

Diagram 4.31. Eutrofiering för drift av bildutrustning jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar

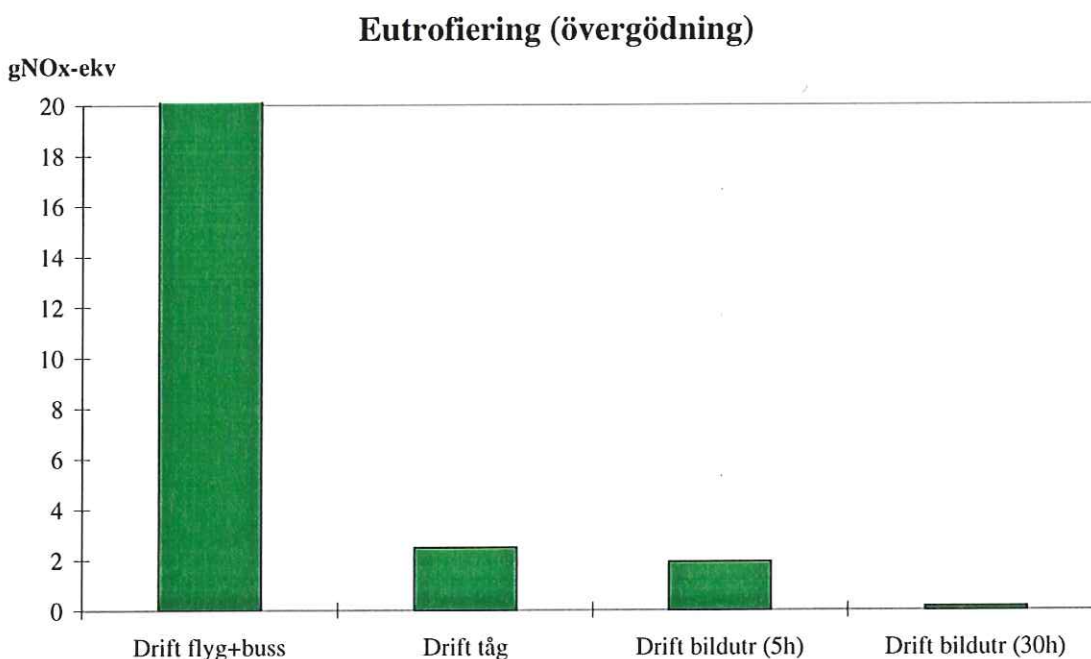


Diagram 4.32. Eutrofiering för drift av bildutrustning jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar (samma diagram som ovanstående men med anpassad skala för att tydligare visa staplarna för tåg och bildutrustning).

Eutrofiering (övergödning)

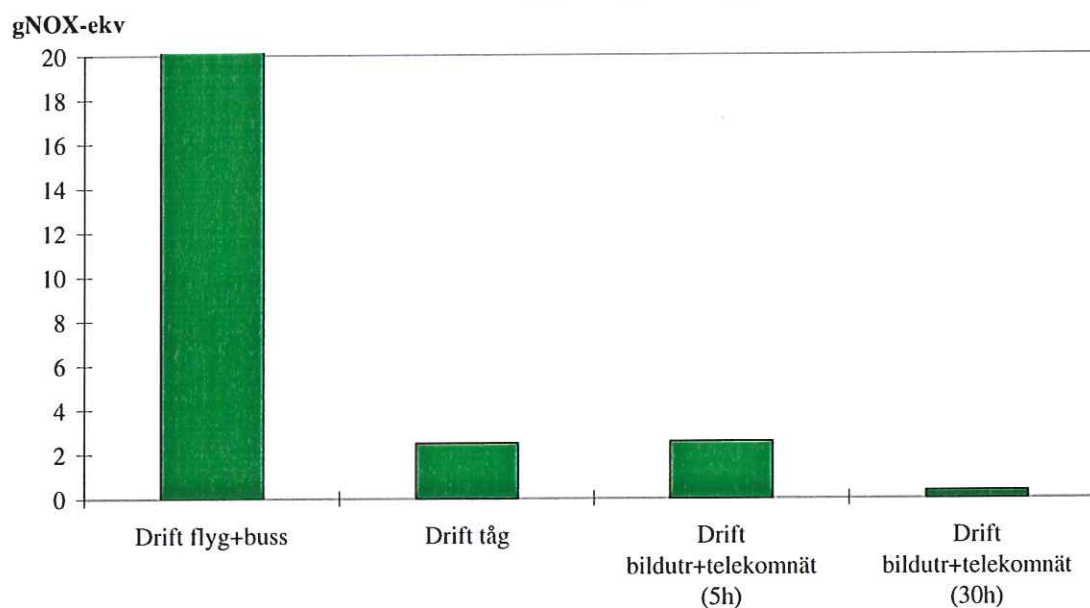


Diagram 4.33. Eutrofiering för drift av bildutrustning+telekommunikationsnät jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar

Eutrofiering (övergödning)

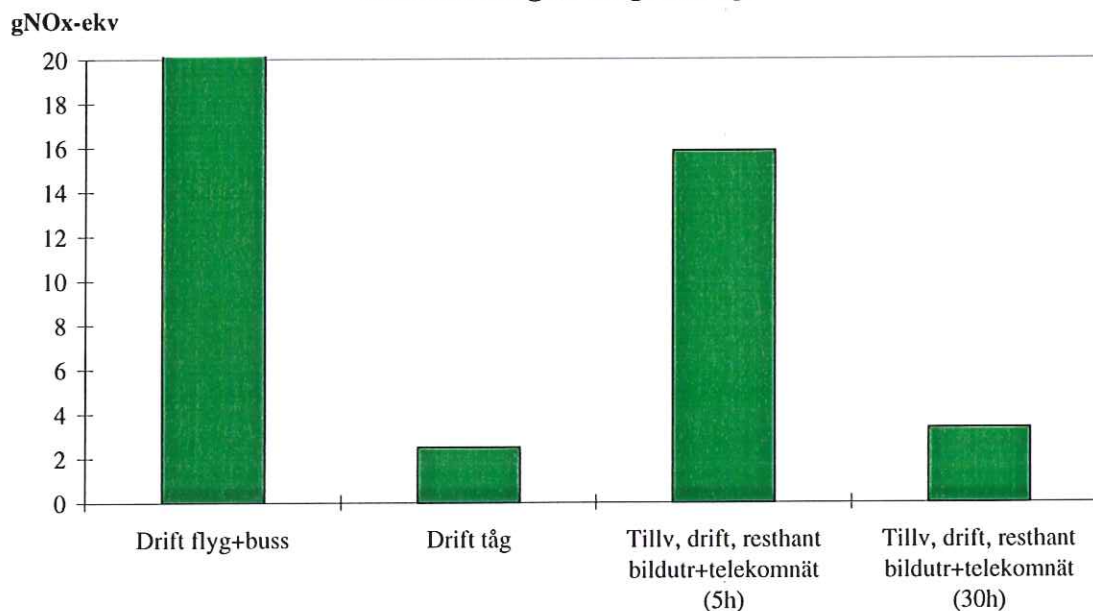


Diagram 4.34. Eutrofiering för tillverkning, transporter, drift och resthantering av bildutrustning+telekommunikationsnät jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar.

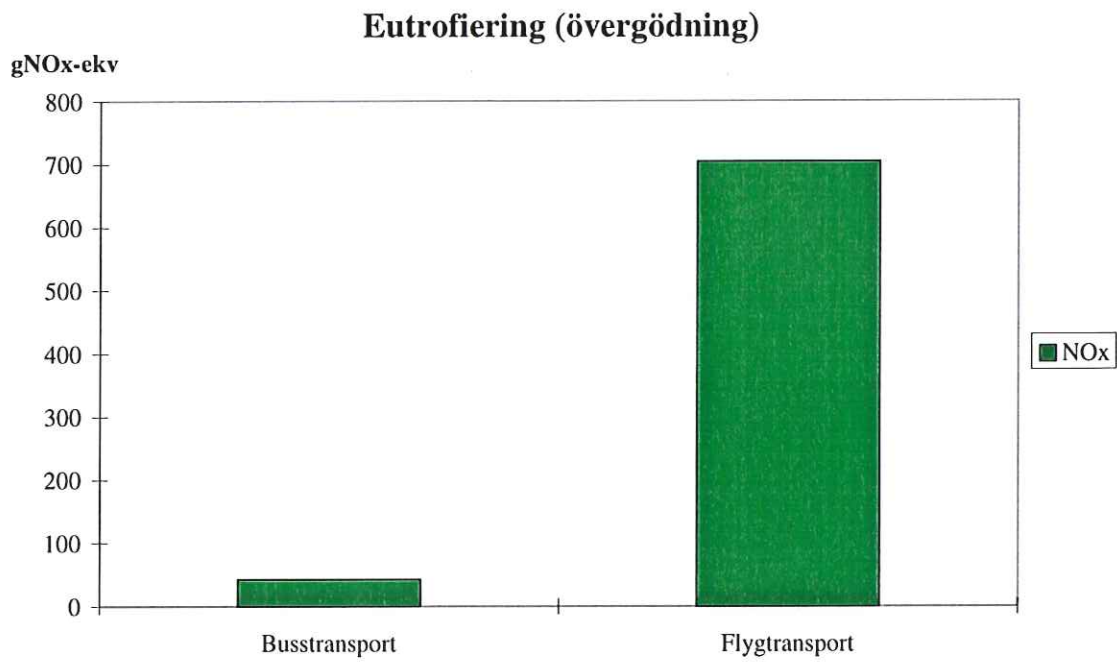


Diagram 4.35. Eutrofiering för drift av flygplan+buss.

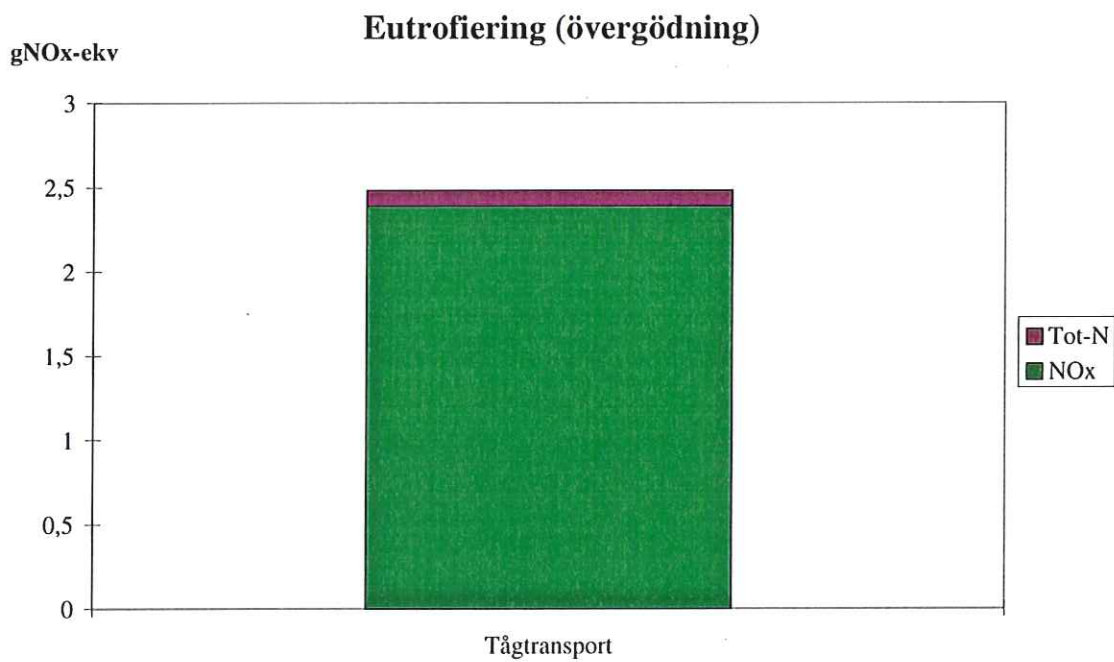


Diagram 4.36. Eutrofiering för drift av tåg+vagnar.

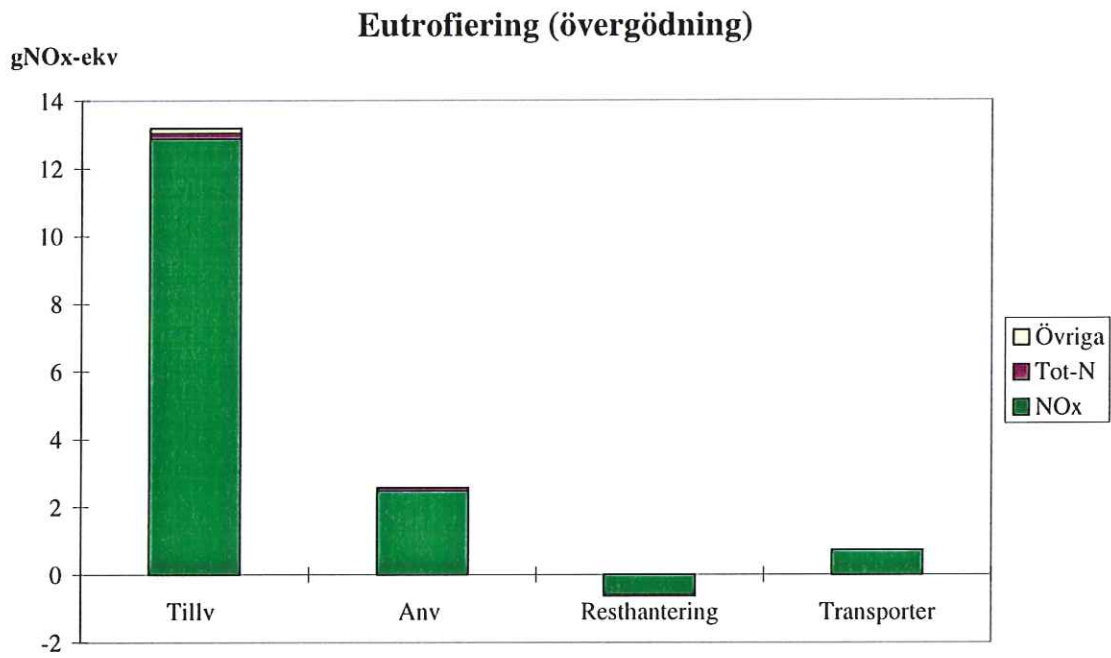


Diagram 4.37. Eutrofiering för bildkonferens (5h).

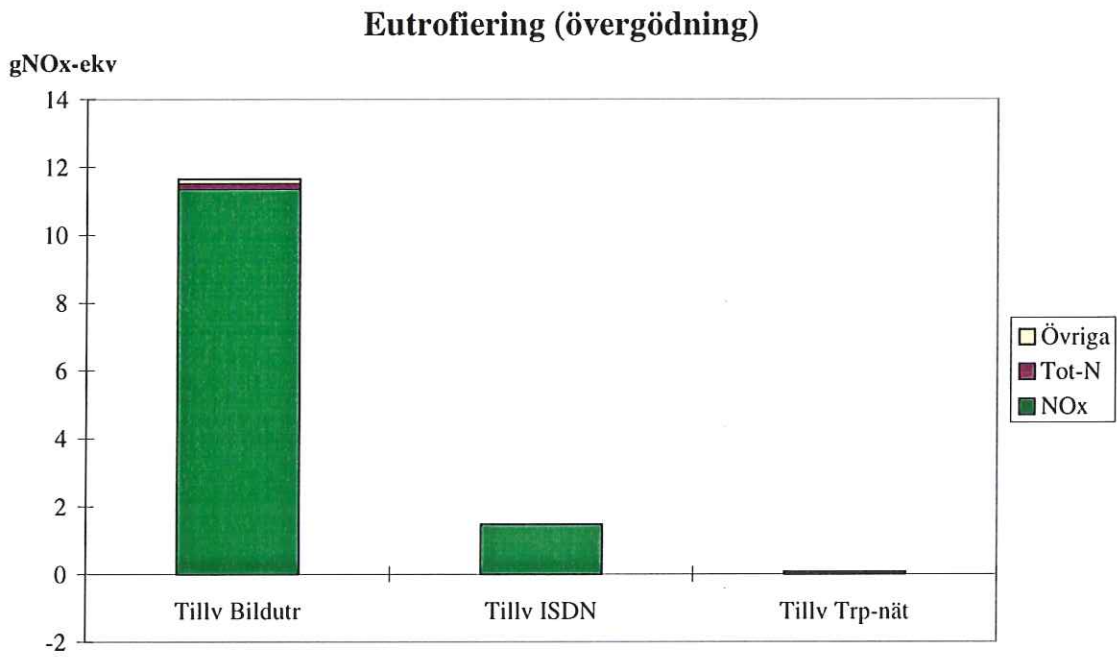


Diagram 4.38. Eutrofiering för tillverkning av utrustning till bildkonferens (5h).

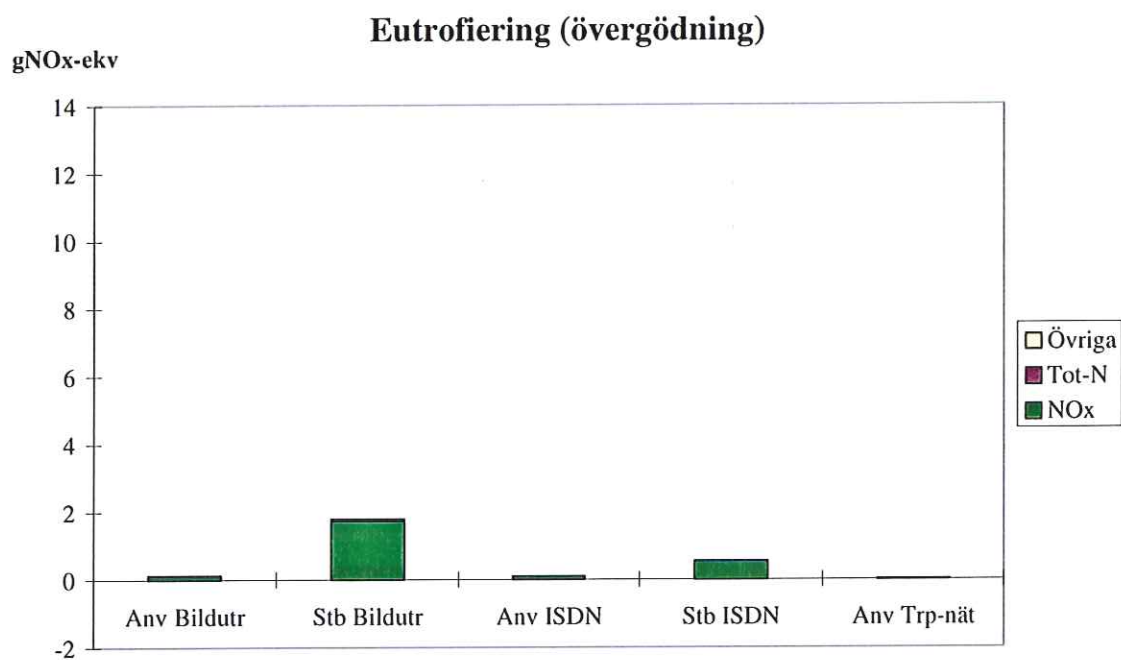


Diagram 4.39. Eutrofiering för drift av bildkonferens (5h).

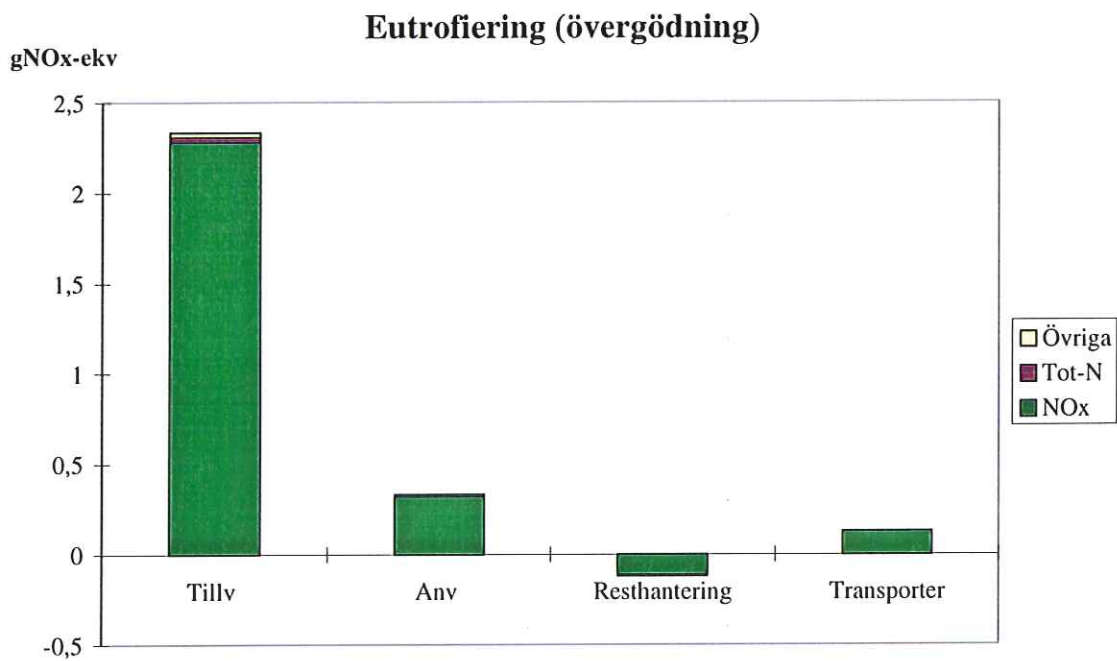


Diagram 4.40. Eutrofiering för bildkonferens (30h).

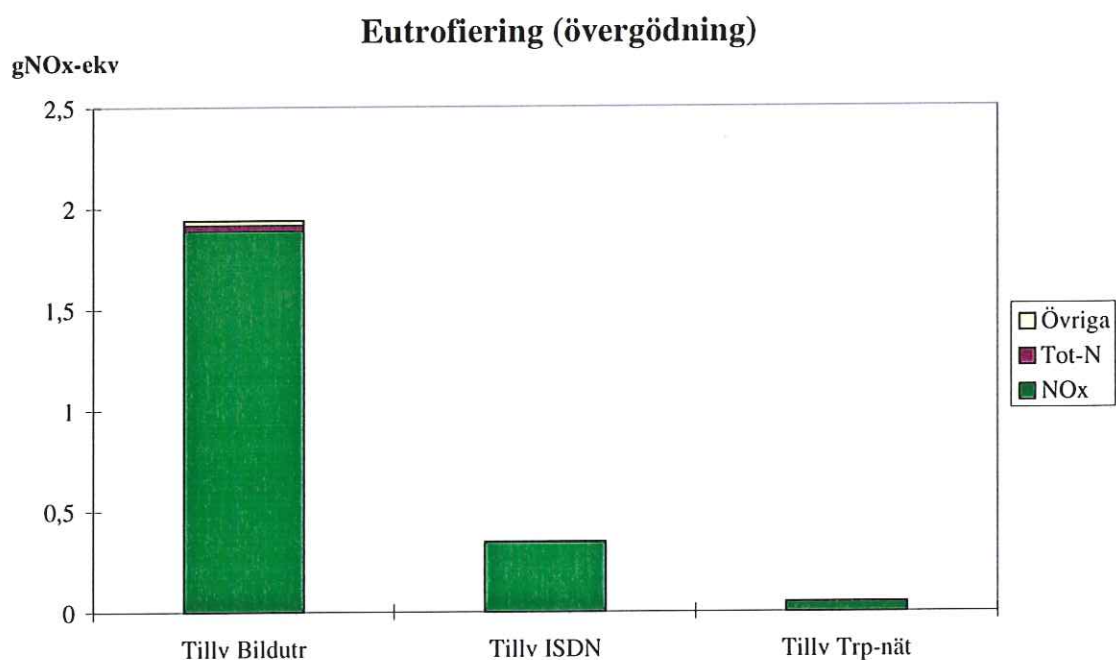


Diagram 4.41. Eutrofiering för tillverkning av utrustning till bildkonferens (30h).

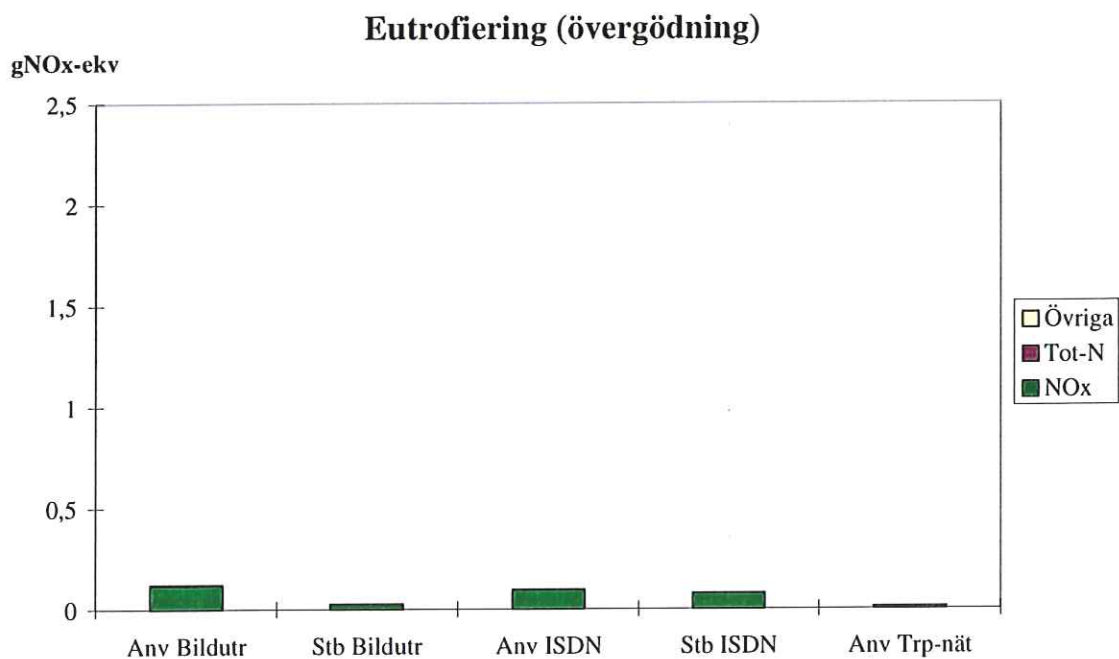


Diagram 4.42. Eutrofiering för drift av bildkonferens (30h).

4.3.2.6 Förurning

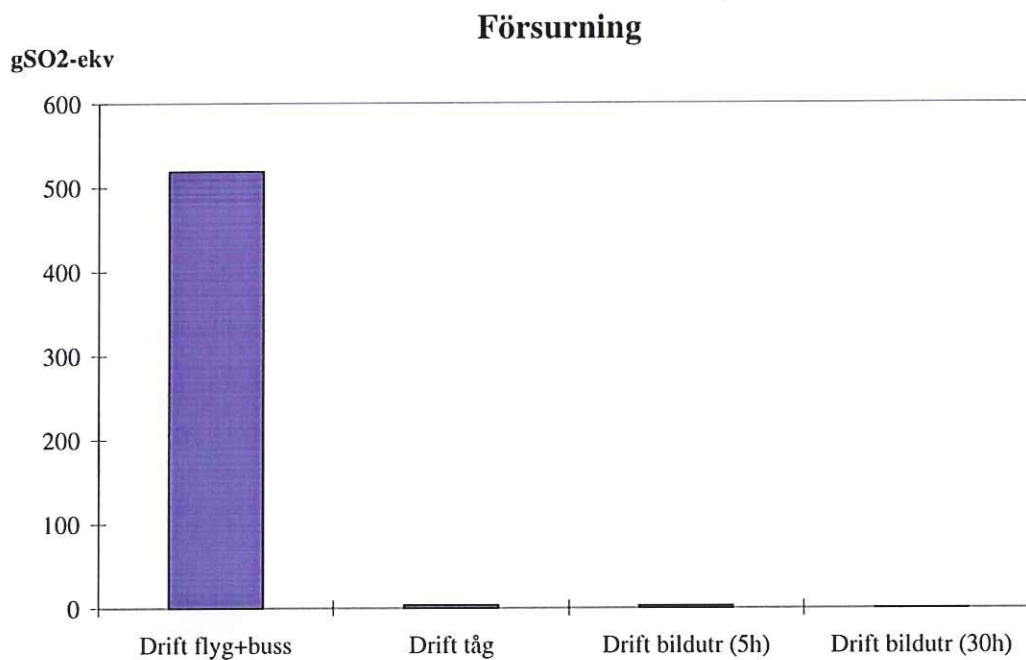


Diagram 4.43 Förurning för drift av bildutrustning jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar.

