



Kartlegging av behov og utredning av løsninger for etablering av en robust infrastruktur for distribusjon av presist og sporbart klokkesignal

Felles svar på oppdrag gitt til Nasjonal kommunikasjonsmyndighet og Justervesenet

30. juni 2025

Innhold

SAMMENDRAG.....	3
ORDLISTE	5
1 BAKGRUNN FOR UTREDNINGEN.....	7
1.1 Om oppdraget	7
1.2 Problembeskrivelse.....	7
1.3 Sammensetning av arbeidsgruppen	9
1.4 Begrensninger	10
1.5 Beskrivelse av arbeidet	10
2 RELEVANTE KARTLEGGINGER OG BAKGRUNNSDOKUMENTER.....	10
3 EKSISTERENDE INFRASTRUKTUR I NORGE OG ANDRE LANDS LØSNINGER.....	12
3.1 Infrastruktur for nøyaktig tid i Norge	12
3.2 Storbritannia	13
3.3 Sverige.....	14
3.4 Italia	15
3.5 USA.....	15
4 OVERSIKT OVER INNSPILL.....	16
5 STANDARDER, REGULERINGER OG FAKTISKE KRAV	17
5.1 Tillitstjenester	17
5.2 Tele- og elektronisk kommunikasjon.....	17
5.3 Finans	18
5.4 Kraftnett	18
5.5 Luftfart.....	19
5.6 Landtransport	20

5.7	Geodesi	20
5.8	Øvrige relevante sektoruavhengige standarder eller krav.....	21
6	TEKNISKE LØSNINGER FOR EN NASJONAL TIDSTJENESTE.....	21
6.1	Alternativer for klokkenodeoppsett	22
6.2	Alternativer for klokkenodekoordinering.....	24
6.3	Alternativer for tjenester som kan tilbys brukere	26
7	SIKKERHET OG BEREDSKAP	27
8	ALTERNATIVER TIL EN NASJONAL TIDSTJENESTE	29
8.1	Robustgjøring av GNSS-utstyr	29
8.2	Sikre GNSS-radiofrekvenser mot støy	29
8.3	Teknologier som komplementerer eller erstatter GNSS	30
8.4	Vurdering av alternativer	30
9	ANSVAR, FINANSIERING OG IMPLEMENTERING	31
9.1	Oppgaver og ansvar i en nasjonal tidstjeneste.....	31
9.2	Eventuelle juridiske problemstillinger	32
9.3	Finansiering	32
9.4	Tidshorisont for implementering av en grunnleggende infrastruktur.....	34
10	INNOVASJONSMULIGHETER.....	35
11	ANBEFALINGER	37
11.1	Anbefalinger om tekniske løsninger	37
11.2	Anbefalinger om finansiering	38
11.3	Anbefalinger om organisering.....	38
11.4	Andre anbefalinger	38

Sammendrag

Nasjonal kommunikasjonsmyndighet og Justervesenet fikk 7. januar 2025 et felles oppdrag om å kartlegge behovet for en robust infrastruktur for distribusjon av presist og sporbart klokkesignal, samt å utrede mulige løsninger for denne infrastrukturen. Oppdraget ble gitt av henholdsvis Digitaliserings- og forvaltningsdepartementet og Nærings- og fiskeridepartementet. Denne utredningen svarer ut dette oppdraget.

Det er gjennomført en innspillsrunde blant aktører i forskjellige samfunnssektorer, samt gjennomført møter med aktører fra inn- og utland. Gjennom innspillsrunden ble behovet for en infrastruktur for distribusjon av presist og sporbart klokkesignal kartlagt, og møtene gav innsikt i hvordan en slik infrastruktur har blitt bygget, forvaltet og driftet i andre land.

Innspillene viser at det er behov for en nasjonal tjeneste for tid og frekvens, og at de fleste aktører ønsker seg en heloffentlig tjeneste. De fleste har i dag dekket sine operative behov gjennom løsninger som bygger på en sterk GNSS-avhengighet.

Teknologikravene i de ulike sektorer varierer. Det er generelt et ønske om nettverksbaserte tidstjenester (Network Time Protocol), og en tjeneste med bedre nøyaktighet. Det er hensiktsmessig at en nasjonal tidstjeneste leverer Precision Time Protocol, inkludert White Rabbit, for å oppnå nøyaktighet på mikrosekund- og nanosekundnivå.

Nullalternativet er at hver enkelt aktør fortsetter å sørge for eget behov. Ettersom signaler fra GNSS er lette å forstyrre, eller forfalske, har denne måten en iboende sårbarhet mot både tilsiktede og utilsiktede hendelser. Ved bortfall av GNSS vil da nøyaktig tid helt eller delvis ikke være tilgjengelig, og konsekvensene kan bli store, spesielt for tett integrerte digitale tjenester. Dette har blitt utredet i flere europeiske land med tilsvarende grunnleggende infrastrukturer.

Derfor anbefales det å opprette en nasjonal tjeneste for tid og frekvens som er uavhengig av GNSS. En slik løsning bør opprettes med minimum fire redundante klokkenoder, slik at regional autonomi kan oppnås, samt at man oppretter to transportable klokkenoder. Videre anbefales det at en nasjonal tidstjeneste tilbyr Network Time Protocol, Precision Time Protocol og White Rabbit. Dette vil tilfredsstille behovene i ulike sektorer samt sikre innovasjonsevne og mulighet for forskningssamarbeid. Det anbefales å bruke høykapasitetsfibernettnettverk for å koordinere og overvåke nodene, samt å bruke GNSS-metoder i en utbyggingsfase.

Tjenesten anbefales finansiert over statsbudsjettet, og at det overordnede ansvaret avklares mellom Digitaliserings- og forvaltningsdepartementet og Nærings- og fiskeridepartementet. En nasjonal tidstjeneste vil være en grunnleggende nasjonal, digital funksjon. Nærings- og fiskeridepartementet har ansvaret for den grunnleggende nasjonale funksjonen posisjonsbestemmelse, navigasjon og tidsbestemmelse. Samarbeid mellom Nasjonal kommunikasjonsmyndighet, Justervesenet, Sikt og

Norwegian Internet Exchange anses som essensielt for opprettelse, drift og utvikling av tjenesten.

Kostnaden for en slik investering anslås til 85 millioner kroner, og vil dekke anskaffelse av nødvendige atomklokker og tilhørende utstyr for etablering av tidsskalaene.

Tjenesten burde kunne være operativ, om ikke fullt utbygget, i løpet av 18 måneder fra oppdraget er gitt.

Implementering av en robust infrastruktur for distribusjon av presist og sporbart klokkesignal ansees som et nødvendig og kritisk ledd for å oppnå Norges strategiske sikkerhetsmål 6 om å ha tilstrekkelig nasjonal kontroll over kritisk infrastruktur, samtidig som det bidrar til å nå målene 8 og 10.¹

¹ Nasjonal sikkerhetsmyndighet: [Sikkerhetsfaglig råd – Et motstandsdyktig Norge. 2023](#). Side 9.

Ordliste

Nettverksteknologi

Begrep	Forkortelse	Betydning / forklaring
Network Time Protocol	NTP	Protokoll for distribusjon av tid via TCP-nettverk. Nøyaktighet på millisekundnivå. Datamaskin e.l. kan ta imot slike signaler.
Precision Time Protocol	PTP	Protokoll for distribusjon av tid gjennom optiske fibre. Nøyaktighet på mikrosekundnivå. Krever spesielt utstyr.
Sikret offentlig nett	SON	Ikke-landsdekkende nettverk driftet av Statens graderte plattformtjenester. Betjener enheter underlagt sikkerhetsloven.
White Rabbit	PTP-WR	Tilleggsprotokoll til PTP. White Rabbit gir nøyaktighet bedre enn ett nanosekund. Krever spesielt utstyr.

Satellitnavigasjonssystemer

Begrep	Forkortelse	Betydning / forklaring
Globale satellitnavigasjonssystemer	GNSS	Verdensomspennende satellittsystemer som distribuerer tid via radiofrekvenser til mottakere, som f.eks. GPS og Galileo. GNSS brukes ofte som kilde til «nøyaktig tid».
Jamming	-	Blokkering eller forstyrrelse av radiofrekvenser.
Posisjonsbestemmelse, navigasjon og tids-bestemmelse	PNT	Samlebegrep for posisjon-, navigasjon- og tidstjenester som typisk er levert fra satellitnavigasjonssystemer.
Spoofing	-	Manipulering av signaler fra GNSS, inkludert utsending av ekte signaler på et senere tidspunkt («meaconing»).

