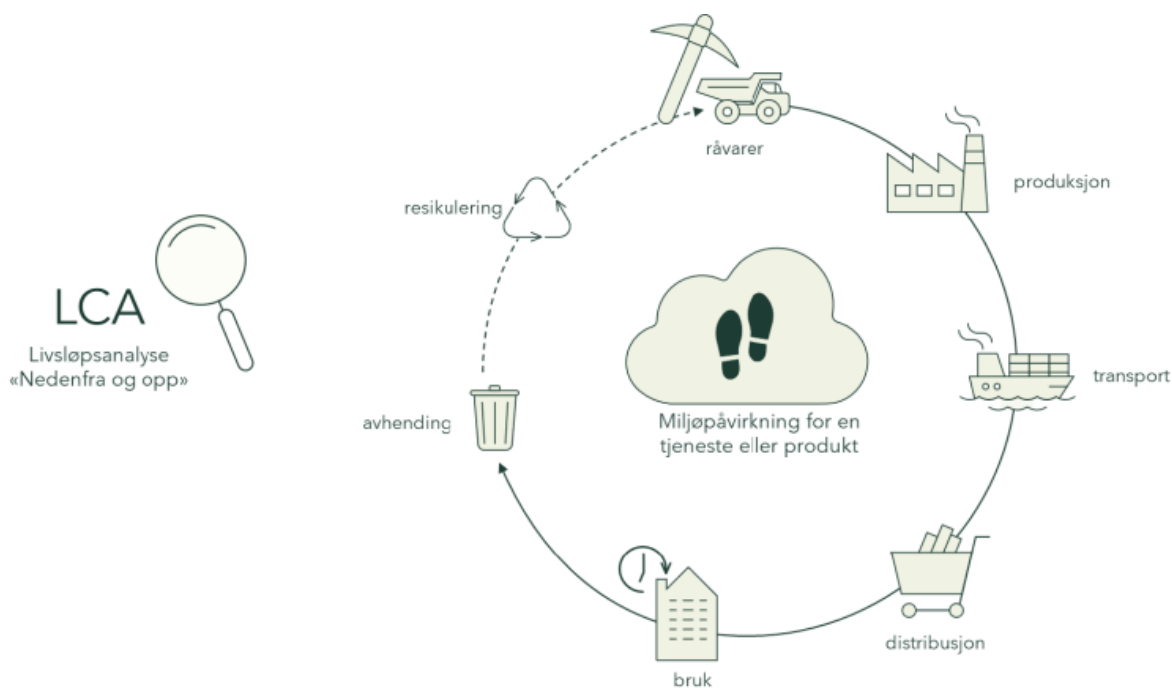


Fotavtrykket fra norsk digital infrastruktur – Hvor stort er det? Og hvordan kan det bremses?

Denne teksten ble først publisert på <http://einarflydal.com> den 20.05.2025



Illustrasjon fra AsplanViaks utredning for Nkom om «fotavtrykket» fra norsk digital infrastruktur

Her om dagen hørte jeg på da Nkom la fram sin utredning om hvilken belastning den norske digitale infrastrukturen har på klima og natur – altså både bakkenett og satellitter, trådløst og kabler, datasentre, telekomsentraler og alt brukerutstyret. Det var stort sett CO₂-utslipp, arealbruk og sjeldne metaller det handlet om.

Så langt vel og bra. Rapporten og scenariene som ble lagt fram av oppdragstakeren, AsplanViak, var både interessante og optimistiske.

Selv ble jeg mest opptatt av det som utredningen *ikke* hadde fått med seg, og av de store utfordringene som ligger litt lengre framme – for her tråkket jeg på velkjente stier. Jeg hadde nemlig puslet litt med problemet i Telenor forskningsenhet for snart 30 år siden.

Det endte med at jeg satte meg ned og skrev en lang høringsuttalelse, som både gir ros, melder om et vesentlig hull stort som en låvedør, og kommer med noen advarsler om problemer som lurte litt lengre framme...

For Nkom er denne rapporten første trinn i en handlingsplan for økt bærekraft – et tema som Nkom har begynt å fokusere på, i likhet med alle andre deler av statsforvaltningen.

I samarbeid med IKT-bransjen skal Nkom først framskaffe et kunnskapsgrunnlag, og deretter gå til nye faser. I dem skal det vurderes hvor sektoren kan redusere sitt økologiske fotavtrykk og hvor store effektiviseringsgevinster man kan få av IKT i forhold til ressursbruken – som kan bety at belastning X får vi tåle, fordi gevinst Y er så stor.

Noen hovedfunn fra rapporten

Oppdraget med utredningen har vært utført av AsplanViak. Christofer Skaar derfra, som jeg for rundt 20 år siden samarbeidet med på NTNU om ISO 26000, en standard om organisasjoners samfunnsansvar, la fram et par flotte og godt gjennomarbeidede rapporter: Den ene var en omfattende kartlegging av utslippene og ressursbruk i de ulike deler av infrastrukturen, og den andre var en scenarieanalyse over mulige tenkelige utviklingsforløp. Her har man brukt en fransk offentlig studie – angivelig den første i sitt slag på nasjonalt nivå – som modell.

Rapportene og Nkoms egne oppsummeringer kan du laste ned fra Nkoms nettsider:

<https://nkom.no/hoeringer/rapport-digital-infrastruktur>

Når rapporten konsentrerer seg om den digitale infrastrukturens *arealbruk, ressursbruk og CO₂-utslipp*, er det i tråd med hva man kan forvente. For dette er slikt som normalt inngår i bærekraftsrapporteringer. Det er også noenlunde greit – om enn vanskelig nok – å kvantifisere, slik at man kan regne seg fram til totaltall og foreta en *livsløpsanalyse* – altså en analyse av ressursenes gang «fra vugge til grav» og eventuelt tilbake til en ny runde i ressursenes evige kretsløp for det som ikke ender på en søppelhaug.

