til resipient.

Veg	Navn	Tunnellengde (m)	Løp	Felt/løp	ÅDT	Rensing?	Typ renseløsning	Resipient	Kommentar
RV4	Hagantunnelen	2591	1	2	14019	Ja	Sedimenteringsbasseng	Skyssetbekken eller Slattumbekken	Spylevannet fra tunnelen går først inn i sandfang/oljeavskiller, deretter ned i sedimenteringsbassenget. Spylevannet slippes manuelt ut i bekken, ved hjelp av en pumpe. Bassenget kan ta imot væsker frem til det er fullt. Bassenget består av 2 kamre: Et fordrøyingsbasseng som består av et kombinert sandfang oljeutskiller og et sedimenteringsbasseng. Normalt skal bassenget være nesten tomt, i det det kommer lite overvann fra vegbanen. Etter hver tunnelvask skal vaskevannet stå i fordrøyingsbassenget i 2 døgn for sedimentering. Denne skal i utgangspunktet tømmes etter hver vask, eller etter andre hendelser (tankbilvelt etc.). Pga. innsig fra grunnfjell ol. fylles sedimenteringsbassenget oftere enn forventet. Det blir derfor tømt hver 14.dag. Når systemet er fullt renner vannet i overløp ned til bekken.
E16	Hamangtunnelen	337	1	2	35200	Nei		Engervannet	Punktutslipp til vannforekomst.
E16	Kjørbotunnelen	346	2	2	30248	Nei			
E18	Lysaker atrium	59	2	1	10100	Nei			
E18	Lysakerlokket	264	2	4	74462	Nei			
E6	Nordbytunnelen	3867	2	2	32600	Ja	Sedimenteringsbasseng	Årungselta	Deler med Smihagentunnelen og Vassumtunnelen. Evt. Utslipp fra vegbanen i tunnelen vil renne ned til Vassum. Derfra pumpes utslipp fra tunnelen under lokalvegen til et slambasseng der vannet sedimenterer før det slippes ut i Årungsbecken.

Veg	Navn	Tunnellengde (m)	Løp	Felt/løp	ÅDT	Rensing?	Typ renseløsning	Resipient	Kommentar
E6	Nøstvetunnelen	3723	2	2	37516	Ja	Sedimenteringsbasseng	Bunnefjorden	Punktutslipp til vannforekomst. . Drensvannet (rent) samles i eget basseng i pumpestasjon med min. to døgns tilrenning. Evt. utslipp fra vegbanen i tunnelen vil renne ned til pumpestasjonen i lavbrekk. Eget sedimenteringsbasseng for vaskevannet (42*15*5 m). Usikkert hvor lenge vaskevannet står til sedimentering. Mulig det er nivåstyrt uttapping Ved vask så viser det seg at noe vaskevann også går i rentvannssystemet.
RV23	Oslofjordtunnelen	7273	1	3	6827	Nei		Oslofjorden	Det er ingen renseprosess før vannet slippes ut i Oslofjorden
EV6	Pinnåsen-miljøtunnel	82	2	2	37362	Ja	Sedimenteringsbasseng	Assuren/Assurtjern	
FV152	Rikåstunnelen	258	1	2	8200	Nei			
FV156	Ringnestunnelen	341	1	2	4300	Nei			
FV609	Ringstadbekktunnelen	110	1	2	9000	Nei			
RV159	Rælingstunnelen	1791	2	2	29334	Ja	Overvann sendes til renseanlegg.	Nitelva	Vaskevann/utslipp i tunnelen vil renne ned i sluk/sandfang og videre gjennom egen spyleledning til oljeutskiller. Fra oljeutskiller går spylevannet gjennom målekum og på kommunalt spillvanns-nett (RA2-anlegget). Ved oljesøl i tunnelen vil oljedektoren i kummen aktivere alarm til RA2. Det stenges av for vannet som samler seg i kummen som må tømmes manuelt med sugebil. Evt. utslipp vil renne til Nitelva dersom kummen ikke tømmes og den overfylles.
FV164	Sandviksåstunnelen	317	1	2	9000	Nei		Engervannet, Oslo	

Veg	Navn	Tunnellengde (m)	Løp	Felt/løp	ÅDT	Rensing?	Typ renseløsning	Resipient	Kommentar
E16	Skuitunnelen	1421	2	2	12370	Ja	Sedimenteringsbasseng/ våtmarksfilter med leire	Dalsbekken og Isi-elven	Vaskevannet går via sandfang og oljeutskiller til et lite magasin i pumpeumpen. Ut fra nivå vil vannet bli pumpet ut til rensebasseng utenfor tunnelen på Økri. Her vil vannet sedimenters og gå til våtmarksfilter og derfra til overløp som ender i Isi-elva.
E6	Smiehagen	923	1	2	38292	Ja	Sedimenteringsbasseng	Årungselva	Deler med Vassumtunnelen og Nordbytunnelen. Spylevann og evt. utslipp fra vegbanen i tunnelen vil renne ned i sluk/sandfang og videre gjennom egen spyleledning til sedimenteringsbassenger.
FV610	Strandveitunnelen	235	1	2	6359	Nei			
FV166	Teleplanlokket	157	2	4/3	23000	Nei			
E16	Vassumtunnelen	368	2	3	11300	Ja	Sedimenteringsbasseng	Årungselva	Vann fra Vassumtunnelen føres til felles sedimenteringsbasseng med Smiehagen- og Norbytunnelen sørvest for Norbytunnelen.
FV618	Vesttunnelen	237	2	2	10000	Nei			
RV159	Vittenbergtunnelen	204	2	2	35500	Nei			



Tabell 7 Oversikt over tunneler i Oslo med informasjon om vegreferanse, tunnallengde, ÅDT, rensing/ikke rensing, resipient, samt kommentarer om rensing/resipient.