Måleteknikk og tid

Begrep	Forkortelse	Betydning / forklaring
Millisekund	ms	En tusendel av ett sekund
Mikrosekund	µs	En milliondel av ett sekund
Nanosekund	ns	En milliarddel av ett sekund
Norges nasjonale tidsskala	UTC (JV)	Norges nasjonale tidsskala, generert av Justervesenet. UTC (JV) bidrar til UTC.
Sekund	s	SI-enheten for måling av tid. 1s er varigheten av 9 192 631 770 svingninger av strålingen som tilsvarer hyperfinovergangen i grunntilstanden til cesium-133.
SI-systemet		SI-systemet er det internasjonale enhetssystem for måling, koordinert av Meterkonvensjonen
Sporbarhet		Egenskap ved en måling eller et måleresultat, der målingen kan knyttes til SI-definisjonen av enheten gjennom en ubrutt kjede av sammenlikninger og slik at man kan dokumentere usikkerheten eller nøyaktigheten i målingen
Sveriges nasjonale tidsskala	UTC(SP)	Den nasjonale tidsskalaen i Sverige. UTC(SP) bidrar til UTC.

Begrep	Forkortelse	Betydning / forklaring
Universell koordinert tid	UTC	Internasjonal referanse tidsskala, generert av det internasjonale byrået for mål og vekt (BIPM), og basert på bidrag fra en rekke laboratorier verden over.
Utholdenhetstid	-	«Hold-over time», dvs. hvor lenge en viss nøyaktighet kan beholdes uten at utstyr har behov for ekstern synkronisering.

1 Bakgrunn for utredningen

1.1 Om oppdraget

Nasjonal kommunikasjonsmyndighet og Justervesenet fikk 7. januar 2025 et felles oppdrag om å kartlegge behovet og utrede løsninger for etablering av en robust infrastruktur for distribusjon av presist og sporbart klokkesignal. Oppdraget ble gitt av hhv. Digitaliserings- og forvaltningsdepartementet og Nærings- og fiskeridepartementet. Sistnevnte departement er ansvarlig for den grunnleggende nasjonale funksjonen «tidsbestemmelse».

Tidsfristen for levering av arbeidet ble satt til 30. juni 2025.

1.2 Problembeskrivelse

Den digitale og analoge infrastrukturen er avhengig av synkroniserte systemer for å kunne kommunisere med hverandre – både maskiner med maskiner, og mennesker med mennesker. Kritiske samfunnsfunksjoner omhandlet, blant annet, i Norges nasjonale PNT-strategi er avhengige av at nøyaktig tidsbestemmelse er tilgjengelig².

En oversikt over ulike samfunnsfunksjoners krav til nøyaktig tid, og mulige konsekvenser ved et bortfall, er skissert i Nasjonal sikkerhetsmyndighets rapport «Risiko 2025».³ Tid inngår, på ulike nøyaktighetsnivåer, i svært mange tjenester. Eksempler fra ulike sektorer på avhengigheter og mulige konsekvenser ved feil tidsetting er gjengitt i Figur 1.

Synkronisering er avgjørende også for moderne IKT-systemer, ettersom de ofte er koblet sammen. Et eksempel er en bruker som prøver å logge seg på en digital plattform. Påloggingsforsøket godtas kun dersom klokkeslettet på brukerens enhet stemmer overens, innenfor en viss nøyaktighet, med klokkeslettet på plattformen man skal logge seg på. Figur 2 illustrerer to tilfeller der klokkefeil fører til at tjenester blir utilgjengelige. Figur 3 viser et eksempel på en tilsiktet forstyrrelse av klokkeslettet.

² Samferdselsdepartementet (2018): [Nasjonal PNT-strategi. På rett sted til rett tid](#). Sidene 42 til 45, spesielt Tabell 5.1.

³ Nasjonal sikkerhetsmyndighet (2025): [Risiko 2025. Et sikkert Norge i en usikker verden](#). Figur 1, side 21.

Krav til nøyaktighet		Eksempel på bruksområder	Hva kan gå galt om tiden blir feil?
↑ år dag time minutt s		Programvarelisenser	Programmer slutter å virke
		Sikkerhetssertifikater	Pålogging blokkeres
		Tillitstjenester (pålogging, signaturer)	
		Å rekke avtaler	
		Industrielle kontrollsystemer	Styringskommandoer blir forkastet
		Banktransaksjoner	Transaksjoner går ikke gjennom
300 km	ms	Hendelseslogger	Virkning/årsak byttes om
		Aksjehandel	
		Databaseoppdateringer	Gamle data overskriver nye
300 m	µs	Synkronisering av 5G-basestasjoner	Redusert funksjonalitet eller stopp
		Tidsstempling av målinger i kraftnettet	Feil i systemoversikt > redusert kapasitet
30 cm	ns	Luftromsovervåking	Redusert kapasitet
		Satellittnavigasjon	Redusert nøyaktighet, bortfall av tjeneste

Figur 1: Eksempler på bruksområder/tjenester som er avhengige av en felles tidsangivelse og hva som kan skje om krav til nøyaktighet blir brutt. Satellittnavigasjon stiller størst krav: Klokkefeil på et millisekund (1/1000 s) vil gi 300 km feil i posisjon på bakken. Forventet nøyaktighet på noen få meter krever klokke synkronisert innenfor noen få nanosekunder (milliarddels sekund).



Figur 2: Eksempler på blokkert pålogging på grunn av tidsfeil mellom brukerens enhet og påloggingstjenesten. Feilmeldingen (venstre panel) indikerer at et sertifikat er ugyldig. Panelet til høyre indikerer at programvarelisensen har gått ut på dato.

Den mest utbredte måten for å få nøyaktig tid, er å hente den fra globale navigasjonssatellittsystemer (GNSS) som GPS eller Galileo. Metoden er relativt rimelig: man trenger i prinsippet kun en mottaker og en antenne. Denne metoden bruker altså velkjent teknologi, og gir god nøyaktighet. Problemet er at dette introduserer en felles sårbarhet dersom GNSS- ikke skulle være tilgjengelige over kort eller lengre tid. Det finnes per i dag få alternativer for nøyaktig tid, og det varierer i hvor stor grad disse er kjent eller tatt i bruk.

Det er viktig å påpeke at forstyrrelser eller bortfall av GNSS-tjenester kan skyldes både utilsiktede og tilsiktede hendelser. Tekniske feil i utstyr på bakken, eller i satellitter, kan forårsake noen av de samme konsekvensene som tilsiktede forstyrrelser.

Sporbarhet⁴ er sentralt ved bruk av GNSS for nøyaktig tid. Å hente tid fra GNSS garanterer ikke at man automatisk ivaretar sporbarheten. Dersom man benytter seg av tidsreferanse fra GNSS, må man gjennom nødvendige skritt for å kunne påberope seg sporbarhet til måleenheten sekund slik det er definert i SI-systemet. Denne enheten blir realisert av f.eks. Justervesenet ved deltakelse i UTC-samarbeidet. I praksis blir nødvendig skritt for å sikre sporbarhet i tidsangivelse fra GNSS gjort svært sjeldent, slik at «tid fra GNSS» generelt betyr at sporbarheten ikke er ivaretatt. En nasjonal tidstjeneste vil løse dette problemet for alle brukere, ved å levere tid direkte sporbart til SI-sekundet gjennom en nasjonal tidsskala.

På grunn av sårbarheten til GNSS-tjenester, oppstår behovet for å utrede de ulike samfunnssektors krav til, og behov for, nøyaktig tid. Videre er det behov for å vurdere om det kan tilbys en nasjonal tjeneste for nøyaktig tid uten slik sårbarhet, og hvordan den bør utformes.



Figur 3: Eksempel på tilsiktet forstyrrelse fra Jammetest 2024 på Andøya. To av tre tidstjenere tillot at klokken ble stilt mer enn fem år tilbake i tid etter mottak av et tilsiktet feilaktig GNSS-signal (spoofing).

1.3 Sammensetning av arbeidsgruppen

Arbeidsgruppen var sammensatt slik at områdene tid- og frekvensmetrologi, elektronisk kommunikasjon, satellitt/GNSS og sikkerhet ble dekket. Medlemmene i arbeidsgruppen kom fra Nasjonal kommunikasjonsmyndighet og Justervesenet. Disse har vært Tim

⁴ Bureau International des Poids et Mesures (2012): International Vocabulary of Metrology – Basic and general concepts and associated terms (2012). JCGM 200:2012. doi: [10.59161/JCGM200-2012](https://doi.org/10.59161/JCGM200-2012). Side 29f., punkt 2.41 til 2.43.

Dunker, Harald Hauglin, Nicolai Gerrard, Alf S. Aanonsen, Johan Foldøy, Nils Johannes Mikkelsen og Dag Normann Ness.

1.4 Begrensninger

Det er ikke kartlagt systemavhengigheter eller konkrete sårbarheter i enkelte sektorer ved bortfall av GNSS-basert tidsbestemmelse. Dette er til dels utført i tidligere kartlegginger (se nedenfor). Videre er det kun vurdert teknologiske løsninger som anses realistiske å bruke, og som oppfyller visse krav, eller kan oppfylle disse under visse forutsetninger. Teknologier som i Norge er nedbygd, som Loran-C eller FM-nettet, er derfor ikke vurdert i denne sammenhengen.