I tillegg til slike kartlegginger av ressursenes gang nevner man gjerne det sosialt, politisk og også sikkerhetsmessig problematiske at en viktig del av innsatsfaktorene – slikt som sjeldne metaller som er avgjørende for dagens produksjon av IKT-utstyr – må hentes fra land vi blir for avhengige av, og at IKT-industrien hviler på gruvedrift basert på grov utnyttelse og elendige produksjonsforhold i land der lovløsheten herjer.

Slikt får man ikke satt tall på i samme grad. Det havner derfor helst i noen bisetninger og blir borte. Temaet har gått igjen siden jeg begynte i bransjen i 1983, og lite eller ingenting har skjedd, bortsett fra at forbruket og produksjonen har økt, at ressursene svinner inn, og at Kina er blitt en stor produsent, slik at vi i den rike verden ikke lenger er så avhengige av gruvene i Kongo – for å si det enkelt.

Det nye i Nkoms bærekraftsutredning ligger altså ikke i slike betraktninger, men i tallene som utgjør hovedfunnene i rapporten. Her siterer jeg fra Nkoms oppsummering på nettet:

- *I 2024 var totalt klimagassutslipp fra digital infrastruktur på 1,1 mill. tonn CO₂, noe som tilsvarer direkte utslipp fra flytrafikken innenlands i et år.*
- *I dag står sluttbrukerenheter, f.eks. mobil, nettbrett og PC, for 76 % av CO₂-utslippet, mobil- og fibernettet for 15 % og datasentre for 9 % av det totale klimafotavtrykket.*
- *Totalt kan utslippene øke med 58 % fram til 2030 og bli 2,7 ganger større i 2050*

- *Fram mot 2050 kan utslippene fra datasentre alene sjudobles, og nærme seg 700 000 tonn CO₂.*
- *Totalt har omtrent 4 millioner tonn med metaller, plast, mineraler osv. inngått i etablering og bruk av det som var installert og i bruk i 2024. Dette tilsvarer et årlig materialforbruk på 0,7 tonn pr. innbygger.*

Et bemerkelsesverdig funn her er hvor enormt stor del av ressursbruken som foregår hjemme og på arbeidsplassen hos brukerne. Det er PC'ene, mobilene, hussentralene, hjemmesentralene, wifi-ruterne og alt vi bruker dem til som står for den langt største delen av ressursbruken. På dette området er vi nordmenn verdensmestre i høyt forbruk og kort levetid. I tillegg kommer bruken vi gjør av datasentrene, som har vekstprognoser nærmest rett til himmels, med både skylagring, gaming, bitcoin og KI som de store, nye driverne.

Men jeg merker meg også når jeg skummer meg gjennom rapporten, hvor vanskelig det er å gi klare svar på ressursbruken i selve kommunikasjonsnettverkene:

Rapporten slår fast at fiber- og kobberkabler i bakken krever mye graving og dermed mye energi og ressurser, men bruker langt mindre strøm når de først ligger der. Mobilmaster og basestasjoner skal sende elektrisk energi som radiobølger ut i eteren og selv gjennom regn og tåke, treverk, mur og betong nå fram til alt brukerutstyret, som også bruker mye energi for å fungere og for å sende motsatt vei – mye mer enn det gamle kobbernettet eller optiske fiber.

Et overblikk viser at her går utviklingen klart og tydelig og med stor kraft i feil retning, selv om biter av regnestykkene er gunstige:

De nye trådløse kommunikasjonsnettene bruker stadig høyere frekvenser. Målt i energi per overført informasjonsmengde (f.eks. Watt per gigabytes) krever høyere frekvenser mer energi for å rekke like langt ut, men dekker mindre områder, så energien behøver kanskje ikke økes fra hver enkelt sender. På den annen side trengs det flere av dem, så total energimengde kan likevel gå opp. Men igjen, på enda en annen side, er nyere teknologier mer effektive: F.eks. med 5G, som sender i form av mer intense, rettede «strålekjegler» mot den enkelte brukeren (og hans nærmeste omgivelser). Det trekker energimengden brukt per overført mengde nedover igjen. Men samtidig øker jo det samlede volumet kraftig fordi vi kommuniserer så mye mer og ser stadig mer video trådløst, selv når vi sitter på buss og trikk – altså inne i skjermende metallkasser – som krever mer energi for å trenge gjennom både ut og inn.

Det totale regnestykket for trådløsbbruken er derfor at energibruken vokser bratt, ikke minst fordi vi bruker stadig mer kommunikasjon, og fordi så mye av den er trådløst – selv om deler av teknologien er blitt mer effektiv per levert informasjonsmengde.

At trafikkveksten utkonkurrerer effektiviseringsgevinstene har ikke minst å gjøre med såkalte *tilbakekoplingseffekter* – eller «rebound-effekter», og bringer meg over på det jeg virkelig savner i rapporten, men som kanskje først melder seg for alvor rundt neste sving. Rapporten nevner så vidt at slike virkninger ikke er tatt med, og det er en ærlig sak, men det er svært konsekvensrikt, som jeg skal komme tilbake til.

Men først et annet tema som jeg savner enda mer:

Mangler den viktigste belastningen på bærekraften?

Bærekraft har siden Rio-erklæringen og Brundtland-kommisjonen blitt definert miljømessig, økonomisk og sosialt. *Arealbruk, ressursbruk og CO₂-utslipp* er tradisjonelle mål, men de er nærmest uvesentlige indikatorer for bærekraften til den digitale infrastrukturen dersom denne infrastrukturen har store og varige skadelige innvirkninger av andre typer på natur og miljø og på folkehelse. For i så fall kan det utløses «kostnader», i vid forstand av ordet, som går under radaren uten å fanges opp av noen av disse tre indikatorene.