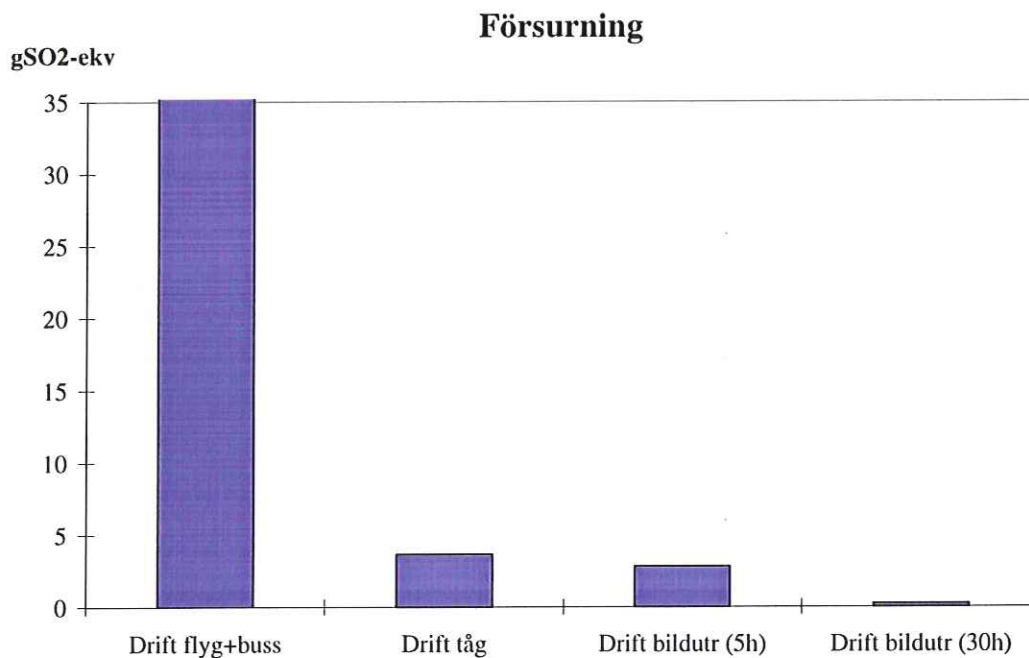


Diagram 4.44 Förurning för drift av bildutrustning jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar (samma diagram som ovanstående men med anpassad skala för att tydligare visa staplarna för tåg och bildutrustning).

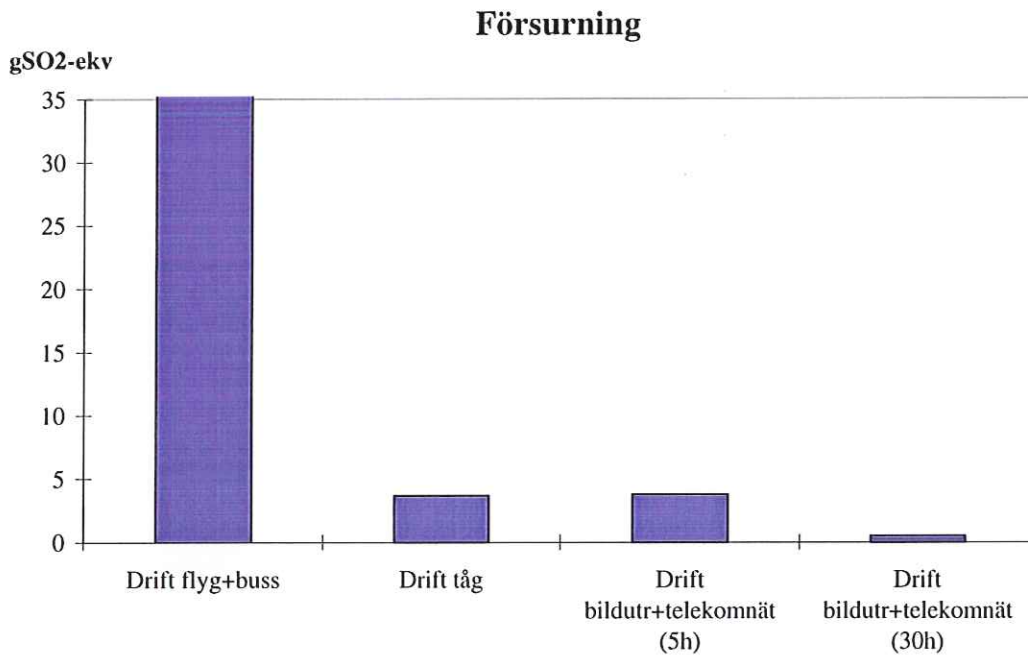


Diagram 4.45. Försurning för drift av bildrustning+telekommunikationsnät jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar

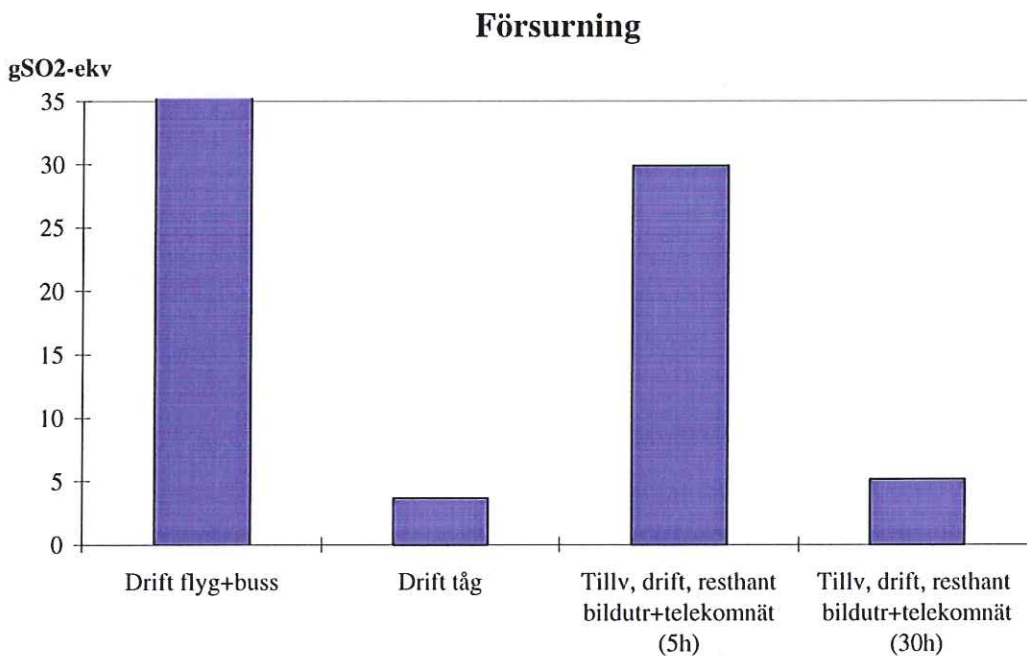


Diagram 4.46. Försurning för tillverkning, transporter, drift och resthantering av bildrustning+telekommunikationsnät jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar.

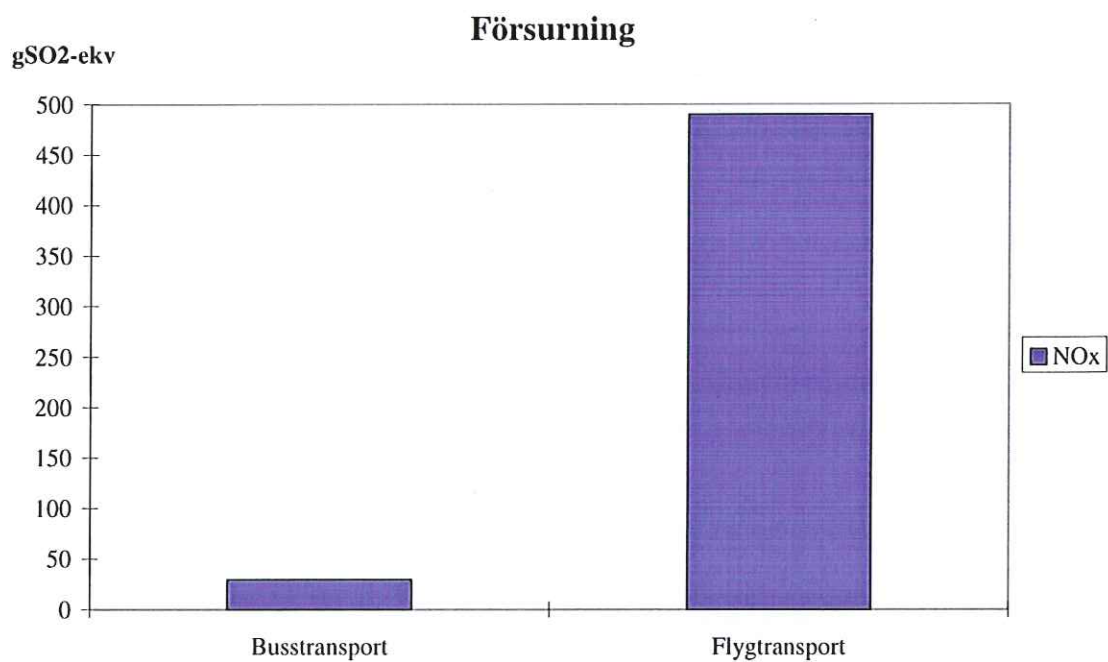


Diagram 4.47 Försurning för drift av flygplan+buss. OBS! Uppgifter om svavelutsläpp saknas.

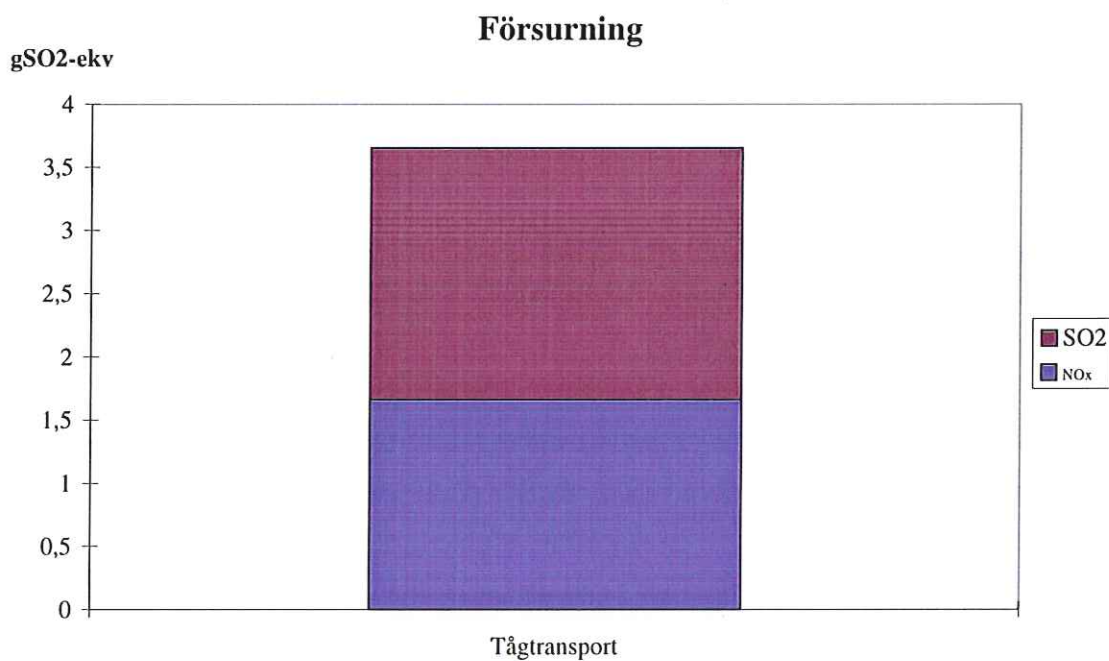


Diagram 4.48. Försurning för drift av tåg+vagnar

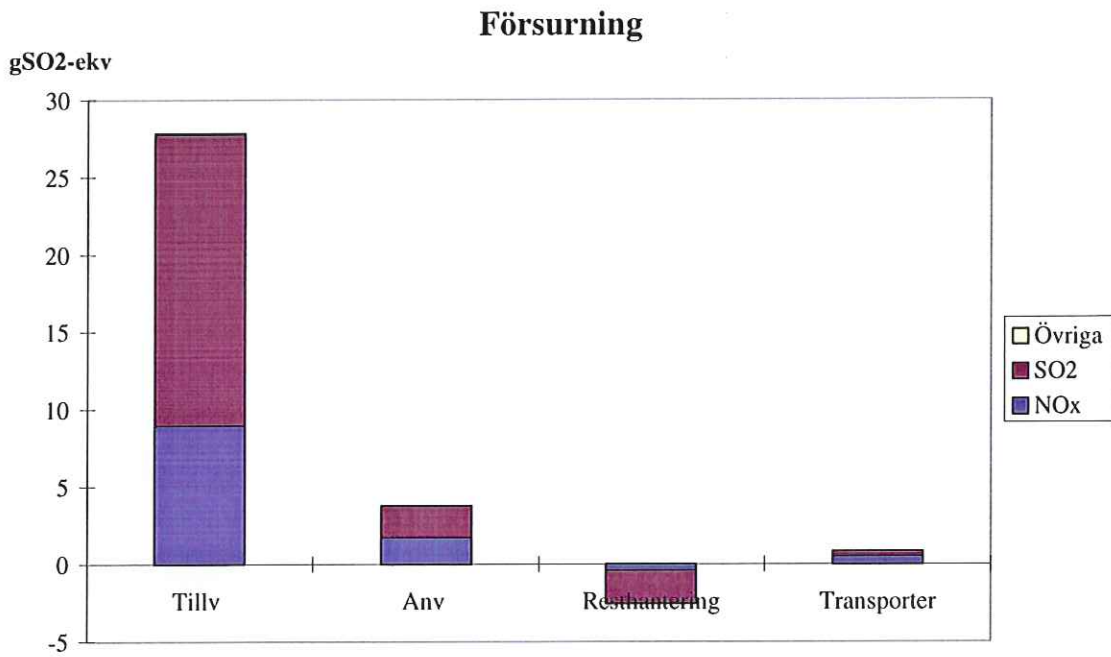


Diagram 4.49. Försurning för bildkonferens (5h).

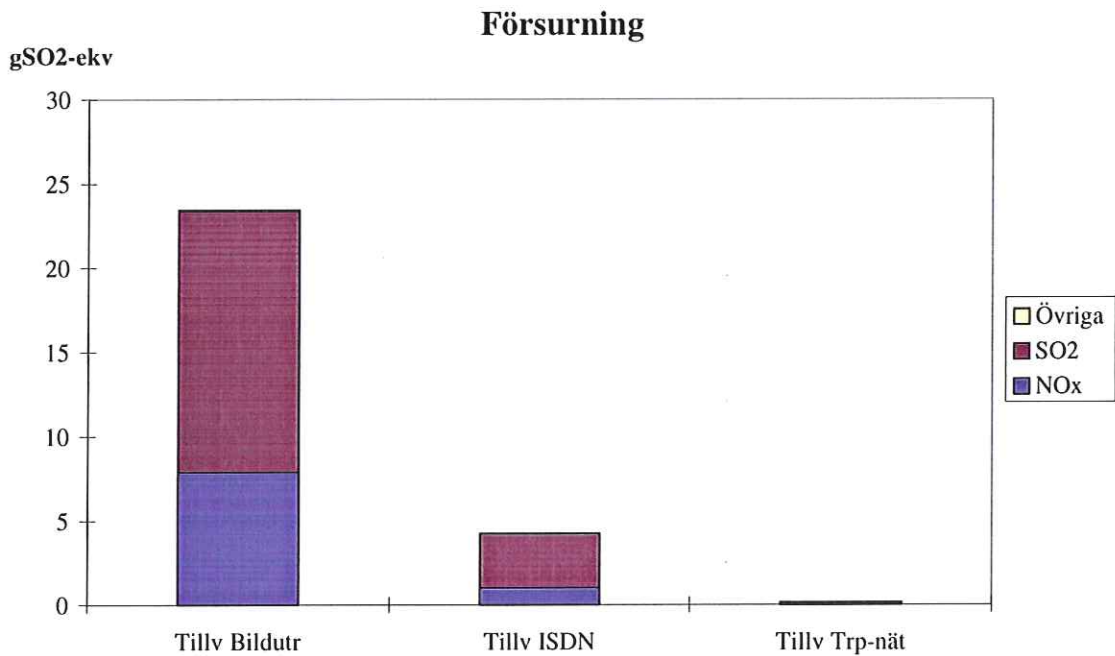


Diagram 4.50. Försurning för tillverkning av utrustning till bildkonferens (5h).

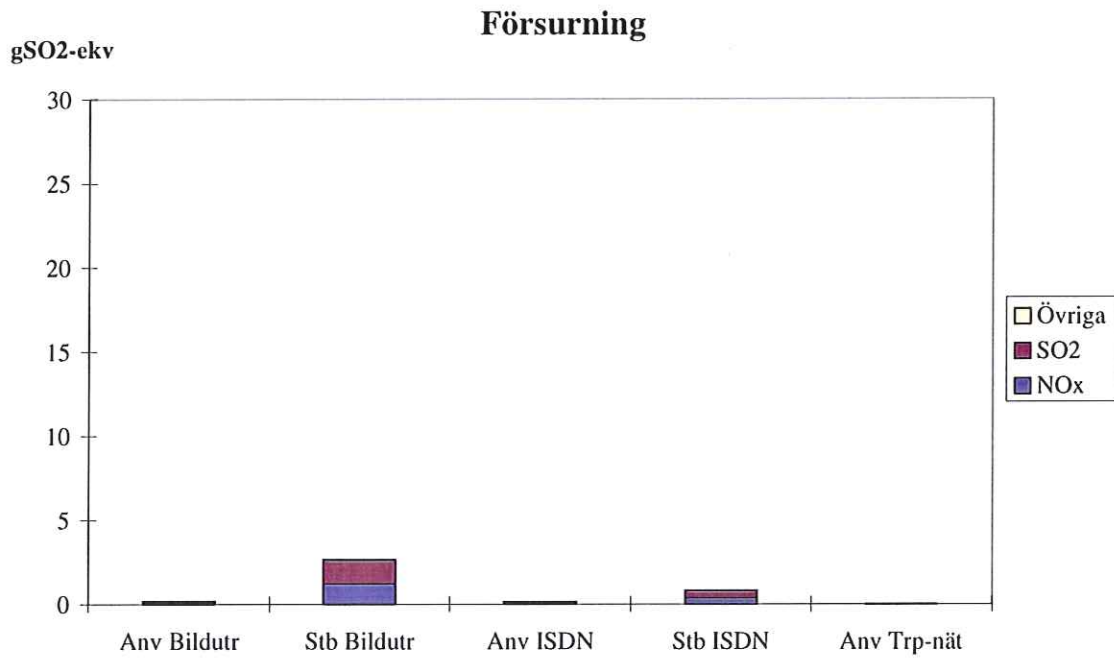


Diagram 4.51. Försurning för drift av bildkonferens (5h).

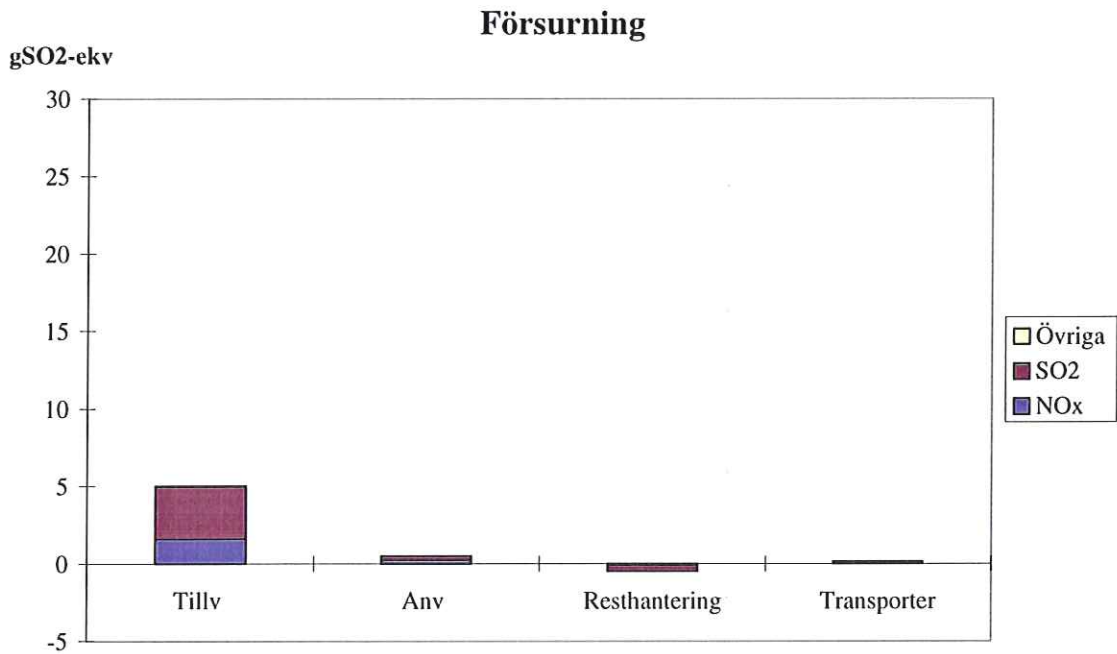


Diagram 4.52. Försurning för bildkonferens (30h).

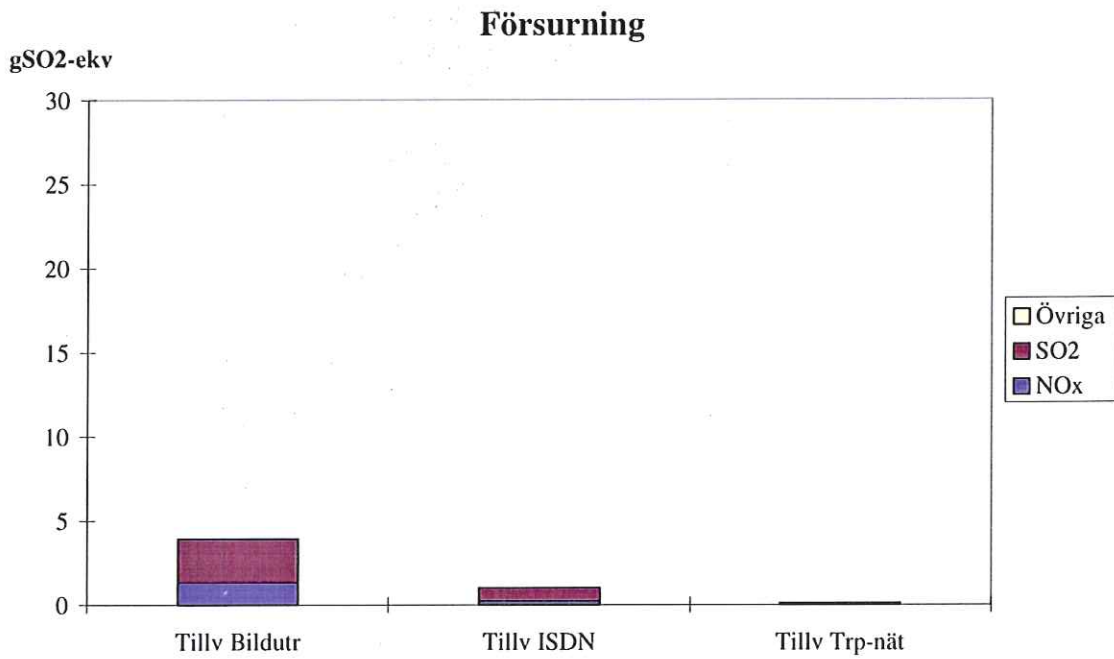


Diagram 4.53. Försurning för tillverkning av utrustning till bildkonferens (30h).

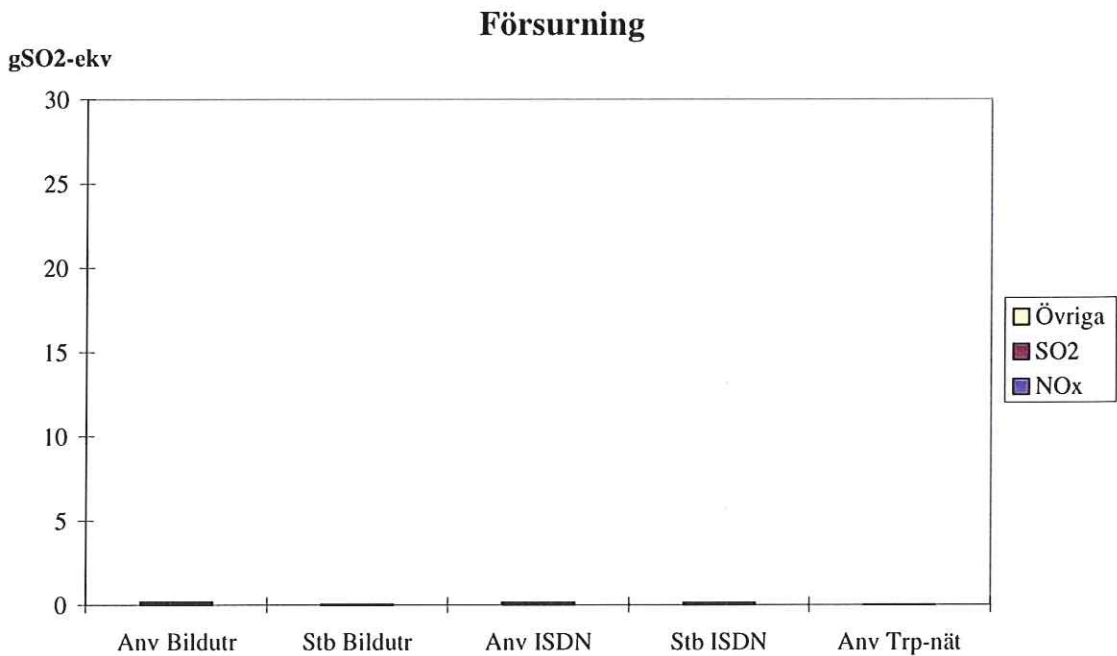


Diagram 4.54. Försurning för drift av bildkonferens (30h).

4.3.2.7 Fotooxidantbildning

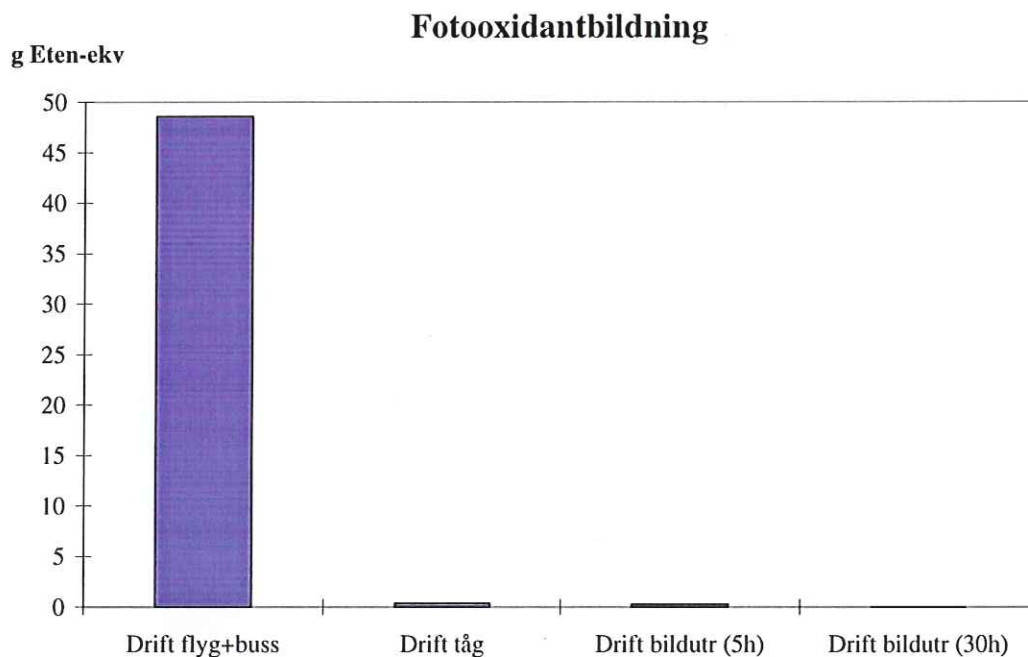


Diagram 4.55. Fotooxidantbildning för drift av bildutrustning jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar

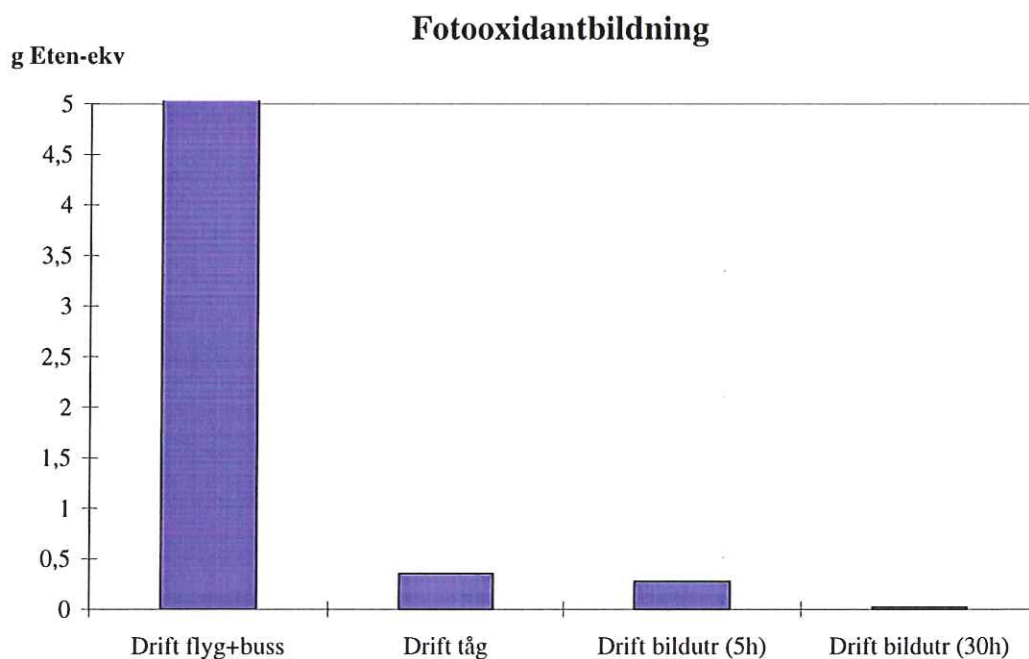


Diagram 4.56. Fotooxidantbildning för drift av bildutrustning jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar (samma diagram som ovanstående men med anpassad skala för att tydligare visa staplarna för tåg och bildutrustning).