Omtale av eventuelle juridiske problemstillinger, i den grad slike er identifisert, begrenser seg til et overordnet nivå.

1.5 Beskrivelse av arbeidet

Utredningsinstruksen er fulgt, og det er gjennomført møter med UK National Timing Centre og med Netnod i Sverige (se kapittel 3). Disse aktørene drifter nasjonale systemer for å levere nøyaktig tid. Videre er det avholdt møter med aktører fra berørte sektorer i Norge. Gjennom en innspillrunde ble det mottatt innspill fra 24 aktører som dekker de fleste relevante sektorer. Utredningen bygger videre på tidligere kartlegginger og politiske grunnlagsdokumenter.

2 Relevante kartlegginger og bakgrunnsdokumenter

Samferdselsdepartementet publiserte i 2018 den nasjonale PNT-strategien, og påpekte at regjeringen ville vurdere om det er hensiktsmessig å stille nasjonale krav til hvor lenge digitale nettverk bør kunne fungere dersom GNSS faller bort (se side 11 i fotnote 2).

Lysne-utvalget har i NOU 2015: 13 anbefalt å tydeliggjøre myndighetsansvaret for norsk romvirksomhet, herunder tjenester for presis tidsangivelse.⁵ Videre har utvalget for utredningen sett på ulike samfunnsfunksjoners avhengighet av satellittbaserte PNT- og kommunikasjonstjenester: nøyaktig tid er nødvendig for alle, selv om det ikke alltid kommer fram eksplisitt (f.eks. i ekomtjenester).⁶

⁵ Justis- og beredskapsdepartementet (2015): [NOU 2015: 13. Digital sårbarhet – sikkert samfunn. Beskytte enkeltmennesker og samfunn i en digitalisert verden](#). Side 17.

⁶ ibid. Side 124.

Luftfartstilsynet har påpekt viktigheten av bakkebaserte PNT-systemer for at system- og sikkerhetskritiske funksjoner kan opprettholdes og at luftrommet kan forbli åpent ved bortfall av GNSS, og framhever rollen nøyaktig tid spiller i denne sammenhengen.⁷

Allerede i 2023 anbefalte Nasjonal sikkerhetsmyndighet (NSM) at det opprettes en nasjonal tidstjeneste⁸. I sin trusselvurdering fra 2025⁹ har NSM påpekt at det finnes få reserveløsninger for PNT til tross for avhengigheten av GNSS, og NSM anbefalte derfor å prioritere slike reserveløsninger samt overvåkings- og deteksjonstiltak for bl.a. tidsbestemmelse. NSM anbefaler eksplisitt at myndighetene etablerer «nasjonal tidstjeneste som ikke er avhengig av globale satellittbaserte navigasjonssystemer (GNSS), og som virksomheter kan koble seg på».¹⁰

Totalberedskapskommisjonen påpekte i 2023 at Norge er «helt avhengig av satellittbaserte GNSS-tjenester for nøyaktig tid» fordi det mangler «egenevne for nøyaktig tid», og anbefalte derfor at det opprettes en nasjonal tidstjeneste.¹¹

Ekspertutvalget for nasjonal kontroll med kritisk digital kommunikasjonsinfrastruktur har i 2025 anbefalt at det bør etableres en nasjonal infrastruktur for nøyaktig tid og takt, som et ledd i arbeidet med nasjonal kontroll over kritisk infrastruktur¹².

Arbeidet som her presenteres er et skritt framover fra regjeringens ambisjon om å vurdere å stille krav til en viss utholdenhetstid ved bortfall av GNSS, nemlig en utredning av en infrastruktur som kan tilby nøyaktig tid uavhengig av GNSS. Dette vil kunne redusere sårbarheten som bl.a. den nasjonale PNT-strategien viser til.

En oversikt over samfunnssektorenes avhengighet av GNSS-baserte tjenester, herunder tidsbestemmelse, er utenfor mandatet. Det gjelder også konsekvensvurderinger av et GNSS-bortfall. Her vises det til Norges nasjonale PNT-strategi for en kortfattet oversikt¹³. Mer omfattende er dette behandlet i en britisk rapport om kritiske avhengigheter ved bruk av satellittbaserte tids- og posisjonstjenester¹⁴ og i en rapport fra Myndigheten för samhällsskydd och beredskap i Sverige¹⁵ fra 2014.

⁷ Luftfartstilsynet (2020): [Navigasjonsstrategi for luftfart i Norge. 2020](#). Side 11.

⁸ Nasjonal sikkerhetsmyndighet (2023): [Sikkerhetsfaglig råd – Et motstandsdyktig Norge. 2023](#). Side 44.

⁹ Nasjonal sikkerhetsmyndighet (2025): [Risiko 2025. Et sikkert Norge i en usikker verden](#). Side 14 og 20.

¹⁰ *ibid.*, side 21.

¹¹ Totalberedskapskommisjonen: [NOU 2023: 17. Nå er det alvor. Rustet for en usikker fremtid](#). Side 319f.

¹² Ekomsikkerhetsutvalget (2025): [Nasjonal kontroll med kritisk digital kommunikasjonsinfrastruktur – målbilde og virkemidler](#). Side 190f.

¹³ Samferdselsdepartementet (2018): [Nasjonal PNT-strategi. På rett sted til rett tid](#). Sidene 42 til 45.

¹⁴ Government Office for Science (2018): [Satellite-derived Time and Position: A Study of Critical Dependencies](#).

¹⁵ Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (2014): [Vikten av var och när. Samhällets beroende av korrekt tids- och positionsangivelse. Publikationsnummer MSB778. ISBN 978-91-7383-508-4](#).

3 Eksisterende infrastruktur i Norge og andre lands løsninger

Som påpekt i avsnitt 2, finnes det ikke noe landsdekkende infrastruktur for tid i Norge. Det finnes allikevel enkelte aktører som har anskaffet atomklokker og tilhørende utstyr. Det å ha en atomklokke gir ikke i seg selv nøyaktig tid – den er en frekvensreferanse, dvs. den gir nøyaktig takt. Per i dag er det kun Justervesenet som har et tidslaboratorium som bidrar til UTC, med sporbarhet til SI-sekundet og distribusjon av enkelte tjenester, som beskrevet i avsnitt 3.1. Aktører i Norge med en viss infrastruktur eller utstyr beskrives nedenfor.

Storbritannia og Sverige har begge et etablert nasjonalt system for å levere nøyaktig tid til brukere i landene. Arbeidsgruppen har hatt møter med aktørene som drifter disse. I det følgende gis en oversikt over systemenes tekniske aspekter, leverte tjenester, ansvars- og driftsforhold, samt finansiering av systemene. Arbeidsgruppen viser også til arbeid som pågår i Italia og i USA.

3.1 Infrastruktur for nøyaktig tid i Norge

Nedenfor er en kortfattet oversikt over norske organisasjoner med egen infrastruktur for nøyaktig tid eller takt. Det er ikke gjort en systematisk kartlegging. Informasjon under er dels basert på informasjon fra mottatte innspill, dels basert på åpent tilgjengelig informasjon.

Justervesenet er nasjonalt måleteknisk institutt og nasjonal fagmyndighet for tid- og frekvens. Justervesenet bidrar med atomklokker (hydrogen-masere og cesiumklokker) til beregning av verdens felles tidsskala UTC koordinert av det internasjonale byrået for mål og vekt (BIPM)¹⁶. Justervesenet genererer UTC(JV), en sporbar sanntids realisering av UTC, som de siste årene har hatt et avvik mindre enn 10 ns mot UTC¹⁷. Justervesenet har en fritt tilgjengelig NTP-tidstjener (ntp.justervesenet.no) med tid fra UTC(JV), som støtter synkronisering med millisekund-nøyaktighet over åpne nettverk. For brukere med legitime behov tilbys også tidstjenester med sporbar nanosekund-nøyaktighet – enten over tilpassede nettverk (mørk fiber) eller som direkte fysisk klokkesignal til brukerutstyr plassert hos Justervesenet.

Statens kartverk (Kartverket) har etablert et tidslaboratorium utstyrt med hydrogen-masere som en del av det geodetiske observatoriet i Ny-Ålesund. Klokkene i Ny-Ålesund brukes til å tidsstemple radioastronomiske observasjoner som inngår i et internasjonalt

¹⁶ Bureau International des Poids et Mesures: [Mise en pratique for the definition of the second in the SI, SI Brochure – 9th edition \(2019\) – Appendix 2.](#)

¹⁷ <https://webtai.bipm.org/database/canvas.html?utclab=ok&lab=jv&mjd1=59900&mjd2=60839>

nettverk av geodetiske interferometriske målinger (Very Large Baseline Interferometry – VLBI).

Telenor har etablert klokkenoder med cesiumklokker og distribusjonsnettverk for å gi synkronisering med mikrosekund-nøyaktighet til egne 5G-basestasjoner. Telenor har ikke åpne tidstjenester.