Og vi vet at slike kostnader fins:

Det foreligger særdeles omfattende forskningsdokumentasjon på at trådløs radiobølget kommunikasjon gir en rekke biologiske virkninger som øker risikoen for akutte helseplager og/eller mer alvorlige helselidelser på lengre sikt. Virkningene er for en stor del ganske diffuse: De sprer seg ut på alle mulige diagnoser og er dermed ikke lett å telle. Man kan derimot påvise at de er der fordi de kan observeres på flere måter.

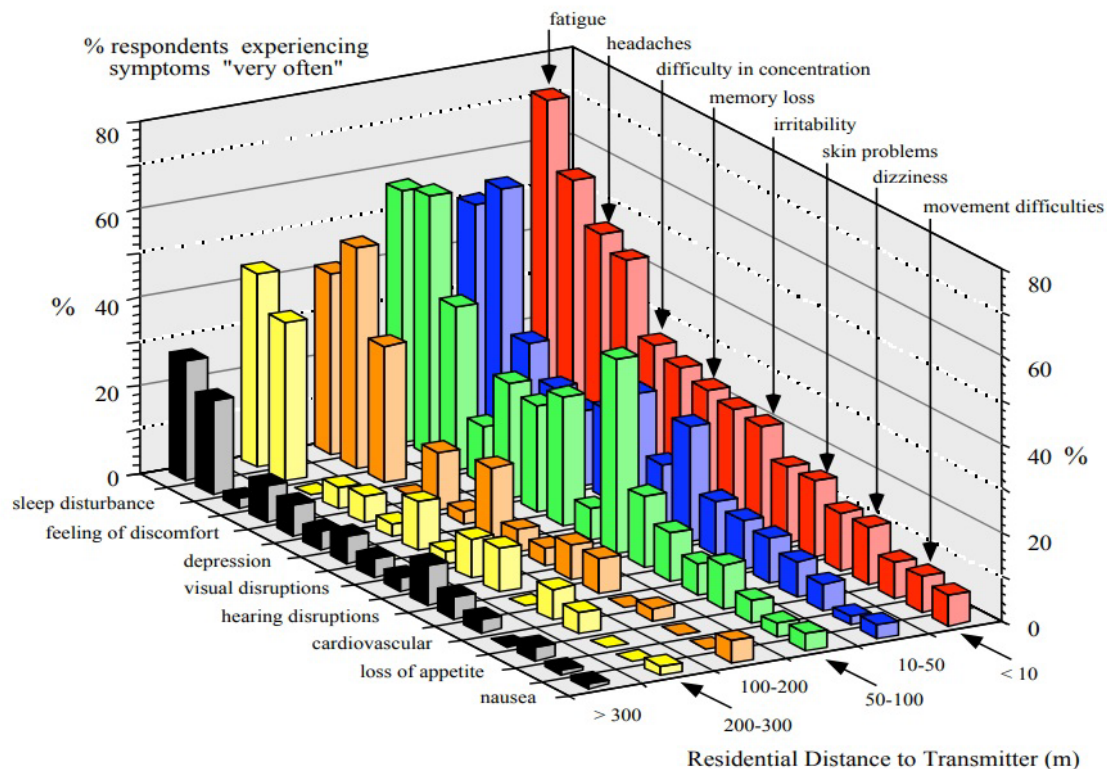
Det er påvist en rekke biologiske mekanismer som forstyrres ved eksponering for elektromagnetiske felt langt svakere enn dagens grenseverdier – f.eks. feil proteinfolding, enkelt- og dobbeltsidige DNA-brudd, «pengerulleffekter» i blodet der blodcellene klitrer seg sammen, åpning av blod-hjerne-barriæren, m.m. Horsevad (2015) presenterer over 100 slike mekanismer. Slik påvirkning kan ha dramatiske følger, nærmest hvilke som helst, ettersom det er fundamentale biologiske prosesser som forstyrres.

Motargumentet har alltid vært at «strålingen er så svak», gjerne bare promiller av grenseverdiene, og derfor ikke kan skade. Men at selv «svak stråling» kan ha slike virkninger som ikke fanges opp av grenseverdiene, kan enkelt forklares rent mekanisk:

Menneskeskapte elektromagnetiske felt er nesten uten unntak *polariserte* og *koherente*. Det vil si at ladningene (positive og negative) kommer svært godt ordnet og at deres trekk- og skyvkrefter derfor er samordnet. De kan derfor «trekke og skyve» i *dipoler* (biologiske molekyler med ulike ladninger i ulike deler av molekylet) med langt sterkere kraft selv om energien er langt svakere enn f.eks. naturlig sollyst, som kommer kaotisk slik at kreftene motvirker og oppveier hverandre.

Slik kan f.eks. forklares at selv stråling fra smartmålere, wifi-rutere og mobilladere, som bare treffer med promiller av stråleverngrensens intensitet, kan gi akutte forstyrrelser, f.eks. av cellers ionekanaler, med konsekvenser for en lang rekke funksjoner i alle kjente livsformer (Panagopoulos mfl. 2021; Panagopoulos (ed.) 2022).

En enkel graf med data fra noen franske ingeniørstudenters kartlegging av «diffuse» helseplager, korrelert med avstand fra mobilmast, illustrerer dette godt (Santini 2001). Denne undersøkelsen ble gjort på et tidspunkt da det ennå ikke var vanlig i Frankrike å ha wifi hjemme, og lenge før smarttelefonen. Grafen viser at andelen helseplager av svært ulike slag alle synker med avstanden fra mobilmasten.



Det fins en rekke slike epidemiologiske kartlegginger av økte sykdomsforekomster nær mobil- og andre radiosendere (Flydal 2016), og altså også påviste biofysiske mekanismer som kan forklare dem. En ganske vanlig variant er lister over rapporterte symptomer som dukker opp etter installasjon av strømmålere med mikrobølgesendere, altså «smartmålere». Vi finner f.eks. en slik liste i ett av de mange notatene til fysikeren Ronald M. Powell (2015) om helsevirkninger fra elektromagnetiske felt.

