



Dato: 27. april 2023  
Saksbehandler: Frode Sørensen, Lars Edvard  
Storjord

# Prinsippnotat om IPv4, IPv6 og nettnøytralitet

## Formålet til notatet

### ***Bakgrunnen for Nkoms tilsyn med nettnøytralitet***

Nasjonal kommunikasjonsmyndighet (Nkom) har reguleringsansvar for nettnøytralitet i det norske markedet med hjemmel i ekomloven.<sup>1</sup> Basert på denne hjemmelen, reguleres nettnøytralitet i henhold til bestemmelsene i nettnøytralitetsforordningen.<sup>2</sup>

I Nkoms tildelingsbrev for 2023 beskriver KDD som en overordnet prioritering at Nkom skal «Være en pådriver for gjennomføring av mål og tiltak fra Meld. St. 28 (2020–2021) *Vår felles digitale grunnmur – Mobil-, bredbånds- og internettjenester*».<sup>3</sup>

Videre beskriver Stortingsmeldingen målsetning om at Regjeringen vil «Arbeide for å fremme informasjonsfrihet og fortsatt støtte at internett skal være åpent og fritt tilgjengelig.»<sup>4</sup>

### ***Tildelingsbrevet 2023 om forvaltning av IP-adresser***

Som en del av målet i tildelingsbrevet knyttet til «Begrensede ressurser blir utnyttet effektivt», skriver KDD at «Nasjonal kommunikasjonsmyndighet skal arbeide for at frekvenser, nummerserier, domenenavn og IP-adresser forvaltes og tildeles med sikte på en mest mulig effektiv og bærekraftig utnyttelse av disse begrensede ressursene. Dette for å legge til rette for konkurranse, samfunnsviktige investeringer, innovasjon og næringsutvikling.»<sup>5</sup>

### ***Årlig oppfølging og rapportering om nettnøytralitet***

I forbindelse med Nkoms tilsyn med nettnøytralitet som vi har gjennomført i løpet av våren 2023 som en del av arbeidet med å utvikle årsrapporten «Internett i Norge», har Nkom holdt dialogmøter med ulike internettilbydere i det norske markedet.

---

<sup>1</sup> Lov om elektronisk kommunikasjon, § 2-16 og Forskrift om elektronisk kommunikasjonsnett og elektronisk kommunikasjonstjeneste, § 1-12

<sup>2</sup> Regulation (EU) 2015/2120 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015

<sup>3</sup> Tildelingsbrev 2023 - Nasjonal kommunikasjonsmyndighet, kapittel 2

<sup>4</sup> Stortingsmelding 28 (2020 – 2021), kapittel 10.8

<sup>5</sup> Tildelingsbrev 2023 - Nasjonal kommunikasjonsmyndighet, kapittel 3.3

Årets dialogmøter har blant annet satt søkelys på tilgangen til og bruken av IPv4 og IPv6 i norsk del av internett og drøftet sammenhengen mellom IPv4/IPv6 og nettnøytralitet. Dette notatet beskriver grunnlaget for Nkoms innspill til denne dialogen.

#### Open Internet Regulation – Article 5 – Supervision and enforcement

1. National regulatory authorities *shall closely monitor and ensure compliance* with Articles 3 and 4, and *shall promote the continued availability of non-discriminatory internet access services at levels of quality that reflect advances in technology*. For those purposes, national regulatory authorities may impose requirements concerning technical characteristics, minimum quality of service requirements and other appropriate and necessary measures on one or more providers of electronic communications to the public, including providers of internet access services.

## **Beskrivelse av problemstillingen**

### ***Mangel på ledige IPv4-adresser***

IP-adressene, både for IPv4 og IPv6, forvaltes av ICANN via IANA-funksjonen. IANA fordelte sine siste IPv4-adresser til de regionale internettregistrene (Regional Internet Registry) februar 2011. Det europeiske internettregistret, RIPE NCC, delte ut sine siste IPv4-adresser november 2019.