Avinor har flere noder med cesiumklokker som et ledd i å sikre drift av flyplass- og flysikringssystemer mot forstyrrelser av GNSS. Avinor har ikke åpne tidstjenester.

Statnett etablerer klokkenoder med cesiumklokker som en del av prosjektet COSECTIME. Samtidig fornyer Statnett det optiske datanettet med tilpasninger for å kunne distribuere tid med mikrosekund-nøyaktighet fra egne klokkenoder til måle- og kontrollsystemer i hele det landsdekkende krafttransmisjonsnettet. Statnett har ikke åpne tidstjenester.

Forsvaret har cesiumklokker for egne behov, men drifter ikke en egen tidsskala.

Sikt utvikler og drifter forskningsnettet Norge. Sikt har ikke operativ infrastruktur for nøyaktig tid, men er i ferd med å bygge et nytt landsdekkende optisk fibernett. Sikt har fått fullmakt til å tilpasse et modernisert nettverk til å kunne brukes i en nasjonal tidstjeneste¹⁸.

3.2 Storbritannia

I Storbritannia ble det i 2020 opprettet en enhet, UK National Timing Centre, som har ansvaret for å utvikle og drifte et landsdekkende nettverk for presis og sporbar tid. Enheten ligger under National Physical Laboratory (NPL), som er Storbritannias nasjonale måletekniske institutt. I 2022 bevilget Storbritannias regjering 36 millioner britiske pund til opprettelsen av en nasjonal GNSS-uavhengig tidsinfrastruktur. Av dette beløpet er 6,7 millioner pund avsatt til forskning og utvikling gjennom Innovate UK.¹⁹

London Economics har estimert at et bortfall av GNSS med varighet på syv dager vil koste det britiske samfunnet 7,64 milliarder britiske pund, mens et bortfall i ett døgn vil koste 1,42 milliarder britiske pund.²⁰ En GNSS-uavhengig tidstjeneste vil redusere risikoen for slik skade, og kunne begrense omfang av skaden.

Klokkenodene, såkalte «core nodes», er basert på fire aktive hydrogenmasere hver, samt tilhørende nødvendig utstyr som tidsintervalltellere, GNSS-tidsmottakere, IT-utstyr og distribusjonseenheter. Det finnes fire slike klokkenoder, som alle er koblet mot hverandre.

¹⁸ Kunnskapsdepartementet: [Tildelingsbrev for Sikt 2024](#).

¹⁹ D. J. M. Jones m.fl. (2024): A new resilient time and frequency infrastructure for UTC(NPL). J. Phys. Conf. Ser., 2889(1), 012025, doi: [10.1088/1742-6596/2889/1/012025](#).

²⁰ London Economics (2023): [The economic impact on the UK of a disruption to GNSS](#).

Gjennom egne enheter for brukertilgang, kan tid- og frekvenssignalene distribueres med ulike protokoller.

Tidsinfrastrukturen som nå blir bygget ut, er basert på fiberforbindelser mellom klokkenodene og er uavhengig av GNSS. Likevel benyttes GNSS som en sammenligningsmetode mellom klokkenodene, slik det gjøres i UTC-samarbeidet. Et bortfall av GNSS vil ikke påvirke tjenestene eller klokkene. Gjennom fiberkabler vil mange universiteter og andre kunne koble seg på tidstjenesten.

Tjenestene som tilbys er NTP og NTS, PTP og White Rabbit. Innovasjonsnodene på University of Strathclyde i Glasgow, University of Surrey og Cranfield University kan ha egne klokker (f.eks. cesiumklokke) som kan kobles mot den nasjonale tidstjenesten gjennom fiberkabler eller ved å sammenligne klokkene over GNSS med de fire kjernenodene. Innovasjonsnodene er i stand til å kunne overholde et tidsavvik på ± 10 ns fra UTC(NPL) over et intervall på 14 dager.²¹

3.3 Sverige

I Sverige har Netnod, en ideell stiftelse, ansvaret for å drifte et landsdekkende system for nøyaktig tid. Post- og telestyrelsen (PTS) i Sverige har ansvaret for å forvalte, utvikle og finansiere tjenesten for nøyaktig tid.²²

Der er det anskaffet kommersielt utstyr, men det er ikke én totalleverandør for hele systemet. Nettet består av seks lokasjoner med flere kommersielle cesiumklokker på hver lokasjon. Lokasjonene sammenlignes med hverandre og synkroniseres ved hjelp av GNSS («common view time transfer»). Hver lokasjon har altså sin egen tidsskala, og denne blir styrt mot Sveriges offisielle tidsskala, UTC(SP), som genereres av RISE²³.

Systemet er finansiert over Sveriges statsbudsjettet via PTS, og gjennom avgifter fra brukerne av den mest nøyaktige varianten som tilbys. Tjenesten blir levert i ulike varianter med ulik nøyaktighet. Den minst nøyaktige varianten er Network Time Protocol (NTP), som gir en nøyaktighet på millisekundnivå og som leveres over TCP/IP-nettverk. I tillegg leveres en variant av NTP med autentisering, såkalt Network Time Security (NTS). NTS har samme nøyaktighet som ren NTP og blir også levert over TCP/IP. Begge tjenestene er gratis og tilgjengelige for alle. Den mest nøyaktige varianten er Precision Time Protocol (PTP), som gir en nøyaktighet på mikrosekundnivå. Denne varianten – kalt Netnod Time Direct – leveres over optiske fibre, og det krever utstyr hos kunden som kan ta imot dette signalet. Denne varianten tilbys til selvkost og er abonnementsbasert.

²¹ H. Owen m.fl.(2023): [Traceable Time and Frequency Signals for UK Innovation. IFCS-EFTF 2023](#).

²² Post- och telestyrelsen (2021): Förutsättningar för att tillgängliggöra det nationella systemet för spårbar tid och frekvens. Rapportnummer PTS-ER-2020-33.

²³ RISE er Sveriges nasjonale måletekniske institutt. Laboratoriet bidrar til UTC, og genererer Sveriges nasjonale tidsskala, UTC(SP).

Kostnaden for opprettelsen av én klokkenode var 325 000 euro. Driftskostnaden for hele systemet er angitt til 925 000 euro per år. Dette er tall fra 2020.

3.4 Italia

I Italia tilbys tid-som-en-tjeneste til brukere tilknyttet internett-knutepunkt TOP-IX i Milano og Torino²⁴. Tjenesten gir tid sporbar til UTC(IT) og er basert på tidssignaler fra det nasjonale italienske tidslaboratoriet INRiM. Knutepunktene har ikke egne cesiumklokker og er derfor rene distribusjonsnoder for tidssignaler fra INRiM. Nøyaktighet oppgis til bedre enn 100 mikrosekunder for PTP-tjenesten.

3.5 USA

Det har pågått et arbeid for å opprette en nasjonal tidstjeneste for kritisk infrastruktur i USA i flere år, også på politisk nivå. Vi er ikke kjent med at en slik tjeneste har blitt etablert, men USAs nasjonale måletekniske institutt har utarbeidet en omfattende rapport om dette temaet.²⁵

²⁴ <https://www.top-ix.org/en/service/time-as-a-service/>. Åpnet 26. juni 2025.

²⁵ National Institute of Standards and Technology (2021): A Resilient Architecture for the Realization and Distribution of Coordinated Universal Time to Critical Infrastructure Systems in the United States. Methodologies and Recommendations from the National Institute of Standards and Technology (NIST). NIST Technical Note 2187. doi: [10.6028/NIST.TN.2187](https://doi.org/10.6028/NIST.TN.2187)

4 Oversikt over innspill

Det er bedt om skriftlige innspill fra aktuelle aktører og det ble mottatt 27 innspill. Tabell 1 gir en oversikt over aktørene og deres syn på ulike aspekter av en potensiell nasjonal tidstjeneste. Alle aktørene ønsket en nasjonal tidstjeneste. Det var stort sett enighet om at tjenesten skulle bli tatt i bruk, men måten avhenger av eksisterende systemer og gjeldende krav og reguleringer (se avsnitt 5). Selv om flere kunne tenke seg å bidra, var det ingen som ønsket å ha ansvaret for tjenesten i sin helhet.

Tabell 1: Forenklet oversikt over skriftlige svar fra aktørene. I tillegg til aktørene oppført i tabellen, har arbeidsgruppen fått innspill fra bl.a. NVE, Finanstilsynet, DSB, Forsvarsmateriell og Cyberforsvaret. Tomme celler betyr at spørsmålet ikke, eller ikke entydig, ble besvart. N.T. = nasjonal tidstjeneste.