(For norsk anekdotisk materiale vises til de 150 «smartmålerhistoriene» som undertegnede har samlet inn (<https://einarflydal.com/smartmaler-historier/>). Mange av disse inneholder i praksis blindtester og kan dermed ikke avvises som placebo.)

Tilsvarende fins det omfattende laboratoriestudier *in vivo* og *in vitro* som dokumenterer skadelige virkninger på dyr. Observasjoner i naturen er vanskeligere, men også slike fins det mange av, og som viser at fugler og andre dyr trekker seg unna og forsvinner, honningbier slår alarm og forlater bikuben, fugler blir desorientert, kyr melker mindre, insekter forsvinner, m.m. ved eksponering for ulike radiofrekvente kilder (Thill mfl 2024).

I en oversiktsstudie har England & Robert (2022) påvist hvordan særdeles mange dyr benytter seg av elektriske krefter som er langt svakere enn de som menneskene skaper. Biologen Ulrich Warnke, en tysk nestor på feltet, har i sin orientering til Europaparlamentet erklært at det synes som om rekkefølgen ville arter forsvinner i, passer med betydningen av elektromagnetiske felt for deres evne til å orientere seg og skaffe seg mat (Warnke 2010).

I en studie av oppvarmingsvirkninger på små virvelløse dyr (først og fremst insekter) av radiofrekvenser i området 2 til 120 GHz, altså frekvenser som dels er i bruk til IKT-nettverk, dels er planlagt i bruk framover, viser Thielens m.fl. (2018) gjennom simuleringer at når

bølgelengdene får nær samme lengde som dyrene, vil selv mindre intensitetsøkninger gi svært mye sterkere opptak av energien fra radiobølgene: Ved frekvenser over 6 GHz ville energiopptaket øke fra 3 til 370% og kan dermed gi vesentlige oppvarmingsskader.

Ettersom det her er tale om frekvenser som i dag er i utstrakt bruk i trådløs telekom i Norge, er det rimelig å tro at det er fare for at trådløs IKT-infrastruktur allerede gir slike skadevirkninger på insektlivet i dag, og dermed berører dagens IKT-infrastrukturs bærekraftvirkninger.

I en bredere anlagt litteraturgjennomgang som også omfatter virveldyr og planter og ble utført for Panelet for fremtidsrettet vitenskap og teknologi (STOA) under Europaparlamentets forskningstjenester (EPRS), understreker Thielens at slike oppvarmingsvirkninger kommer *i tillegg til* en rekke allerede godt påviste skadevirkninger som oppstår uten registrerbar oppvarming, men gjennom andre mekanismer (Thielens 2021).

Slike forskningsfunn er nå etablert kunnskap i de respektive fagmiljøene. Forsvaret av den forståelsen at ingen skade kan skje uten ved oppvarming, og at det ikke foreligger god påvisning av skadevirkninger uten oppvarming, opprettholdes av en ganske liten kjerne av forskere og deres medarbeidere (Nordhagen og Flydal 2022) og ved hjelp av forskning som er under sterk kritikk for sterk slagside og direkte juks (se bl.a. Nordhagen og Flydal 2024).

Argumentene som har vært anført mot forskningsfunn som viser vesentlig skade ved eksponering langt svakere enn ICNIRPs grenseverdier, er således på vikende front. I tråd med dette har f.eks. Europarådets parlamentarikerforsamling anmodet om langt strengere eksponeringsgrenser som hastesak (Council of Europe 2011). Europaparlamentets utredningstjeneste har konkludert med å peke på vesentlig helsefare (Europaparlamentet 2020), og en egen større utredning på oppdrag for Europaparlamentet har funnet at helsefaren er godt påvist (Health impact 2021).

Ingen kartlegging av bærekraften til IKT-infrastrukturen bør derfor gjøres uten at også virkningene fra de menneskeskapte elektromagnetiske feltene – hva enten fra radiokommunikasjon eller strømmnett – vurderes.

Riktignok er kvantifiseringen vanskelig, men det kan gis indikasjoner og trendfremskrivninger i en del tilfeller. Det fins også en del vurderinger av hvordan nye teknologier og nye frekvenser vil slå inn på folke- og dyrehelsen, f.eks. virkningen av kortere bølgelengder (millimeter-bølger) på insekter (Thielens mfl. 2018) og på menneskers nervesystem (Betzael mfl. 2018). Det fins også kvantifiserte eksempler på hvordan helseplager i en befolkningsgruppe reduseres når mobilmaster fjernes (Shinjyo & Shinjyo 2014), og små analyser av hvordan dødeligheten stiger når mobilnett settes i gang (Firstenberg 2018) og synker når mobilnett slås mer eller mindre midlertidig av (se f.eks. graf for overdødelighet i Romania 2020-2024, <http://lagnostic.com>).

Når undersøkelser av bærekraft ikke tar slike virkninger med i regnestykket, blir det som om hele vegger mangler i bygget, mens man forsøker å «finsnekre» på noen detaljer.

Dagens forvaltning lukker øynene

Dagens forvaltningspraksis – både i strålevernet, helsevernet og miljøvernet – er å neglisere alle disse advarslene, til tross for at retningslinjene fra ICNIRP – den internasjonale kommisjon for ikke-ioniserende stråling – i sine retningslinjer åpner for at slike følger kan finnes, og at man må vurdere om de faktisk fins. ICNIRP benyttes av WHO og EU som kunnskapskilde og referanse, og ICNIRPs retningslinjer er faktisk norsk lov.