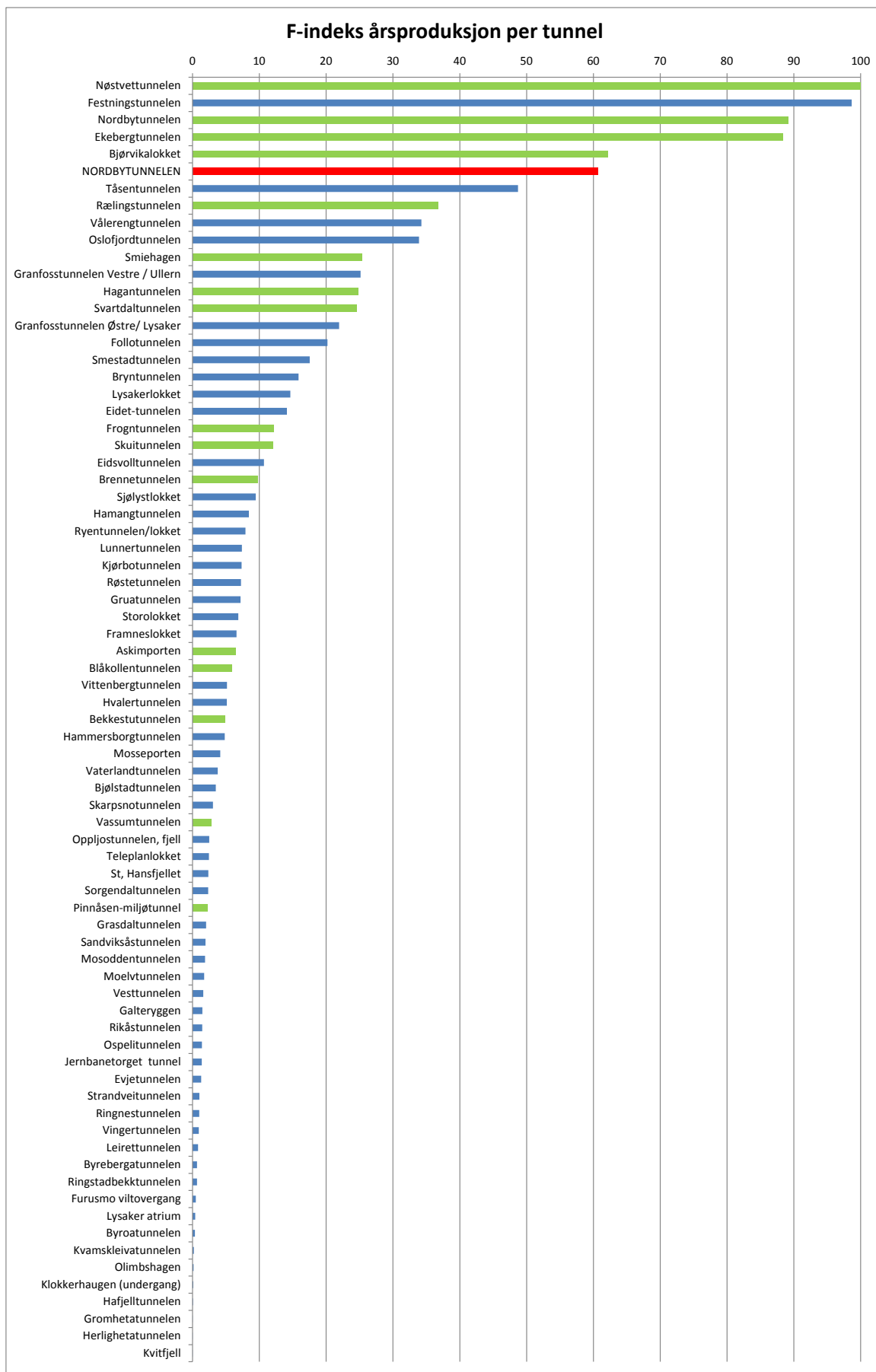
Veg	Navn	Tunnallengde (m)	Løp	Felt/løp	ÅDT	Rensing?	Typ renseløsning	Resipient	Kommentar
E6	Bjørvikalokket /Bjørvikatunnelen	1200	2	3	69783	Ja	Sedimenterings-basseng	Loelva	Ved tunnelvask pumpes vannet til felles sedimenteringsbasseng i Ekerbergtunnelen. Felles løsning for Bjørvika-, Ekeberg-, Svartdals- og Grønlitunnelen. Mellom Bjørvika- og Ekerbergtunnelen er følgende basseng/magasin registrert på E6: 3 sedimenteringsbasseng, 1 basseng til oppsamling av forurensing, 1 fordrøyningsbasseng og 1 pumpeump.
E6	Bryntunnelen	299	2	2	71409	Nei			Resipient er uklart, men Oslo drift har foretatt undersøkelser. Det vil foretas detaljprosjektering for rehabiliteringen som kan gi eksakt svar.
E6	Ekebergtunnelen	1539	2	3	77017	Ja	Sedimenterings-basseng	Loelva	Samordnet med vaskevannsbrytning fra Bjørvikatunnelen.
E18	Festningstunnelen	1764	2	3	75071	Nei		Bislettbekken	Overvann og lekkasjevann fra fjellet samles i et felles dreneringssystem. Vann fra pumpestasjonen i lavbrekket pumpes til Bislettbekken.
E18	Framneslokket	121	2	2	73100	Nei			
RV150	Granfosstunnelen Vestre / Ullern	1168	2	2	30625	Nei		Lysakerelva	
RV150	Granfosstunnelen Østre/ Lysaker	1013	2	2	30800	Nei		overvannsystemet	
RV150	Gromhetatunnelen	75	1	1	622	Nei			
RV162	Hammersborgtunnelen	381	2	2	18500	Nei			
RV150	Herlighetatunnelen	50	1	1	622	Nei			
E6	Ryentunnelen/lokket	151	2	2	70700	Nei		Østensjøvannet	Bruk av såpe, kjemikalier el. forbudt som følge av Østensjøområdet miljøpark.
E18	Sjølystlokket	167	1	3	76000	Nei			
RV150	Smestadtunnelen	494	2	2	48684	Nei			
RV150	Storolokket	136	2	2	67989	Nei			
E6	Svartdaltunnelen	1264	2	2	27907	Ja	Sedimenterings basseng	Loelva	Samordnet med vaskevannsbrytning fra Bjørvikatunnelen.
RV150	Tåsentunnelen	1338	2	2	49850	Nei			
RV162	Vaterlandtunnelen	369	1	2	14983	Nei			
E6	Vålerengtunnelen	832	1	2/3	56000	Nei			