ISPene (tilbydere av internetttilgang) har etter dette ikke lenger tilgang på ledige IPv4-adresser (bortsett fra noen få som videreselges for svært høye priser). Av denne grunn er det enkelte ISPer som ikke har tilstrekkelig antall IPv4-adresser til at alle abonnentene kan få en egen unik IPv4-adresse, og disse abonnentene må derfor dele på bruken av IPv4-adressene som ISPen disponerer.

Tilbake i tid, da det ble klart at antall IPv4-adresser var i ferd med å bli for lite, begynte ISPene å økonomisere med adressene ved at brukerne ofte ble tildelt én adresse selv om man hadde flere enheter knyttet til internett via hjemmenettverk. Dette ble løst ved at hjemmerouteren ble tildelt en offentlig IPv4-adresse, mens det ble brukt private IPv4-adresser<sup>6</sup> internt på hjemmenettet. Når kommunikasjonen passerte hjemmerouteren på vei ut og inn, utførte denne oversettelse mellom private og offentlige adresser, en funksjon kalt NAT (Network Address Translation).<sup>7</sup>

Når etter hvert enkelte ISPer ikke lenger har tilstrekkelig antall IPv4-adresser til alle sine abonnenter, er det blitt nødvendig å supplere med en ekstra NAT-funksjon ut i nettverket til ISPen slik at flere abonnenter deler på den enkelte IPv4-adresse. Denne funksjonen kalles CGN eller CGNAT (Carrier Grade NAT).<sup>8</sup>

### ***Overgangen fra IPv4 til IPv6***

Løsningen på lang sikt er innføringen av IPv6 som har betydelig større antall adresser enn IPv4. Innføringen av IPv6 har tatt relativt lang tid, og IPv6 vil eksistere side om side med IPv4 også i tiden fremover. IPv6 er ikke direkte kompatibel med IPv4. Det medfører at datamaskiner som bare støtter én av protokollene, ikke kan kommunisere direkte med datamaskiner som kun støtter den andre protokollen.

Overgangsteknikker benyttes for å la datamaskiner kommunisere over internett ved hjelp av begge protokollversjonene i parallell. Den fundamentalt enkleste overgangsteknikken for å migrere fra IPv4 til

<sup>6</sup> Address Allocation for Private Internets, RFC 1918, IETF, February 1996

<sup>7</sup> The IP Network Address Translator (NAT), RFC 1631, IETF, May 1994

<sup>8</sup> IPv4 Prefix for Shared Address Space, RFC 6598, IETF, April 2012

IPv6, er å benytte dobbel protokoll (dual stack), det vil si at både IPv4 og IPv6 støttes. Det finnes andre teknikker også, men disse har begrenset funksjonalitet.

Kommunikasjon med dobbel protokoll forutsetter aktivisering av IPv4 og IPv6 både i datamaskinene som kobles til internett og i internettets infrastruktur. Når det gjelder infrastrukturen, består denne av rutere, inkludert «hjemmerutere» som knytter sluttbrukernes nettverk til ISPens infrastruktur. Datamaskiner som er direkte knyttet til internett (f.eks. en smartmobil knyttet til 4G/5G) eller hjemmerutere (f.eks. for fast internetttilgang), vil i slike tilfeller tildeles både IPv4-adresse og IPv6-adresse av ISPen.

IETF har lansert teknikken «fornøyde sluttbrukere» (Happy Eyeballs) som anbefaler at programvaren på datamaskinene utstyres med dobbel protokoll som prioriterer å benytte IPv6 hvis denne er tilgjengelig, og eventuelt falle tilbake til IPv4 hvis IPv6 ikke fungerer.

### ***Utviklingen de senere årene***

Innføringen av IPv6 har gått relativt sakte på grunn av fraværet av tydelige incentiver for å fremskynde overgangen. ISPene har ventet på at datamaskinene knyttet til internett skal ta i bruk IPv6, og produsentene av datamaskiner har ventet på at nettverkene til ISPene skal innføre IPv6.

I det senere har imidlertid summen av tiltak gjennom de foregående årene ført til noe fremskritt, kanskje særlig drevet frem av at sluttdatoen for ledige IPv4-adresser nå er passert. Mange utstyrsprodusenter og mange ISP-er har innført IPv6 i parallell til at IPv4 har vært i bruk ved hjelp av NAT og CGN.