Nå definerer riktignok ICNIRP det som utenfor sin oppgave å hensynta slike virkninger i sine anbefalinger. I stedet anbefaler ICNIRP at grenseverdier settes så romslig som mulig for ikke å skade utnyttelsen av telekomteknologien, og anbefaler ekstremt strenge krav til bevis for skade for at de skal føre til strengere grenser – så strenge at det ikke går an å innfri dem. Men ICNIRPs hensyn er altså motivert utfra et annet hensyn enn bærekraft: utnyttelsen av teknologien til samfunnsnyttige formål og ICNIRP ble til i en tid da man ikke forestilte seg at miljøets bæreevne noensinne kunne bli et problem for stråling som er «svakere enn dagslyset».

I praksis trekker ICNIRP en grense der energiintensiteten fra absorbert radiofrekvent stråling målt over en betydelig flate og over et tidsrom på flere minutter i snitt ikke skal overstige 1 grad Celcius (ICNIRP 1998; ICNIRP 2002, ICNIRP 2020). Grensen for radiobølger baseres således på oppvarmingsskader, mens grensen for lave frekvenser, som f.eks. fra strømnettet, knyttes til forstyrrelser av nervebanenes signalering.

Samtidig presiserer ICNIRP at ICNIRPs anbefalinger gis med en rekke unntak, f.eks. i tilfeller der man har elektroniske eller metall-implantater, at det kan være berettiget med strengere grenser for spesielt utsatte eller følsomme grupper, og at det ikke vil være i strid med ICNIRPs retningslinjer å føre en føre-var-linje eller av andre grunner sette grensene strengere. Men slikt anser ICNIRP som et spørsmål om politiske avveininger – altså hvor tungt man skal la slike tilfeller veie.

ICNIRP definerer slike vurderinger som utenfor sin oppgave og overlater dem til andre organer som WHO, EU, og nasjonale strålevernetater. Når vurderingene der gjøres med ICNIRPs metodikk, vanligvis i form av utvalg der ICNIRP-medlemmer er sterkt representert eller har dominerende roller, blir svaret det samme: at «ingen skadevirkninger kan påvises» sikkert nok til at det er grunnlag for strengere eksponeringsgrenser. Strålevernetatene i de enkelte land, som f.eks. i Norden er svært dårlig eller overhodet ikke bemannet innen området ikke-ioniserende strålevern, kommer dermed til samme resultat, og velger å «følge ICNIRP og WHO», uten å ta i bruk det handlingsrommet som nettopp ICNIRPs retningslinjer (ICNIRP 2002) åpner for.

Dette framstår som at forvaltningen - både innen helse, miljø, strålevern og digital infrastruktur - i praksis lukker øynene eller holdes kunnskapsløs og mangelfullt informert, i stedet for at den kan basere seg på kunnskapsstatus. En slik praksis bør ikke gå ut over Nkoms vurderinger av IKT-infrastrukturens fotavtrykk.

Satellitter, og virkninger på ozonlaget

Også omtalen av satellitter er særdeles mangelfull utfra et bærekraftperspektiv:

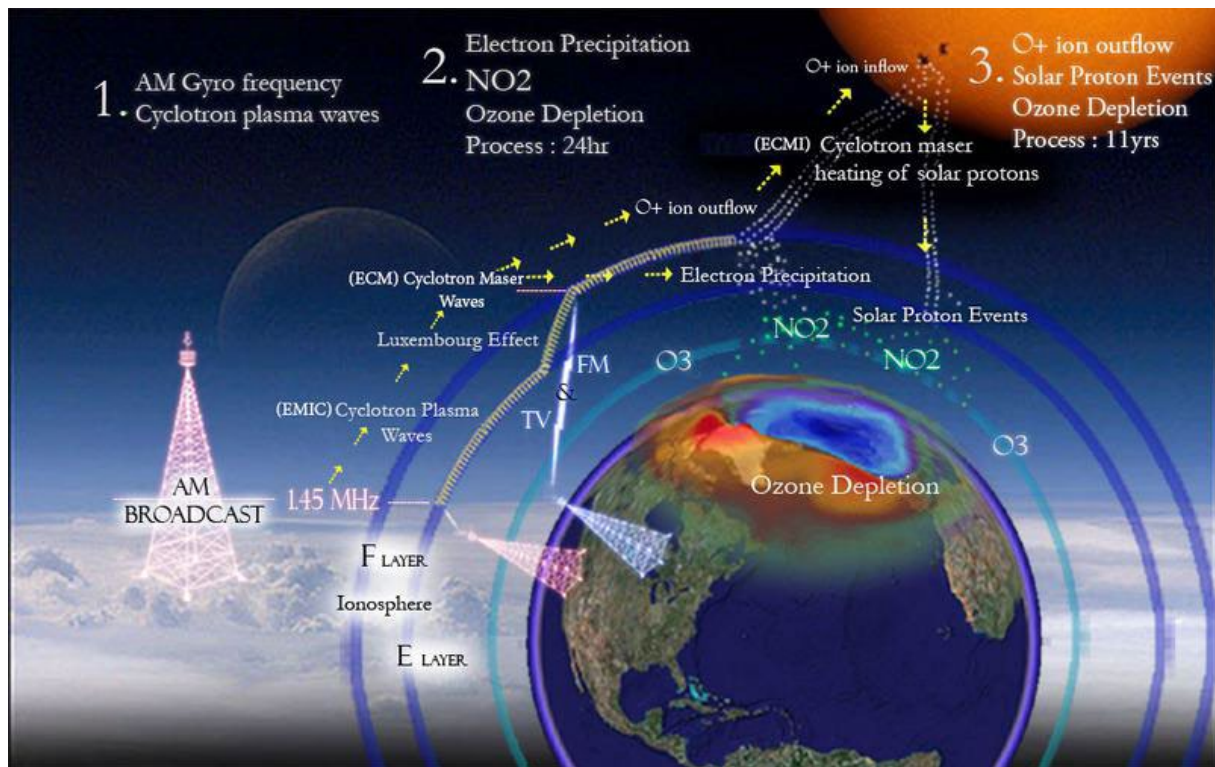
Satellitt-baserte løsninger for to-veis mobilkommunikasjon ved hjelp av lavbanesatellitter øker bakgrunnsstrålingen og er dessuten nå vist å utgjøre en mulig og stor trussel for klodens elektriske «innpakning» fra metallpartiklene som vil sveve rundt kloden fra dekommisjonerte satellitter (5 stk. per dag, i henhold til prognoser) (Solter-Hunt 2023).