Tabell 8 Oversikt over tunneler i Hedmark med informasjon om vegnummer, tunnellengde, ÅDT, rensning/ikke rensing, resipient, samt kommentarer om rensing/resipient.

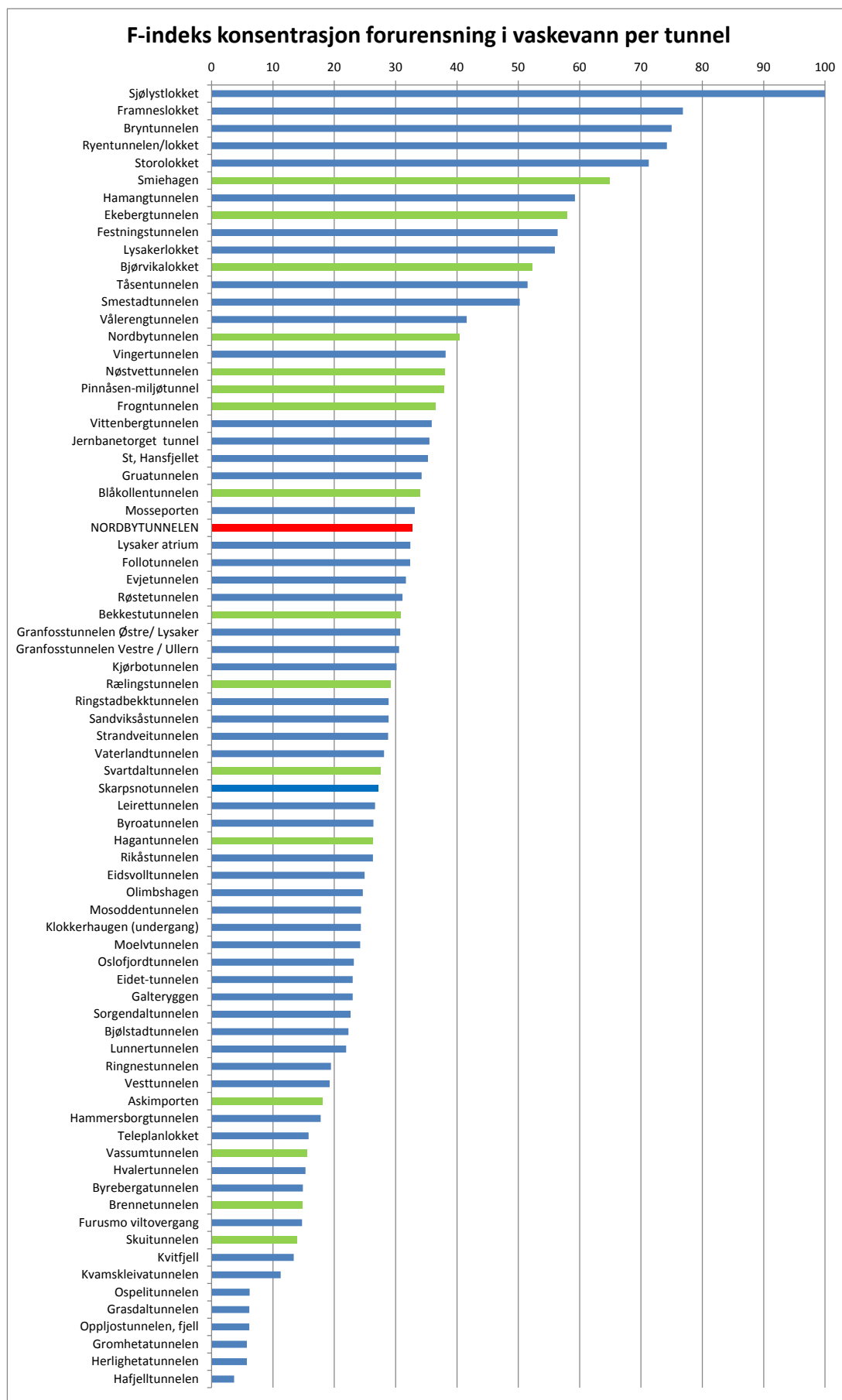
Veg	Navn	Tunnellengde (m)	Løp	Felt/løp	ÅDT	Rensing?	Typ renseløsning	Resipient	Kommentar
RV3	Byroattunnelen	90	1	2	5828	Nei		Fura	Lukket drenering.
RV25	Leirettunnelen	85	1	2	14202	Nei		Glomma	2 lensepumper ut til Sågåa.
E6	Moelvtunnelen	197	1	2	12900	Nei		Mjøsa	Lukket drenering.
E6	Skarpsnotunnelen	310	1	2	14450	Nei		Mjøsa	Lukket drenering.
E16	Vingertunnelen	116	1	2	11900	Nei		Glomma	Samles i basseng og pumpes ut.

Tabell 9 Oversikt over tunneler i Oppland med informasjon om vegnummer, tunnellengde, ÅDT, rensning/ikke rensing, resipient, samt kommentarer om rensing/resipient.