Måten som NAT og CGN fungerer på, er at trafikkstrømmer fra ulike datamaskiner benytter ulike portnummer for TCP og UDP, som gjør at trafikkstrømmene kan skilles fra hverandre. Det kan imidlertid oppstå konflikt knyttet til tildeling av portnummer fordi kommunikasjon mot servere (og peer-to-peer-kommunikasjon) forutsetter standardiserte portnummer. Det vil dermed kunne oppstå «portkollisjon» hvis flere datamaskiner skal fungere som servere på delte IPv4-adresser.

Den vanligste løsningen i dag på dette problemet er at abonnenter som har slike behov, tildeles unike, offentlige IPv4-adresser i stedet for å benytte delte adresser. I og med at det er begrenset antall abonnenter dette gjelder, er det mulig å betjene disse abonnentene på forespørsel, mens øvrige abonnenter kan dele på de gjenværende IPv4-adressene.

## **Nettnøytralitet og IPv4/IPv6**

### ***Sammenhengen mellom nettnøytralitet og IP-adressene***

Begrepet nettnøytralitet, også omtalt som «åpent internett», kan forklares på ulike måter, avhengig av hvor detaljert forklaringen skal være. For brukerne betyr nettnøytralitet at man selv skal kunne bestemme over bruken av internetttilgangen man abonnerer på, og at ISPen ikke skal kunne legge hindringer i veien for hvordan du bruker tilgangen, for eksempel ved å blokkere hvilke tjenester eller innhold du ønsker å benytte deg av på internett.

#### Open Internet Regulation – Article 2 – Definitions

(2) ‘internet access service’ means a publicly available electronic communications service that provides access to the internet, and thereby *connectivity to virtually all end points of the internet*, irrespective of the network technology and terminal equipment used.

For at dette skal fungere i praksis, må både du og alle andre brukere ha en *globalt unik IP-adresse*, det vil si *offentlig IP-adresse*, for at du skal kunne sende trafikk til alle andre brukere på internett, og alle andre brukere skal kunne sende trafikk til deg.

Nettnøytraliteten er også «toveis», det vil si at ikke bare skal du *kunne få tilgang til* tjenester og innhold som alle andre tilbyr på internett, men du skal også *selv kunne tilby* tjenester og innhold til alle andre på internett.

Open Internet Regulation – Article 3 – Safeguarding of open internet access

1. End-users shall have the right to *access and distribute* information and content, *use and provide* applications and services, and use terminal equipment of their choice, irrespective of the end-user's or provider's location or the location, origin or destination of the information, content, application or service, via their internet access service.

I praksis betyr dette at internettbrukerne har rett til å benytte datamaskiner både som *klienter* (for å bruke internettbaserte tjenester) og *servere* (for å tilby internettbaserte tjenester). Når en klient kommuniserer mot en server, er det en forutsetning at IP-adressen til serveren er kjent for klienten. Dette forutsetter at serveren har en offentlig IP-adresse.

Oppsummert betyr dette at nettnøytralitet forutsetter at alle endepunkter på internett skal kunne kommunisere med hverandre, hvilket forutsetter at abonnentene tilbys egen offentlig IP-adresse.

**Betydningen av nettnøytralitet for tilgang på IPv4- og IPv6-adresser**

Hvordan fungerer dette når man i dag bruker to ulike versjoner av IP-protokollen på internett? For kommunikasjon mellom abonnenter som har både IPv4- og IPv6-adresser, kan datamaskinene velge hvilken protokollversjon som brukes. For abonnenter med kun én av disse adressene, vil det oppstå problemer med å kommunisere med abonnenter som kun har den andre typen adresse.

I og med at internettsamfunnet er inne i en overgangsfase fra IPv4 til IPv6, må vi leve med denne problemstillingen i en periode. Da IPv6 ble innført var det naturligvis få datamaskiner som støttet denne nye protokollen, og det var ikke å forvente at andre datamaskiner var tilgjengelig med IPv6-adresser.

Etter hvert som stadig flere ISPer og utstyrstilbydere innfører IPv6, er markedet på vei mot en slutttilstand der hele internett, både infrastrukturen og datamaskinene som er knyttet til infrastrukturen i endepunktene, støtter IPv6. På hvilket stadium i denne overgangen kan man si at det er rimelig å forvente støtte for IPv6?