Omtalen av satellitter bør få med seg denne slags innvirkninger på klodens miljø. En større påvirkning på klodens bærekraft er det knapt mulig å forestille seg, og også Norge står for sin andel av denne belastningen.

Det fins faktisk også andre og rimelig gode funn i retning av at både radiobølgene vi bruker her på bakken og fra satellitter og annen radiofrekvent aktivitet, f.eks. fra radarsystemer, har innvirkninger på ozonlaget:

I et høringsnotat til Meld. St. 10 (2019-2020) «Høytflyvende satellitter - jordnære formål. En strategi for norsk romvirksomhet» har jeg sammen med Else Nordhagen redegjort for dette i mer detalj (Flydal og Nordhagen 2020). Vi peker i notatet på alvorlige virkninger på Jordas bæreevne ved vår omgang med radiobølger både fra bakken og fra satellitter, her summert opp som tre mekanismer som direkte berører bærekraften:

1. Det elektriske kretsløpet som gjør Jorda til et levelig sted, skades: Livet på Jorda opprettholdes og er avhengig av et elektrisk kretsløp der elektriske ladninger tilføres fra sola og ned gjennom atmosfæren til bakken, og med retur fra bakken går det elektriske ladninger tilbake. Observasjoner viser at allerede dagens bruk av elektrisitet, radar og radiosignaler påvirker ionosfæren og atmosfæren og dermed Jordas klima og miljø.
Å forutsi alle de potensielle skadevirkningene av nåværende og framtidig økende bruk med vitenskapelig sikkerhet er ikke mulig og enkelte virkninger kan ikke observeres før skadene er skjedd.
2. «Elektronregn» bryter ned ozonlaget og øker temperaturen: IPCCs klimamodeller regner med at det er industriforurensning o.l. som skaper klimagassene som så skaper klodens temperaturøkning.
Flere kilder viser at klimamodellene er utilstrekkelige for å forklare økningen, men at «elektronregn» utløst av stråling fra trådløs kommunikasjon – som kommer i tillegg til elektronregnet fra solstormene – og kanskje er den vesentligste årsaken til dannelsen av klimagassene som står bak temperaturøkningen, og dessuten skader ozonlaget.
3. Livets elektromagnetiske styringssignaler forstyrres. gjennom forstyrrelser av Schumannfrekvensen, som dannes mellom jordskorpen og ionosfæren. Denne frekvensen er på ca 7,8 Hz, samt «overtoner». og styrer døgnrytmer og årstidsvariasjoner i planter og dyr. Den er så viktig at den gjenskapes kunstig i romstasjoner for å holde astronauter friske. Det er godt kjent at forstyrrelser i ionosfærens elektromagnetiske felt medfører endringer i Schumann-frekvensen.



Illustrasjon som beskriver elektroners flyt fra sendere fram til elektronregnet som utarmer ozonlaget
(<https://broadcast.homestead.com/Learnmore.html>)

Selv om dette er grenseoverskridende fenomener og vanskelig å kvantifisere, bidrar Norge med sin IKT-infrastruktur til denne belastningen på klodens bærekraft.

Teknologinøytralitet-prinsippet må revideres

Den store ekstra ressursbruken som Nkom/AsplanViak-rapporten avdekker fra radiokommunikasjon i forhold til kablet kommunikasjon, samt de forholdene som er påpekt i dette notatet, peker i retning av en ganske åpenbare konsekvens for Nkoms videre arbeid for økt bærekraft: Teknologinøytralitet-prinsippet må revideres:

Teknologinøytralitet ble i sin tid innført som prinsipp i myndighetenes regulering av telekom som del av målstyringen: Det er funksjonen og samfunnsnyttene, ikke teknologien, som skulle ligge til grunn for regulering av sektoren. Nye teknologier skulle ikke bli hindret av gamle regler som var formet ut fra gamle tekniske løsninger.

Men prinsippet om *teknologinøytralitet* er uegnet og foreldet i et overordnet miljøperspektiv:

Kartleggingen viser at trådløse løsninger ikke bare er langt mindre energieffektive, men kommentarene over viser også at påvirkningen fra trådløse løsninger på det omkringliggende miljø er svært alvorlig og langt verre enn fra fiber og kabling i bakkenettet og blir mer alvorlige i større volumer og ved den økte bruken av høyere frekvenser som er planlagt framover.

Konklusjonen må derfor være at dette prinsippet må revurderes for at den mest bærekraftige infrastrukturen skal kunne prioriteres.

Tilbakekoplingseffektene venter rundt neste sving

Når Nkoms kartleggingsfase er over og bærekraftanalysen skal gå løs på tiltakene, venter det en stor utfordring som allerede tatt opp ovenfor – *tilbakekoplingseffektene*:

Når man kan ta ut effektiviseringsgevinster, blir de gjerne brukt til mer konsum, eller til investeringer som i neste omgang øker volumet: Vi ser flere kattevideoer på trikk og buss når nettverket blir bedre og mobilene billigere fordi de kan produseres mer effektivt.