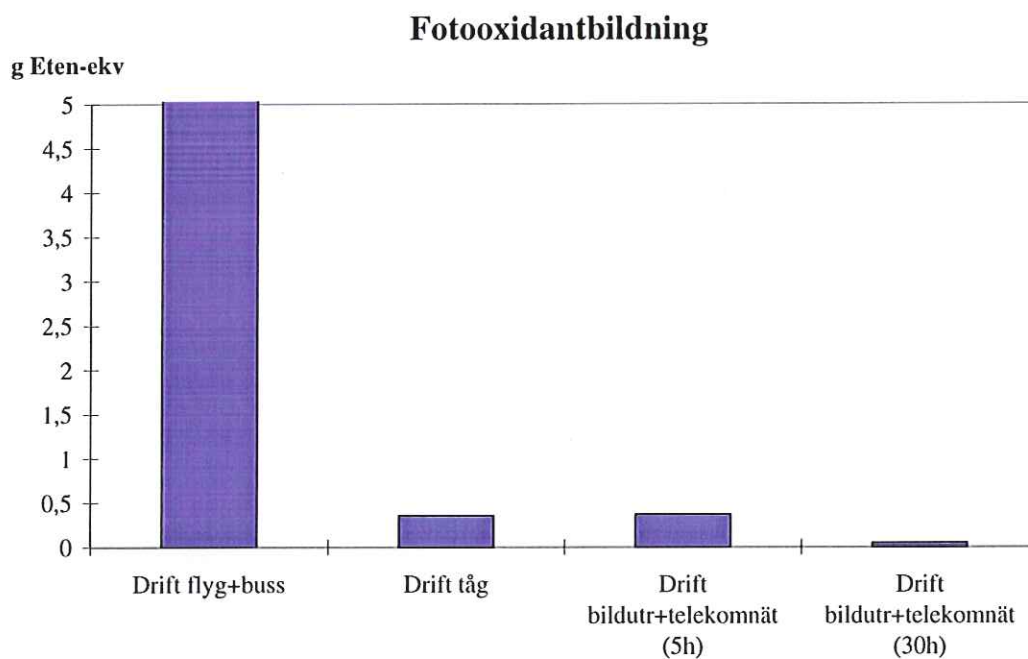


Diagram 4.57. Fotooxidantbildning för drift av bildrustning+telekommunikationsnät jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar

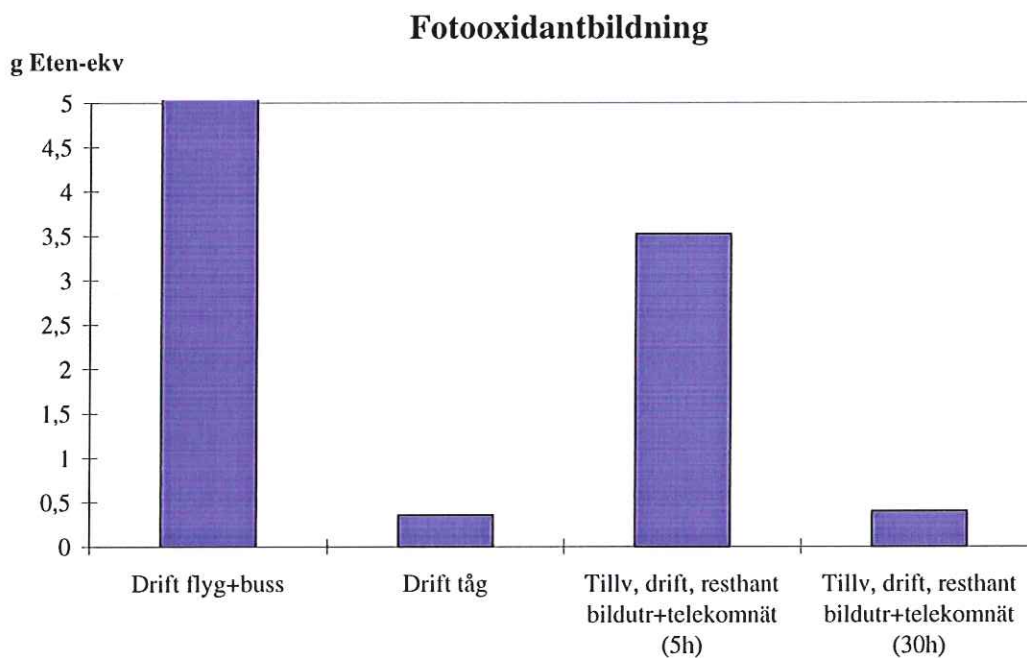


Diagram 4.58. Fotooxidantbildning för tillverkning, transporter, drift och resthantering av bildrustning+telekommunikationnät jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar.

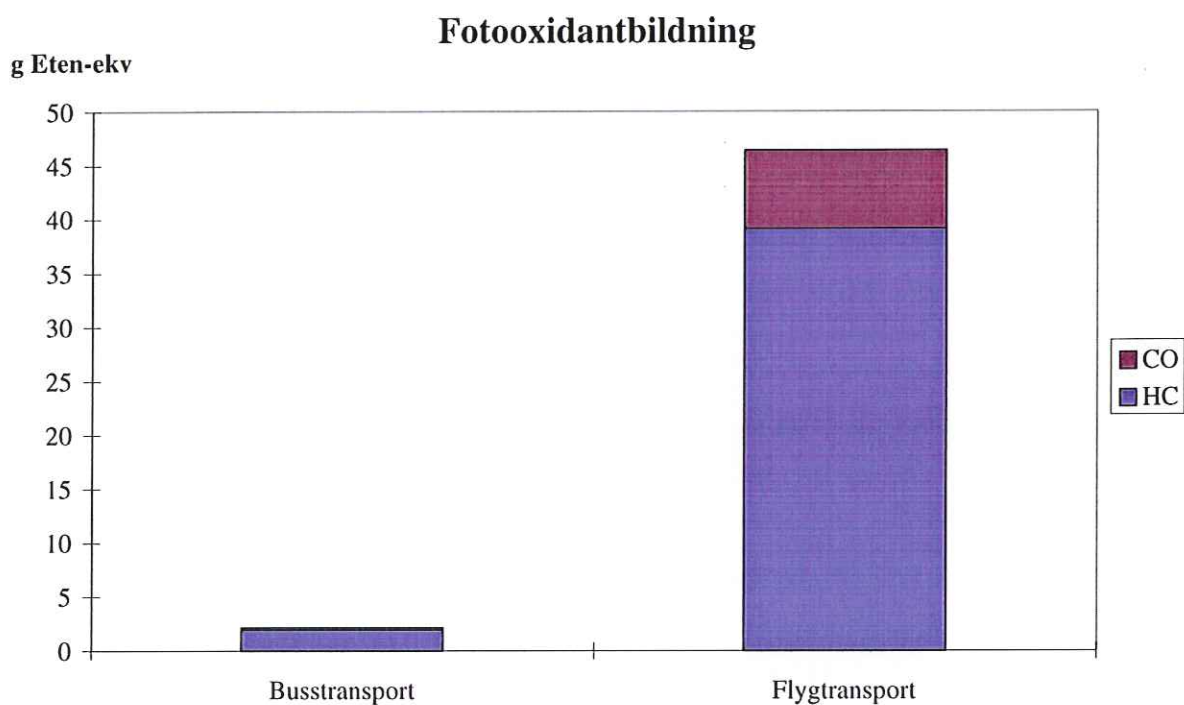


Diagram 4.59. Fotooxidantbildning för drift av flygplan+buss.

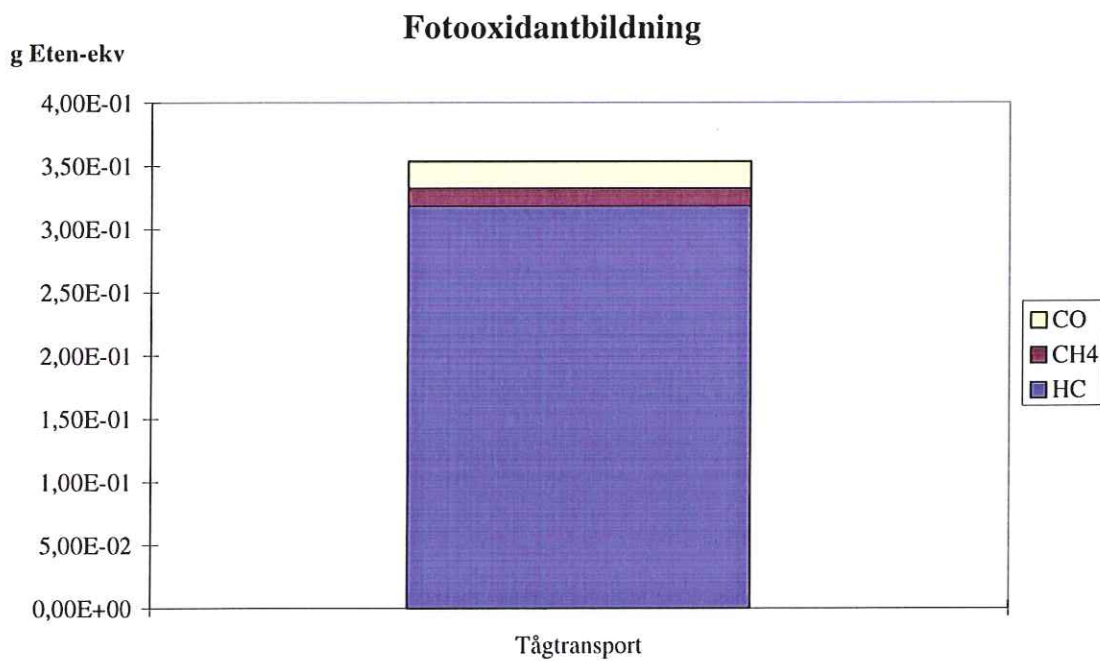


Diagram 4.60. Fotooxidantbildning för drift av tåg+vagnar

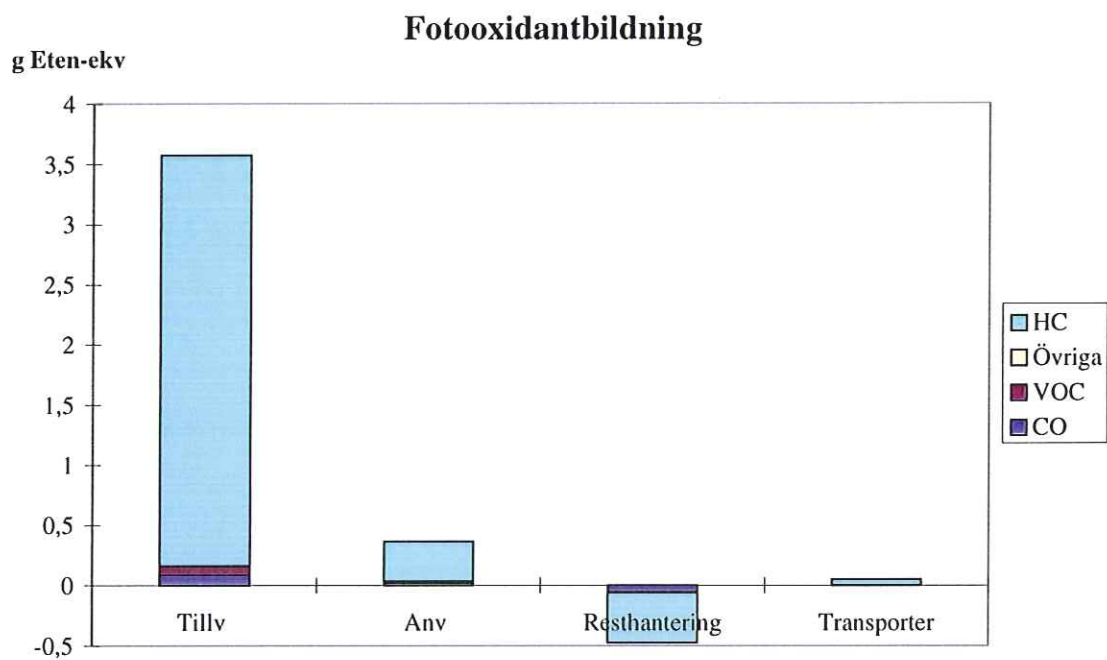


Diagram 4.61. Fotooxidantbildning för bildkonferens (5h).

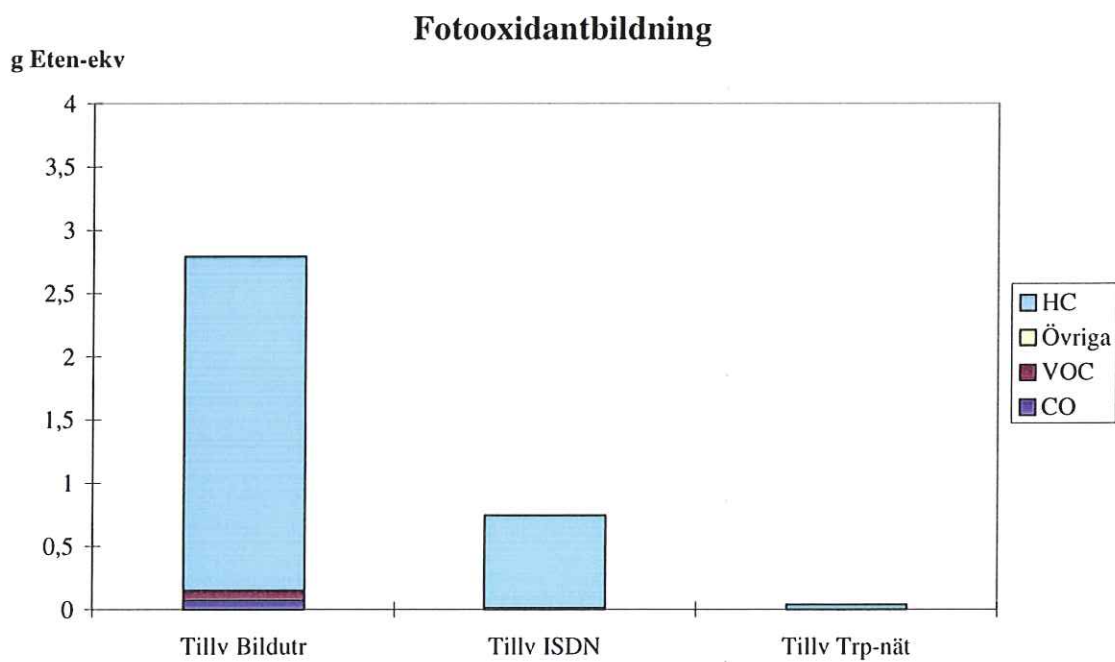


Diagram 4.62. Fotooxidantbildning för tillverkning av utrustning till bildkonferens (5h).

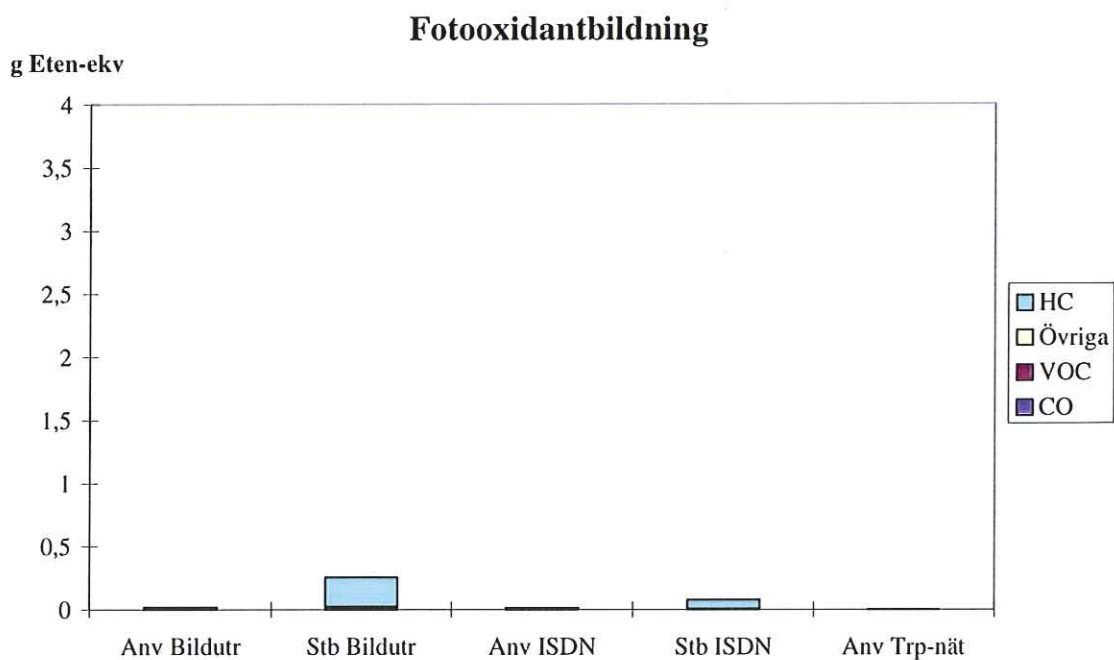


Diagram 4.63. Fotooxidantbildning för drift av bildkonferens (5h).

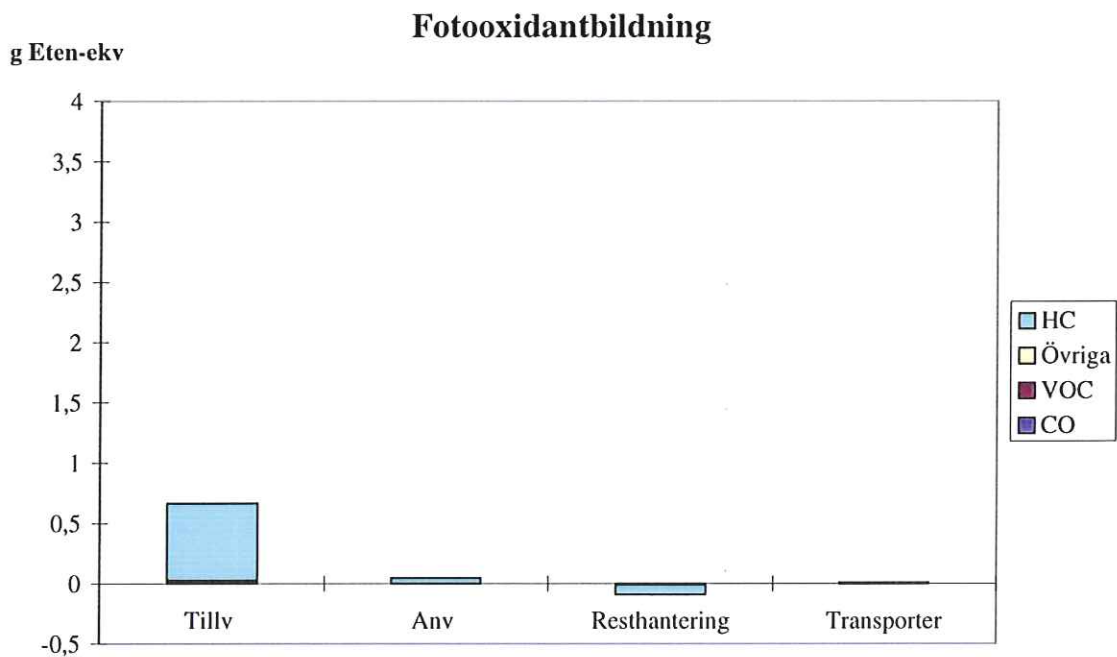


Diagram 4.64. Fotooxidantbildning för bildkonferens (30h).

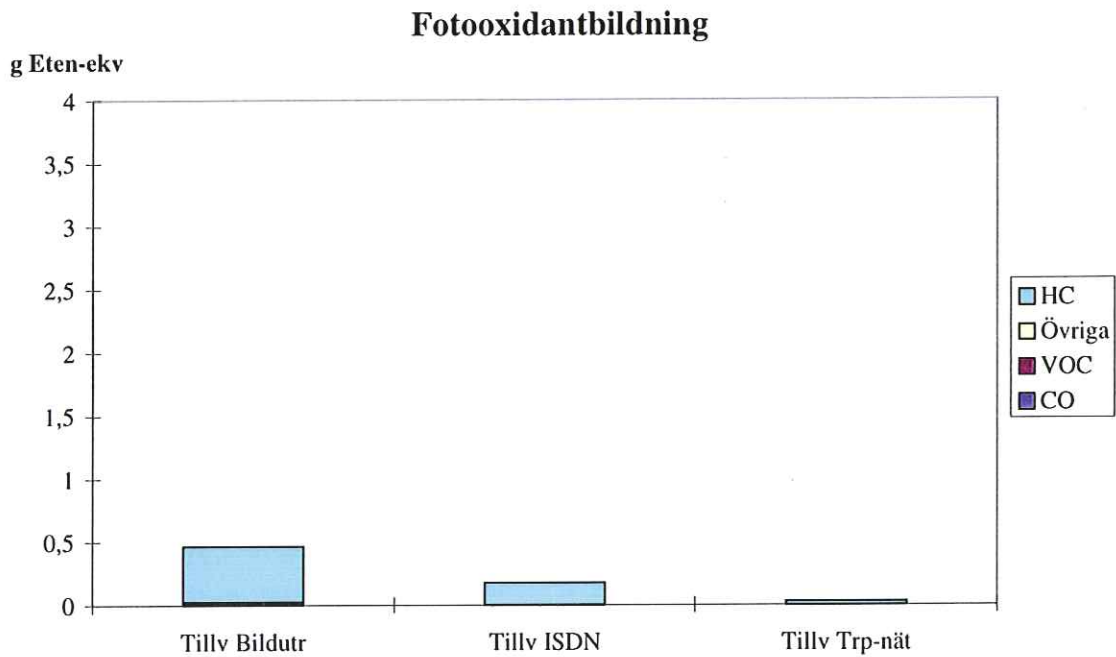


Diagram 4.65. Fotooxidantbildning för tillverkning av utrustning till bildkonferens (30h).

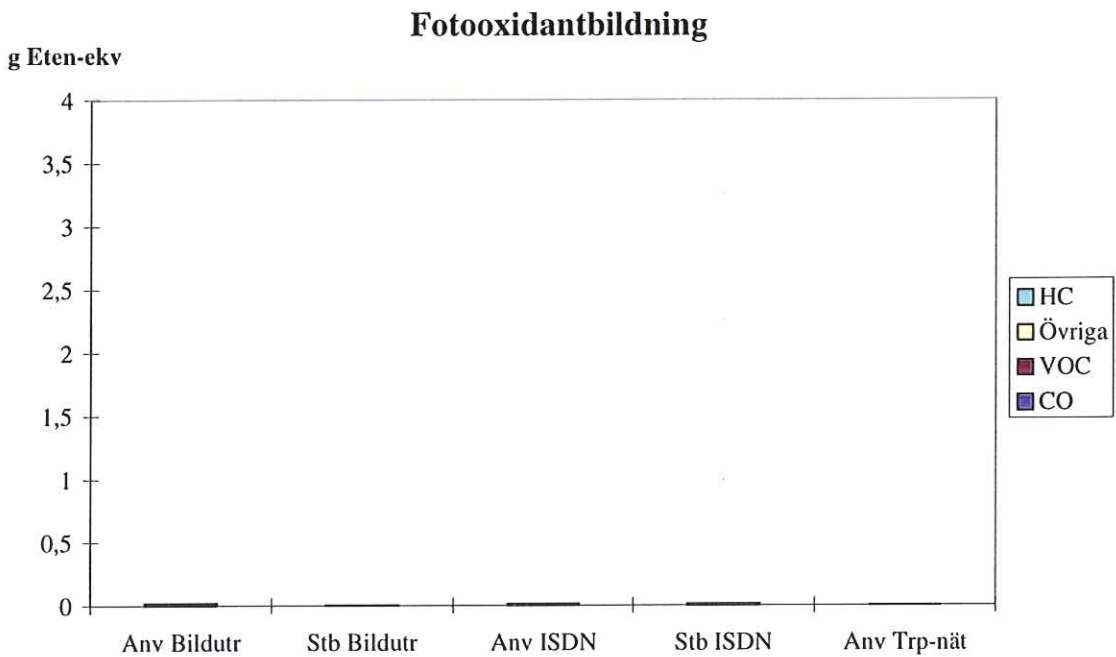


Diagram 4.66. Fotooxidantbildning för drift av bildkonferens (30h).

4.3.2.8 Human toxicitet

4.3.2.8.1 Luft

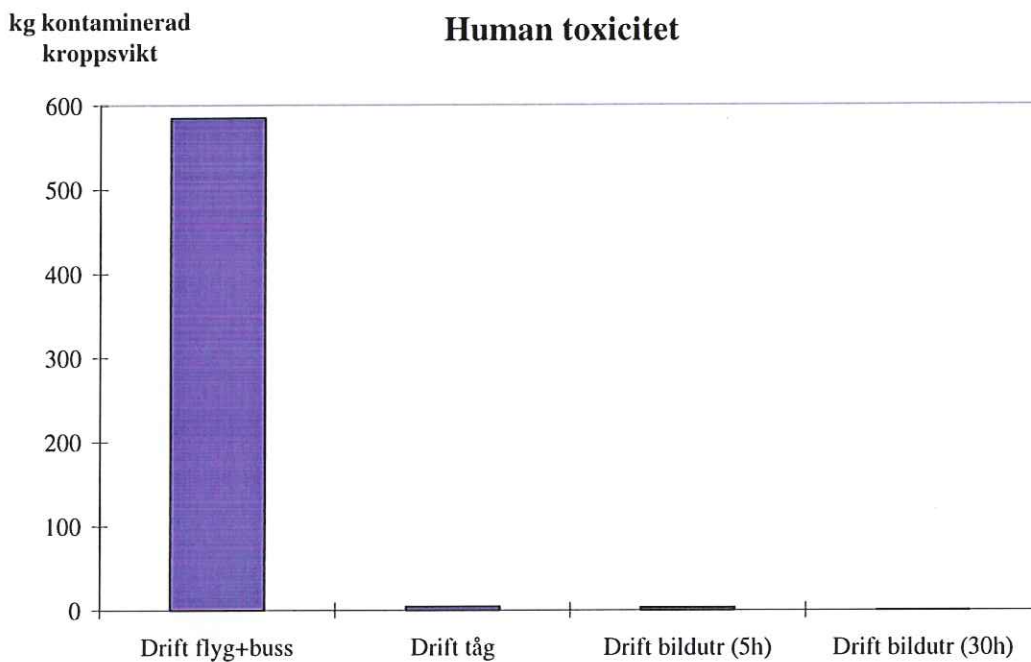


Diagram 4.67. Human toxicitet för utsläpp till luft för drift av bildutrustning jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar

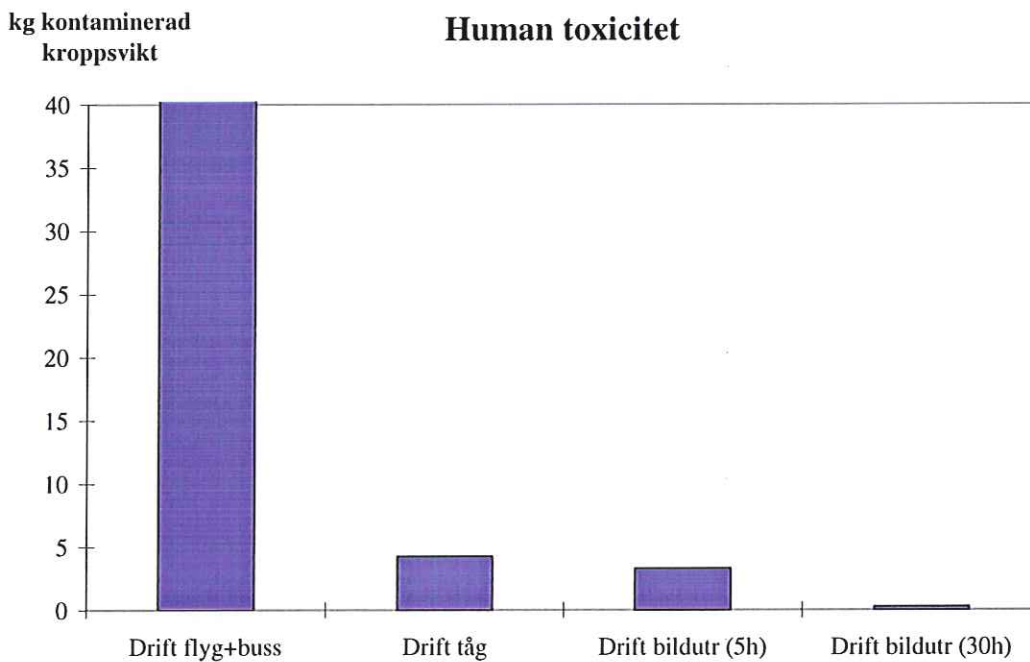


Diagram 4.68. Human toxicitet för utsläpp till luft för drift av bildutrustning jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar (samma diagram som ovanstående men med anpassad skala för att tydligare visa staplarna för tåg och bildutrustning).