Veg	Navn	Tunnellengde (m)	Løp	Felt/løp	ÅDT	Rensing?	Typ renseløsning	Resipient	Kommentar
RV15	Byrebergattunnelen	517	1	2	1933	Nei		Vågåvatnet	
RV15	Grasdaltunnelen	3720	1	2	800	Nei		Grasdøla -> Hjelledøla	
RV4	Gruattunnelen	1391	1	2	7564	Nei			
FV361	Hafjelltunnelen	181	1	2	479	Nei			
FV213	Jernbanetorget tunnel	258	1	2	7844	Nei			
E6	Klokkehaugen	50	1	2	3162	Nei			
E16	Kvamskleivatunnelen	202	1	2	1464	Nei		Vangsmjøsa	
FV319	Kvitfjell	51	1	1	290	Nei			
E16	Lunnertunnelen	3803	1	2	2849	Nei		Vigga/Leira	
E6	Mosoddentunnelen	212	1	2	12979	Nei			
RV35	Olimbshagen	40	1	2	5445	Nei			
RV15	Oppljostunnelen	4594	1	2	800	Nei		Langvatnet og Grasdøla	Resipient Oppljos i Skjåk/ Sogn og Fjordane. Driftes av Sogn og Fjordane. Drenert begge veier fra høydebrekk.
RV15	Ospelitunnelen	2549	1	2	807	Nei		Hjelledøla --> Oppstrynsvatnet	Hører til Sogn og Fjordane.
EV16	Røstetunnelen	1096	1	2	9703	Nei		Vigga	
EV6	Sorgendaltunnelen	284	1	2	12070	Nei			



Figur 1. Forurensningsindeks basert på estimert årsproduksjon. Referansetunnel Nordbyttunnelen (ÅDT 25 000) er merket rødt. Tunneler merket grønn er tunneler med registrert rensing.



Figur 2. Forurensningsindeks basert på estimert forurensningskonsentrasjon. Referansetunnel Nordbytunnelen (ÅDT 25 000) er merket rød. Tunneler med rensning er merket med grønn.

## 4.2 F-indeks for årsproduksjon og forurensningskonsentrasjon

F-indeksene for årsproduksjon og konsentrasjon er plottet opp mot hverandre sortert etter minkende f-indeks årsproduksjon (Fig. 3). Det blir da tydelig at selv om produksjonen per tunnel (forurensing per lengde) går ned er det ingen entydig sammenheng med konsentrasjon i vaskevannet. Det er stor spredning blant f-indeks konsentrasjon i forhold til minkende ÅDT. Årsaken til spredningen er variasjon i vaskevannsmengde som følge av vaskefrekvens, tunnallengde, antall løp og felt. En tunnel med høy ÅDT, men liten lengde kan ha mindre sammenlagt avsatt forurensning enn noen lange tunneler med lavere ÅDT, og den vaskes hyppigere, men har lavt totalt vannforbruk, noe som resulterer i høye konsentrasjoner forurensning i vaskevannet. Konsentrasjonen i vaskevannet vil øke når vaskefrekvensen går ned (tunneler med lavere ÅDT) pga. lengre akkumuleringstid (lengre tid mellom vaskeepisodene), og den sammenlagte årlige vannmengden blir lavere. To tunneler kan ha lik f-indeks konsentrasjon selv om det er stor forskjell i ÅDT da forurensingsproduksjonen utjevnes når det fordels på vaskevannet om forskjellene i vaskevannsforbruk ligger til rette for det. Tunneler med mindre løp og felt per løp bruker selvfølgelig mindre vaskevann per løpemeter (tabell 4, Kap. 3.1.2), og derfor vil også to tunneler med lik lengde og ÅDT (samme vaskefrekvens) få store ulikheter i sammenlagt årlig forbruk vaskevann. Det vil være hensiktsmessig å måle vannmengder ved tunnelvask i korte tunneler og i tunneler med ett felt per løp for å oppnå bedre estimat på vaskevannsmengder.

Tunnelvaskevann, vil med bakgrunn i dagens kunnskap medføre risiko for skader på vannlevende organismer. Skadene kan være av både kronisk og akutt karakter. Ved å benytte klassifiseringen i Fig. 4 så vil det antas lav eller ingen risiko for biologisk skade ved vask av tunneler med lav ÅDT (<20 000) og liten lengde (<0,5 km)<sup>7</sup> (gruppe 1). Lange tunneler (> 1 km) med høy ÅDT (>20 000) (gruppe 4) er de som det kan forventes å ha høyest risiko for biologisk skade, både kronisk og akutt. Nordbytunnelen faller under kategori 4. Det er viktig å presisere at det i denne vurderingen ikke er tatt hensyn til resipientens robusthet (størrelse og generell vannkjemi). I tillegg er utregningene basert på data fra relativt lange og høytrafikkerte tunneler. På sikt er det derfor ønskelig med mer undersøkelser og måledata fra tunneler med lav ÅDT. Utregningene av f-indeks for totalproduksjon forurensning per tunnel gir en pekepinn på utslippene til miljøet, men det er også hensiktsmessig å se nærmere på type forurensningsstoff. Cu, Pb og Ni er eksempler på stoffer (metaller) som allerede