Det ville ikke være unaturlig å anta at «vippepunktet» ligger rundt 50 % dekning av IPv6. I tillegg er modenheten til IPv6-teknologien avgjørende. Etter hvert som IPv6 har vært brukt og fungerer bra i en lengre periode, blir eventuelle tekniske hindre for å innføre IPv6 mindre.

Men det er ikke sikkert overgangen til IPv6 vil akselerere bare fordi tekniske hindre er ryddet av veien. I områder av verden hvor tilgangen på IPv4-adresser er god, særlig hos ISPer som har allokert mange IPv4-adresser, forekommer det treghet i overgangen til IPv6.

På den annen side vil engasjement fra myndighetene kunne utgjøre en pådriver-rolle for overgangen til et fremtidsrettet internett med ustrakt bruk av IPv6.

Internet Country Report - The Nordics, RIPE NCC, December 2022

Governments, regulators, Internet exchange points (IXPs) and local network operator groups (NOGs) all have a role to play in IPv6 deployment. As we've seen in other countries we've looked at, active support among these actors can contribute significantly to a country's overall Internet development and the ability to transition to the next generation protocol.

**IPv6 – en forutsetning for reell nettnøytralitet**

Det er i uoverskuelig fremtid mer enn nok unike IPv6-adresser til alle anvendelser på internett, i motsetning til IPv4-adresser som er blitt mangelvare. Dette betyr at det er tilstrekkelig tilgang på IPv6-

adresser til å konfigurere et komplett IPv6-basert internett, det vil si det er mulig å etablere et «åpent internett» for alle internettbrukere basert på IPv6.

Dette er ikke mulig å gjøre for IPv4 på grunn av at en del internettbrukere er henvist til å dele på bruken av IPv4-adresser. Dette betyr ikke at det er store praktiske problemer for kommunikasjon på dagens internett, siden ordningene med NAT og CGN stor sett fungerer for de fleste praktiske kommunikasjonsformål.

Det betyr imidlertid at det ikke er mulig å tilby full alle-til-alle-kommunikasjon («connectivity to virtually all end points of the internet») basert på IPv4-protokollen, i og med at ikke alle internetts endepunkt kan tildeles globalt unike IPv4-adresser. Dette betyr at et åpent internett, slik det er definert i nettnøytralitetsforordningen, i realiteten ikke kan oppnås fullt ut basert på IPv4.

Målsetningen med nettnøytralitet er, i tillegg til å sikre brukerne likeverdige betingelser for kommunikasjon over internett, også å opprettholde internetts evne til innovasjon.

#### Open Internet Regulation – Recital 1

This Regulation aims to establish common rules to safeguard equal and non-discriminatory treatment of traffic in the provision of internet access services and related end-users' rights. It aims to protect end-users and simultaneously to guarantee the continued functioning of the internet ecosystem as an engine of innovation.

Overgangsordningene som benyttes for å forlenge levetiden for IPv4, er til hinder for innovasjon på internett. Det eksisterer en rekke veldokumenterte ulemper ved deling av IPv4-adresser.<sup>9</sup> Ulike kilder påpeker konsekvensene dette har for innovasjon på internett når bruken av IPv4 forlenges og overgangen til IPv6 utsettes.

#### IP Addressing through 2021 - The ISP Column - Geoff Huston

More generally, we are witnessing an industry that is no longer using technical innovation, openness and diversification as its primary means of propulsion. The widespread use of NATs in IPv4 limit the technical substrate of the Internet to a very restricted model of simple client/server interactions using TCP and UDP. The use of NATs force the interactions into client-initiated transactions, and the model of an open network with considerable flexibility in the way in which communications take place is no longer being sustained in today's network.

Når IPv6 etter hvert blir tilgjengelig for alle internettbrukere, vil slike overgangsordninger ikke lenger være nødvendige og IPv4 kan fjernes fra nettet. Dette betyr at målsetningen med nettnøytralitet knyttet til innovasjon på internett, vil oppnås først når IPv6 blir fullt tilgjengelig på internett.