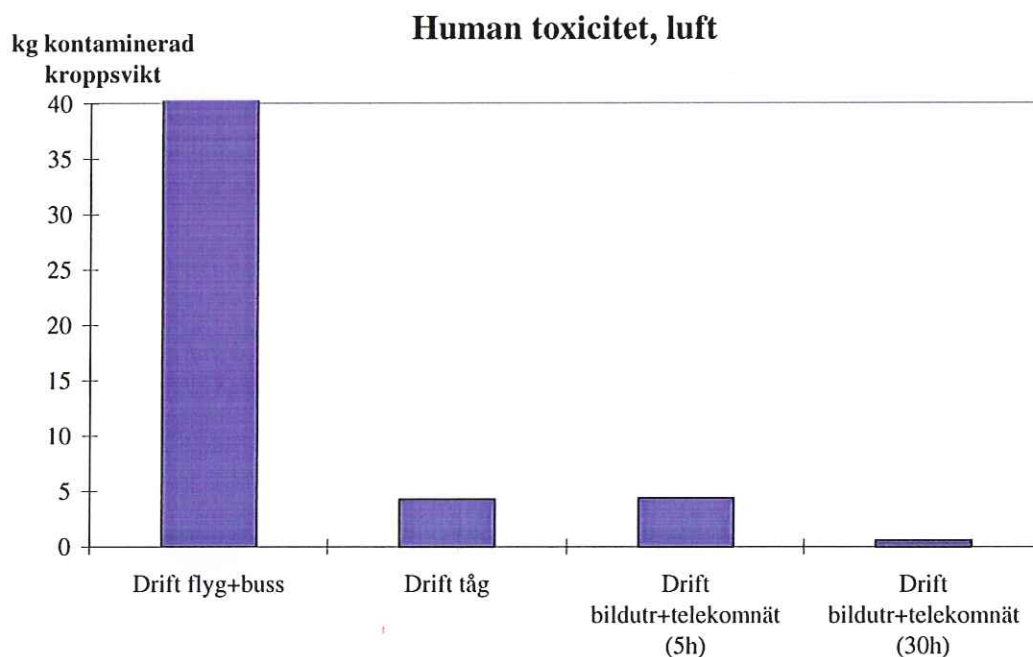


Diagram 4.69. Human toxicitet för utsläpp till luft för drift av bildutrustning+telekommunikationsnät jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar

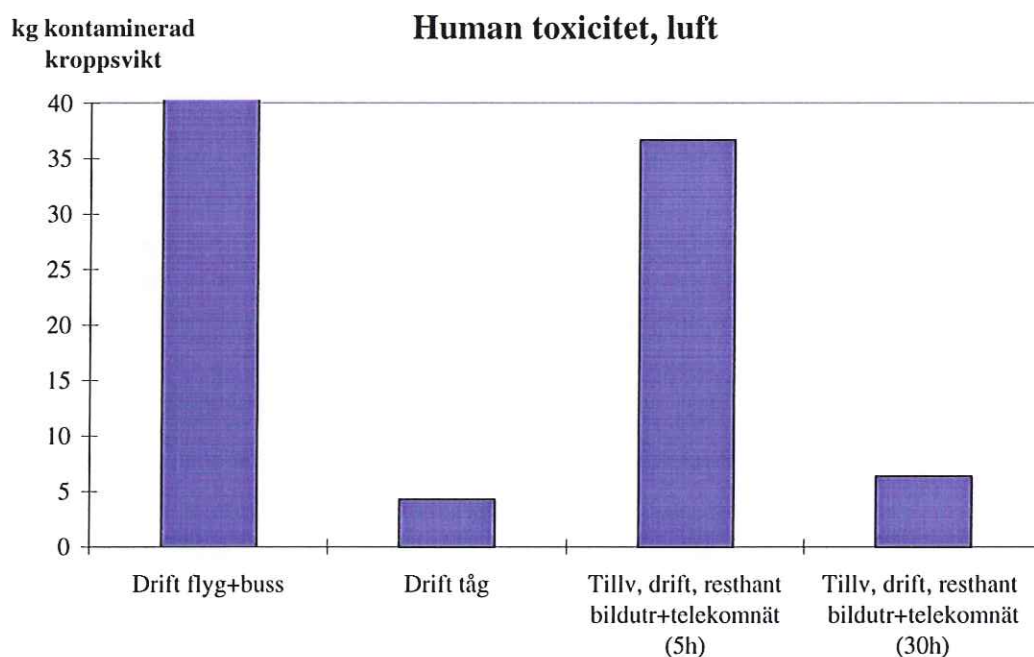


Diagram 4.70. Human toxicitet för utsläpp till luft för tillverkning, transporter, drift och resthantering av bildutrustning+telekommunikationnät jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar.

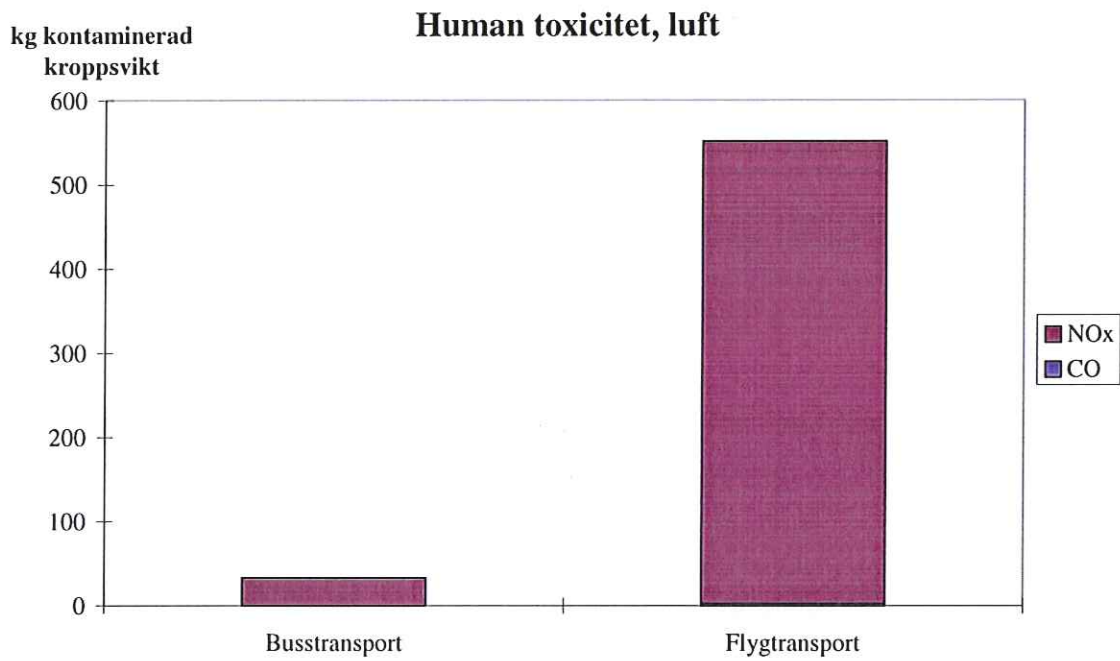


Diagram 4.71. Human toxicitet för utsläpp till luft för drift av flygplan+buss.

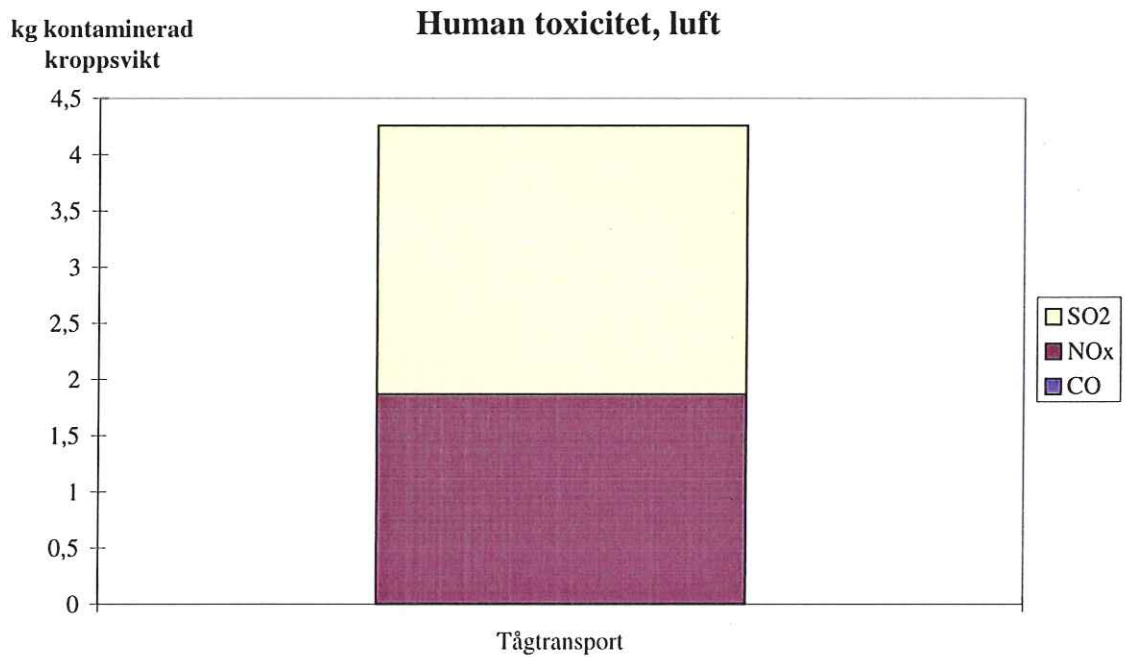


Diagram 4.72. Human toxicitet för utsläpp till luft för drift av tåg+vagnar

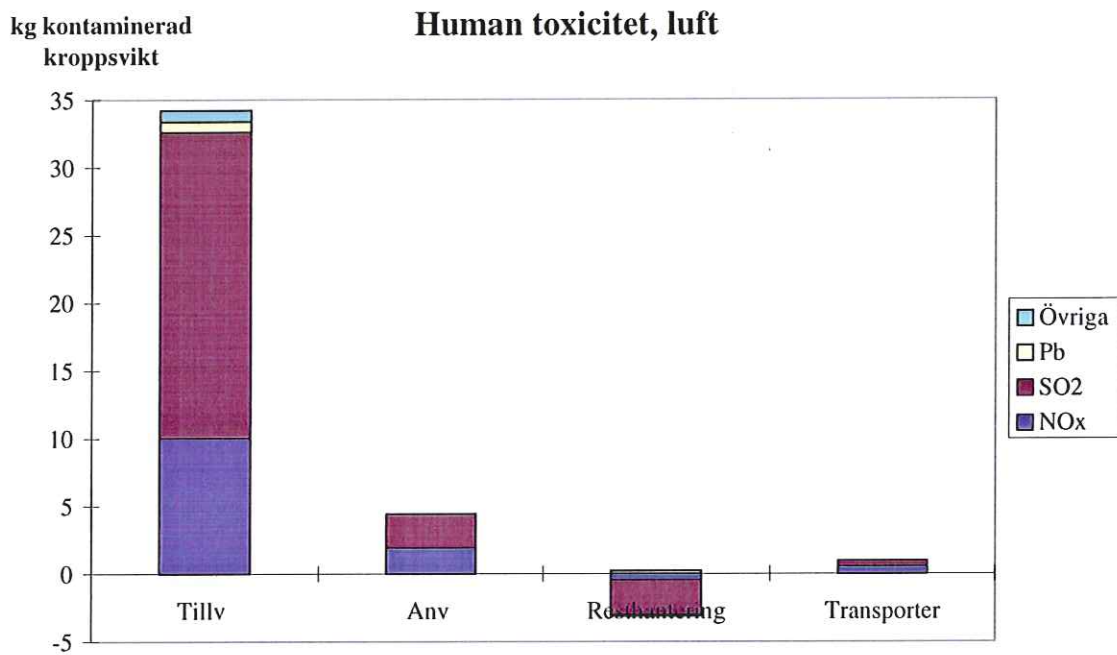


Diagram 4.73. Human toxicitet för utsläpp till luft för bildkonferens (5h).

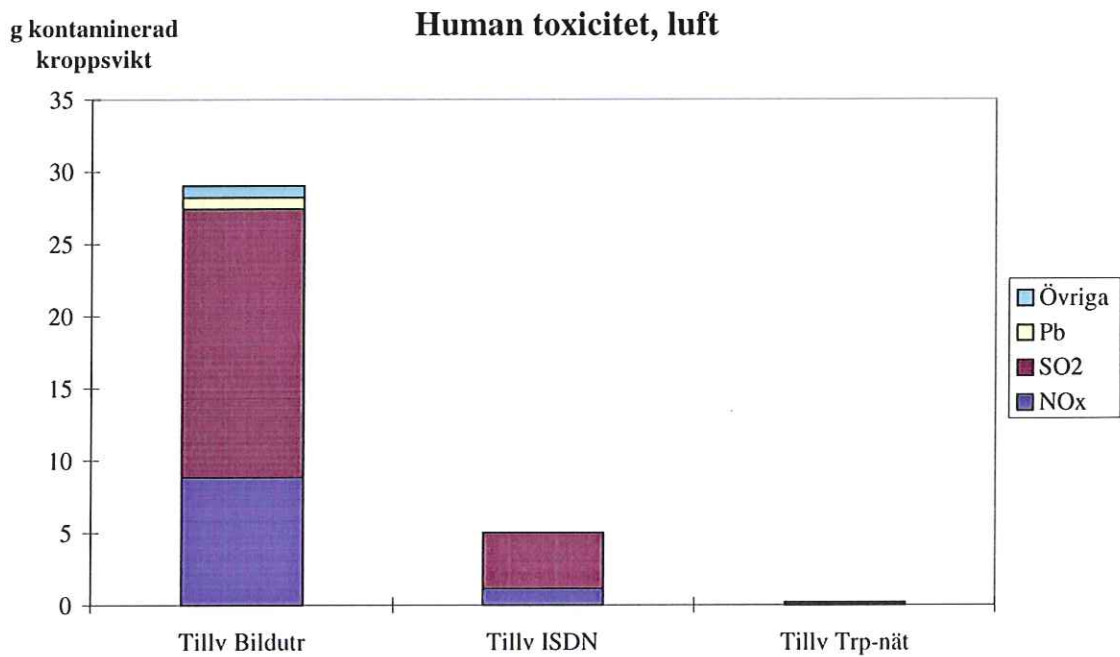


Diagram 4.74. Human toxicitet för utsläpp till luft för tillverkning av utrustning till bildkonferens (5h).

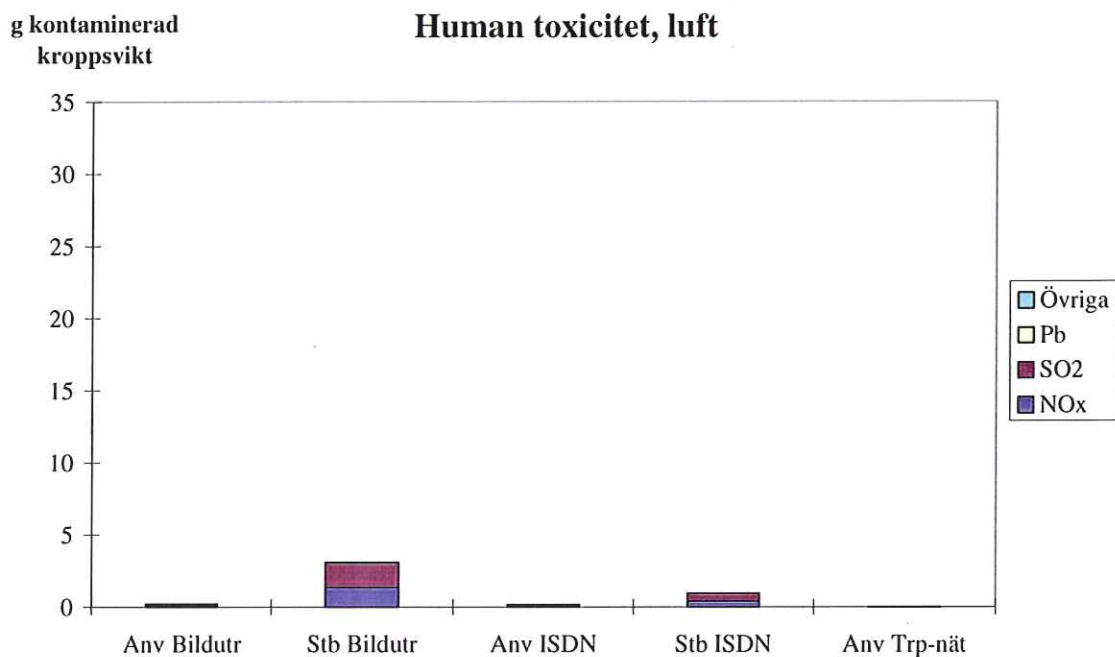


Diagram 4.75. Human toxicitet för utsläpp till luft för drift av bildkonferens (5h).

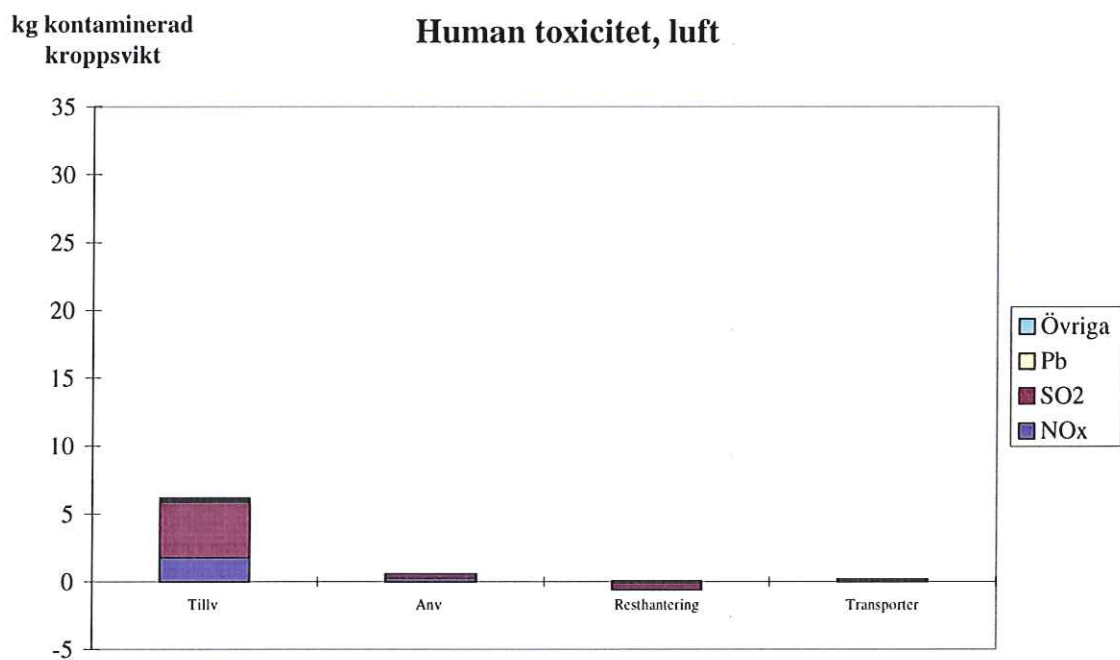


Diagram 4.76. Human toxicitet för utsläpp till luft för bildkonferens (30h).

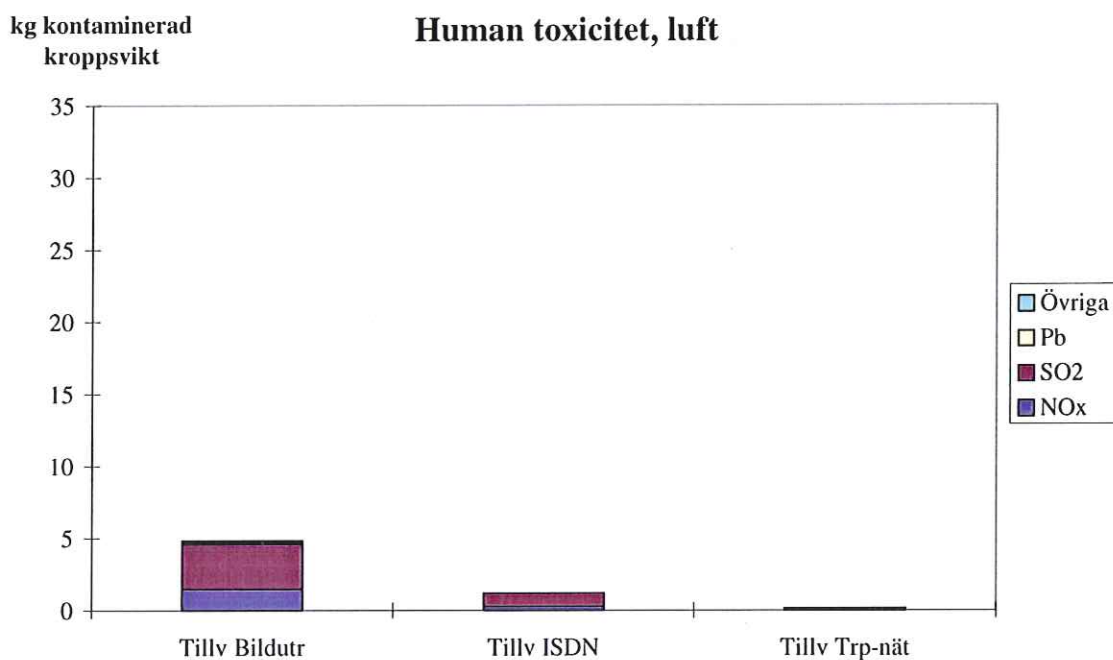


Diagram 4.77. Human toxicitet för utsläpp till luft för tillverkning av utrustning till bildkonferens (30h).

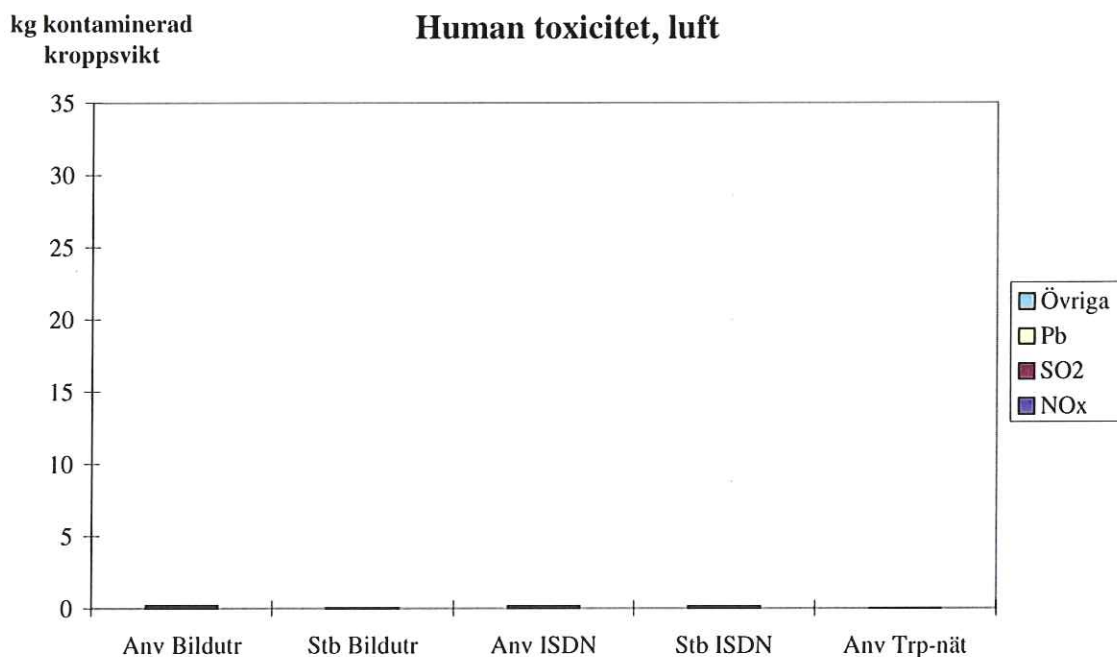


Diagram 4.78. Human toxicitet för utsläpp till luft för drift av bildkonferens (30h).

4.3.2.8.2 Vatten

Uppgifter om utsläpp till vatten som ger toxiska effekter på människor saknas helt för flygtransporterna.

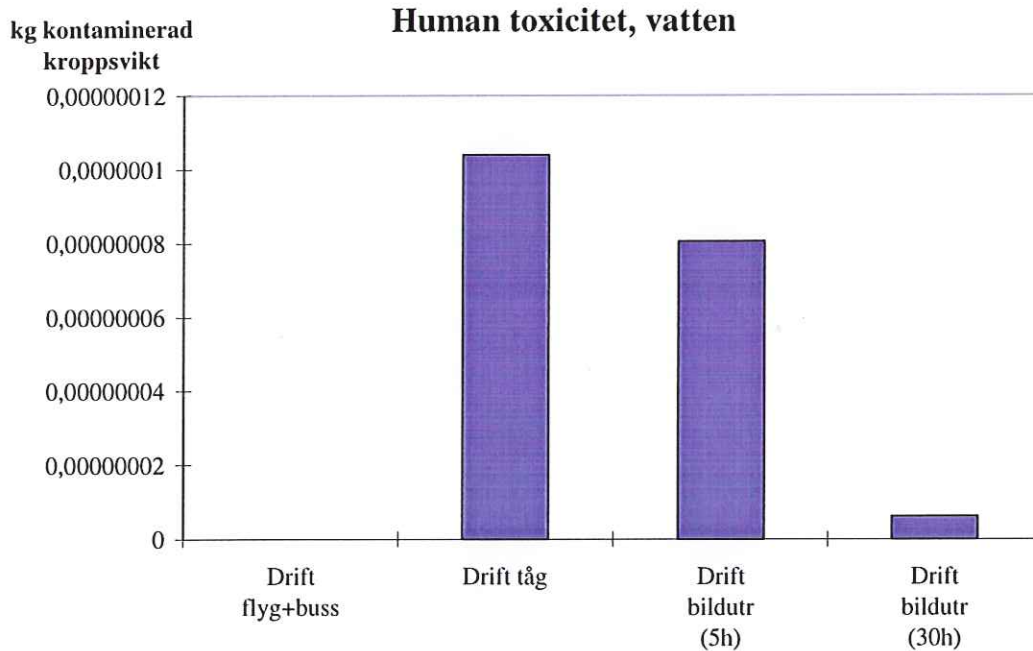


Diagram 4.79. Human toxicitet för utsläpp till vatten för drift av bildutrustning jämfört med drift av tåg+vagnar.

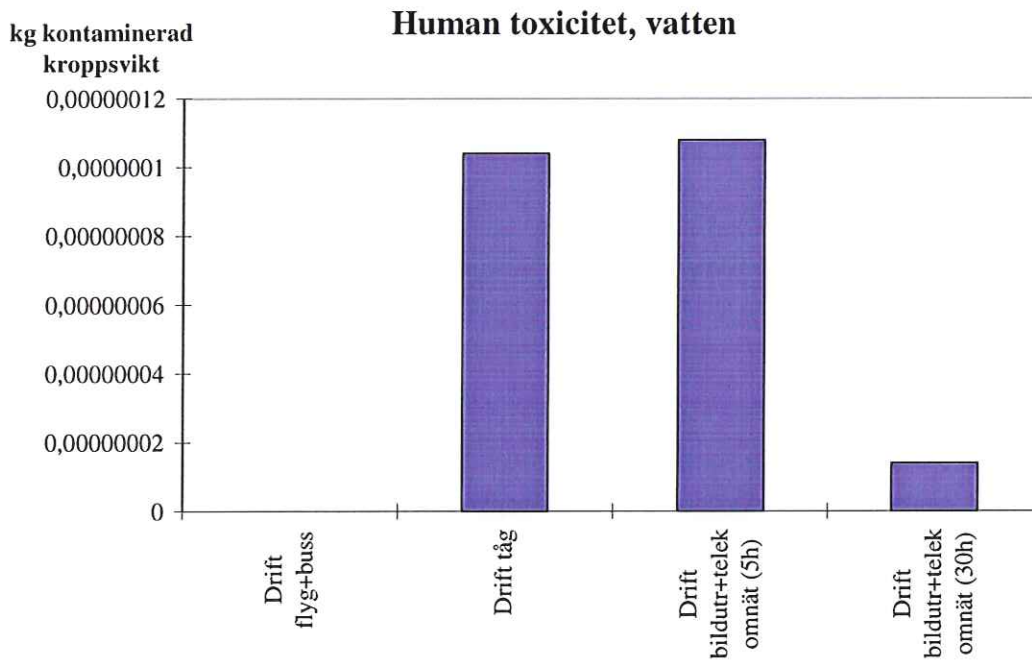


Diagram 4.80. Human toxicitet för utsläpp till vatten för drift av bildutrustning+telekommunikationsnät jämfört med drift av tåg+vagnar.