---

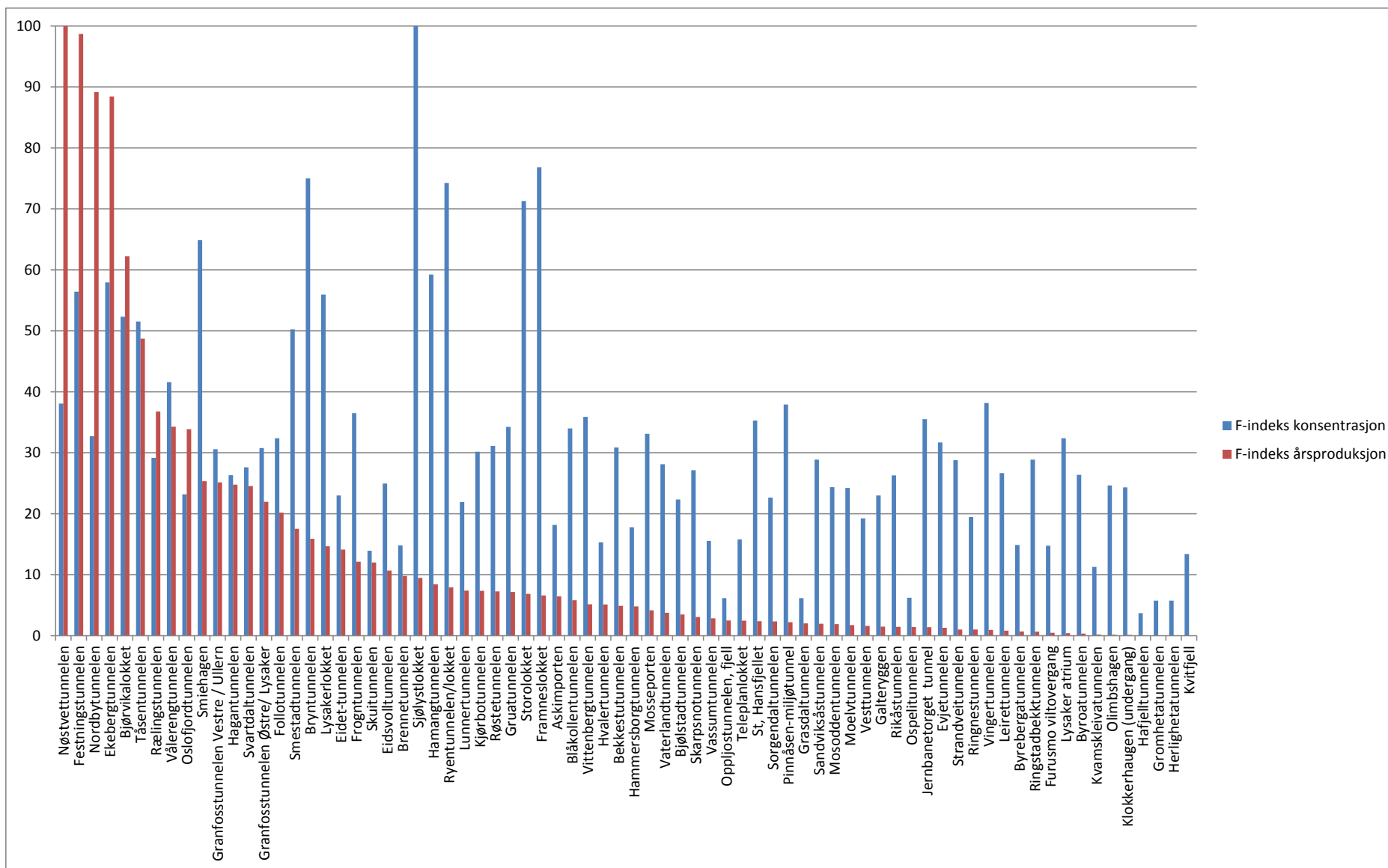
<sup>7</sup> Inndelingen av ÅDT i lav/høy og tunnel i kort/lang er definert ut i fra resultatene av beregningene på tunnelene i denne undersøkelsen som en helhet, og er ikke ment som en definisjon på høy/lav ÅDT eller lang/kort lengde med hensyn på forurensning i tunneler generelt.

finnes i naturen, og her ligger problemene i at de tilføres i større grad enn naturlig. Andre stoffer som f.eks. persistente organiske miljøgifter (POPs<sup>8</sup>, f.eks. enkelte PAH forbindelser) kommer også ut i naturen med tunnelvannet, men disse er ikke en naturlig del av berggrunnen og miljøet rundt, og selv om de tilføres i liten skala kan disse ha en negativ effekt på lang sikt.