Innspills-aktør	Vil bruke N.T. (Ja/Nei)	Kan/vil bidra (dugnad) (Ja/Nei)	Vil tilby tidstjenester videre (Ja/Nei)	Finansiering	Positiv til N.T. (Ja/Nei)
Avinor	Ja	Ja	Nei	Offentlig	Ja
Bane Nor	Ja	Ja	Nei	Abonnement	Ja
BKK og Eviny	Ja	Ja	Ja	Offentlig/ selvkost	Ja
GlobalConnect	Muligens	Muligens	Ja		Ja
Kartverket	Ja	Ja	Nei		Ja
Kystverket	Ja	Ja	Nei		Ja
Lede	Ja	Ja		Offentlig/ selvkost	Ja
Norges bank	Ja	Nei		Offentlig	Ja
Norsk romsenter				Offentlig	Ja
Oslo børse / Euronext	Nei ²⁶				Ja
Sikt	Ja	Ja	Ja	Offentlig/ abonnement	Ja
Space Norway	Ja	Ja	Ja	Offentlig/ abonnement	Ja
Sporveien	Ja	Ja	Nei	Offentlig	Ja
Statens vegvesen	Muligens	Muligens	Nei		Ja
Statkraft	Ja	Nei	Nei		Ja
Statnett	Muligens	Muligens	Muligens		Ja
Tampnet	Ja	Ja	Ja	Abonnement	Ja
Telenor	Ja				Ja
Telia	Ja	Nei	Nei	Offentlig/ abonnement	Ja
UiO / NIX		Ja		Offentlig/ abonnement	Ja

²⁶ Børssystemene opererer i datasenter utenfor Norge. Nøyaktig tid fås antakelig gjennom datasenteroperatøren.

5 Standarder, reguleringer og faktiske krav

Krav til tidsbestemmelse og takt er i varierende grad etablert og implementert i de ulike sektorer. Det følgende er en ikke-uttømmende oversikt over relevante krav, standarder, løsninger og reguleringer for enkelte relevante sektorer. En nasjonal tidstjeneste må kunne levere tjenester slik at aktører i sektorene er i stand til å oppfylle kravene som gjelder for dem.

5.1 Tillitstjenester

En type tillitstjeneste er tidsstempling, og er definert i en europeisk standard²⁷. Dokumenter, sertifikater eller hendelser skal tidsstemples elektronisk på en sikker måte. Tidsangivelsen skal være korrekt, dvs. den skal være sporbar til minst én utgave av en nasjonal tidsskala, f.eks. UTC(JV), og den skal ha en viss nøyaktighet²⁸. Typisk skal nøyaktigheten være bedre enn ett sekund.

5.2 Tele- og elektronisk kommunikasjon

Telekomsektoren er i økende grad avhengig av nøyaktig tidssynkronisering for å sikre stabil og effektiv drift av nettverkstjenester, spesielt i takt med fremveksten av 5G og andre tidskritiske applikasjoner og bruken av tidsdelte synkroniseringsløsninger (TDD). Standardene ITU-T G.8272 (PRTC), G.8272.1 (ePRTC) og G.8272.2 (cnPRTC) definerer kravene til nøyaktigheten i primære referanseklokker som ligger til grunn for tidssynkronisering i telekomnett. Standardene ITU-T G.8261 og G.8271 spesifiserer synkront Ethernet, og hvordan synkronisering skal implementeres i pakkebaserte nettverk og understreker viktigheten av både frekvens- og fasesynkronisering. For 5G er kravet spesielt strengt: basestasjoner må være synkronisert innenfor $\pm 1,5$ mikrosekunder fra UTC, noe som innebærer et maksimalt gjensidig avvik på 3 mikrosekunder mellom basestasjoner. Dette er avgjørende for funksjoner som sømløs mobilitet mellom basestasjoner, og tjenester med ekstremt strenge krav til tidsforsinkelse. Dette kravet gjelder foreløpig ikke dagens nødnett eller private 5G-nett, men det er mulig at slike krav vil bli innført i fremtiden (f.eks. nytt nødnett eller om to private nett skal synkroniseres med hverandre). ITU-T G.8275.1 beskriver et telekomspesifikt PTP-profil som sikrer fase- og tidssynkronisering med full støtte fra underliggende nettverk.

I organisasjonen IEEE foregår det per i dag et prosjekt (IEEE P1952) kalt «Standard for Resilient Positioning, Navigation and Timing (PNT) User Equipment». Dette er ennå ikke

²⁷ ETSI (2021): [Electronic Signatures and Infrastructures \(ESI\); General Policy Requirements for Trust Service Providers. European Standard. ETSI EN 319 401 V2.3.1.](#)

²⁸ ETSI (2023): [Electronic Signatures and Infrastructures \(ESI\); Policy and Security Requirements for Trust Service Providers issuing Time-Stamps. European Standard. ETSI EN 319 421 V1.2.1.](#) Avsnitt 7.7.

en vedtatt standard. Prosjektet omhandler fysiske enheters motstandsdyktighet mot ulike typer hendelser, delt inn i forskjellige nivåer (grader av motstandsdyktighet og evne til å implementere tiltak for å opprettholde eller gjenopprette akseptable ytelse).

5.3 Finans

Det norske regelverket i finanssektoren bygger på et felles europeisk regelverk, nærmere bestemt MiFID II²⁹ og MiFIR³⁰. Dette regelverket er nå under revisjon.³¹ Direktivet og forordningen krever at klokken som brukes, er synkroniserte. Dette generelle kravet ble i 2016 konkretisert i en delegert forordning fra EU-kommisjonen³², med spesifiserte krav til tillatt tidsavvik, sporbarhet og oppløsning.

Operatører av handelsplasser, medlemmer og deltakere må sikre at deres klokke til enhver tid er synkronisert med UTC, og tilsynsmyndigheter må kunne forstå hvordan slike aktører sikrer sporbarheten til UTC.³³ I praksis vil det bety at en aktør opprettholder en sporbarhetskjede til en nasjonal utgave av UTC, ettersom selve UTC er tilgjengelig med en forsinkelse på opptil førti dager. Tid fra GPS gir ikke uten videre sporbarhet til UTC, selv om GPS-satellittene kringkaster en prediksjon av UTC. En nasjonal tidstjeneste vil derimot entydig tilfredsstille dette kravet for alle som benytter seg av den.

I tillegg spesifiserer forordningen ulike krav til maksimalt tillatt avvik fra UTC og et minimumskrav til oppløsning av tidsstemplene.³⁴ De konkrete kravene avhenger av hvilken rolle en aktør har og hvilken aktivitet som utføres. De strengeste kravene som settes i forordningen er et maksimalt tillatt avvik fra UTC på 100 µs og en oppløsning av tidsstemplene på minst 1 µs. Dette kan ikke løses ved å bruke Network Time Protocol. En nasjonal tidstjeneste vil sette aktørene i stand til å overholde også disse konkrete kravene.

5.4 Kraftnett

Kraftberedskapsforskriften³⁵ stiller krav til sikre kilder for tidsreferanse i alle driftskontrollsystemer klasse 2. Videre kreves det at leverandører til slike systemer kun kan komme fra EU-, EFTA- eller NATO-land, og forskriften presiserer hva slike leveranser omfatter.³⁶

²⁹ [EU-direktiv 2014/65/EU](#). Artikkel 50.

³⁰ [EU-forordning 2024/791](#). Artikkel 22c.

³¹ [NOU 2024: 16. Endringer i verdipapirhandelloven \(MiFID II/MiFIR-review\)](#). Kapittel 6.2.

³² [Delegert forordning 2017/574](#).

³³ *ibid.* Punkt (5) og Artikkel 1 «Reference time».

³⁴ *ibid.* Appendiks, Tabell 1 og 2.

³⁵ [Forskrift om sikkerhet og beredskap i kraftforsyningen \(kraftberedskapsforskriften\)](#), § 7-14, bokstav j.

³⁶ *ibid.*, bokstav k.

I tillegg må transformatorstasjonene være synkroniserte seg imellom, fordi faseforskjellen mellom to såkalte «phasor measurement units» (PMU) ikke må overstige 0,573°. Dette tilsvarer en såkalt totalvektorfeil på maksimalt 1%. I et kraftnett som det norske, som opererer på 50 Hz, vil en slik fasefeil opptre dersom tidsfeilen er større eller lik 31,8 μ s. Derfor er det et krav at kraftsystemet, om det benytter PMU-er, overholder synkroniseringen bedre enn 31,8 μ s³⁷. Av ulike årsaker kan slike fasefeil oppstå selv ved tidsfeil mindre enn dette, derfor anbefales det en synkronisering innenfor minimum 1 μ s.³⁸

For raskt og presist å kunne lokalisere feil langs en kraftlinje, er det essensielt å ha så nøyaktig tidsbestemmelse som mulig. En usikkerhet på 1,7 μ s tilsvarer en usikkerhet i posisjonsbestemmelsen for lokalisering av feil på 500 m.

Det er etablert en egen profil av PTP for digitale transformatorstasjoner (IEC/IEEE 61850-9-3: Power Utility Profile). Utstyr som benyttes til synkronisering i digitale transformatorstasjoner skal støtte denne standarden, som er utformet slik at en nøyaktighet på 1 μ s kan oppnås.