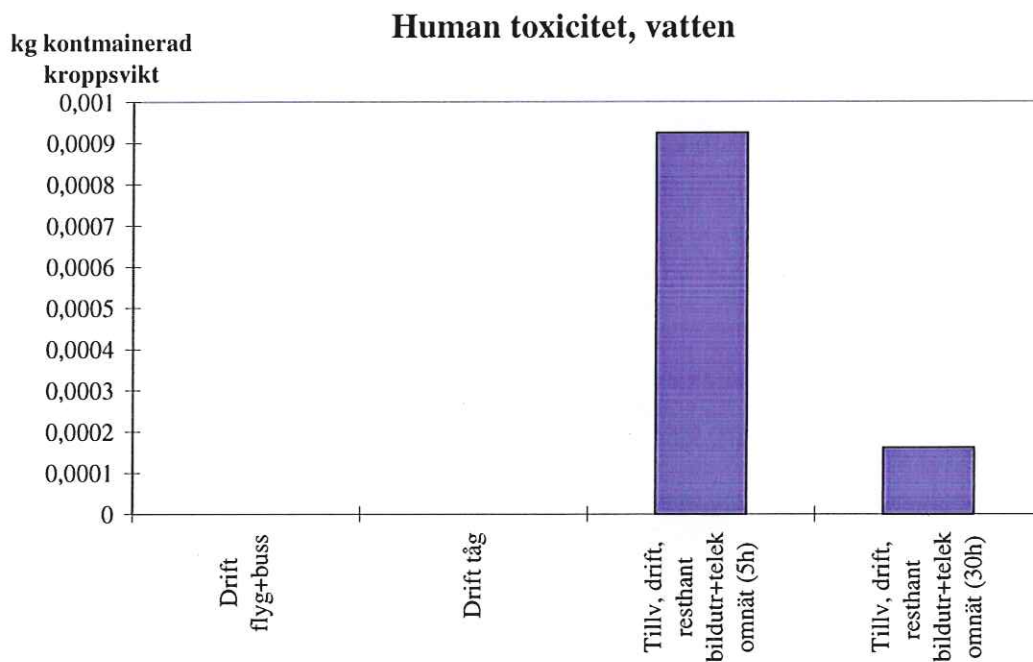


Diagram 4.81. Human toxicitet för utsläpp till vatten för tillverkning, transporter, drift och resthantering av bildutrustning+telekommunikationnät jämfört med drift av tåg+vagnar.

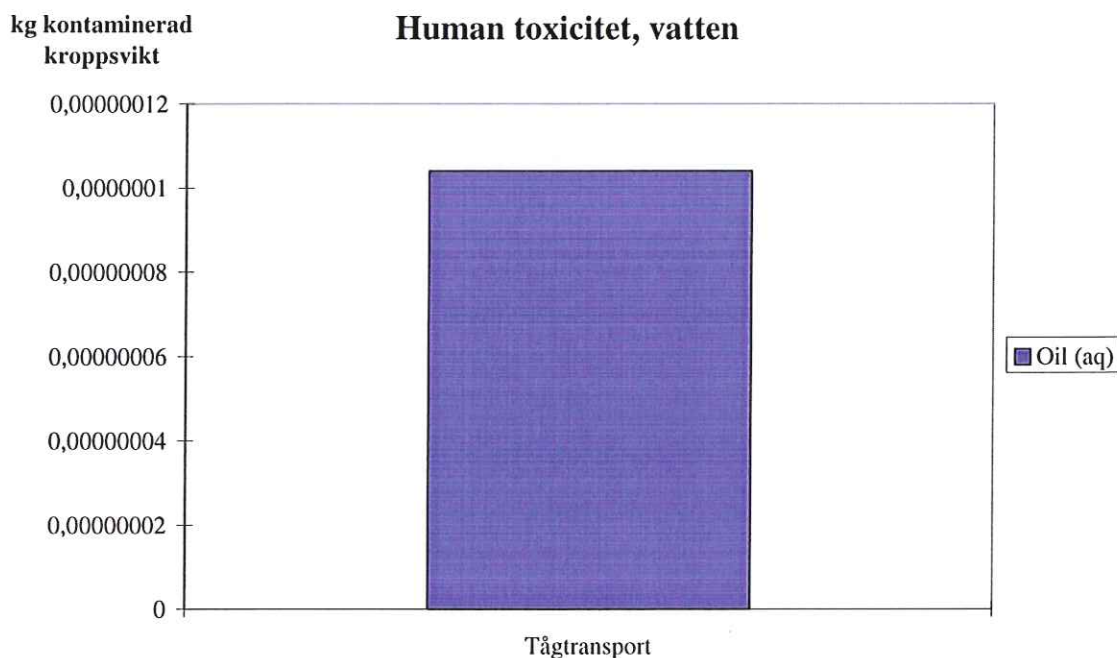


Diagram 4.82. Human toxicitet för utsläpp till vatten för drift av tåg+vagnar

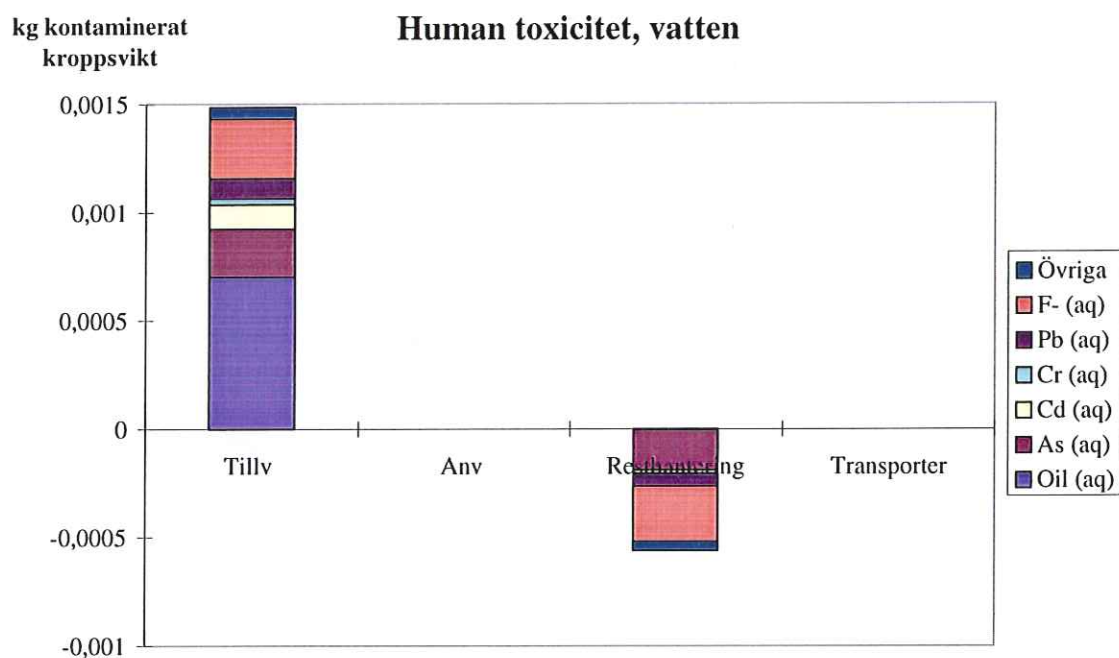


Diagram 4.83. Human toxicitet för utsläpp till vatten för bildkonferens (5h).

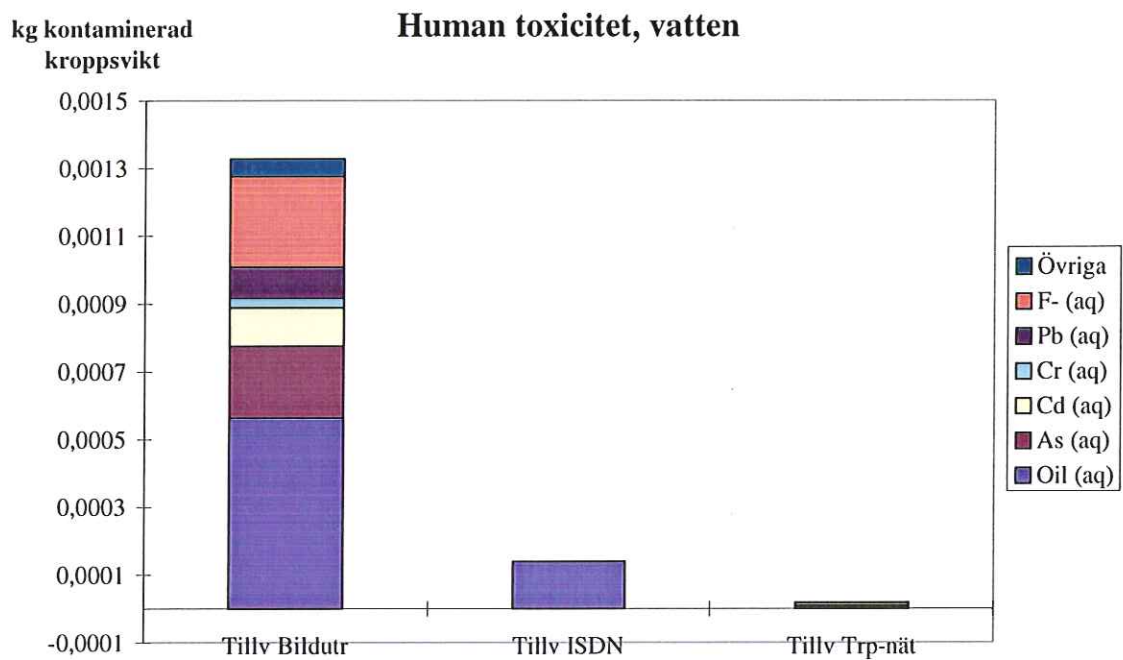


Diagram 4.84. Human toxicitet för utsläpp till vatten för tillverkning av utrustning till bildkonferens (5h).

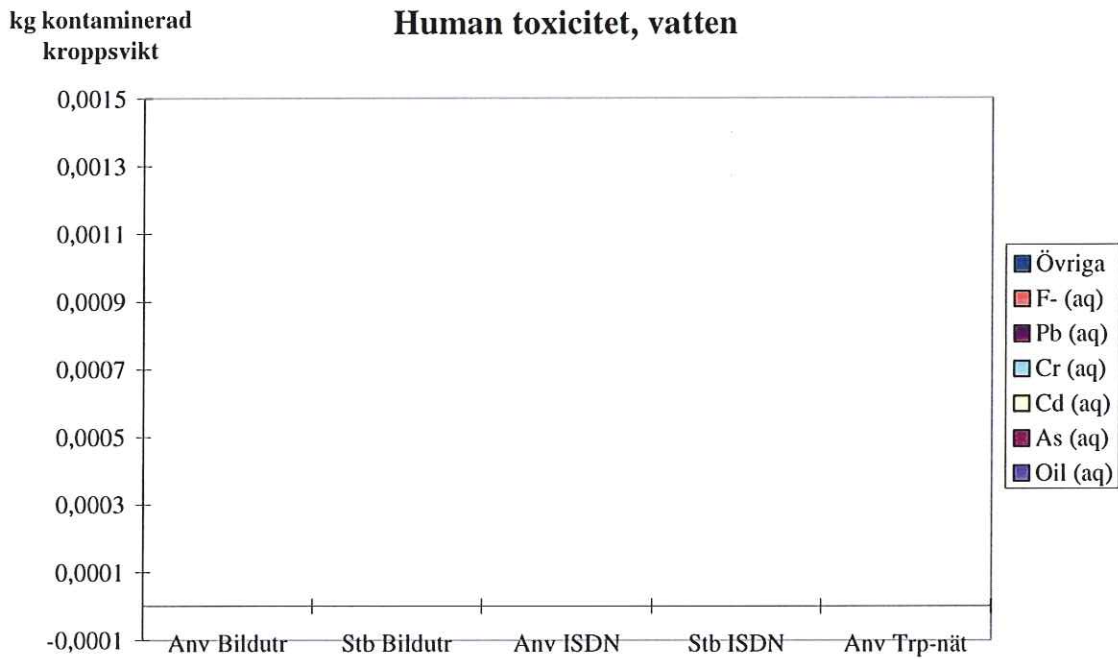


Diagram 4.85. Human toxicitet för utsläpp till vatten för drift av bildkonferens (5h).

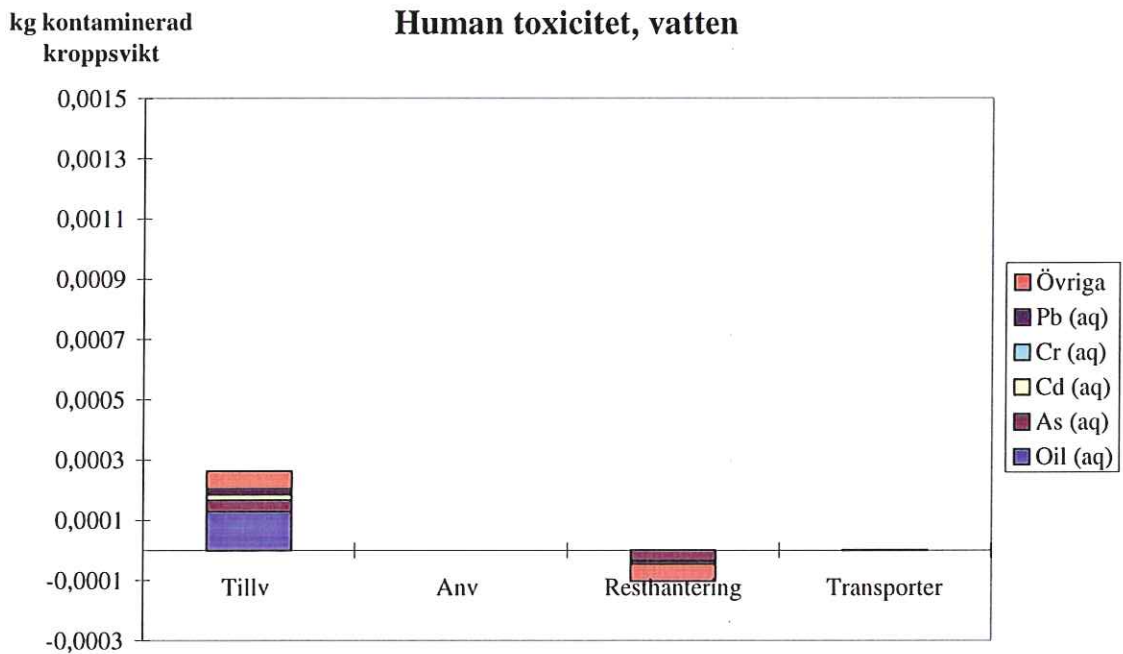


Diagram 4.86. Human toxicitet för utsläpp till vatten för bildkonferens (30h).

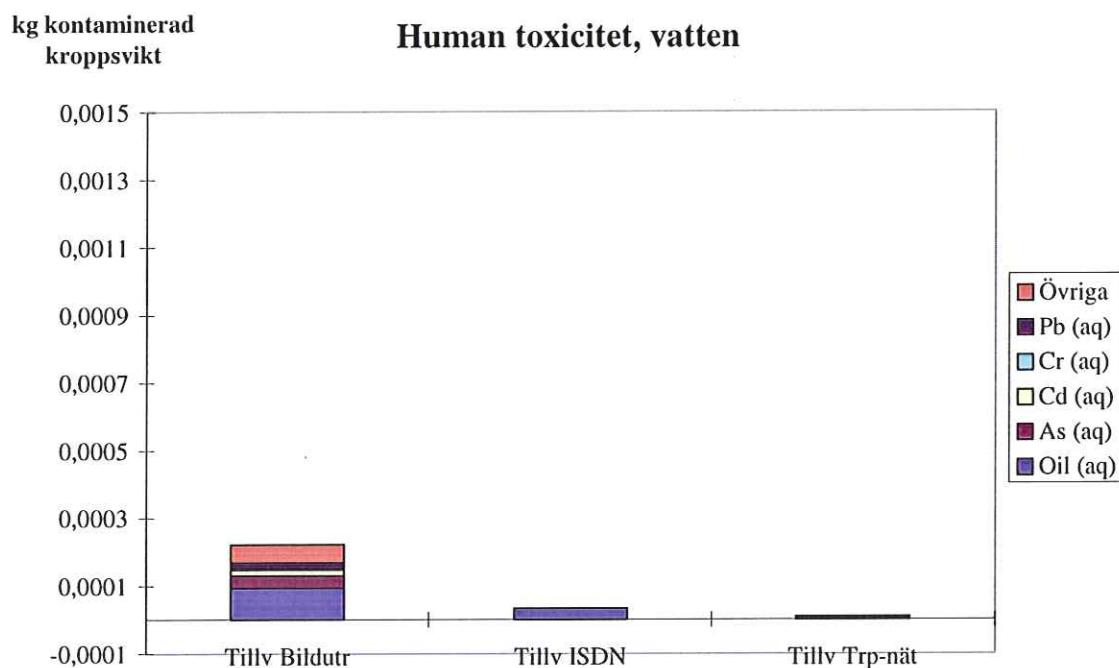


Diagram 4.87. Human toxicitet för utsläpp till vatten för tillverkning av utrustning till bildkonferens (30h).

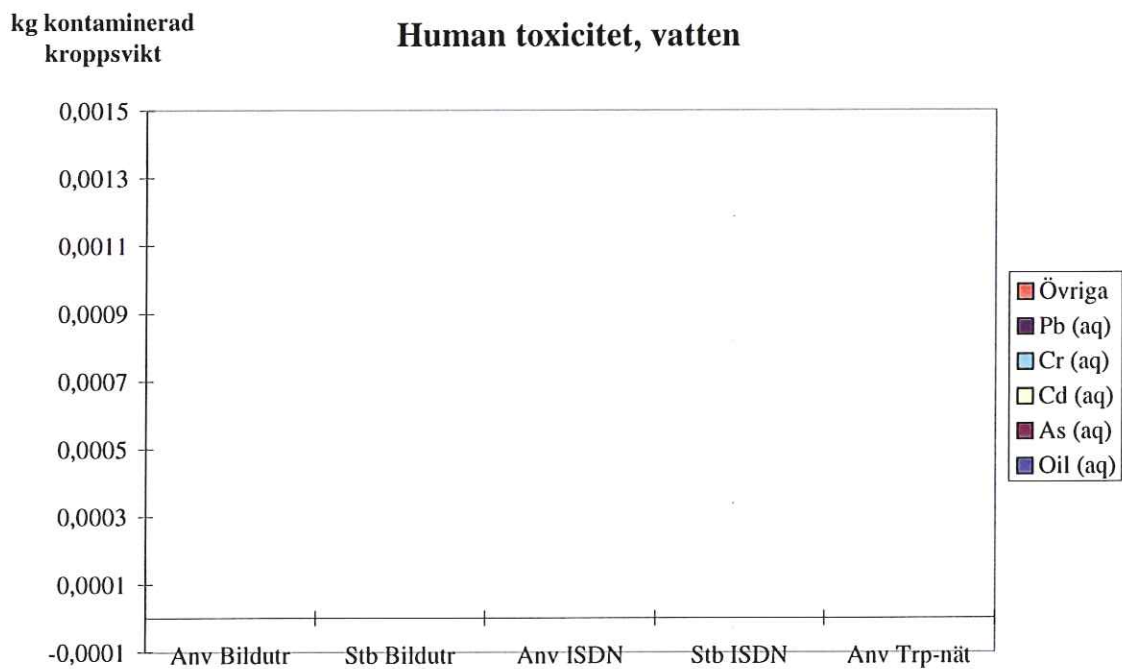


Diagram 4.88. Human toxicitet för utsläpp till vatten för drift av bildkonferens (30h).

4.3.2.8.3 Mark

Uppgifter om utsläpp till mark som ger toxiska effekter på människor saknas för helt för flyg- och tågtransporter samt bildkonferens.

4.3.2.9 Ekotoxicitet

4.3.2.9.1 Akvatiska ekosystem

Uppgifter om emissioner som ger effekter på akvatiska ekosystem saknas helt för flygtransporterna.

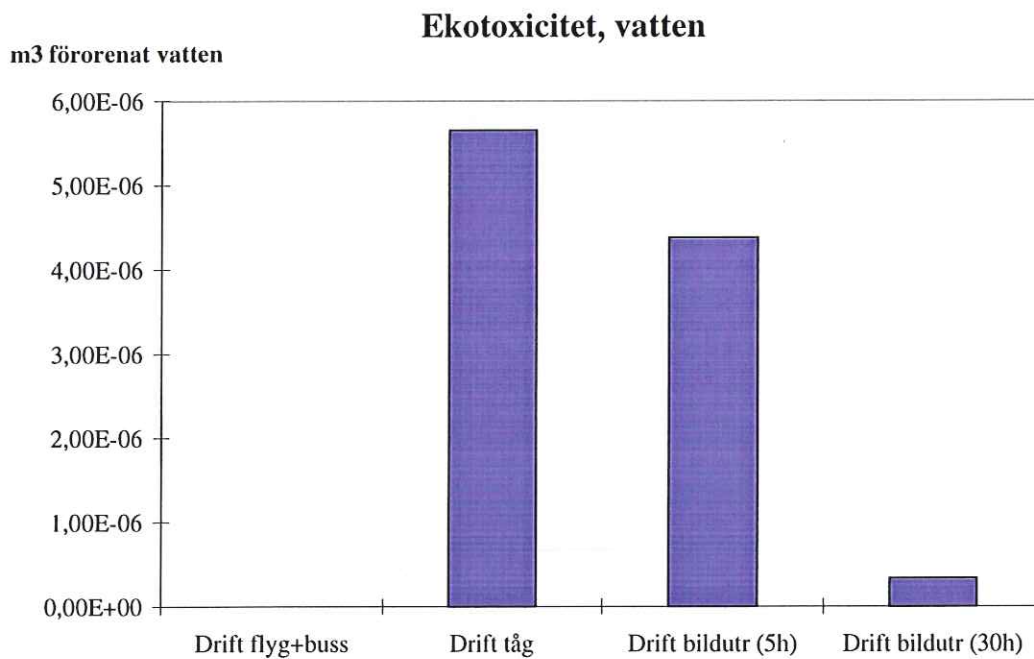


Diagram 4.89. Ekotoxicitet för akvatiska system för drift av bildutrustning jämfört med drift av tåg+vagnar.

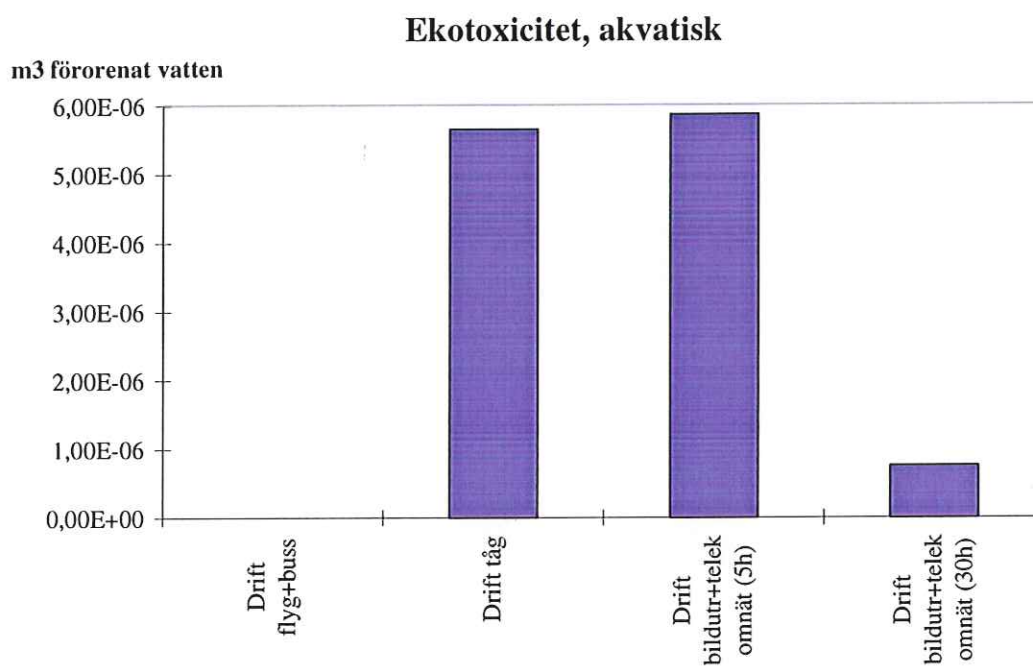


Diagram 4.90. Ekotoxicitet för akvatiska system för drift av bildutrustning+telekommunikationsnät jämfört med drift av tåg+vagnar.

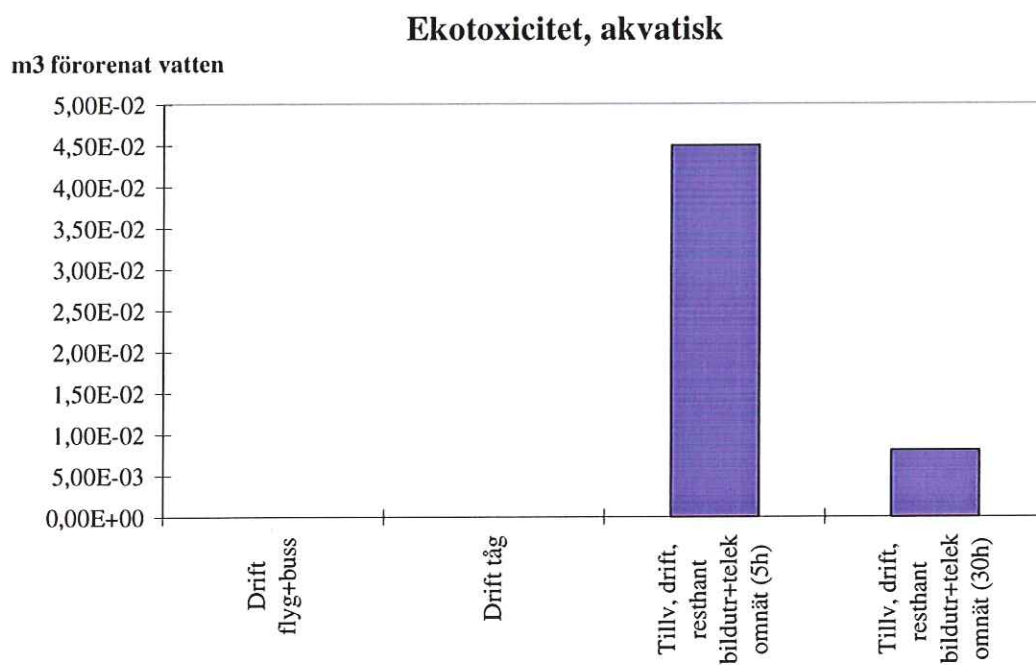


Diagram 4.91. Ekotoxicitet för akvatiska system för tillverkning, transporter, drift och resthantering av bildutrustning+telekommunikationsnät jämfört med drift av tåg+vagnar.

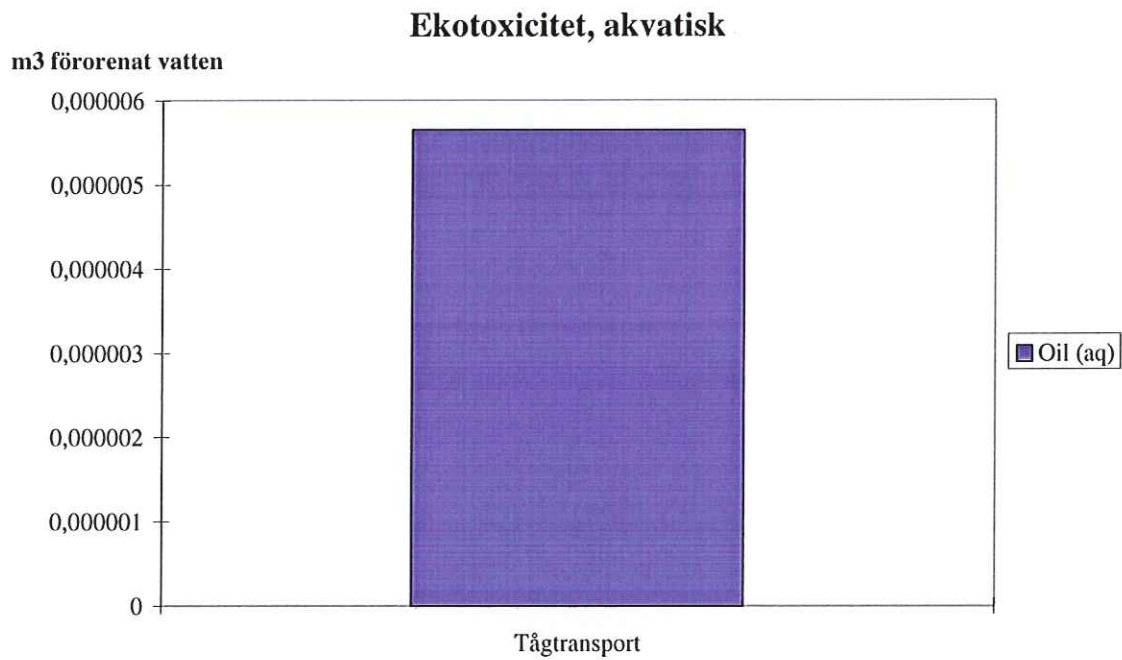


Diagram 4.92. Ekotoxicitet för akvatiska system för drift av tåg+vagnar

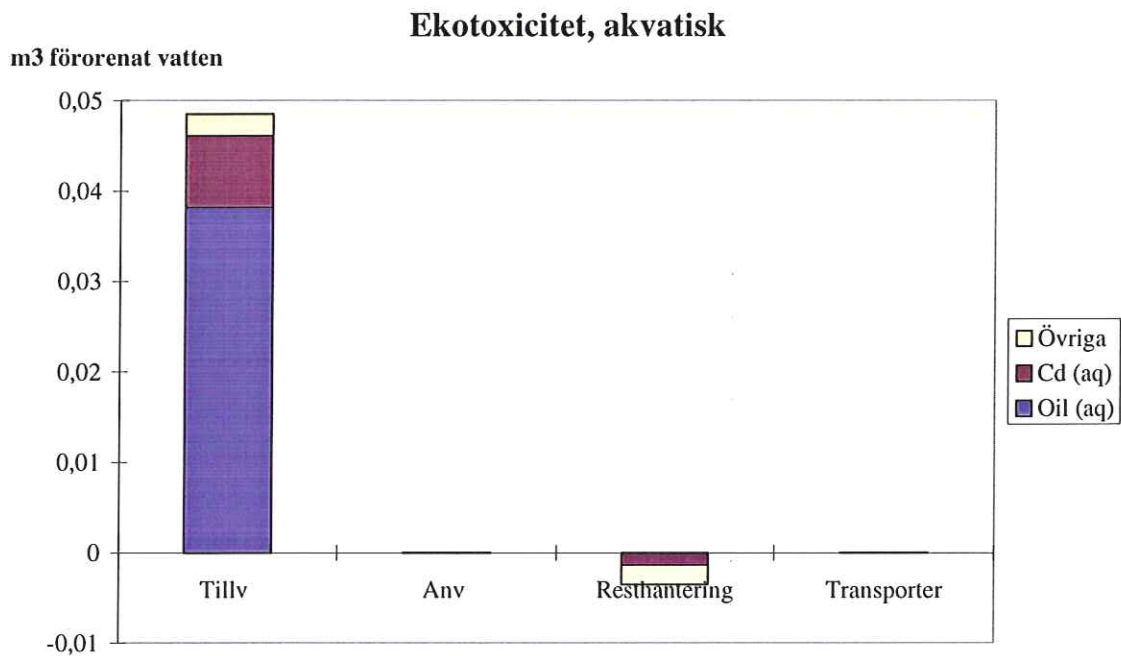


Diagram 4.93. Ekotoxicitet för akvatiska system för bildkonferens (5h).