## **Regulatoriske vurderinger**

### ***Forventninger til IPv4 i inneværende fase***

IPv4 har lenge vært den dominerende kommunikasjonsprotokollen på internett, og er fortsatt dominerende i det norske markedet, selv om utbredelsen av IPv6 gradvis øker. Behovet for IPv4-adresser løses i en del tilfeller basert på CGN, hvor flere brukere deler på felles IPv4-adresse. Dette er ingen optimal løsning, men fungerer relativt bra for praktiske formål for mange brukere.

---

<sup>9</sup> *Issues with IP Address Sharing, RFC 6269, IETF, June 2011*

Imidlertid, for å tilfredsstillte tekniske krav som stilles til servere, tildeles abonnenter med servere offentlige IPv4-adresser på forespørsel til sine ISPer. For andre brukere antas det at NAT/CGN gir tilstrekkelig funksjonalitet for vanlig kommunikasjon over internett.

Basert på norsk lovregulering av nettnøytralitet (gjennom EUs nettnøytralitetsforordning) som gir internettbrukerne rett til å kunne kommunisere med praktisk talt alle endepunkter på internett («connectivity to virtually all end points of the internet»), forutsettes det at brukerne tilbys egen offentlig IPv4-adresse på forespørsel til sin ISP.

Dette forholdet er stadfestet gjennom en rettskraftig dom fra østerriksk høyesterett, basert på nettnøytralitetsforordningen som gjelder for alle internettabonnenter i EU/EØS.<sup>10</sup>

Tilgangen på offentlige IPv4-adresser vil nødvendigvis være nedadgående i tiden fremover siden antall internettbrukere stadig øker samtidig som det ikke finnes flere ledige IPv4-adresser. Denne situasjonen gir insentiver til å øke utbredelsen av IPv6 i ISPenes nett.

Situasjonen gjør det stadig vanskeligere for nye aktører på markedet sammenlignet med ISPer som etablerte seg i en tidlig fase av internett mens tilgangen på IPv4-adresser var rikelig.

Internet Country Report - The Nordics, RIPE NCC, December 2022

The IPv4 run-out and the growing cost of IPv4 on the secondary market means that newly established providers are going to find it difficult to obtain the resources they need to enter the market and maintain healthy competition.

### ***Er vi kommet til «vippepunktet»?***

Utbredelsen av IPv6 i det norske markedet ligger på 20-25 % (avhengig av metoden som brukes for å måle utbredelsen). Dette er omtrent dobbelt så mye som i Sverige og Danmark, men halvparten av utbredelsen i Finland. Og det er i underkant av halvparten av den gjennomsnittlige utbredelsen av IPv6 globalt som ligger på 32-40 % ifølge RIPE NCC.<sup>11</sup>

På mange måter har fasen frem til i dag fungert som en slags «unntakstilstand» med signifikant treghet i innføringen av IPv6 på grunn av fravær av tydelige insentiver for å drive overgangen og at de ulike leddene i verdikjeden (som ISPer, utstyrsprodusenter, programvareutviklere og innholdstilbydere) har ventet på hverandre.

I dag er de mest utbredte datasystemene som benyttes til internettilkoblet utstyr (Windows, iOS og Android) IPv6-kompatible.<sup>12</sup> Det er derfor grunn til å spørre om utfordringen nå kanskje ligger mest hos ISPene? ISPene har også insentiver til bruk av IPv6 i den stadig økende mengden av utstyr som kobles til internett i form av tingenes internett.

Internet Country Report - The Nordics, RIPE NCC, December 2022

IPv6 is also required to support emerging technologies such as 5G, the Internet of Things, smart cities and more. For all these reasons, deploying IPv6 remains the only sustainable strategy for accommodating future growth.