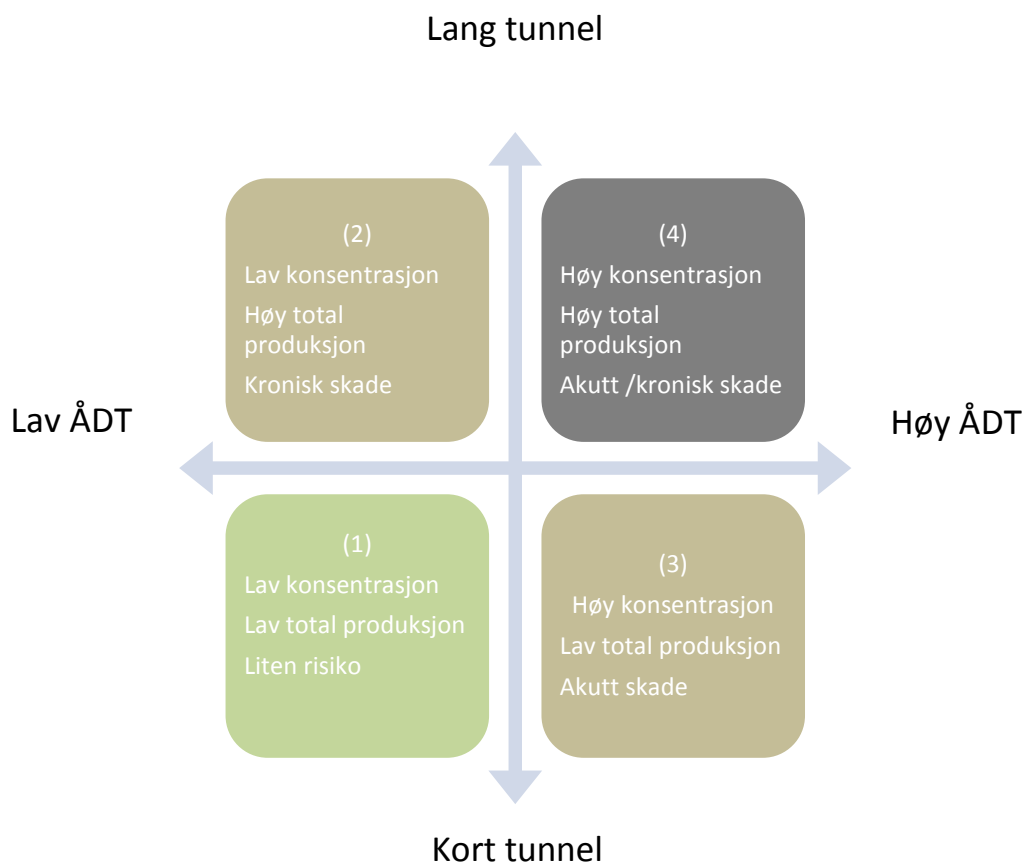
---

<sup>8</sup> Persistente organiske miljøgifter (POPs) kjennetegnes ved at de er giftige i lave konsentrasjoner, lite nedbrytbare og bioakkumuleres/biomagnifiseres i organismer





Figur 3: F-indeks for årsproduksjon (blå) og f-indeks for konsentrasjon (rød) for alle 74 tunnelene som er en del av undersøkelsen.



Figur 3. Prinsippskisse som viser en teoretisk sammenheng mellom konsentrasjon og produksjon av forurensingstoffer i tunnel med ÅDT og lengde på tunnel. Det presiseres at denne fremstillingen ikke har noen eksakte veldefinerte grenser for hva er lav/høy ÅDT og hva er en kort/lang tunnel.

Eksempler på tunneler i de ulike klassene i Fig. 3 er som følger:

(1) Lav konsentrasjon, lav totalproduksjon

Kvamskleivatunnelen: 202 m, ÅDT 1 464. Byrebergatunnelen: 517 m, ÅDT 1 933.  
Spesielt tunnellokk i områder med lav ÅDT

(2) Lav konsentrasjon, høy totalproduksjon

Oppljostunnelen 4 594 m, ÅDT 800. Oslofjordtunnelen: 7 273 m, ÅDT 6 827.

(3) Høy konsentrasjon, lav totalproduksjon

Hamangtunnelen 337 m, ÅDT 35 200. Sjølystlokket: 167 m, ÅDT 76 000.  
Spesielt tunnellokk i områder med høy ÅDT

(4) Høy konsentrasjon, høy totalproduksjon

Festningstunnelen: 1 764 m., ÅDT 75 071. Nøstvetunnelen 3 723 m., ÅDT 37 516.

Referansetunnelen Nordbytunnelen: 3867 m, ÅDT 25 000 (målt i 2006).

## 5. Miljørisiko og anbefalinger

Ulike tunneler befinner seg i ulike miljø. Dermed er forutsetningene for bruk av sedimenteringsbasseng og andre vannrenseløsninger forskjellig. Behovet for beskyttelse mot vannforurensning er størst i nærheten av sårbare områder, som for eksempel drikkevannskilder, naturvernområder, våtmarker, sjøer/elver som er viktige for dyre- og planteliv osv. (Statens vegvesen HB 261). Tidspunkt for vasking bør også tilpasses sårbare perioder hos ulike vannorganismer. En videre vurdering av tunnelens nærmiljø og resipienter er ikke utført i denne undersøkelsen, men bør være noe som prioriteres i videre arbeid med vurdering av rens tiltak i eksisterende tunneller. Det bør også utføres flere undersøkelser av forurensningsmengder og vaskevannsforbruk i tunneler med lavere ÅDT og ett løp, jmf kap. 4.

Håndbok 151 oppgir minimumskrav til vaskehypighet for tunneler. Håndbok 21 oppgir at det ved hver nye tunnel skal vaskes hyppig nok til at vannet ikke trenger å renses. Målte konsentrasjoner av ulike forurensningsstoffer i vaskevann viser imidlertid at vi er langt unna en slik målsetting (Roseth & Meland, 2006). En økning i vaskehypighet vil kunne redusere risikoen for akutte skader ved at konsentrasjonen i vaskevannet går ned. Imidlertid vil årsproduksjonen være like stor eller muligens større på grunn av økt forvitring og mekanisk slitasje av tunnelvegger, vegbane og utstyr ved hyppigere vask. Utslippet av ulike miljøgifter samt risikoen for kroniske biologiske skader vil følgelig ikke reduseres. Økt vaskehypighet vil også medføre økte driftskostnader for den enkelte tunnel. Uavhengig av dette vil vi anbefale at det i fremtiden settes krav til total vannforbruk ved tunnelvask slik at det i fremtidige tunnelutbygginger blir lettere å dimensjonere eventuelle renseløsninger. Renseløsningen bør kunne behandle vannmengder tilsvarende en helvask. Dette er spesielt viktig for lange tunneler (> 1 km) hvor store vannmengder krever store renseløsninger. Det vil også være nyttig å utvikle og forbedre vaskeprosedyrene. Bruk av børste vil f.eks. kunne redusere vannforbruket samtidig som det kan forbedre selve vaskeresultatet.

For eksisterende tunneler kan det være vanskelig å etablere renseløsninger, men det finnes muligheter for mobile rensenheter (Roseth et al. 2012). Det er imidlertid sparsomt med erfaringer på dette området og forskning og utvikling (FoU) innen dette er ønskelig. Det vil også være mulighet for å samle opp vaskevannet med sugesugebil for så å transportere dette vekk til f.eks. til kommunalt avløpsnett. Dette er imidlertid en kostbar løsning. I Nordbytunnelen, hvor vaskevann fra sedimenteringsbasseng har vist negativ effekt på fisk, er

det gjennomført et mulighetsstudie for å etablere et nytt rensetrinn bestående av lukket sedimentering, kjemisk felling og filtrering før utslipp til Årungselva (Åstebøl et al 2012). Erfaringer fra dette anlegget vil være nyttig med tanke på planlegging og optimalisering av mer permanente renseløsninger av tunnelvaskevann fra eksisterende tunneler.