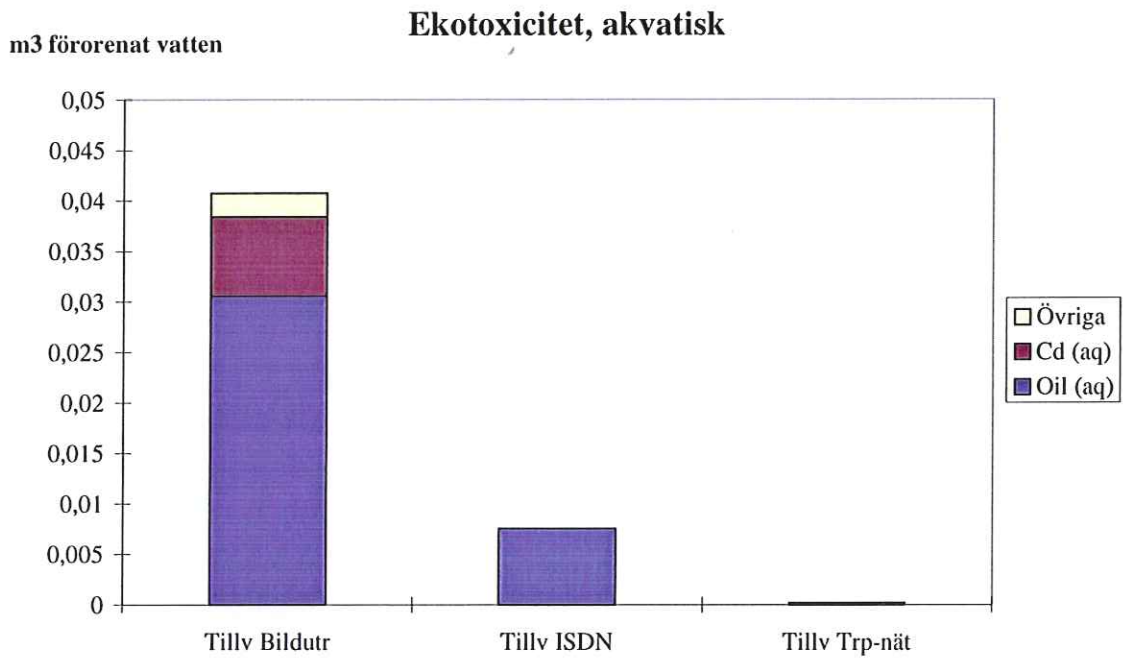


Diagram 4.94. Ekotoxicitet för akvatiska system för tillverkning av utrustning till bildkonferens (5h).

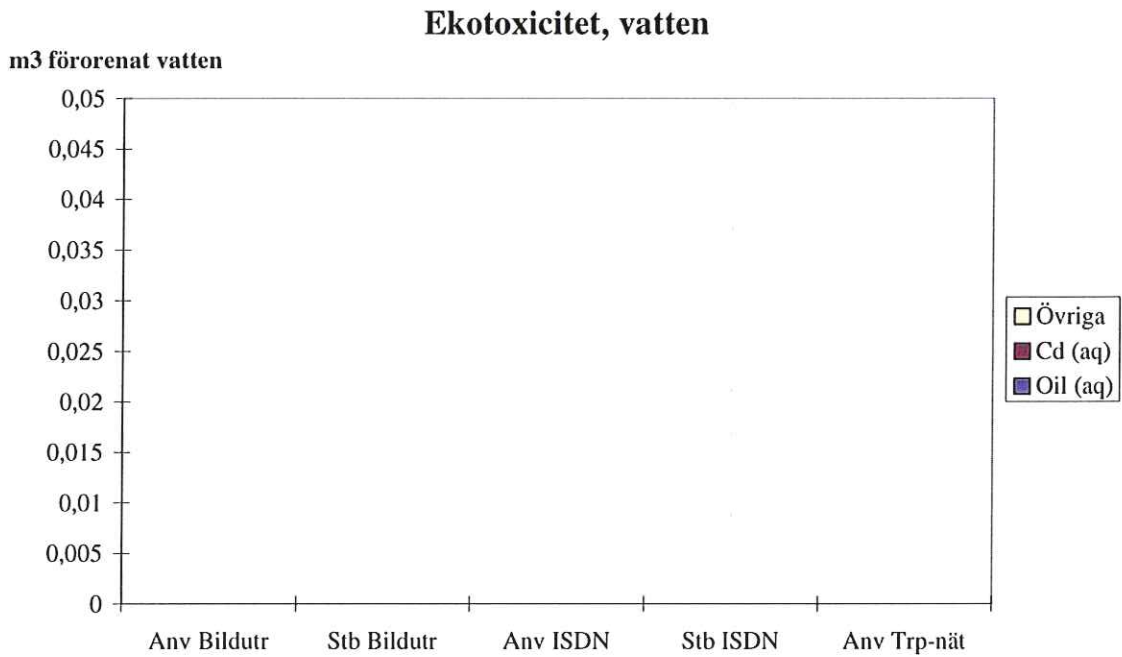


Diagram 4.95. Ekotoxicitet för akvatiska system för drift av bildkonferens (5h).

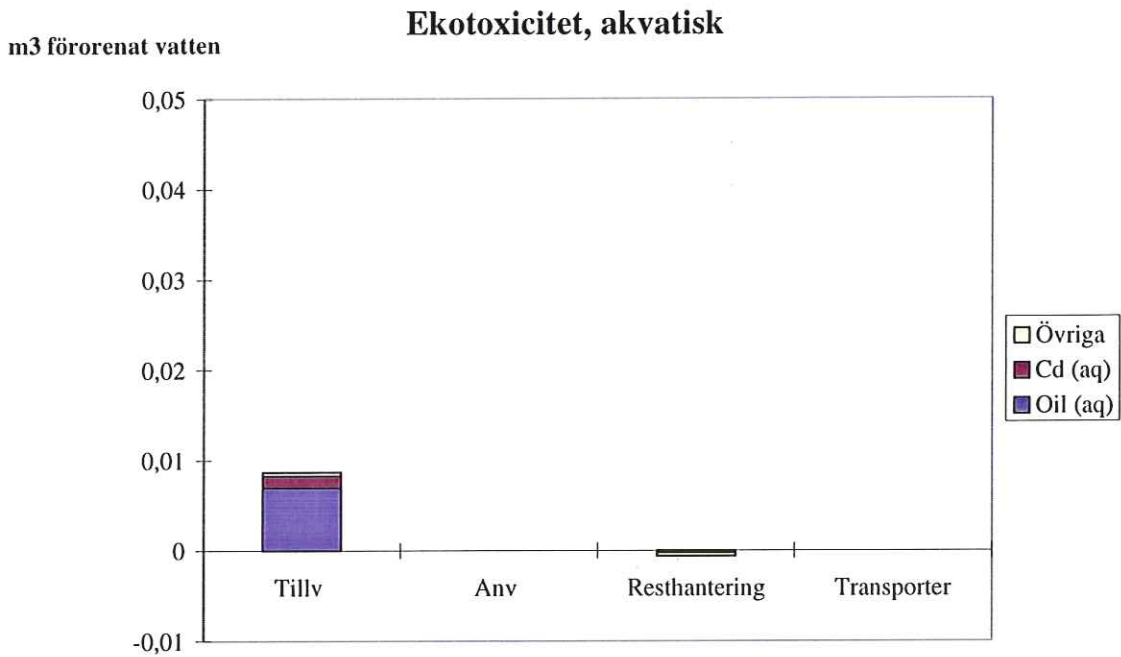


Diagram 4.96. Ekotoxicitet för akvatiska system för bildkonferens (30h).

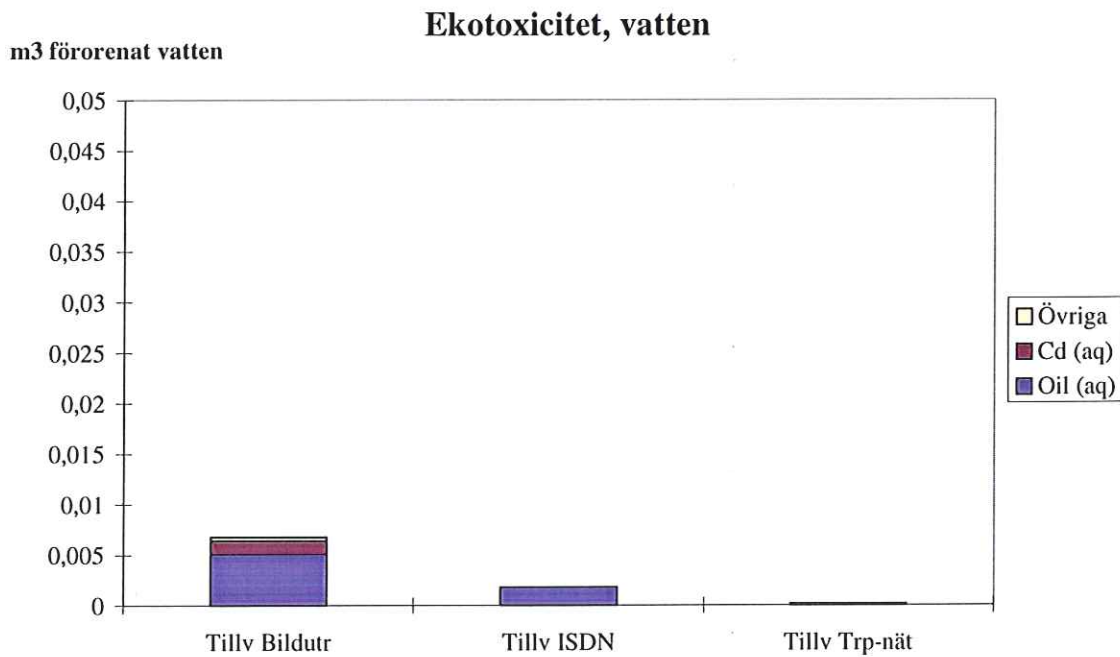


Diagram 4.97. Ekotoxicitet för akvatiska system för tillverkning av utrustning till bildkonferens (30h).

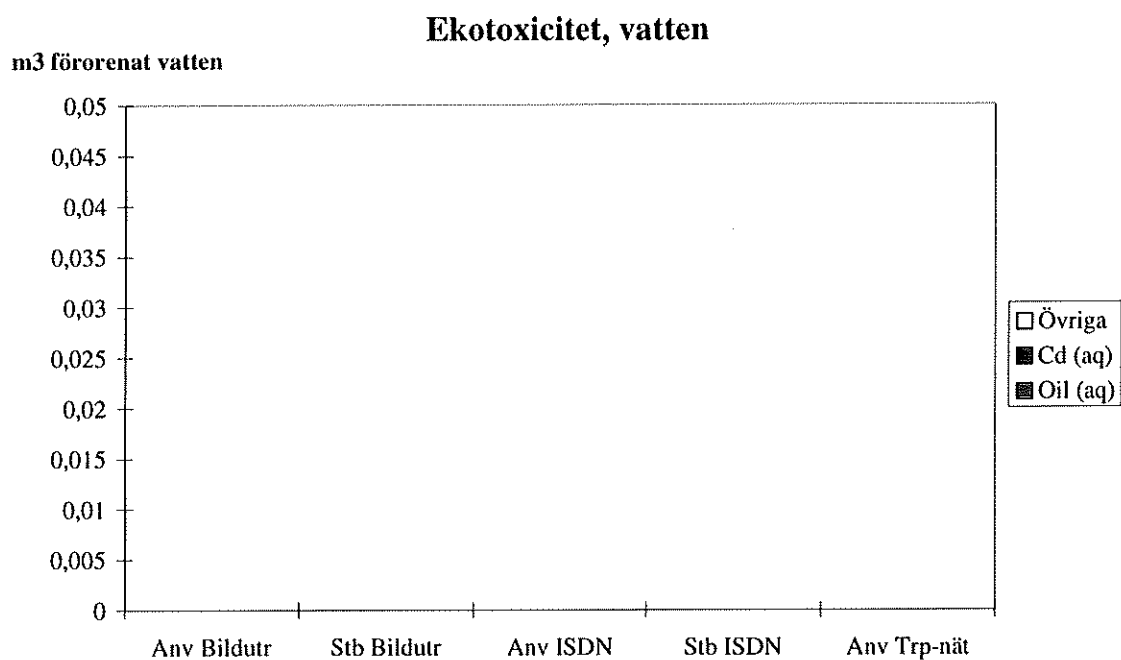


Diagram 4.98. Ekotoxicitet för akvatiska system för drift av bildkonferens (30h).

4.3.2.9.2 Terrestra ekosystem

Uppgifter om emissioner som ger effekter på landekosystem saknas helt för flyg- och tågtransport samt bildkonferens.

4.3.3 Viktning

4.3.3.1 EPS-metoden

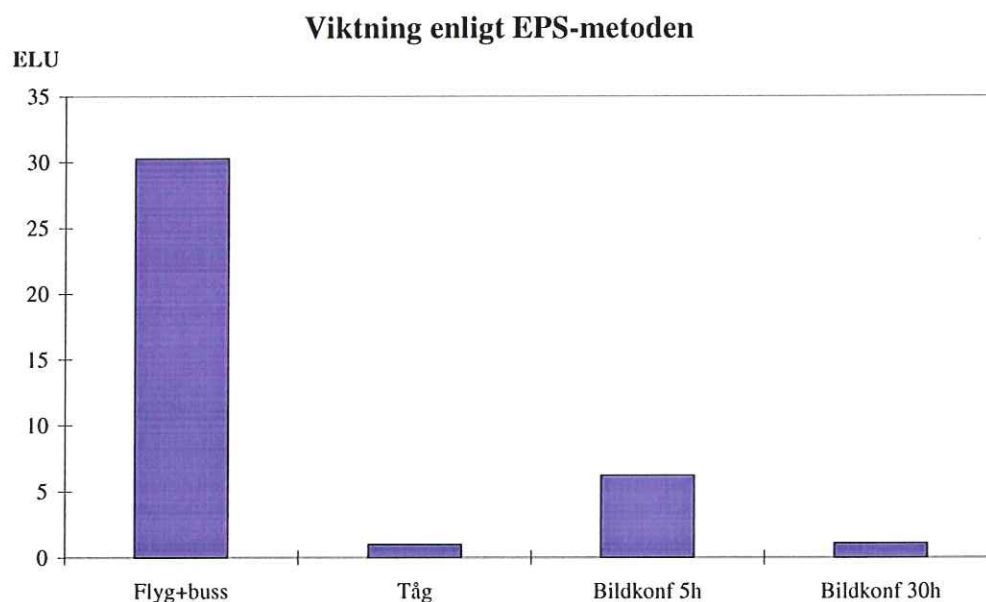


Diagram 4.99. Jämförande viktning enligt EPS-metoden för tillverkning, transporter, drift och resthantering av bildutrustning+telekommunikationnät jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar.

4.3.3.2 ET-metoden

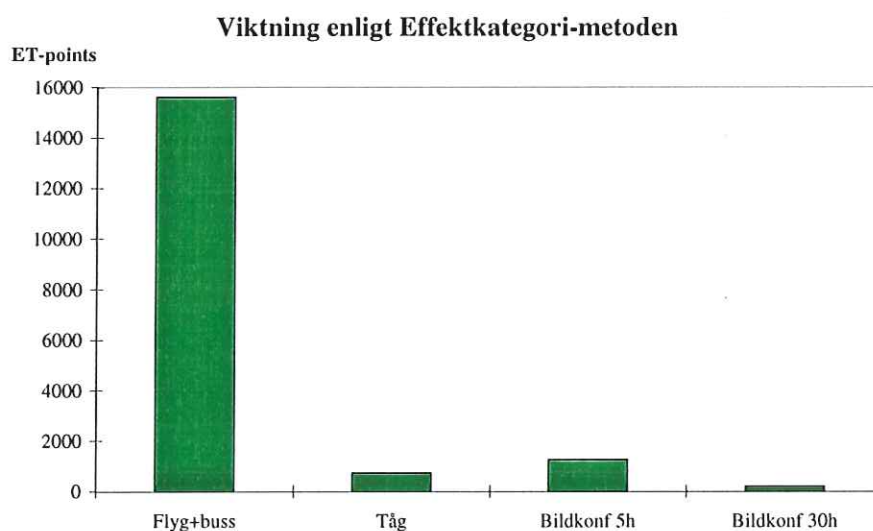


Diagram 4.100. Jämförande viktning enligt ET-metoden för tillverkning, transporter, drift och resthantering av bildutrustning+telekommunikationnät jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar.

4.3.3.3 Eco-scarcity metoden

Viktning enligt Eco-scarcity-metoden

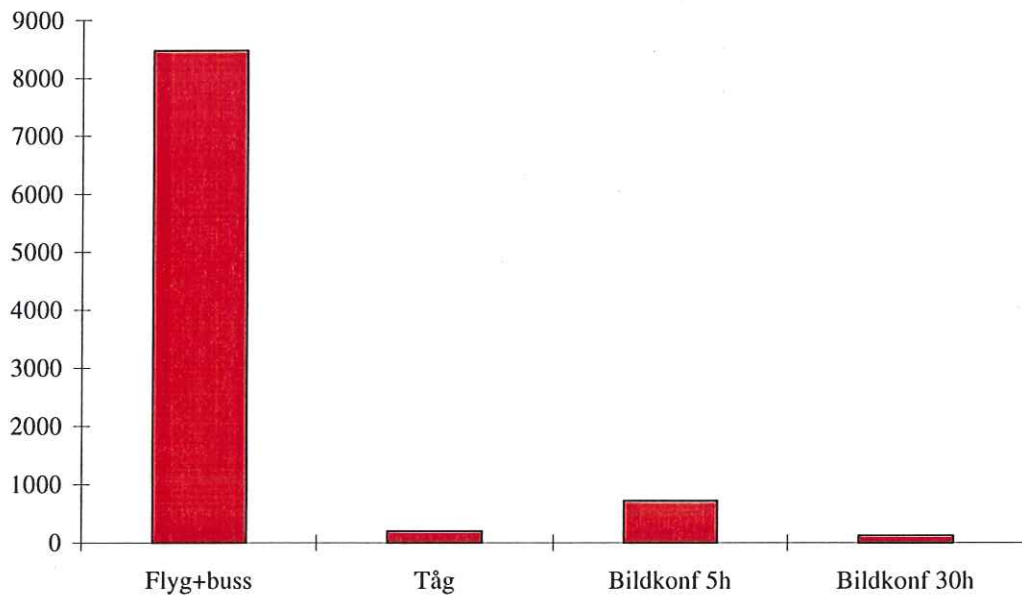


Diagram 4.101. Jämförande viktning enligt ECO-metoden för tillverkning, transporter, drift och resthantering av bildutrustning+telekommunikationsnät jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar.

5. Tolkning

I detta avsnitt tolkas och kommenteras resultaten från karakterisering och viktning. Den mest djupgående analysen ägnas åt karakteriseringsresultaten, eftersom de bedöms ge den minst osäkra, tydligaste och mest användbara informationen för Telia.

5.1 Dominansanalys

5.1.1 Resultatens koppling till energianvändning

En stor del av resultaten från karakteriseringen kan förstås och tolkas utifrån energianvändningen för de olika studerade systemen (Diagram 5.1-5.3). Detta gäller för drift av flygtransport- och tågtransportssystemen (nivå 1; se tabell 2.3) jämfört med drift av bildkonferensens bildutrustning (nivå 1) samt jämfört med bildutrustning+ telekommunikationsnät (nivå 2).

För bildkonferensens nivå 3 tillkommer tillverkning, transporter och resthantering av utrustningen, vilket diskuteras nedan i respektive effektkategori.

Energianvändning för de studerade systemen

Tendensen att flyget har markant störst potentiell miljöpåverkan i de flesta effekt kategorier illustreras i diagram 5.1. Detta kommunikationssätt använder en stor mängd energi jämfört med tåg respektive bildkonferenser. Observera att energin för att bli jämförbar är omräknad till primär energi, dvs de energiresurser som åtgår för att producera el och flygbränsle. Omräkningen till primär energi gjordes enligt följande:

1. För flygbränsle och diesel användes värmevärdet för den mängd råolja som antogs användas i båda fallen (42.7 MJ/kg råolja och 1.07 kg råolja /kg bränsle).
2. För el användes nedanstående tabell 5.1 för att beräkna primärenergi för en MJel. Antaganden om verkningsgrader är hämtade från Vattenfall (Brännström mfl, 1996) och Svensk energiförsörjning (Energifakta, 1997).

Diagram 5.1 visar också hur stor elförbrukningen för tågtransporten är jämfört med drift av bildutrustningen för bildkonferensen ("nivå 1" jämfört med "nivå 1"). Som synes är elförbrukningen för tåg och scenario 5h jämförbara, och elförbrukningen för scenario 30h tydligt lägre. Dessa inbördes förhållanden avspeglas i samtliga effektkategorier (utom ozonnedbrytningspotential, där uppgifter saknas för flyg och tåg), eftersom de potentiella miljöeffekterna är direkt proportionella mot elförbrukningen.

Tabell 5.1 Beräkning av primärenergi för produktion av 1 MJ el

	svensk elmix (%)	verkningsgrad	MJ primär- energi/MJel	Referens, verkningsgrad
vattenkraft	46,8	0,91	0,514	energifakta
kärnkraft	46,55	0,33	1,411	vattenfall
oljekondenskraft	2,7	0,4	0,068	vattenfall
biokraft	1,7	0,3	0,057	vattenfall
kolkondenskraft	1,55	0,4	0,039	vattenfall
naturgaskraft	0,1	0,4	0,003	vattenfall
gasturbinkraft	0,1	0,25	0,004	vattenfall
vindkraft	0,1	0,5	0,002	energifakta
		summa:	2,096	

Energianvändning

MJ primärenergi

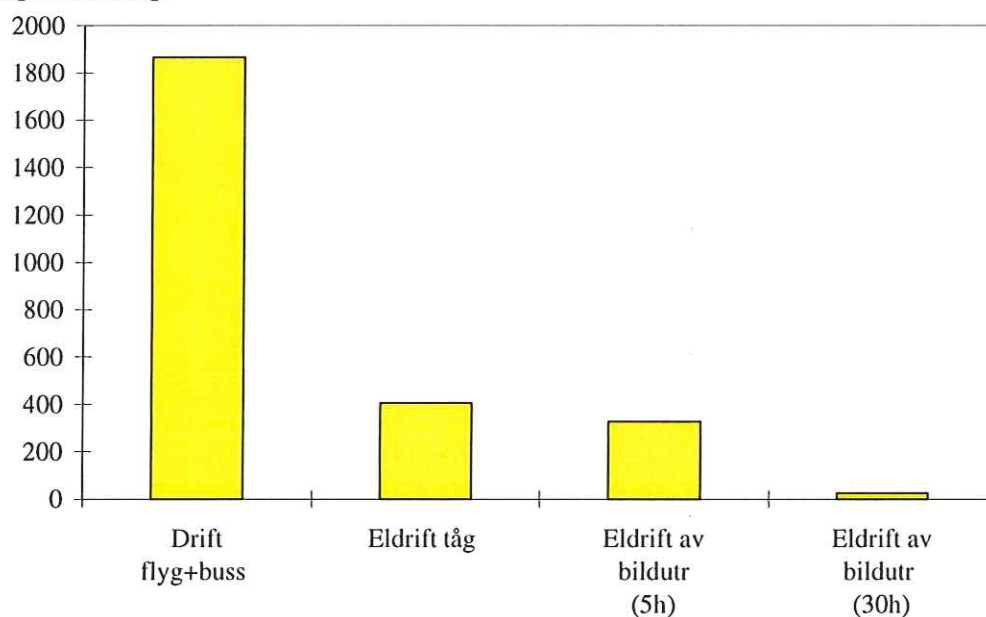


Diagram 5.1 Energianvändning för drift av bildutrustning jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar. Staplarna för flygplan och buss avser energiinnehåll i olja som används för att tillverka bränsle, och övriga staplar energi som används för att producera el.

Energianvändning

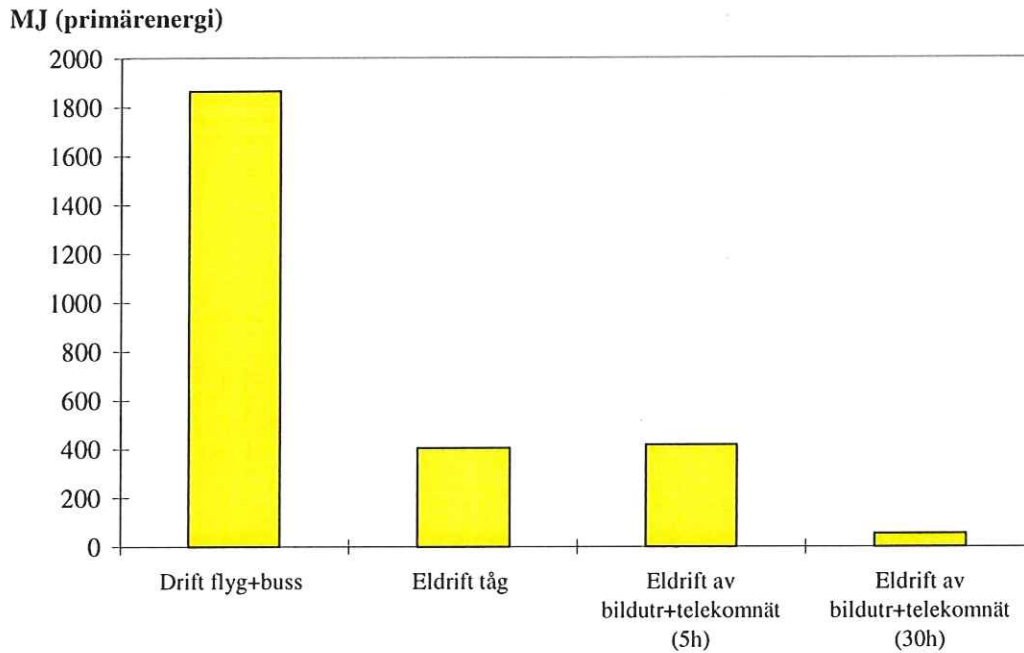


Diagram 5.2 Energianvändning för drift av bildutrustning+telekommunikationsnät jämfört med drift av flygplan+buss respektive tåg+vagnar. Staplarna för flygplan och buss avser energiinnehåll i olja som används för att tillverka bränsle, och övriga staplar energi som används för att producera el.