5.5 Luftfart

Omtalen er her begrenset til de to systemene Wide Area Multilateration (WAM) og Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B). Arbeidsgruppen viser til avsnitt 4.5.3 i den nasjonale PNT-strategien (se fotnote 13).

Det bakkebaserte systemet WAM brukes for å bestemme posisjonen til et luftfartøy, som sender et signal på 1090 MHz til flere mottakere på bakken. Mottakerne må være synkroniserte, slik at de kan beregne differansen i ankomsttiden av signalet.³⁹ Norges nasjonale PNT-strategi sier at WAM er avhengig av GNSS, men dette avhenger av den spesifikke implementasjonen. I prinsippet trenger ikke WAM å være avhengig av GNSS – det er ikke nødvendigvis noen kobling mellom de to systemene, men i Norge brukes GNSS for synkronisering av systemet. Derfor er WAM per i dag avhengig av GNSS.

WAM vil dra nytte av en nasjonal tidstjeneste med høy nøyaktighet ettersom det vil redusere sårbarheten av GNSS-forstyrrelser og dermed øke robustheten og opptiden til systemet. Jo bedre tidsnøyaktigheten er, desto bedre vil posisjonsbestemmelsen være.

I det andre systemet, ADS-B, kringkaster luftfartøyene data som mottakere på bakken og andre luftfartøy kan fange opp. Luftfartøyene sender automatisk ut informasjon om posisjon, høyde og fart. Dette systemet er avhengig av GNSS, fordi flyene benytter en

³⁷ [IEEE Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems, C37.118.1-2011](#).

³⁸ R. S. Singh, H. Hooshyar og L. Vanfretti (2015): Assessment of time synchronization requirements for Phasor Measurement Units, 2015 IEEE Eindhoven PowerTech, doi: [10.1109/PTC.2015.7232728](#)

³⁹ Eurocontrol (2009): [Wide Area Multilateration. Guidelines for achieving operational approval of a WAM system](#).

GNSS-mottaker om bord. Faller GNSS bort eller forstyrres, vil ikke ADS-B fungere, ettersom den kringkastede informasjonen hentes fra GNSS. Derfor er GNSS-uavhengig synkronisering av WAM-systemet nødvendig – man kan da, dvs. ved bortfall av GNSS, fremdeles posisjonsbestemme luftfartøyene veldig nøyaktig.

For at systemene skal håndtere grensekryssende trafikk, må det være samsvar mellom tidsstemplene i naboland innenfor en viss usikkerhet.

Den internasjonale organisasjonen for sivil luftfart har lagt frem et arbeidsdokument som omhandler flere aspekter av synkronisering og dens betydning for luftfarten.⁴⁰ I Norge er det Avinor som er systemeier med ansvar for flere geografisk distribuerte systemer, som er avhengige av synkronisering slik at disse kan samvirke på en optimal måte.

Avinor poengterer videre at selve intensjonen bak etablering av en distribuert nasjonal tidsreferanse må ha hovedfokus: teknisk og praktisk implementering må vektlegges foran detaljdiskusjoner rundt design.

5.6 Landtransport

Det er et særskilt krav om at det skal etableres Nødnett og kringkasting i alle veitunneler⁴¹ over en viss lengde og med en viss trafikk tetthet. For å realisere dette er det behov for en presis tidstjeneste. Utover varslings- og kommunikasjonstjenester har aktører som Statens vegvesen også egne driftssystemer for å ivareta tilgjengelighet og sikkerhet i den infrastrukturen som de forvalter på vegne av samfunnet. Moderne samferdsel har videre en sterk avhengighet til kraftforsyning som igjen krever robust tilgang på tid og frekvens. I sum bygger dette oppunder at sektoren har avhengigheter til nøyaktig tid, også for å understøtte kommende førerstøttesystemer (Vehicle-to-X, V2X) i kjøretøy.

Skinnegående transport har også avhengighet til presis tidsinformasjon for flere av sine systemer. Jernbanesektoren står for tiden i en modernisering av både infrastruktur og tjenester⁴². Tilgang på en nasjonal tidstjeneste vil kunne være et viktig supplement til eksisterende løsninger som pr i dag benyttes for å avvikle og kontrollere trafikk.

5.7 Geodesi

Moderne geodesi trenger både tid og takt med høy grad av nøyaktighet. Observatorier innen Very Long Baseline Interferometry trenger en frekvensreferanse med en relativ usikkerhet bedre enn 10^{-12} over 1000 sekunder. Kartverkets observatorium i Ny-Ålesund

⁴⁰ ICAO (2012): [Time reference. Twelfth Air Navigation Conference, Montréal. Working Paper 32.1.1.](#)

⁴¹ Statens vegvesen (2024): [Vegnormal N500 Vegtunneler](#). Punkt 5.311.

⁴² <https://www.banenor.no/prosjekter/alle-prosjekter/ertms-fremtidens-signalsystem/>. Åpnet 27. juni 2025.

og Chalmers' observatorium i Onsala i Sverige er to slike, og de har derfor behov for nøyaktige og langtidsstabile klokke.

5.8 Øvrige relevante sektoruavhengige standarder eller krav

Den følgende listen gir en ikke uttømmende oversikt over protokoller og standarder som er mye brukt i forskjellige sektorer, og som en nasjonal tidstjeneste må støtte både måleteknisk og IT-teknisk:

- IEEE 1588-2008: Precision Time Protocol version 2 (PTPv2)
- IEEE 1588-2019: forbedringer av bakoverkompatibilitet, og nye muligheter (f.eks. Synchronous Ethernet – SyncE)
- White Rabbit: kombinasjon av PTP og SyncE. Formalisert som «High Accuracy Default PTP Profile» i IEEE 1588-2019
- RFC 8915: Network Time Security⁴³
- RFC 5905: Network Time Protocol version 4⁴⁴

6 Tekniske løsninger for en nasjonal tidstjeneste

Enhver teknisk løsning for en nasjonal tidstjeneste vil bestå av et synkronisert nettverk av klokkenoder som leverer et utvalg av tid- og frekvenstjenester fra sentraliserte distribusjonspunkter. For å øke motstandsevnen til en slik tjeneste bør det etableres et landsdekkende nettverk som videre kan deles i autonome regionale områder/soner.

Klokkenodene er i seg selv autonome enheter med to roller: uavhengig tidsskala-generering og tidsdistribusjon. Tidsskalaen levert av en klokkenode må være sporbar til en nasjonal utgave av UTC som for eksempel UTC(JV) (den nasjonale tidsskalaen levert av Justervesenet). Klokkenodene kan også ha rollen som distribusjonspunkt til brukere. I tillegg til alt teknisk utstyr som er nødvendig for tidsskala-generering og tidsdistribusjon krever klokkenodene også relevant fysisk og logisk sikring, måleutstyr for kontinuerlig sanntidsovervåkning av klokkekilder, sikkerhetsutstyr for strømbryt eller andre kritiske hendelser, og annet utstyr relatert til koordinering mellom klokkenodene.

Det finnes mange ulike løsninger for de ulike komponentene i klokkenodene og for koordineringen mellom nodene. Ulike alternativer av teknologier og leverandører er skissert nedenfor i henhold til tre kategorier: Klokkenodeoppsett, Klokkenodekoordinering og Tjenester. Legg merke til at kategoriene ikke er uavhengige,

⁴³ D. Franke, D. Sibold, K. Teichel, M. Dansarie og R. Sundblad (2020): Network Time Security for the Network Time Protocol, RFC 8915, doi: [10.17487/RFC8915](https://doi.org/10.17487/RFC8915)

⁴⁴ D. Mills, J. Martin, J. Burbank og W. Kasch (2010): Network Time Protocol Version 4: Protocol and Algorithms Specifications, RFC 5905, doi: [10.17487/RFC5905](https://doi.org/10.17487/RFC5905)

men må sees i et helhetlig bilde. For eksempel så vil valg av klokkekilden i et klokkenodeoppsett være avgjørende for koordineringsmekanismen dersom man ønsker å levere en landsdekkende tjeneste med et visst krav til synkronisering.

6.1 Alternativer for klokkenodeoppsett

En klokkenode er et fysisk sikret område med teknisk utstyr for tidsskala-generering og tidsdistribusjon. I et minimumsoppsett består én klokkenode av én klokkekilde for å produsere et klokkesignal, én tidsskalagenerator for å styre klokkesignalet til en tidsskala og én distribusjonsforsterker for å dele tidsskalaen videre. Imidlertid er et slikt minimumsnivå en urealistisk løsning for permanente noder i en nasjonal tidstjeneste. I tillegg til en klokkekilde og en tidsskala-generator krever tidsskalagenerering også ekstra utstyr for en rekke støttefunksjoner. De viktigste støttefunksjonene inkluderer et klokkemålesystem for sanntidsovervåkning av klokkekilder, uavbrutt strømtilførsel, et monitoreringssystem for det meteorologiske miljøet inne på området og en tidsskaladatabase for å ivareta sporbarhet.