## **6. Konklusjon**

Mengde forurensning i tunnelene antas å øke med mengde trafikk, men variasjoner i mengden tunnelvaskevann og frekvens for tunnelvask gir stort utslag i totalt vannforbruk og dermed forurensningskonsentrasjoner i tunnelvaskevannet som går ut i miljøet. Det er derfor viktig å påpeke at det ikke kun er tunneler i høytrafikkerte områder som kan presentere en forurensningsfare. For fremtidige tunneler anbefales det å sette krav til vannforbruk for å lettere kunne dimensjonere renseløsning som kan behandle mengde vann tilsvarende en tunnelvask. Utreignet forurensningsindeks på utvalgte tunneler i Region øst sammenlignet med en tunnel som har dokumentert negativ biologisk effekt i resipient, viser at det er flere som trolig har behov for renseløsninger. For å avgjøre hvorvidt disse tunnelene skal utbedres med renseløsning må det gjøres en miljørisikovurdering av den enkelte tunnels resipient for vaskevann. En mer detaljert kjemisk karakterisering av tunnelvaskevannet vil da være nødvendig. En slik karakterisering vil også avdekke hvorvidt vaskevannet må renses for både partikulære og løste forurensningsstoffer. Vaskefrekvens, vannforbruk, fortyningseffekt i resipient og tid på året i forhold til sårbare livsstadier hos vannlevende organismer vil også være viktig i en slik miljørisikovurdering.

Metodikken som er benyttet i denne rapporten kan med fordel benyttes til å få en tilsvarende oversikt over hvilke tunneler i andre regioner som potensielt medfører størst spredning av forurensning til vannmiljøet.

## 7. Referanser

- ANDERSEN, S., SNILSBERG, P., AMUNDESEN & C. E., OLSEN, R. D. (1995) Miljøkjemisk undersøkelse av tunnelvasking. Rapport-nr. 31/95. ISBN-nr: 82-7467-165-1. Ås, Jordforsk.
- AMUNDESEN, C. E., ANDERSEN, S., HARTNIK, T., KROGH, P. H., LINJORDET, R., NORDAL, O. & WARNER B. (1999) Kjemisk og økotoksikologisk karakterisering av veistøv. Rapportnr. 84/99. ISBN-nr: 82-7467-349-2. Ås, Jordforsk.
- AMUNDESEN, C. E. & ROSETH, R. (2004) Utslippsfaktorer fra veg til vann og jord i Norge : beregning og verifisering av utslippsdaktorer / Jordforsk ; Vegdirektoratet - 70 s. (UTB-rapport ; 2004 : 08)
- APUL, DS., MILLER, E., JAIN, V. (2010) Road-runoff metal concentrations in Toledo, Ohio, and their relation to average daily traffic and age of pavement overlay. *Water Science and Technology*; 61: 1723-1731.
- BYMAN, L. (2012) Treatment of wash water from road tunnels. *TRITA-LWR Degree Project 12:42*. 40 p.
- CHIODINI, C. (2013) Personlig kommunikasjon gjennom e-post 08.04.2013. Rådgiver, Byggherreseksjonen, Strategi, veg og transport, Statens vegvesen Region øst.
- HARES, R. J. & WARD, N. I. (1999) Comparison of the heavy metal content of motorway stormwater following discharge into wet biofiltration and dry detention ponds along the London Orbital (M25) motorway. *The Science of The Total Environment*, 235, 169-178.
- KIMASZEWSKA K, P. Z., NAMIESNIK J (2007) Influence of mobile sources on pollution of runoff waters from roads with high traffic intensity. *Polish journal of environmental studies*, 16, 889-897.
- MELAND, S. (2010) Ecotoxicological effects of highway and tunnel wash water runoff. *Dept. of Plant and Environmental Sciences, Norwegian University of Life Sciences*.
- MELAND, S. (2012) Tunnelvaskevann - en kilde til vannforurensning. *Vann*, 2.
- MELAND, S (2012a) Kjemisk karakterisering av sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng. Avdeling Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen, seksjon Miljø, Vegdirektoratet. Statens vegvesens rapporter, nr 94.
- MELAND, S., BORGSTROM, R., HEIER, L. S., ROSSELAND, B. O., LINDHOLM, O. & SALBU, B. (2010a) Chemical and ecological effects of contaminated tunnel wash water runoff to a small Norwegian stream. *Science of the Total Environment*, 408, 4107-4117.
- MELAND, S., HEIER, L. S., SALBU, B., TOLLEFSEN, K. E., FARMEN, E. & ROSSELAND, B. O. (2010b) Exposure of brown trout (*Salmo trutta* L.) to tunnel wash water runoff - Chemical characterisation and biological impact. *Science of the Total Environment*, 408, 2646-2656.
- MELAND, S., SALBU, B. & ROSSELAND, B. O. (2010c) Ecotoxicological impact of highway runoff using brown trout (*Salmo trutta* L.) as an indicator model. *Journal of Environmental Monitoring*, 12, 654-664.
- OPHER, T. & FRIEDLER, E. (2010) Factors affecting highway runoff quality. *Urban Water Journal*, 7, 155-172.
- RAMAKRISHNA, D. M. & VIRARAGHAVAN, T. (2005) Environmental impact of chemical deicers - A review. *Water Air and Soil Pollution*, 166, 49-63.
- ROSETH, R. & MELAND, S. (2006) Forurensning fra sterkt trafikkerte vegtunneler. Oslo, Bioforsk & Statens vegvesen.