Elförbrukning bildkonferenser

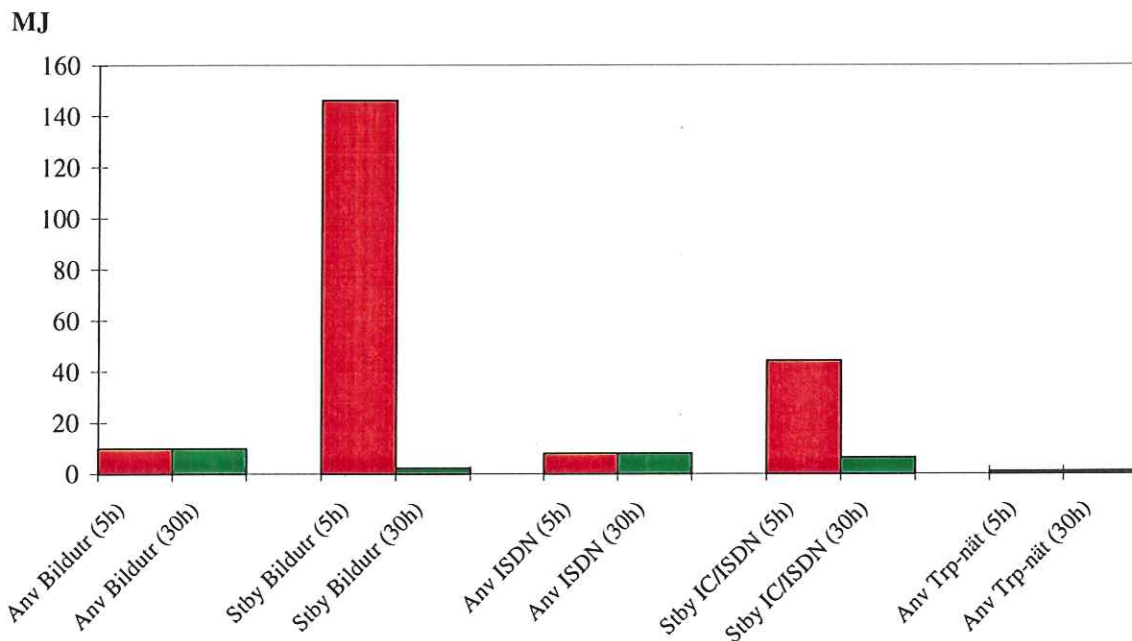


Diagram 5.3 Jämförelser av elförbrukning i aktiv drift och standbyläge för bildkonferensens två alternativ (5h aktiv drift+115h standby per vecka, respektive 30h aktiv drift+10h standby per vecka). Enheten 1 MJ är ekvivalent med 0.278 kWh.

Diagram 5.2 visar att även summan av elförbrukningen för drift av både bildutrustningen och telekommunikationsnätet för scenario 5h är av jämförbar storlek med elförbrukningen för tåget ("nivå 2" jämfört med "nivå 1"). För scenario 30h är elförbrukningen tydligt lägre än för tåget. Dessa inbördes förhållanden avspeglas i samtliga effektkategorier (utom ozonnedbrytningspotential, där uppgifter saknas för flyg och tåg), eftersom de potentiella miljöeffekterna är direkt proportionella mot elförbrukningen.

Diagram 5.3 visar hur el för bildkonferenserna används i olika delar av systemet. Mönstren i samtliga effektkategorier för drift av bildutrustning respektive telekommunikationsnät (ISDN-utrustning och transportnät) följer de röda staplarna för 5h-scenariot och de gröna staplarna för 30h-scenariot, eftersom miljöeffekterna är direkt proportionella mot elförbrukningen.

Som synes sker den huvudsakliga elförbrukningen för scenario 5h i bildutrustningen (i läge standby, 115 h per vecka fördelat på 5 aktiva drifttimmar), och därefter i ISDN-utrustningen (IC:n i vänteläge, 163 h fördelat på 5 aktiva drifttimmar).

I scenario 30h är elförbrukningen i läge standby markant mindre. För bildutrustningen till följd av att standbytiden är markant kortare (10 h per vecka fördelat på 30 aktiva drifttimmar). För ISDN-utrustningen (IC:n) tack vare att något kortare väntetid (138 h per vecka) fördelas på betydligt fler aktiva drifttimmar (30 h per vecka).

5.1.2 Utarmning av icke-förnyelsebara energiresurser

För denna effektkategori är tendensen för jämförelserna genomgående att såväl nivå 1 för flygtransportsystemet och tågtransportsystemet som nivå 1, 2 och 3 för bildkonferens 5h ger jämförbar resursutarmning (Diagram 4.1-4.3). Bildkonferens 30h ligger genomgående lägre.

Flygtransportsystemet använder mycket fossila bränslen (främst råoljeresurs), och det är flyget, inte bussen, som står för den allra största användningen (diagram 4.4).

Tågtransportsystemet använder svensk el, som ger upphov till framförallt utarmning av uran (diagram 4.5).

Bildkonferensen använder också svensk el för driften, och det är uppenbarligen användningsfasen (driften) som ger största resursutarmningen, framförallt av uran (diagram 4.6 och 4.9).

För drift av utrustningen till bildkonferenserna (bildutrustning, ISDN-utrustning och transportnät) följer resursutarmningen samma mönster som för elförbrukningen (se diagram 5.3 med tillhörande text) (diagram 4.8 och 4.10).

Resursförbrukning för tillverkningen av utrustning till bildkonferensen domineras av tillverkning av bildutrustningen och därefter tillverkning av ISDN-utrustning (diagram 4.7).

5.1.3 Utarmning av icke-förnyelsebara material resurser

För denna effektkategori finns endast uppgifter för bildkonferens, eftersom tillverkning och resthantering av utrustningen inte ingår i studierna av flygtransport- och tågtransportsystemen.

Materialresurser används för bildkonferensen vid tillverkningen av material i utrustning, som sedan i hög grad återvinns i resthanteringen (diagram 4.11 och 4.13). Resursutarmningen av silver dominerar, därefter koppar.

Resursförbrukning av material för tillverkningen av utrustning till bildkonferensen domineras av tillverkning av bildutrustningen och därefter tillverkning av ISDN-utrustning (diagram 4.12 och 4.14).

5.1.4 Växthuseffekt

För denna effektkategori är tendensen för jämförelserna genomgående att nivå 1 för flygtransportsystemet ger markant större potentiell växthuseffekt än nivå 1 för tågtransportsystemet och nivå 1, 2 och 3 för bildkonferens (både 5h och 30h) (diagram 4.15-4.18).

Flygtransportsystemet använder mycket fossila bränslen som ger upphov till stora koldioxidemissioner vilka dominerar bidraget till växthuseffekten. Det är flyget, inte bussen, som står för det allra största bidraget (diagram 4.19).

Tågtransportsystemet använder svensk el, som till några procent är baserad på fossila energiresurser som ger upphov till koldioxidutsläpp (diagram 4.20). Övriga växthusgaser är av underordnad betydelse.

Bildkonferens bidrar uttalat till växthuseffekten både vid tillverkning och drift av utrustningen (diagram 4.21 och 4.24). Vid resthanteringen förbränns vissa material i sopvärmeverk och det uppkomna värmnet antas ersätta fjärrvärme, vilket förklarar den negativa stapeln för resthanteringen. För scenario 30h är bidraget till växthuseffekt för tillverkning respektive drift tydligt lägre än för scenario 5h.

För drift av utrustningen till bildkonferenserna (bildutrustning, ISDN-utrustning och transportnät) följer bidraget till växthuseffekt samma mönster som för elförbrukningen (se diagram 5.3 med tillhörande text) (diagram 4.23 och 4.26).

Resursförbrukning för tillverkning av utrustning till bildkonferensen domineras av tillverkning av bildutrustning och därefter tillverkning av ISDN-utrustning (diagram 4.25).

5.1.5 Ozonedbrytning

För denna effektkategori finns endast uppgifter för bildkonferens, eftersom eventuella emissioner av ozonedbrytande ämnen inte ingår i litteraturuppgifterna om flygtransport- och tågtransportsystemen.

Ämnen med potentiell nedbrytning av ozonlagret används för bildkonferensen vid kylning av utrustning i telekommunikationsnätet (diagram 4.27-4.30). Värt att notera är fördelningen av ozonedbrytning mellan "mjuka" (HCFC-22) och "hårda" (CFC-12) freoner. Emissionerna av freoner utgörs till cirka två tredjedelar "mjuka" freoner och en tredjedel "hårda" (se tabell avsnitt 3.8.3), men ozonedbrytningen domineras helt av "hårda".

För drift av utrustningen (ISDN-utrustning och transportnät) följer bidraget till ozonedbrytning samma mönster som för elförbrukningen (se diagram 5.3 med tillhörande text), eftersom kylbehovet varierar med elförbrukningen (diagram 4.28 och 4.30).

5.1.6 Eutrofiering

För denna effektkategori är tendensen för jämförelserna av olika system genomgående att nivå 1 för flygtransportsystemet ger markant större potentiell eutrofiering än nivå 1 för tågtransportsystemet och nivå 1, 2 och 3 för bildkonferens (både 5h och 30h) (diagram 4.31-4.34).

Flygtransportsystemet bygger på som ger upphov till stora kväveoxidemissioner (bildas vid förbränning, t ex i flygmotorer) vilka bidrar till eutrofiering. Det är flyget, inte bussen, som står för det allra största bidraget (diagram 4.35).

Tågtransportsystemet använder svensk el, som till några procent är baserad på förbränning som ger upphov till kväveoxidemissioner (diagram 4.36). Övriga bidrag är av underordnad betydelse.

Bildkonferens bidrar uttalat till eutrofiering i första hand vid tillverkning och i andra hand vid drift av utrustningen (diagram 4.37 och 4.40). Vid resthanteringen förbränns vissa material i sopvärmeverk och det uppkomna värmets antas ersätta fjärrvärme, vilket förklarar den negativa stapeln för resthanteringen. För scenario 30h är bidraget till eutrofiering för tillverkning respektive drift tydligt lägre än för scenario 5h. Kväveoxidemissioner utgör nästan hela bidraget till eutrofiering.

För drift av utrustningen till bildkonferenserna (bildutrustning, ISDN-utrustning och transportnät) följer bidraget till eutrofiering samma mönster som för elförbrukningen (se diagram 5.3 med tillhörande text) (diagram 4.39 och 4.42).

Eutrofiering för tillverkning av utrustning till bildkonferensen domineras av tillverkning av bildutrustning och därefter tillverkning av ISDN-utrustning (diagram 4.38 och 4.41).

5.1.7 Försurning

För denna effektkategori är tendensen för jämförelserna av olika system genomgående att nivå 1 för flygtransportsystemet ger markant större potentiell försurning än nivå 1 för tågtransportsystemet och nivå 1, 2 och 3 för bildkonferens (både 5h och 30h) (diagram 4.43-4.46). Detta trots att uppgifter om svavelutsläpp för flygtransportsystemet saknas.

Flygtransportsystemet ger upphov till stora kväveoxidemissioner (bildas vid förbränning, t ex i flygmotorer) vilka bidrar till försurning (uppgifter om svavelutsläpp för flygtransportsystemet saknas). Det är flyget, inte bussen, som står för det allra största bidraget (diagram 4.47).

Tågtransportsystemet använder svensk el, som till några procent är baserad på förbränning som ger upphov till kväveoxidemissioner. Dessutom innehåller bränslena svavel som ger upphov till svaveloxidemissioner (diagram 4.48). Kväveoxid- och svaveloxidemissionerna bidrar i ungefär lika delar till försurningen.

Bildkonferens bidrar uttalat till försurning i första hand vid tillverkning och i andra hand vid drift av utrustningen (diagram 4.49 och 4.52). Vid resthanteringen förbränns vissa material i sopvärmeverk och det uppkomna värmets antas ersätta fjärrvärme, vilket förklarar den negativa stapeln för resthanteringen. För scenario 30h är bidraget till försurning för tillverkning respektive drift tydligt lägre än för scenario 5h. Svaveloxidemissioner utgör något större andel av bidraget till försurning jämfört med kväveoxidemissionerna, övriga bidrag är försumbara.

För drift av utrustningen till bildkonferenserna (bildutrustning, ISDN-utrustning och transportnät) följer bidraget till försurning samma mönster som för elförbrukningen (se diagram 5.3 med tillhörande text) (diagram 4.51 och 4.54).

Försurning för tillverkning av utrustning till bildkonferensen domineras av tillverkning av bildutrustning och därefter tillverkning av ISDN-utrustning (diagram 4.50 och 4.53).

5.1.8 Fotooxidantbildning

För denna effektkategori är tendensen för jämförelserna av olika system genomgående att nivå 1 för flygtransportsystemet ger markant större potentiell fotooxidantbildning än nivå 1 för tågtransportsystemet och nivå 1, 2 och 3 för bildkonferens (både 5h och 30h) (diagram 4.55-4.58).

Flygtransportsystemet ger upphov till kolväteemissioner (i princip oförbränt flygbränsle) och stora kolmonoxidemissioner (bildas vid ofullständig förbränning, t ex i flygmotorer) vilka

bidrar till fotooxidantbildning. Det är flyget, inte bussen, som står för det allra största bidraget (diagram 4.59).

Tågtransportsystemet använder svensk el, som till några procent är baserad på förbränning som ger upphov till kolväteemissioner (diagram 4.60). Övriga bidrag utgörs av emissioner av metangas och kolmonoxid, men dessa är av underordnad betydelse.

Bildkonferens bidrar uttalat till fotooxidantbildning i första hand vid tillverkning och i andra hand vid drift av utrustningen (diagram 4.61 och 4.64). Vid resthanteringen förbränns vissa material i sopvärmeverk och det uppkomna värmets antas ersätta fjärrvärme, vilket förklarar den negativa stapeln för resthanteringen. För scenario 30h är bidraget till fotooxidantbildning för tillverkning respektive drift tydligt lägre än för scenario 5h. Kolväteemissionerna ger det markant största bidraget.

För drift av utrustningen till bildkonferenserna (bildutrustning, ISDN-utrustning och transportnät) följer bidraget till fotooxidantbildning samma mönster som för elförbrukningen (se diagram 5.3 med tillhörande text) (diagram 4.63 och 4.66).

Fotooxidantbildning vid tillverkning av utrustning till bildkonferensen domineras av tillverkning av bildutrustning och därefter tillverkning av ISDN-utrustning (diagram 4.62 och 4.65).

5.1.9 Human toxicitet

5.1.9.1 Luft

För denna effektkategori är likheterna med försurning stora, eftersom svaveloxid- och kväveoxidemissioner visar sig vara de dominerade bidragen.

Tendensen för jämförelserna av olika system är genomgående att nivå 1 för flygtransportsystemet ger markant större potentiell påverkan på mänsklig hälsa än nivå 1 för tågtransportsystemet och nivå 1, 2 och 3 för bildkonferens (både 5h och 30h) (diagram 4.67-4.70). Detta trots att uppgifter om svavelutsläpp för flygtransportsystemet saknas.

Flygtransportsystemet ger upphov till stora kväveoxidemissioner (bildas vid förbränning, t ex i flygmotorer) vilka bidrar till påverkan på mänsklig hälsa (uppgifter om svavelutsläpp för flygtransportsystemet saknas). Det är flyget, inte bussen, som står för det allra största bidraget (diagram 4.71).

Tågtransportsystemet använder svensk el, som till några procent är baserad på förbränning som ger upphov till kväveoxidemissioner. Dessutom innehåller bränslena svavel som ger upphov till svaveloxidemissioner (diagram 4.72). Kväveoxid- och svaveloxidemissionerna bidrar i ungefär lika delar till påverkan på mänsklig hälsa.

Bildkonferens bidrar uttalat till påverkan på mänsklig hälsa i första hand vid tillverkning och i andra hand vid drift av utrustningen (diagram 4.73 och 4.76). Vid resthanteringen förbränns vissa material i sopvärmeverk och det uppkomna värmnet antas ersätta fjärrvärme, vilket förklarar den negativa stapeln för resthanteringen. För scenario 30h är bidraget till påverkan på mänsklig hälsa för tillverkning respektive drift tydligt lägre än för scenario 5h. Svaveloxidemissioner utgör något större andel av bidraget till påverkan på mänsklig hälsa jämfört med kväveoxidemissionerna, övriga bidrag är små och utgörs huvudsakligen av utsläpp av bly och andra metaller vid tillverkningen.

För drift av utrustningen till bildkonferenserna (bildutrustning, ISDN-utrustning och transportnät) följer bidraget till påverkan på mänsklig hälsa samma mönster som för elförbrukningen (se diagram 5.3 med tillhörande text) (diagram 4.75 och 4.78).

Påverkan på mänsklig hälsa för tillverkning av utrustning till bildkonferensen domineras av tillverkning av bildutrustning och därefter tillverkning av ISDN-utrustning (diagram 4.74 och 4.77).

5.1.9.2 Vatten

Uppgifter om utsläpp till vatten som kan ge toxiska effekter på människor saknas helt för flygtransporterna.

Tendensen för jämförelserna av nivå 1 för tågtransportsystemet med både nivå 1 och 2 för bildkonferens är att tåget och scenario 5h är jämförbara, och att scenario 30 h ger tydligt lägre påverkan på mänsklig hälsa (diagram 4.79-4.80). För nivå 3 för bildkonferenserna blir påverkan avsevärt mycket större än för nivå 1 för tåget (diagram 4.81).

Tågtransportsystemet använder svensk el, som till några procent är baserad på förbränning bränslen som vid utvinning ger upphov till oljeutsläpp till vatten (diagram 4.82).

Bildkonferens bidrar uttalat till påverkan på mänsklig hälsa i första hand vid tillverkning av utrustningen (diagram 4.83 och 4.86). En del av utrustningen återvinns i resthanteringen, vilket förklarar den negativa stapeln. För scenario 30h är bidraget till påverkan på mänsklig hälsa för tillverkning tydligt lägre än för scenario 5h. Oljeutsläpp till vatten utgör den största andelen av bidraget till påverkan på mänsklig hälsa, övriga bidrag utgörs huvudsakligen av utsläpp av arsenik, fluorider, kadmium, bly och andra metaller vid tillverkningen.

För drift av utrustningen till bildkonferenserna (bildutrustning, ISDN-utrustning och transportnät) följer bidraget till påverkan på mänsklig hälsa samma mönster som för elförbrukningen (se diagram 5.3 med tillhörande text). Bidragen jämfört med tillverkningen är dock för så för att synas i diagram 4.85 och 4.88.

Påverkan på mänsklig hälsa för tillverkning av utrustning till bildkonferensen domineras av tillverkning av bildutrustning och därefter tillverkning av ISDN-utrustning (diagram 4.84 och 4.87).

5.1.10 Ekotoxicitet

5.1.10.1 Akvatiska ekosystem

För denna effektkategori är likheterna med human toxicitet för vattenutsläpp stora, eftersom olje- och kadmiumutsläpp till vatten visar sig vara de dominerade bidragen.

Uppgifter om utsläpp som kan ge toxiska effekter akvatiska ekosystem saknas helt för flygtransporterna.

Tendensen för jämförelserna av nivå 1 för tågtransportsystemet med både nivå 1 och 2 för bildkonferens är att tåget och scenario 5h är jämförbara, och att scenario 30 h ger tydligt lägre påverkan på akvatiska ekosystem (diagram 4.89-4.90). För nivå 3 för bildkonferenserna blir påverkan avsevärt mycket större än för nivå 1 för tåget (diagram 4.91).

Tågtransportsystemet använder svensk el, som till några procent är baserad på förbränning bränslen som vid utvinning ger upphov till oljeutsläpp till vatten (diagram 4.92).

Bildkonferens bidrar uttalat till påverkan på akvatiska ekosystem i första hand vid tillverkning av utrustningen (diagram 4.93 och 4.96). En del av utrustningen återvinns i resthanteringen, vilket förklarar den negativa stapeln. För scenario 30h är bidraget till påverkan på akvatiska ekosystem för tillverkning tydligt lägre än för scenario 5h. Oljeutsläpp till vatten utgör den största andelen av bidraget till påverkan på akvatiska ekosystem, övriga bidrag utgörs huvudsakligen av utsläpp av kadmium och andra metaller vid tillverkningen.

För drift av utrustningen till bildkonferenserna (bildutrustning, ISDN-utrustning och transportnät) följer bidraget till påverkan på akvatiska ekosystem samma mönster som för elförbrukningen (se diagram 5.3 med tillhörande text). Bidragen jämfört med tillverkningen är dock för små för att synas i diagram 4.95 och 4.98.

Påverkan på akvatiska ekosystem för tillverkning av utrustning till bildkonferensen domineras av tillverkning av bildutrustning och därefter tillverkning av ISDN-utrustning (diagram 4.94 och 4.97).

5.1.11 Viktning

Viktningen är utförd med tre olika metoder för nivå 1 för flyg- och tågtransportsystemen jämfört med nivå 3 för bildkonferensalternativen. Observera dock att resultaten saknar

relevans i denna studie, och endast genomförs i exemplifierande syfte (se avsnitt 2.2.7.5 Kommentarer).

I alla tre metoderna är tendensen att flygtransportsystemet har markant störst sammanvägd miljöpåverkan, och därefter har bildkonferensen för 5h scenariot störst påverkan. I två av metoderna (EPS och ECO) är tåget och bildkonferens 30h jämförbara, och i den tredje (ET) är påverkan från bildkonferens 30h mindre.

5.2 Känslighetsanalys

5.2.1 Valda antaganden och scenarier

5.2.1.1 Systemjämförelser

Som beskrivs utförligt i avsnitt 2.2.9 (tabell 2.3) inkluderas enbart drift av fordon för flygtransport- och tågsystemen (nivå 1), medan bildkonferensen studeras för drift av bildutrustning (nivå 1), drift av bildutrustning+telekommunikationsnät (nivå 2) samt drift av bildutrustning+telekommunikationsnät och tillverkning, transporter samt resthantering av bildutrustning+telekommunikationsnät (nivå 3).

Vid en jämförelse av nivå 1 för flygtransportsystemet och bildkonferensen är miljöpåverkan större för flygtransportsystemet oavsett vilken nivå för bildkonferenssystemet som jämförs. För alla effektkategorier där det inte helt saknas uppgifter för flyget (växthuseffekt, eutrofiering, försurning, fotooxidantbildning, human toxicitet (luft)) blir det potentiella bidraget från bildkonferensen markant mindre än från flygtransportsystemet oavsett om jämförelsen avser nivå 1, 2 eller 3. Det enda undantaget är utarmning av icke-förnyelsebara energiresurser, där bildkonferensens bidrag oavsett nivå är ungefär lika stort som flygets. Slutsatsen blir att bildkonferensen framstår som det potentiellt mindre miljöpåverkande alternativet oavsett på vilken systemnivå den jämförs med flyget. Resultatet från viktningen pekar i samma riktning för alla tre använda metoder (nivå 1 för flyget och nivå 3 för bildkonferensen).

För jämförelse med tåg (nivå 1) är det dock av betydelse vilken nivå av bildkonferensen som används. För nivå 1 och 2 är bildkonferens scenario 5h jämförbar med tåget, och scenario 30h tydligt mindre bidragande än tåget till den potentiella miljöpåverkan (gäller för samtliga effektkategorier där uppgifter för tåget inte helt saknas, dvs utarmning av icke-förnyelsebara energiresurser, växthuseffekt, eutrofiering, försurning, fotooxidantbildning, human toxicitet (luft och vatten) samt ekotoxicitet (akvatisk)).

Om jämförelsen istället sker för bildkonferens nivå 3 är scenario 30h grovt jämförbar med tåget, och scenario 5h mer bidragande än tåget till den potentiella miljöpåverkan. Detta gäller

för utarmning av icke-förnyelsebara energiresurser, växthuseffekt, eutrofiering, försurning, fotooxidantbildning och human toxicitet (luft).

5.2.1.2 Funktionell enhet

Valet av den funktionella enheten (ett 3.5 h långt möte med en deltagare från Stockholm och övriga från Göteborg) är grundläggande för studien:

En fördubbling av mötets längd skulle fördubbla strömförbrukningen för bildkonferensen, men inte påverka de fysiska transportererna.

En fördubblad transportsträcka skulle öka de fysiska transporterernas miljöpåverkan till det dubbla, men knappt alls påverka bildkonferensens miljöpåverkan (under förutsättning att transportnätet är av samma typ som i denna studie), eftersom transportnätets bidrag är mycket litet.

En fördubbling av antalet fjärrdeltagare (som reser till mötet, eller ersätter resan med en bildkonferens) skulle fördubbla de fysiska transporterernas miljöpåverkan.

Slutsatsen blir att ovanstående parametrar måste varieras kraftigt till bildkonferensens nackdel för att detta alternativ skall bli mer miljöpåverkande än flygtransport. Jämfört med tåget är det dock såpass liten skillnad att mötets längd, transportsträcka och antalet fjärrdeltagare kan vara avgörande för vilket alternativ som framstår som fördelaktigast.

För identifiering av "hot spots" inom bildkonferensen är mötets längd och antalet fjärrdeltagare ovidkommande. Under förutsättning att transportnätet är av samma typ som i denna studie är även transportsträckan av underordnad betydelse (transportnätets bidrag är mycket litet).

5.2.1.3 Scenarier för bildkonferens

Scenario 5h och scenario 30h markerar två extrema punkter i intervallet suboptimal - optimal användning av dagens bildkonferens tjänst.

Valet av scenario är oväsentligt jämfört med flygtransportsystemet, men är av betydelse för jämförelsen med tågtransport. Beroende på vilken nivå av bildkonferensen som jämförs med tåget blir scenario 5h jämförbar med tåget, och scenario 30h tydligt mindre miljöpåverkande än tåget (nivå 1 och 2). Alternativt blir scenario 30h grovt jämförbar med tåget, och scenario 5h mer miljöpåverkande än tåget (nivå 3).

5.2.1.4 Antagande om elproduktion

Antagandet om svensk medelvärd för drift av tåg och bildkonferens är inte avgörande för jämförelsen med flygtransportsystemet.

Kolkondens utgör en del av den elkraft som förbrukas i det nordiska elsystemet vid en total ökning av elförbrukningen på några års sikt. På samma sätt används det mindre av el från kolkondensverk vid en minskad förbrukning av el i Norden. Vi antar därför att det är kolkondens som används på marginalen, dvs vid en ökad eller minskad total elförbrukning i Norden. Om el från kolkondenskraftverk antas i beräkningarna ökar flera utsläpp till luft för tåg och bildkonferens, dock inte till lika höga emissioner som för flyget. För koldioxid, som dominerar bidraget till växthuseffekten, blir flygets emissioner fortfarande cirka tre gånger så stora som för tåget och bildkonferens 5h (nivå 3). För kväveoxider, som dominerar bidraget till eutrofiering, är kvoten fortfarande mer än tio gånger. Utsläppen av kväveoxider från flyget är också tillräckligt stora att överskugga det ökade bidraget till försurning av svavel- och kväveoxider för tåg och bildkonferens. Bidraget till försurning från flyget är fortfarande mer än fem gånger så stort. Beträffande fotooxidantbildning ökar kolväteutsläppen för tåg och bildkonferens, men fotooxidantbildningseffekten blir fortfarande mer än tio gånger så hög för flyget.

5.2.1.5 Antagande om återvinningsgrader

För återvinning av metaller antogs återvinningsgraden 100% (se avsnitt 3.7 Restprodukthantering). Trots att entreprenören som resthanterar bildutrustningen uppger att metallåtervinningen är praktiskt taget fullständig, är detta inte möjligt att uppnå i praktiken och uppskattningen är för hög. Antagandet påverkar dock resultaten av studien i liten omfattning och ändrar inga slutsatser. Bidraget från resthanteringen i respektive effektkategori är genomgående flera gånger mindre än bidragen från tillverknings- och användningsfasen (se t ex diagram 4.37), och även en orealistiskt låg återvinningsgrad (t ex 50%) skulle påverka resultaten i ringa omfattning. Det enda fall där antaganden om låga återvinningsgrader skulle ha resulterat i tydliga skillnader är i effektkategorin "Utarmning av icke-förnyelsebara resurser" (diagram 4.11 och 4.13). Inte heller detta skulle dock ändra några slutsatser.

5.2.2 Metodval

5.2.2.1 Inventering

Valet att allokera enligt 50/50-metoden har liten påverkan på jämförelser mellan systemen. Resultaten skulle ha blivit snarlika även med de extrema allokeringsvarianterna uttags- respektive spridningsbelastning (Östermark och Rydberg, 1995), och slutsatserna desamma.

5.2.2.2 Miljöpåverkansbedömning

5.2.2.2.1 Karakteriseringsmetoder

För utarmning av icke-förnyelsebara resurser har en metod baserad på känd resursreserv (reserve-to-base) använts. Ett alternativ är att även ta hänsyn till i vilken takt resursen för närvarande utvinns (reserve-to-use). Användningen av denna metod skulle dock inte ändra några slutsatser för jämförelserna mellan systemen. För energi skulle olja öka i betydelse relativt uran, vilket skulle gynna tåg och bildkonferens jämfört med flyg.

För växthuseffekt har den globala uppvärmningspotentialen betraktats i ett 100-årsperspektiv. Två alternativa tidsperspektiv är 20 år respektive 500 år. I det generella fallet ökar betydelsen av andra gaser relativt koldioxid i 20-årsperspektivet, och i 500-årsperspektivet minskar betydelsen. I denna studie blir resultatet i princip detsamma oavsett tidsperspektiv eftersom koldioxid står för mer än 95% av växthuseffekten för samtliga system.

För ozonuttunning har den globala ozonnedbrytningspotentialen i ett "steady state" tillstånd (långt tidsperspektiv, hundratals år) använts. Som komplement vore det möjligt att använda värden för kortare tidsperspektiv, t ex 20 eller 100 år. I 20 års perspektivet skulle uttunningspotentialen för HCFC-22 öka cirka en faktor 3 i förhållande till CFC-11, och i 100 årsperspektivet öka med cirka en faktor 0.5 (Solomon and Albritton, 1992). Uttunningspotentialen för CFC-12 skulle vara oförändrad i förhållande till CFC-11. I 20 års perspektivet skulle därmed den summerade ozonuttunningspotentialen för bildkonferensen öka med cirka 20% och i 100 års perspektivet med cirka 5%. Detta skulle inte påverka någon av slutsatserna.