For å sikre tjenesten mot utstyrsfeil og andre systemkritiske endringer er det nødvendig å operere klokkenodene med redundante systemer. Minimal redundans involverer to uavhengige systemer for tidsskalagenerering, men et mer robust alternativ krever flere klokkekilder og tidsskalageneratorer, samt systemer for automatisk feilhåndtering.

6.1.1 Ulike klokketeknologier

Klokkekilder kommer i flere varianter og karakteriseres ofte ved hjelp av deres «korttidsstabilitet» og «langtidsstabilitet». God korttidsstabilitet er nødvendig for høy nøyaktighet, mens god langtidsstabilitet er viktig for lang utholdenhetstid. Av klokkekilder som er tilgjengelig per nå (juni 2025) finnes tre alternativer som er fornuftige i denne sammenhengen: Industrielle cesiumklokker, («aktive») hydrogenmaserklokker og Absolutte realiseringer av sekundet. For å forbedre robustheten til en klokkenode bør man etablere flere klokkekilder av forskjellige varianter.

Industrielle cesiumklokker

Industrielle cesiumklokker har lenge vært sentrale i anvendelser som krever nøyaktig tid. De brukes ofte i systemer som krever en langtidsstabilitet på lik linje med eller bedre enn tidstjenester for telekommunikasjonssektoren.⁴⁵ I tillegg til industrielle formål brukes cesiumklokker også ofte av nasjonale referanselaboratorium for å generere nasjonale tidsskalaer. Teknologien bak cesiumklokker er godt egnet for slike formål selv om den ikke er i stand til å levere en høynøyaktig tidsskala på egenhånd ettersom korttidsstabiliteten til cesium-klokker ikke strekker til. Industriell cesiumklokke-teknologi er en modnet

⁴⁵ ITU-T G.8272.1 (01/2024): Timing characteristics of enhanced primary reference time clocks

teknologi som i dag levere klokke med høy ytelse. To aktuelle leverandører av industrielle cesiumklokke er Microchip i USA og Oscilloquartz i Sveits. Leveringstiden til industrielle cesiumklokke er forventet å være innen ett år, med en kostnad på omtrent 100 000 euro.

Hydrogenmaserklokke

Hydrogenmaserklokke brukes ofte i anvendelser som krever en høynøyaktig tidsskala. Sammenlignet med cesiumklokke har hydrogenmaserklokke vesentlig høyere ytelse i bytte mot strengere krav til stabile klimaforhold. De er godt egnet for tidsskalagenerering i nasjonale referanselaboratorier eller andre lignende referanseklokkekilder. Hydrogenmaserklokke er kommersielt tilgjengelig fra to leverandører: Microchip i USA og T4Science i Sveits. Forventet leveringstid for en hydrogenmaserklokke er mellom ett og tre år, og koster rundt 500 000 euro.

Absolutte realiseringer av sekundet

Dersom man ønsker ultrahøy nøyaktighet, er det nødvendig å utvide referanselaboratoriet med en absolutt realisering av definisjonen til sekundet. Utstyret og teknologien som kreves for slike klokke er betydelig mindre modnet enn teknologiene bak de industrielle cesiumklokkene og hydrogenmaserklokkene. Som en konsekvens av dette krever absolutte realiseringer betydelig mer kompetanse, ressurser og tilsyn.

En cesiumfonteneklokke er en absolutt realisering som kan bestilles fra National Physical Laboratory i Storbritannia. Konstruksjon av cesiumfontener er komplisert, og man forventer lang leveringstid. I tillegg er prisen på en slik klokke ukjent. En annen realisering leveres fra et japansk firma, Shimadzu, og baserer seg på strontium-atomet. Forventet leveringstid er lang, og prisen er omtrent 3,3 millioner US-dollar. Felles for begge alternativene er høy kostnad og at de krever betydelige ressurser i form av kompetanse og tilpassede laboratorier. Slike avanserte klokke vurderes derfor som uaktuelle for enkeltnoder i en tidstjeneste.

6.1.2 Tidsskala-generering og annet støtteutstyr

I motsetning til det varierte utvalget av klokketeknologier er det kommersielle markedet til utstyret involvert i tidsskalagenerering mer uniform. Kommersielle løsninger leveres med varierende grad av måleoppløsning og automatisert feilhåndtering samt en rekke alternativer for antall klokkekilde-innganger og antall tidsskala-utganger. Leverandører av klokkegeneratorer inkluderer Microchip og SpectraDynamics fra USA, og Spectratime fra Sveits.

Som for tidsskalagenerering finnes det en rekke kommersielle løsninger for diverse støttefunksjonsutstyr som klokkemåleutstyr, monitoreringsutstyr, uavbrutt strømtilførsel, og så videre.

6.1.3 Vurderinger

Klokkenodene anbefales å bygges av kommersielt tilgjengelige komponenter, men satt sammen i et system med kildekode og komponenter som norske myndigheter har kontroll over og kan endre. Dette for å unngå låsing til en bestemt leverandør. Det anbefales at systemet etableres og videreutvikles i nært samarbeid med svenske myndigheter og den svenske tidstjensteoperatøren Netnod.

Det anbefales å etablere to transportable klokkenoder satt sammen slik at de kan kontinuerlig være i drift, også under transport. Transportable noder kan brukes bl.a. til kalibrering ved etablering av faste noder, som alternativ metode for koordinering av noder, som reserveløsning ved feil i faste noder, eller som klokkenode til ulike testkampanjer hvor det er vanskelig å etablere forbindelse til faste noder.

6.2 Alternativer for klokkenodekoordinering

For å synkronisere et nettverk av klokkenoder er det nødvendig å koordinere tidsskalaene til klokkenodene, noe som krever kommunikasjon av tidssignaler. Ved å sammenligne tidssignalet fra klokkekilden til en klokkenode mot en referansetidsskala kan man synkronisere klokkenoden ved å styre den genererte tidsskalaen. Når hver klokkenode synkroniseres mot en felles referanse dannes et synkronisert nettverk med en sporbar tidsskala.

Kommunikasjon av tidssignaler for tidoverføring kan deles inn i tre varianter: optiske nettverk, satellittbaserte metoder eller transport av fysiske klokkekilder. Et fysisk koordineringssystem kan kombinere ulike metoder for å etablere robusthet. Ved bortfall av kommunikasjon vil nettverkets synkronisering falle bort over tid. I slike tilfeller vil nivået av synkronisering være avhengig av utholdenhetstiden til de ulike klokkekildene i klokkenodene.

6.2.1 Tidoverføring i optiske nettverk

For å kommunisere tidssignaler over lengre distanser via fysiske kabler er fiberteknologi det eneste alternativet. Dette er et aktivt internasjonalt forskningsfelt.⁴⁶ Fiberkabler deles inn i enveis- og toveis-kabler basert på om lyssignaler sendes kun i en retning eller i begge retninger. Både enveis- og toveis-kabler kan brukes for tidssignaler, men toveis-kabler gir større fleksibilitet og er foretrukket. Ved brudd på en fiberkabel vil kommunikasjonen bli forstyrret og koordineringen avbrutt.

Teknikker for høynøyaktig tidoverføring i optisk fibernettverk bør tas i bruk for koordinering av klokkenoder og distribusjon av tidstjenester uavhengig av GNSS. Relevante protokoller

⁴⁶ English m.fl. (2021): Distributing time by fibre, Contemp. Phys., 62(1), s. 24-38, doi: [10.1080/00107514.2021.1963543](https://doi.org/10.1080/00107514.2021.1963543)

for tidoverføring i nettverk (NTP, PTP og White Rabbit) måler og korrigerer løpende for signalforsinkelser, under forutsetning at datapakker mellom tjener og klient bruker like lang tid hver vei. Utfordringen med en-veis datatransport i fibre er at pakker går i forskjellige fibre, med forskjell i forsinkelse som resultat. Denne forskjellen må manuelt kalibreres og korrigeres for ved etablering av forbindelser og endringer i nettverket. I en fiber med to-veis datatransport er forskjellene mindre og kan håndteres automatisk. Norge har per i dag ikke noe landsdekkende offentlig nett av optiske fibre. Sikt har ansvar for et forskningsnett, og dette moderniseres og utvides nå. Statens graderte plattformtjenester har ansvar for sikret offentlig nett (SON), blant annet. Dette nettet finnes kun i visse regioner. Med dagens status for SON virker det lite aktuelt å bruke dette nettet for distribusjon av tid- og frekvenssignaler, og en detaljert plan for utbygging finnes ikke ennå. Det er spesielt geografisk utbredelse samt krav om spesielt utstyr hos en bruker som gjør det lite praktisk på kort sikt.