- ROSETH, R., BERGGRUND, K., & EINARSEN, J., E. (2012) Renseanlegg for vaskevann fra vegtunneler», SVV-rapporter vol 7, nr 115 2012.
- SKIBAKK, M., K. (2013) Personlig kommunikasjon gjennom e-post 10.04.2013. Seksjonssjef, Trafikkdata Ressursavdelingen, Statens vegvesen Region øst.
- STATENS VEGVESEN (1997) Renhold i tunneler. *Rapport 97-3615*. Oslo, Driftteknisk avdeling, Vegdirektoratet.
- STATENS VEGVESEN (2006) Veileder - Håndbok 261 - Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging. 52.
- STATENS VEGVESEN (2010) Vegtunneler - NORMALER Håndbok 021. IN TRANSPORTAVDELINGEN, V.-O. (Ed.). Oslo, Vegdirektoratet.
- STATENS VEGVESEN (2011) Statens vegvesens miljøansvar.
- STATENS VEGVESEN (2012) Standard for drift og vedlikehold av riksveger. *Retningslinjer - Håndbok 111*. Vegdirektoratet, Statens vegvesen.
- ULVØEN, I., H. (2013) Personlig kommunikasjon gjennom e-post 23.05.2013. Senioringeniør, Geodataseksjonen, Statens vegvesen, Region øst.
- VIKAN, H. (2012) Purification practices of water runoff from construction of Norwegian tunnels. Proceedings, 11th. Urban environmental Symposium, Karlsruhe, Tyskland, (Submitted).
- ÅSTEBØL, S. O., TRANDEM, J. & HVITVED-JACBSEN, T. (2012) Nytt rensetrinn i Vassum rensebasseng. Publikasjoner produsert i etatsprogrammet NORWAT. Produsert av COWI. Statens vegvesen rapporter SVV 201-2012



## VEDLEGG 1

### Eksempel på beregning av vaskevannsproduksjon og forurensningsproduksjon

I dette eksempelet beregnes vaskevanns- og forurensningsproduksjon av Cd for Ryentunnelen på E6. Ryentunnelen er 151 m lang, har en ÅDT på 70700 og er en to-løps tunnel med 2 felt per løp.

#### 3.4.1 Vaskevann

Ut ifra tabell 4, kap 3.1.2. brukes det  $100 \text{ l/m}$  ved helvask og  $70 \text{ l/m}$  ved halvvaske.

Vannforbruket for tunnelen per vask blir da:

$$100 \text{ l/m} * 151 \text{ m} = 15100 \text{ l} \text{ ved helvask og}$$

$$70 \text{ l/m} * 151 \text{ m} = 10570 \text{ l} \text{ ved halvvaske.}$$

For ett år gir dette følgende vannmengder for hel- og halvvaske for en tunnel med ÅDT > 15 000, tabell 1 kap 2.1.:

$$\left(15100 \text{ l} * 2 \text{ helvask/år}\right) + \left(10570 \text{ l} * 4 \text{ halvvaske/år}\right) = 72480 \text{ l vaskevann/år}$$

### 3.4.2 Beregning av en type forurensning

Ut ifra tabell 3, kap. 3.1.1. går ca. 38 % av Cu-forurensingen videre ut med vaskevannet.

Lineær sammenheng mellom ÅDT og forurensningsproduksjon, tabell 2, kap. 3.1.1. gir følgende ligning (1):

$$(1) \text{ ÅDT} > 27\ 000 \text{ for Cu: } y = 9 \cdot 10^{-5} X - 1,5472$$

Setter inn  $X = 70700$

$$\text{Kg Cu/km/år} = [(9 \cdot 10^{-5}) \cdot 70700] - 1,5472 \cdot 0,38 = 1,83$$

For å finne hvor mye som produseres for hver enkelt tunnel må resultatene ganges med antall km for den enkelte tunnel. Da sitter man igjen med mengde stoff/år.

For å finne mengde forurensning pr liter vaskevann kan man dividere mengde stoff pr år (stoff/år) med liter vannforbruk/år, og sitter da igjen med utslippskonsentrasjonen av urensset vaskevann (mengde stoff/liter).

$$1,83 \text{ Kg Cu /km/år} \cdot 0,151 \text{ km} = 0,28 \text{ Kg Cu /år} \text{ for Ryentunnelen.}$$

$$\text{Konsentrasjon i vaskevannet: } \frac{(0,28 \text{ Kg Cu /år} \cdot 1000 \text{ g/Kg})}{72480 \text{ l/år}} = 0,004 \text{ g/l} = 4 \text{ mg/l}$$

### 3.4.3 Forurensningsindeks

I denne beregningen inkluderes kun et udvalg metaller: kobber (Cu), Sink (Zn) og bly (Pb) og 5 tunneler. Det er ingen benevning for forurensningsindeksen fordi det er et forholdstall.

Navn	Cu (mg/l)	Zn (mg/l)	Pb (mg/l)	F-indeks
Ryentunnelen/lokket	3,81	12,0	0,54	1,11
Tåsentunnelen	2,33	8,9	0,36	0,74
Nøstvettunnelen	1,45	6,8	0,25	0,51
Svartdaltunnelen	0,76	5,2	0,16	0,33
Lunnertunnelen	0,72	5,1	0,13	0,30

F-indeks for Ryentunnelen =

$$\left( \frac{3,8 \text{ mg/l}}{(3,81+2,33+1,45+0,76+0,72) \text{ mg/l}} \right) + \left( \frac{12,0 \text{ mg/l}}{(12,0 + 8,9 + 6,8 + 5,2 + 5,1) \text{ mg/l}} \right) +$$

$$\left( \frac{0,54 \text{ mg/l}}{(0,54+0,36+0,25+0,16+0,13) \text{ mg/l}} \right) = 1,11$$



Statens vegvesen  
Vegdirektoratet  
Publikasjonsekspedisjonen  
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO  
Tlf: (+47 915) 02030  
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

**Trygt fram sammen**