I de fall några emissionsuppgifter och karakteriseringsfaktorer funnits har effektkategorierna human toxicitet och ekotoxicitet inkluderats i denna studie, trots att dessa effekter är svåra att kvantifiera och t ex inte rekommenderas för miljömärkning (Almemark m fl., 1997). Osäkerheterna för dessa lokala effekter är stora, bl a pga att antalet arter är stort och känsligheten varierande, att skillnader mellan akut och kronisk toxicitet finns, och att livscykelanalys i sin nuvarande form inte kan hantera var och i vilken koncentration ett visst utsläpp sker. Inga självständiga slutsatser baseras därför på dessa effektkategorier i denna studie. Trots att bildkonferens scenario 30h ger större bidrag än tåg (för nivå 3 jämfört med nivå 1) till dessa två effektkategorier, rubbas heller inte helhetsbilden att bildkonferensen i detta fall är grovt sett är likvärdig med tåget, eftersom övriga bättre underbyggda effektkategorier är jämförbara.

5.2.2.2 Viktningsmetoder

De viktningsmetoder som används (EPS, ET och ECO) har använts i många föregående studier och representerar en standarduppsättning av olika metoder. Observera dock att resultaten saknar relevans i denna studie, och endast genomförs i exemplifierande syfte (se avsnitt 2.2.7.5 Kommentarer).

5.2.3 Dataluckor

5.2.3.1 Inventering

För drift av flygplan och flygbuss saknas uppgifter om svavelutsläpp. De är med säkerhet inte utan betydelse, och skulle ytterligare öka flygtransportsystemets bidrag till försurning m fl effektkategorier. Detta innebär att räkna med "best case" för flygtransport jämfört med övriga alternativ. För jämförelse med bildkonferens gör detta dock ingen skillnad eftersom slutsatsen

blir att flygtransporten ger större miljöpåverkan även då svavelutsläppen exkluderats (se även avsnitt 5.2.1.1).

För utvinning av olja och upparbetning till flygbränsle saknas uppgifter. Detta innebär att räkna med "best case" för flygtransport jämfört med övriga alternativ (för elproduktion räknas ända tillbaka till "vaggan"). För jämförelse med bildkonferens gör detta dock ingen skillnad eftersom slutsatsen blir att flygtransporten ger större miljöpåverkan även då utvinning av olja och upparbetning till flygbränsle exkluderats (se även avsnitt 5.2.1.1).

För ozonnedbrytande ämnen saknas uppgifter för drift av flyg- och tågtransport. Inga jämförelser görs därför med bildkonferens med avseende på nedbrytning av ozonskiktet.

För tillverkning av utrustning till bildkonferens ingår endast uppgifter för framställning av materialen i bildutrustningen, kablarna och transmissionsutrustningen, dvs processer för omformning och montering saknas. Undantag är uppgifter för TV-monitorn och för elektronik, där även tillverkningsprocesser ingår (all utrustning). Det är svårt att kvantifiera vilken betydelse dataluckan för omformnings- och monteringsprocesser har, men eftersom det företrädesvis handlar om plaster och metaller till höljen, ramar mm (ej elektronik) bör framställningen av materialen överväga i betydelse.

I de fall det inte varit möjligt att identifiera de ingående materialen i utrustningen (gäller framförallt styrutrustningen (elektronikboxen) i bildutrustningen) har antagits att de oidentifierade materialen består av en tredjedel vardera av de tre mängdmässigt mest förekommande materialen (polystyren, stål och elektronik). Detta representerar en praktisk "bästa möjliga" uppskattning av de oidentifierade materialen. Den visar sig inte ha någon avgörande betydelse för vare sig resultat eller slutsatser.

För inflöden som ej följts till vaggan är posten "processgaser" iögonfallande stor. För att skapa en uppfattning om betydelsen av denna datalucka beräknas nedan emissioner till luft för tre parametrar under antagande att processgasen var vätgas (Referens för vätgas: Eco-profile, report 6, PWMI, table 20 page 16-17):

	vätgas 5h	övrigt 5h	vätgas 30h	övrigt 30h
CO ₂ (g)	597	6710	109	1080
SO ₂ +SO _x (g)	6.7	19	1.2	3.3
NO _x (g)	3.3	15.1	0.61	2.61

Som synes är gasernas potentiella bidrag till luftemissionerna ej försumbara. Processgaserna skulle alltså av ovanstående uppskattning att döma kunna påverka studiens resultat, dock utan slutsatserna ändras. Detta räkneexempel pekar mot att processgaserna bör studeras i större detalj i framtida studier av telekommunikation.

För bildkonferensen har inte drift av byggnader och arbetsresor för Telias anställda tagit med i beräkningarna, trots att det finns uppgifter i Telias miljöredovisning (1996) som visar att

dessa poster är viktiga jämfört med drift av telekommunikationsnätet (se även avsnitt 2.2.4.3).

Ur Telia miljörapport 1996 (något omarbetat av Jens Malmödin, Ericsson):

Sammanställning av Telias energiförbrukning 1996

El för drift av telenätet	350 GWh
Bensinförbrukning	210 GWh
El för drift av fastigheter	150 GWh
Fjärrvärme för drift av fastigheter	55 GWh
Olja för drift av fastigheter	45 GWh
Tjänsteresor med flyg	70 GWh
Tillverkning av papper	60 GWh

Dessa uppgifter är dock inte möjliga att allokera till bildkonferenstjänsten på ett sätt som beskriver faktiska förhållanden. Det har inte inom ramen för detta projekt varit möjligt att undersöka vilken drift av byggnader och vilka resor som i realiteten är knutna till bildkonferenstjänsten. Därför gjordes bedömningen att det var bättre att redovisa dessa uppgifter separat enligt ovan, hellre än att presentera resultat baserade på fiktiva kopplingar.

Om en fiktiv koppling ändå görs (drift av byggnader och resor allokeras i förhållande till elförbrukning för drift av utrustning i telenätet som används för bildkonferens) för att ge en uppfattning om storleksordningar, så blir bidraget till växthuseffekten cirka 3700 g CO₂-ekv för scenario 5h och cirka 1000 g CO₂-ekv för scenario 30h (jämför med diagram 4.22 och 4.24). Detta räkneexempel pekar mot att dessa poster är relevanta att inkludera i framtida studier av telekommunikation.

5.2.3.2 Miljöpåverkansbedömning

För effektkategori fotooxidantbildning saknades karakteriseringsfaktorer för ett antal specifika och ospecifika flyktiga organiska föreningar. Dessa föreningar ingick därför inte i karakteriseringen. En kontrollräkning visar dock att de maximalt skulle ha kunnat öka den potentiella fotooxidantbildningen med cirka 10% (karakteriseringsfaktorn för dessa föreningar sattes till samma som för ospecificerade kolväten). Detta resultat skulle inte ha lett till några förändrade slutsatser.

För effektkategorierna human toxicitet (vatten och mark) och ekotoxicitet (akvatiska och terrestra system) saknas karakteriseringsfaktorer helt för flyg (vatten och akvatiska system) respektive för flyg, tåg och bildkonferens (mark och terrestra system). Detta är dock av ringa betydelse eftersom dessa effektkategorier ej utgör viktigt underlag för slutsatser (se även avsnitt 5.2.2.2).

5.3 Slutsatser och diskussion

Mot bakgrund av ovanstående dominans- och känslighetsanalys kan följande slutsatser dras:

Jämförelser mellan bildkonferens och flyg- respektive tågtransport (Stockholm-Göteborg)

- Bildkonferens ger ett lägre potentiellt bidrag till varje miljöeffekt som har inkluderats i studien än flygtransport under de antaganden som gäller i jämförelsen; även för scenariot med låg användningsfrekvens
- Bildkonferens ger ett ungefär likvärdigt potentiellt bidrag till varje miljöeffekt som har inkluderats i studien jämfört med tågtransport, om bildutrustningen utnyttjas ofta och stängs av mellan användningarna (sceario 30h, dvs högt och smart utnyttjande), under de antaganden som i övrigt gäller.
- Om bildutrustningen utnyttjas sällan och står i standby-läge under lång tid (sceario 5h) ger bildkonferens större potentiella bidrag till miljöeffekterna än tågtransporten, under de antaganden som i övrigt gäller.

Detta gäller för tillverkning, transporter och resthantering av all utrustning samt drift (energianvändning och kylning, ej underhåll) av bildutrustning och telekommunikationsnät jämfört med drift (energianvändning under gång, ej underhåll) av flygplan och flygbuss respektive drift (energianvändning för framdrivning och komfort, ej underhåll) av tåg och vagnar (nivå 3 jämfört med nivå 1). Uppgifterna för tillverkning, transporter och resthantering av utrustning till bildkonferens är betydligt osäkrare och bristfälligare än driftdata. Sammantaget representerar nivå 3 dock en livscykelanalys så långt det i dagsläget varit praktiskt möjligt att samla in information.

Om endast drift av bildutrustning jämförs med drift av tåg och vagnar (nivå 1 jämfört med nivå 1) ger denna ett ungefär likvärdigt potentiellt bidrag till miljöeffekterna än tågtransporten vid låg nyttjandegrad och lång standbytid, och lägre än tåg vid högt och smart utnyttjande. Detsamma gäller även i det fall driften av telekommunikationsnätet adderas för bildkonferens (nivå 2 jämfört med nivå 1). I de fall nivå 1 eller 2 för bildkonferensen jämförs med nivå 1 för de fysiska transportsystemen är det dock inte relevant att hävda att en livscykelanalys genomförts för bildkonferensen. I dessa fall har endast en jämförelse av energianvändning vid drift (ej inkluderade underhåll) genomförts för systemen.

Sammantaget ger flyget ett större bidrag till var och en av de studerade miljöeffekterna än bildkonferensen; även då antaganden och beräkningar konsekvent utförs till bildkonferensens nackdel. Jämfört med tåget är skillnaden mindre, och vilket kommunikationsalternativ som ter sig som fördelaktigast kan växla på grund av fler förutsättningar än på vilken systemnivå jämförelsen görs, t ex med mötets längd och antalet fjärrdeltagare (deltagare som reser, eller ersätter resan med bildkonferens).

Identifiering av "hot spots" för bildkonferensen

Bildkonferensens mest miljöbelastande delar är:

- Tillverkning av bildutrustning
- Drift av bildutrustning
- Tillverkning av ISDN-utrustning (främst IC)
- Drift av ISDN-utrustning (främst IC)

Orsaken är att utrustning i "ändarna" av kommunikationskedjan har låg nyttjandegrad och periodvis står i standbyläge.

Bildutrustningen befinner sig allra längst ut i kedjan, och står i varierande grad i standbyläge i avvaktan på aktiv användning.

IC:n är via fastighetsnätet länken in i telekommunikationsnätet. Eftersom fysiska anslutningar är reserverade för bildkonferensen blir nyttjandegraden för dessa anslutningar densamma som för bildutrustningen. Dessutom är IC-utrustningen påslagen dygnet runt, vilket kan ses som ett standbyläge när anslutningarna inte utnyttjas under aktiv drift av bildutrustningen.

Låg nyttjandegrad gör att resurser- och emissioner som uppkommit vid tillverkning skall fördelas på få timmar i aktiv drift. Detta leder till att tillverkning av utrustning ger stor miljöpåverkan. För tillverkning av utrustning orsakas den dominerande miljöpåverkan i första hand av bildutrustning och i andra hand av IC-utrustning

Långa standbytider innebär att utrustningen använder energi som inte nyttiggörs. Denna energi skall fördelas på timmar i aktiv drift. För drift av bildkonferens orsakas den dominerande miljöpåverkan vid långa standbytider och låg nyttjandegrad (scenario 5h) av energianvändning i standbyläge, i första hand för bildutrustning och i andra hand för IC-utrustning. Vid högt och smart utnyttjande (scenario 30h) blir påverkan från standbyläge lägre än den aktiva driften.

5.4 Förbättringsförslag

Ovanstående diskussion av de mest miljöbelastande delarna för bildkonferensen och orsakerna till detta leder till följande förbättringsförslag:

- Eftersträva hög beläggning för bildutrustning (och därmed även IC-utrustning)
- Utforma och inför enkla avstängnings- och tillslagsrutiner för bildutrustning
- Ställ krav på leverantörer att införa enkla avstängnings- och tillslagsfunktioner för bildutrustning

De översta förbättringsförslagen ligger nära Telias verksamhet och bör vara de som snabbast skulle kunna realiseras med Telia som drivande part. Resultat av krav på leverantörer kommer antagligen med viss tidsfördröjning. Förutom de ovan föreslagna kraven på leverantörer bör mot bakgrund av denna studie även de "självklara" kraven att ta fram utrustning med lägre

energiförbrukning under drift och att ta fram utrustning som tillverkats med mindre miljöpåverkan (mindre miljöbelastning "i ryggsäcken") kunna ställas med större tyngd.

En reflektion i samband med detta projekt är att de flesta leverantörer utom Ericsson ger intryck av att ha blivit "tagna på sängen" av förfrågningar om miljöuppgifter. Sannolikt finns det goda möjligheter för Telia att vinna mycket goodwill genom att vara en tidig aktör som lyfter fram systematiska miljökrav vid upphandling inom telekommunikationsområdet.

Referenser

Almemark Mats, Lindfors Lars-Gunnar, Oscarsson Charlotte och Spännar Camilla (1997) "Manual for calculating a Type III ecoprofile...", File No A97218, Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning, Stockholm.

Andersson Evert (1994) "Energy Consumption and air pollution of electric rail traffic", Railway Technology, Department of Vehicle Engineering, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm, TRITA-FKT, Report 9446, ISSN 1103-470X.

Andersson-Sköld Y., Grennfelt P. and Pleijel K. (1992) Photochemical ozone creation potentials: A study of different concepts, Swedish Environmental Institute, IVL, Göteborg, *Journal of Air and Waste Management Association*, p 1152-1158.

Baumann Henrikke, Ekvall Tomas, Eriksson Elin, Kullman Mikael Rydberg Tomas, Ryding Sven-Olof och Steen Bengt (1993), Miljömässiga skillnader mellan återvinning/återanvändning och förbränning/deponering, Chalmers Tekniska Högskola, Chalmers Industriteknik, IVL och Sveriges Industriförbund, FoU nr 79, Reforsk 1993.

Brännström Britt-Marie, Dethlefsen Ulrika, Johansson Roland, Setterwall Caroline och Tunbrant Sofie (1996) Livscykelanalys för Vattenfalls elproduktion, Sammanfattande rapport, Vattenfall, 1996-10-20.

Consoli Frank, ed., et al (1993), Guidelines for Life-Cycle Assessment: A Code of Practice, Edition 1, From the SETAC Workshop held at Sesimbra, Portugal, 31 March - 3 April 1993, Society of Environmental Toxicology and Chemistry.

Ekvall Tomas (1994) Principles for allocation at multi-output processes and cascade recycling, Proceedings of the European Workshop on Allocation in LCA at the centre of Environmental Science of Leiden University, CML-S&P, Secretariat, Leiden, Netherlands, SETAC-Europe, Brussels.

Energifakta (1997) Information från AB Svensk Energiförsörjning, Svensk Energiförsörjning, Stockholm.

Eriksson Elin, Lundström Henrik, Rydberg Tomas and Ekvall Tomas, December 1996, Focused LCA of a microwave oven, for Samsung Electronics Co Ltd.

Eriksson Elin, JohannissonViveca and Rydberg Tomas, Life Cycle Impact Assessment; Description of four methods, CIT Ekologik, 1996:2.

Eriksson Elin, Johannisson Viveca and Rydberg Tomas, Characterisation factors and valuation indexes for four methods, CIT Ekologik, 1996:3.

Guinée J.B. (1993) Data for the normalization step within life cycle assessment of products, CML Paper no. 14, Leiden, December 1993 (revised version).

Heijungs R., Guinée J.B., Huppes G., Lankreijer R.M., Udo de Haes H.A. Wegener, Sleeswijk A., Ansems A.M.M., Eggels P.G., van Duin R. and deGoede H.P. (1992) Environmental life cycle assessment of products, Guide and Backgrounds (2 volumes), Centre of Environmental Science, Leiden University, The Netherlands.

Houghton J.T., Jenkins G.J, Ephraums J.J. (Eds.) Climate change-The IPCC scientific assessment. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1990.

IPCC (1995) Global warming potentials 1992-1995, Electronic Edition, <http://www.globalchange.org/sciall/96jul1d.htm>, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Lenner Magnus (1993) Energiförbrukning och avgasemission för olika transporttyper, Väg- och Trafikinsitutet, Nr 718.

Lars-Gunnar Lindfors, Kim Christiansen, Leif Hoffman, Yrjö Virtanen, Vesa Juntilla, Ole-Jørgen Hansen, Anne Rønning, Tomas Ekvall & Göran Finnveden, Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment, Nord 1995:20, Nordic Council of Ministers, Copenhagen, 1995.

Malmodin Jens (1997) Ericsson, personlig kommunikation.

Naturvårdsverket (1992) The greenhouse gases - emissions and actions in an international perspective (på svenska), Naturvårdsverkets rapport 4011, SNV, Solna.

NUTEK, Energiläget i siffror.

Setterwall Caroline (1997) Vattenfall Energisystem AB, personlig kommunikation.

Solomon S. and Albritton D.L. (1992) Time-dependent ozone depletion potentials for short-term and long-term forecasts. *Nature*, 357, p. 33-37.

Telias Miljöredovisning (1996) Telia AB, Farsta.

Wenzel Henrik (1996), redaktör, Milj•vurdering i produktudviklingen - 5 eksempler, UMIP, Udvikling av miljøvenlige indutriprodukter, Institutet for Produktudvikling, Danmarks Tekniske Universitet, Milj•- og Energiministeriet, Milj•styrelsen och Dansk Industri.

Weidema et al (1995), LifeCycle Screening of Food products (page 172), Kryger Consult A/S.

Weiner David (1995) LCA for electricity production and transports, Teknisk miljöplanering, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.

Westerberg Jan (1995) Emissionsfaktorer 1995/Luftfartsverket, Luftfartsverket, Koncernstab, 1995-09-07.

WMO (World Meteorological Organisation) (1992) Scientific assessment of ozone depletion: 1991. WMO, Global ozone research and monitoring project - Report no. 25.

World Resources (1992-93), A guide to the global Environment, World Resource Institute in collaboration with The United Nations Environment Programme, Oxford University Press, New York, 1992.

Östermark Ulf och Eriksson Elin (1998), Livscykelanalys av bildkonferens – en jämförelse med andra kommunikationssätt, på uppdrag av Telia, ej offentlig.

Östermark Ulf and Rydberg Tomas (1995) "Resuse versus recycling of PET-bottlesA case study of ambiguities in life cycle assessment." *Congress Proceedings* **1:249-253**, R'95 International Congress-Recovery, Recycling, Re-Integration, 1-3 Feb 1995, EMPA, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf, Switzerland.

Bilaga

Europeisk elektricitet

Följande uppgifter har använts (utdrag ur CIT:s databas):

	gram per MJ
Particulates	5.46e-002
CO2	122.700
CO	9.70e-002
NOx	0.343
SO2	0.695
HC	0.587
Aldehydes	7.19e-004
N2O	1.96e-002
NH3	1.36e-004
Fluorides	2.78e-006
COD	1.24e-004
BOD	4.11e-005
Suspended solids	4.11e-005
Dissolved solids	8.79e-002
Nitrates	8.78e-005
NH3 (aq)	1.72e-004
Oil (aq)	1.32e-003
Na+ (aq)	6.08e-005
Fe2+ (aq)	8.33e-007
F- (aq)	3.71e-004
SO42- (aq)	7.83e-005
Waste, high. radioact. [cm3]	8.89e-004
Waste, med. radioact. [cm3]	1.01e-002
Waste, low radioact. [cm3]	1.01e-002
Natural uranium (r)	2.09e-003
Hydro power [MJel] (r)	0.202
Coal (r)	28.710
Crude oil (r)	7.400
Natural gas (r)	5.840

Environmental profile for European/UCPTE (1) average electricity production.

Among "Emissions at Extraction" the consumption of primary resources has been accounted for. Mix of electricity sources per MJ electricity (2):

- Hydro power: 0.202 MJ el
- Nuclear power: 0.369 MJ el --> 0.0021 g natural uranium (3)
- Coal: 0.256 MJel (4)
- Oil: 0.093 MJel (4)
- Natural gas: 0.080 MJel (4)

"Emissions at Extraction"

The emissions are found in reference 2. Radioactive waste has been added to the emissions (5). Emissions refer to produced electric energy, i.e. grid losses are not taken into account.

(1) UCPTE: Union for the connection of production and transportation of electricity, which includes Austria, Belgium, France, Germany, Greece, Holland, Italy, Luxemburg, Portugal, Spain, Switzerland and Yugoslavia.

(2) Ecobalance of packaging materials state of 1990, Swiss Federal Office of Environment Forests and Landscape (FOEFL), Berne, 1991.

(3) 1.0 g of natural uranium corresponds to 504 MJ heat (6) --> $0.35 \times 504 \text{ MJ el} = 176.4 \text{ MJel}$ (assumed efficiency = 0.35).

(4) The efficiency for electricity production is assumed to be 0.33. Coal, crude oil and natural gas resources in gram are calculated from the corresponding energy carriers in the database.

(5) The amount of radioactive waste is calculated from the energy carrier Electricity, Swedish average:

- Highly radioactive waste = $1.35 \text{ E-03} / 0.56 = 2.41 \text{ E-03 cm}^3/\text{MJ nuclear el.}$
- Medium radioactive waste = $15.4 \text{ E-03} / 0.56 = 0.0275 \text{ cm}^3/\text{MJ nuclear el.}$
- Low radioactive waste = $15.3 \text{ E-03} / 0.56 = 0.0273 \text{ cm}^3/\text{MJ nuclear el.}$

(6) Energifakta, Svensk Energiförsörjning AB, Stockholm, Sweden. Data refer to 1991.

Svensk elektricitet

Beräkningarna av svensk medelelektricitet bygger på uppgifter från tre källor:

1. Andelen av olika kraftslag i den svenska produktionsmixen, se tabell 1.2 (Setterwall, 1997).
2. Uppgifter om resursförbrukning och emissioner för kraftslagen vind, vatten, olja, naturgas, biobränsle och gasturbin, se tabell 1.3 (Brännström mfl, 1996).
3. Uppgifter om resursförbrukning och emissioner för kraftslaget kolkondens, se tabell 1.3 (Weidema et al., 1995; Weiner, 1995).

Gjorda approximationer och hänsyn för distributionsförluster anges i texten nedan.

Tabell 1.2. Den svenska elproduktionen 1995 i GWh (Setterwall, 1997).

Kraftslag	Mängd GWh	Andel %
Vattenkraft	67 019	46,76
Kärnkraft	66 697	46,54
Kraftvärme, kol	2 200	1,54
Industriellt mottryck, biobränsle	2 200	1,54
Industriellt mottryck, fossila bränslen	2 000	1,40
Kraftvärme, olja	1 400	0,98
Kraftvärme, naturgas	700	0,49
Oljekondens	410	0,29
Kraftvärme, biobränsle	190	0,13
Gasturbiner	170	0,12
Vindkraft	101	0,07
Kraftvärme, avfall	100	0,07
Kraftvärme, torv	95	0,07
Dieslar	32	0,02
Summa	143 314	100

Det som skiljer kondenskraftverk från kraftvärmeverk är att man i kraftvärmeverk tar tillvara på den värmeenergi som i kondenskraftverk förs bort med kylvattnet, vilket gör att bränslets energiinnehåll kan utnyttjas bättre i ett kraftvärmeverk. Elverkningsgraden, dvs hur stor del av bränslets energiinnehåll som omvandlas till el, är dock ungefär densamma både för kondenskraftverk och kraftvärmeverk. Industriella mottrycksanläggningar är en annan form av kraftvärmeverk.

I den här studien har vi valt att bortse ifrån torv- och avfallseldade kraftvärmeverk samt ifrån dieslar, då data för dessa kraftslag inte funnits tillgängliga (de utgör dessutom endast 0,16% ihop). Vidare har vi valt att approximera koleldat kraftvärmeverk med kolkondenskraftverk, oljeeldat kraftvärmeverk med oljekondenskraftverk, biobränsleeldat mottrycksanläggning med biobränsleeldat kraftvärmeverk och fossileldad mottrycksanläggning med oljekondenskraftverk.

Således blir den svenska elmixen i den här studien:

46,80% Vattenkraft

46,55 % Kärnkraft

2,70% Oljekondenskraft

1,7% Biokraft (biobränsleeldat kraftvärmeverk)

1,55% Kolkondenskraft

0,50% Naturgaskraft (naturgaseldat kraftvärmeverk)

0,10% Gasturbinkraft

0,10% Vindkraft

Denna elmix ger följande resursförbrukning och emissioner per producerad MJ (Tabell 1.3). I denna studie har distributionsförluster om 5% dessutom inkluderats i beräkningarna (dvs siffrorna i Tabell 1.3 har multipliceras med 1.05).

Tabell 1.3: Miljöbelastningen per producerad MJ för de svenska kraftslagen samt för "svensk medel" vid produktion av bränsle, drift av kraftverk samt för omhändertagande av använt bränsle (data för vind, vatten, olja, naturgas, biobränsle och gasturbin: Brännström mfl, 1996; data för kolkondens: Weidema et al., 1995; Weiner, 1995).

	Vind (0,10%)	Vatten (46,80%)	Olja (2,70%)	Naturgas (0,50%)	Kärn- (46,55%)	Biobränsle (1,70%)	Gasturbin (0,10%)	Kol (1,55%)	Medel
Förnyelsebar energi									
Vattenkraft, MJel	6,95e-6	5,18e-6	3,66e-3	2,47e-4	3,24e-3	1,60e-4	5,47e-3	1,62e-3	
Biobränsle,g	5,21e-5	2,59e-5	2,31e-4	9,78e-4	7,87e-5	1,42e2	1,19e-5	4,65e-2	
Icke förnyelsebar energi									
Uran	3,73e-8	2,61e-8	2,48e-7	1,05e-6	6,48e-3	8,09e-7	1,28e-8	3,02e-3	
Naturgas	5,21e-5	2,60e-5	2,32e-4	9,79e-4	6,56e-3	1,42e2	1,19e-5	2,42	
Olja	3,41e-4	1,82e-3	6,85e1	1,50e-1	9,15e-2	1,19	8,47e3	1,04e1	
Kol	5,40e-3	3,74e-3	1,09e-2	2,82e-2	1,58e-1	1,08e-2	1,18e-2	8,20e1	1,35
Naturresurser									
Järnmalm	1,14e-2	8,17e-3	1,77e-2	5,91e-2	9,61e-3	2,24e-2	2,52e-2	9,49e-3	
Kopparmalm (0,7%Cu)	1,64e-4	1,73e-2	1,94e-4	1,95e-2	5,74e-1	8,50e-5		2,75e-1	
Bauxit			1,69e-3	1,81e-5	2,41e-5	3,58e-5		5,74e-5	
Emissioner till luft									
NO _x	3,86e-5	7,31e-5	1,79e-1	5,53e-2	4,39e-3	1,14e-1	9,70e-1	1,08e-1	1,18e-2
SO ₂	4,22e-5	3,03e-5	1,50e-1	1,82e-3	3,73e-3	5,04e-2	2,37e-1	1,88e-1	9,82e-3
CO	9,03e-6	5,00e-4	4,45e-2	2,84e-2	1,03e-3	2,92e-2	3,12e-1	2,70e-2	3,28e-3
stoff	9,17e-6	8,19e-6	2,90e-2	2,37e-4	2,12e-3	1,05e-2	1,58e-2	1,11e-1	3,69e-3
HC	4,56e-6	6,86e-5	1,12e-1	5,50e-3	2,84e-4	5,04e-3	1,71e-1	1,90e-2	3,78e-3
CO ₂	1,69e-2	1,88e-2	1,98e2	1,17e2	7,08e-1	1,18e2	2,88e2	2,26e2	1,21e1

Tabell 1.3, forts.

	Vind (0,10%)	Vatten (46,80%)	Olja (2,70%)	Naturgas (0,50%)	Kärn- (46,55%)	Biobränsle (1,70%)	Gasturbin (0,10%)	Kol (1,55%)	Medel
PAH								2,20e-6	3,41e-8
CH ₄								6,39e-1	9,90e-3
N ₂ O								7,00e-3	1,09e-4
NH ₃								4,40e-6	6,82e-8
Rn-222 [Bq]								9,78e-1	1,52e-2
Emissioner till vatten									
Tot-N	1,20e-7	8,92e-8	3,80e-5	4,93e-6	9,07e-5	5,56e-3	2,62e-7		1,38e-4
COD								1,30e-5	2,02e-7
Olja								3,60e-5	5,58e-7
NH ₃ (aq)								4,20e-6	6,51e-8
Upplost fast material								2,20e-3	3,41e-5
Restprodukter									
Radioaktivt avfall					1,26e-2				5,86e-3
Rivningsavfall	1,20e-1		5,16e-3		1,88e-2				9,01e-3
övriga restprodukter	3,64e-3	2,48e1	2,87e-2	3,96e-2	5,45	2,79	7,42e-2		1,42e1