Hvordan kan det være mulig å temme tilbakekoplingseffektene? Det ble for meg det overordnede tema da jeg i 2003 eller 2004 kastet meg over en utredning som McKinsey hadde gjort for [The Climate Group](#) og [The Global e-Sustainability Initiative](#), en organisasjon støttet av UNEP (FNs miljøorganisasjon) og ITU (Den internasjonale telekomunionen, også et FN-organ). Utredningen handlet om å bruke telekom til å realisere tusenårsmålene, som besto i å få CO₂-utslippene ned på 1996-nivå.

Løsningen som ble lansert, var «mer IKT, mer bredbånd, og raskere». Men jo mer jeg gravde i forutsetningene for denne løsningen, som ofte var å finne i andre rapporter som det var vist til nede i «fotnottene», jo mer problematisk ble det: Gevinstene for hvor stor «dematerialiseringseffekten» av bredbånd kunne være, viste seg å være av typen «Tenk på et tall!».

Enda verre var det med hvordan man skulle klare å få høstet virkningene. For effektiviseringsgevinster har det jo i å føre til større ressursbruk – ikke mindre, f.eks. fordi noen bruker dem til å investere i ny produksjon av ett eller annet. Riktignok fant man samfunnsområder der effektiviseringspotensialet var spesielt stort og derfor kunne motivere både selskaper, folk og stater til å ta det ut ved hjelp av mer IKT. Men hvordan skulle man hindre at gevinstene ble tatt ut i mer forbruk og produksjon? Også dette måtte man til fotnotene for å finne svar på. Det viste seg at løsningene var å innføre så drakoniske ordninger i samfunnet at det ganske enkelt var politisk helt urealistisk: Innsparingene måtte ganske enkelt beslaglegges.

Hvorfor er det slik? Mitt svar (Flydal 2008) ble ikke en løsning, men en problemlisting: Det er et hovedproblem at alle de avgjørende komponentene som informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT) består av, og de forståelsene vi har og bruker til å styre disse markedet med – teknologi, markedsmekanismer, utviklingsteori, økodesign og økonomisk vekst – alle mangler de mekanismene som er nødvendige for å takle utfordringen som tilbakekoplingen gir:

Selv om disse elementene kan være aldri så effektiviserende, og selv om de generelt er anerkjent som nøkkelelementer i det store og globale prosjektet for økt bærekraft, tar de rett og slett ikke opp problemet med hvordan man skal dempe de skadelige samlede virkningene som nå setter klima og bærekraft på spill. I stedet bidrar de til å forsterke forbruket og åpne opp for, eller til og med aktivt bidra til, økt energi- og ressursbruk.

Skal man høste gevinstene på måter som kan bidra til økt miljømessig bærekraft og til bærekraftig sosial utvikling, trengs det derfor strategier som vil måtte ta nye og ukonvensjonelle retninger: Effektiviseringsgevinstene må på en eller annen måte konfiskeres. Det vil ha betydelige konsekvenser for både regulerings- og forretningsmodeller.

Konklusjon

Selv om Nkom/AsplanViaks utredning er både interessant og en god start, har den svært vesentlige mangler for å gi et bilde som peker på de faktorer ved Norges digitale infrastruktur som synes å være blant de mest problematiske i et bærekraftperspektiv: forstyrrelsene som energibruken – først og fremst fra ulike radioteknologier – har på mennesker, dyr og planter, og på klodens store og små elektriske systemer som livet er avhengig av.

Dette er en vesentlig mangel som bør rettes opp.

I sin konsekvens innebærer både utredningens funn og de merknader som er gitt her, at det er på tide å fjerne teknologinøytralitet som prinsipp i forvaltningen av den digitale infrastrukturen.

Betydelige utfordringer venter framover i arbeidet for å øke bærekraften gjennom regulering av den digitale infrastrukturen. Et hovedproblem vil være hvordan man skal sørge for at effektiviseringsgevinstene ikke tas ut i form av økt ressursbruk.

Einar Flydal, den 20. mai 2025

Referanser

Council of Europe. The potential dangers of electromagnetic fields and their effect on the environment, Resolution 1815 (2011) <https://pace.coe.int/en/files/17994/html>

England, S.J. and Robert, D. (2022), The ecology of electricity and electroreception. Biol Rev, 97: 383-413. <https://doi.org/10.1111/brv.12804>

ERKLÆRING FRA ICNIRP, ALLMENN TILNÆRMING TIL VERN MOT IKKE-IONISERENDE STRÅLING, uautorisert og kommentert oversettelse til norsk av ICNIRP STATEMENT, GENERAL APPROACH TO PROTECTION AGAINST NON-IONIZING RADIATION PROTECTION, HEALTH PHYSICS 82(4):540-548; 2002, <https://einarflydal.com/utredninger-boker-m-m-a-laste-ned-bestille/>; original: ICNIRP STATEMENT, GENERAL APPROACH TO PROTECTION AGAINST NON-IONIZING RADIATION PROTECTION, HEALTH PHYSICS 82(4):540-548; 2002

Europaparlamentet. Virkninger av trådløs 5G-kommunikasjon på menneskers helse, Briefing til Europaparlamentet om 5G fra European Parliamentary Research Service, PE 646.172 NO februar 2020, https://einarflydal.com/?sdm_process_download=1&download_id=38217

Firstenberg, Arthur: Den usynlige regnbuen – Historien om elektrisiteten og livet, 2018. (4. oppl. utsolgt fra forlaget. 3. opplag fortsatt tilgjengelig fra <http://einarflydal.com>.)