Sett i sammenheng med kravene i nettnøytralitetsforordningen, er spørsmålet om vi er i ferd med å nå et stadium hvor eventuelle hindringer mot å ta i bruk IPv6 hos ISPene minker signifikant. For fullt ut å kunne oppfylle kravet om et åpent internett der alle brukerne skal være i stand til å kommunisere

<sup>10</sup> [Vedtak fra østerriksk regulatør / Dom fra østerriksk høyesterett](#)

<sup>11</sup> [Internet Country Report - The Nordics, RIPE NCC, December 2022](#)

<sup>12</sup> [Comparison of IPv6 support in operating systems, Wikipedia](#)

uhindret med hverandre, er globalt unike IP-adresser en nødvendighet, noe som ikke er mulig med IPv4, men bare kan oppnås med IPv6 med offentlige IPv6-adresser.

### **Forventninger til IPv6 i neste fase**

Det er mye som tyder på at vi er i ferd med å passere «vippepunktet» hvor strategien med å forlenge levetiden til IPv4 var en god strategi, og er på vei inn i neste fase der forsterkede tiltak for å øke bruken av IPv6 er den beste tilnærmingen. Samtidig er det viktig at sikkerhet, redundans og ytelse for IPv6 er på tilsvarende nivå som IPv4.

Også med tanke på å legge til rette for et åpent internett er det essensielt at alle brukere på internett har unike, offentlige IP-adresser. Bruken av delte IPv4-adresser bør derfor så snart som mulig, i størst mulig grad erstattes med IPv6-adresser som det er rikelig tilgang på.

Nkom oppfordrer derfor norske ISPer til å forsterke innsatsen med å øke bruken av IPv6 for internetttilgangstjenestene som tilbys. Denne innsatsen kommer i parallell med trenden fra utstyrstilbydere og programvaretilbydere med å innføre IPv6 i sluttbrukerutstyr.

### **Trinnvis utvikling fra IPv4 til IPv6**

I overgangsfasen må internettabonentene ved behov tilbys egen offentlig IPv4-adresse<sup>13</sup> vederlagsfritt på forespørsel fra sin ISP<sup>14</sup>. Dette er et krav som anses å følge av nåværende EU/EØS-regulering<sup>15</sup>. Nkom foreslår videre denne trinnvise utviklingen for å stimulere til økende bruk av IPv6 idet norske markedet:

1. Innen 30. april 2024 aktiverer norske ISPer IPv6 for alle sine internettabonnenter<sup>16</sup>, eventuelt med unntak av abonnement som krever fysisk utskifting av hjemmeruter.
2. Innen 30. april 2025 har norske ISPer aktivert IPv6 for alle sine internettabonnenter, samt skiftet ut eventuelle hjemmerutere som ikke kunne oppgraderes via programvare.
3. Hjemmerutere basert på DSL-teknologi knyttet til kobbernettet trenger imidlertid ikke byttes ut før saneringen av kobbernettet er gjennomført.

Nkom har i dialogmøter med de største internetttilbyderne i det norske markedet presentert forslag til opptrappingsplan for IPv6 de neste 2-3 årene, og de norske internetttilbyderne har gitt uttrykk for at de på mange måter er på linje med forslaget.

### **Regulatorisk oppfølging**

Nkom vil følge utviklingen av IPv6-bruken i det norske markedet tett i overgangsperioden.

- Nkom vil publisere tertialvis statistikk over aktiv tilgjengeliggjøring av IPv6 hos norske ISPer, samt statistikk over bruk av IPv6 i det norske markedet som er tilgjengelig fra eksterne kilder.
- Nkom vil basert på den trinnvise utviklingen (innen utgangen av 2025) vurdere om det er behov for å innføre nasjonal regulering for å gjøre IPv6 obligatorisk blant norske ISPer.

<sup>13</sup> Dette forutsetter imidlertid ikke en fast, offentlig IPv4-adresse.

<sup>14</sup> ISPer vil unntaksvis kunne kreve en rimelig betaling hvis dette er nødvendig for å forhindre at etterspørselen overstiger ISPens tilgjengelige reserve med IPv4-adresser.

<sup>15</sup> Dette kravet er behandlet av den østeriske ekomregulatøren og forvaltningsdomstolen, den høyeste instans i administrative saker, som fastslår at dette er en forutsetning for å være i tråd med artikkel 3 i nettnøytralitetsforordningen.

<sup>16</sup> Gjelder ISPens standardabonnement, men ikke større bedriftsabonnement hvor betingelsene skreddersys til den enkelte abonnent.