Flydal E. 2008. ICT for Development and Climate Preservation? On the Need for more Realism and more Courageous Business Models, *Teletronikk* 2.2008, ISSN 0085-7130. https://einarflydal.com/wp-content/uploads/2025/05/EFlydal-ICT-for-Development-and-Climate-Preservation-Teletronikk_2-2008.pdf

Flydal E. 2016. Studier om mobilmaster og helse – en oversikt med tysk grundighet, bloggpost, 20.04.2016, <https://einarflydal.com/2016/04/20/studier-om-mobilmaster-og-helse-en-oversikt-med-tysk-grundighet/>

Flydal E. & Nordhagen E. Høringsnotat til Meld. St. 10 (2019-2020) Høytflyvende satellitter - jordnære formål. En strategi for norsk romvirksomhet, notat, <https://einarflydal.com/wp-content/uploads/2020/04/ENordhagen-Flydal-20200406-Korr-Uttalelse-om-satellittpolitikk-v1.4.pdf>

Health impact of 5G – Current state of knowledge of 5G-related carcinogenic and reproductive/developmental hazards as they emerge from epidemiological studies and in vivo experimental studies, European Parliamentary Research Service, Scientific Foresight Unit (STOA), PE 690.012 – July 2021, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/690012/EPRS_STU\(2021\)690012_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/690012/EPRS_STU(2021)690012_EN.pdf)

Horsevad, Kim. Kortlægning af Bioreaktivitet for Mikrobølger i nontermiske Intensiteter (Saxo, 2015, kan bestilles fra Akademika)

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Phys.* 2020 May;118(5):483-524. doi: 10.1097/HP.0000000000001210. PMID: 32167495.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)," *Health Physics*, vol. 74, no. 4, pp. 494–522, 1998.

McKinsey and Company. *SMART 2020 : Enabling the low carbon economy in the information age*. The Climate Group, 2008. www.smart2020.org

Nasjonal kommunikasjonsmyndighet (Nkom), 2025. Fotavtrykket fra norsk digital infrastruktur 2024 (Versjon 1.0). Utarbeidet av AsplanViak, <https://nkom.no/hoeringer/rapport-digital-infrastruktur>

Noa Betzalel, Paul Ben Ishaia, Yuri Feldman: The human skin as a sub-THz receiver – Does 5G pose a danger to it or not?, *Environmental Research* Volume 163, May 2018, Pages 208-216, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.032>

Nordhagen EK, Flydal E. Self-referencing authorships behind the ICNIRP 2020 radiation protection guidelines. *Rev Environ Health*. 2022 Jun 27. doi: 10.1515/reveh-2022-0037

Nordhagen EK, Flydal E. WHO to build neglect of RF-EMF exposure hazards on flawed EHC reviews? Case study demonstrates how «no hazards» conclusion is drawn from data showing hazards. *Rev Environ Health*. 2024 Jul 10. doi: 10.1515/reveh-2024-0089.

<https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/reveh-2024-0089/html>

Panagopoulos D J (Ed.). (Dec 30, 2022). *Electromagnetic Fields of Wireless Communications: Biological and Health Effects* (1st ed.). CRC Press. doi:

10.1201/9781003201052. <https://www.routledge.com/Electromagnetic-Fields-of-Wireless-Communications-Biological-and-Health/Panagopoulos/p/book/9781032061757> (Santini 2001)

Panagopoulos D J, A Karabarbounis, I Yakymenko og G P Chrousos: Menneskeskapte elektromagnetiske felt tvinger ioner til oscillering og fører til dysfunksjoner i spenningsstyrte ionekanaler, oksidativt stress og DNA-skade (gjennomgang), norsk og engelsk versjon, publisert i fagtidsskriftet INTERNATIONAL JOURNAL OF ONCOLOGY 59: 92, 2021. https://einarflydal.com/?smd_process_download=1&download_id=74741

Powell, Ronald M. Ph.D.: Symptoms after Exposure to Smart Meter Radiation, PDF note, March 6, 2015, <https://einarflydal.com/wp-content/uploads/2023/02/Powell-Ronald-2015-symptoms-after-exposure-to-smart-meter-radiation.pdf>

Santini, R, Santini P, Seigne M, Danze JM: Symptômes exprimés par des riverains de stations relais de téléphonie mobile, La Presse Médicale, 3. novembre 2001

Shinjo, T. & Shinjo, A. (2014), Signifikanter Rückgang klinischer Symptome nach Senderabbau – eine Interventionsstudie. *Umwelt-Medizin-Gesellschaft*, 27(4), S. 294-301. Engelsk oversettelse: Significant Decrease of Clinical Symptoms after Mobile Phone Base Station Removal – An Intervention Study. (Oppsummering: <https://einarflydal.com/2015/03/13/da-mobilmastene-ble-slatt-av-pa-en-boligblokk-i-okinawa/>)

Solter-Hunt S 2023 Potential Perturbation of the Ionosphere by Megaconstellations and Corresponding Artificial Re-entry Plasma Dust, [arXiv:2312.09329](https://arxiv.org/abs/2312.09329) [physics.ao-ph]

Thielens, A. Environmental impact of 5G. A literature review of effects of radio-frequency electromagnetic field exposure of non-human vertebrates, invertebrates and plants, European Parliamentary Research Service, Scientific Foresight Unit (STOA), PE 690.021 – June 2021, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/690021/EPRS_STU\(2021\)690021_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/690021/EPRS_STU(2021)690021_EN.pdf)

Thielens, A., Bell, D., Mortimore, D.B. *et al.* Exposure of Insects to Radio-Frequency Electromagnetic Fields from 2 to 120 GHz. *Sci Rep* 8, 3924 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22271-3>

Thill, Alain, Cammaerts, Marie-Claire and Balmori, Alfonso. "Biological effects of electromagnetic fields on insects: a systematic review and meta-analysis" *Reviews on*

Environmental Health, vol. 39, no. 4, 2024, pp. 853-869. <https://doi.org/10.1515/reveh-2023-0072>

Warnke Ulrich. 2010. Dangers of EMR on the Environment, Presentation European Parliament 17.09.2010, <https://einarflydal.com/wp-content/uploads/2020/08/Warnke-Ulrich-Dangers-of-EMR-on-the-Environment-Presentation-European-Parliament-17.09.2010.pdf>