6.2.2 Tidoverføring med satellittbaserte metoder

Klokkenodekoordinering ved hjelp av trådløse teknologier er hovedsakelig basert på satellittbaserte løsninger som GNSS-systemer og andre satellittsystemer. En fordel med et GNSS-basert system er at sporbarheten til tidsskalaen kan hentes fra flere referanselaboratorier. Ulempen med slike løsninger er avhengig av den spesifikke håndteringen av et bortfall av eller angrep på GNSS. En GNSS-basert løsning er enkel å realisere og relativt billig, ettersom teknologien er godt utviklet og utstyr er lett tilgjengelig.

Basert på dette er det naturlig at GNSS-tidoverføring må brukes i en oppbyggingsfase og videreføres i kombinasjon med GNSS-uavhengige teknikker i en fullt utbygget tidstjeneste.

To-veis tid- og frekvensoverføring over satellitt (TWSTFT) er for ressurskrevende til å tas i bruk for koordinering av klokkenoder. Standard TWSTFT er en aktiv teknikk som krever dedikert båndbredde på kommunikasjonssatellitter og store parabolantennar med spesialutstyr for tidoverføring. Behovet for båndbredde øker med antall noder som skal koordineres. Teknikken er utsatt for samme sårbarheter som GNSS, selv om den kan argumenteres å være mer motstandsdyktig. Det vurderes allikevel at TWSTFT ikke er aktuell som teknikk for koordinering mellom noder. Det er derimot verdt å følge med på utvikling av passive teknikker for tidoverføring via TWSFTF-signaler og andre signaler fra kommunikasjonssatellitter. Dette inkluderer teknikker som utvikles av Space Norway og Fugro AS. Slike teknikker kan på sikt benytte satellitter helt under nasjonal kontroll.

6.2.3 Transport av fysiske klokkekilder

Ved ekstreme tilfeller kan både optiske nettverk og satellittbaserte metoder være utilgjengelig. I slike situasjoner er det nødvendig å transportere tidssignalet manuelt fra referansen til klokkenoden ved hjelp av en fysisk midlertidig klokkekilde. Dette kan gjøres med en mobil cesiumklokke mellom to eller flere klokkenoder, men er forholdsvis

arbeidsintensiv, slik at denne metoden ikke bør brukes som standard. Mobile cesiumklokker er også egnet for kalibrering av klokkenoder i en etableringsfase og som reserveløsning for koordinering og styring av klokkenoder.

6.2.4 Vurderinger

Koordinering av klokkenoder i en nasjonal tidstjeneste

Data fra tidoverføring vil brukes som dokumentasjon på sporbarhet mot UTC og som grunnlag for overvåking og styring av sentrale klokkenoder. Systemet for koordinering bør lages slik at brukere med egne klokkenoder kan få tilgang på data om tidoverføring mellom egne klokker og nasjonale referanseklokker, men uten å måtte gi fra seg sensitiv informasjon og råderett over egne klokker.

System for koordinering kan i en oppbyggingsfase bruke etablerte GNSS-teknikker for tidoverføring mellom klokkenoder og referanseklokker, men bør ha som endelig mål å kunne være operativt også uten bruk av GNSS. Alternative metoder for tidoverføring kan bruke bl.a. fiberoptiske nett tilpasset høynøyaktig synkronisering, alternative tidstjenester fra satellitt og transport av mobile atomklokker.

Bedre koordinering av referanselaboratorier i Norden

Det bør etableres et høynøyaktig synkroniseringsnettverk som forbinder norske referansetidslaboratorier ved Justervesenet og Kartverket med tilsvarende laboratorier i Sverige, Finland og Danmark. I praksis kan et slikt nettverk være en utvidelse av et nasjonalt høynøyaktig nettverk, f.eks. med en forgrening mot Finland i Troms og en forgrening mot Sverige i Oslo-regionen.

Etablering av et pan-nordisk nettverk mellom referansetidslaboratorier vil styrke koordinering av GNSS-uavhengige tidstjenester i hele regionen. Norske referanselaboratorier vil gjennom et slikt nettverk direkte kunne dra nytte av det store antall hydrogen-masere allerede etablert i Sverige og på sikt også styrkes av Finlands arbeid med å utvikle neste generasjon optiske atomklokker som vil være langt mer nøyaktige enn hydrogen-masere. På lang sikt vil et nordisk nettverk kunne bli en del av et pan-europeisk 'UTC-backbone' som vurderes etablert av EU⁵³.

6.3 Alternativer for tjenester som kan tilbys brukere

Standarder, reguleringer og faktiske krav og behov (se avsnitt 5) legger føringer på hva en nasjonal tjeneste for tid og frekvens må tilby for å bli brukt av flest mulig aktører. Faktiske krav og behov ble tydeliggjort i innspillsrunden. Det er arbeidsgruppens vurdering at det må tilbys tjenester som er i samsvar med det uttrykte behovet og kravene.

Basert på innspillene, reguleringene, mener arbeidsgruppen at det er hensiktsmessig å tilby Network Time Protocol samt en variant med autentisering (dvs. NTP og NTS) og Precision Time Protocol i en egnet konfigurasjon.

Selv om Network Time Protocol kun har en nøyaktighet på ett millisekund, er tjenesten veldig mye brukt, og sporbarhet til UTC er ikke alltid lett å oppnå ved bruk av ukjente NTP-tjenere.

Enkelte aktører, spesielt innen forskning og innovasjon, vil ha bruk for enda bedre nøyaktighet. Derfor burde også White Rabbit, som gir nøyaktighet bedre enn ett nanosekund, tilbys.

I tillegg burde frekvenstjenester være tilgjengelige, spesielt 10 MHz- og 1 Hz-signaler. Sistnevnte betyr at det kommer én puls i sekundet («1 PPS»), noe som man også får fra GNSS.

Felles for alle disse tjenestene burde være en veldig høy tilgjengelighet (> 99,99%), at det er lett for brukere å koble seg på, og at de tilbys overalt i landet. Dette er etterspurt av nesten alle aktører, og ansees som en forutsetning for å benytte seg av en nasjonal tidstjeneste.

7 Sikkerhet og beredskap

Den sikkerhetspolitiske situasjonen som Europa og Norge står i, legger føringer både for motivasjonen for å etablere en nasjonal tidstjeneste, men også for å sørge for at en slik tjeneste bygges og driftes på en robust måte. En må dermed fastsette et passende ambisjonsnivå for leveransen, slik at tidstjenesten svarer ut brukeres forventning om tilgjengelighet innenfor hele krisespennet - fra fred til krise og krig.

Det anbefales at en nasjonal tidstjeneste gjøres tilgjengelig for alle regioner i landet. Det bør være et pragmatisk forhold til hvor lang tid det vil ta å realisere en nasjonal løsning, og starte med implementering der «gjerdet er lavest», da det ligger til rette for å kunne ta i bruk, og gjenbruke relevant og passende eksisterende infrastruktur, samt infrastruktur som bygges ut gjennom andre initiativ.

For raskt å kunne tilby en landsdekkende tjeneste for tid og frekvens, anses det som nødvendig å etablere fire klokkenoder, for å dekke hele landet. Klokkesystemene bør være dublerne i hver node for å sikre redundans. Regional autonomi oppnås ved hensiktsmessig styring av takten og jevn overvåking av denne, slik at klokken kan holde seg innenfor 100 ns fra UTC over tre måneder uten mulighet for styring. Da vil hver landsdel for seg være operativ. Nodene bør plasseres i sikrede fortifikatoriske anlegg. Endelig antall og plassering av noder må bestemmes nærmere der det blant annet tas hensyn til regional autonomi og til innspill fra aktører i totalforsvaret.

Arbeidsgruppen mener at det i tillegg burde opprettes to mobile klokkenoder, slik at man har en sammenligningsmetode tilgjengelig dersom GNSS eller bakkebaserte metoder ikke er tilgjengelig.

Som angitt i oppdragsbrevet, og ellers påpekt i ulike utredninger og kartlegginger de siste årene, har flere kritiske sektorer i dag en betydelig avhengighet av GNSS for tilgang til koordinert universaltid. Bortfall av eller ustabil tilgang til GNSS vil, ifølge tidligere kartlegginger og informasjon mottatt gjennom prosjektperioden, innebære problemer for flere sektorene og aktører. Det vil variere fra sektor til sektor hvilke følger et slikt bortfall kan få, og – ikke minst – konsekvensene avhenger av hvor langvarig et bortfall eller en ustabilitet vil kunne bli.

Selv innen sektorene som har en egenberedskap i form av eksisterende tidskilder med god presisjon, er det avhengigheter til GNSS. Det synes ikke å være utbredt at det blir øvet på scenarier der GNSS blir utilgjengelig over lengre tid. Dermed er det begrenset hva organisasjonene har kunnet kartlegge når det kommer til konsekvenser av slike bortfall.

En annen side ved sikkerhet og beredskap for en nasjonal tidstjeneste, er sikkerhetsnivå og løsninger for protokollene som brukes for distribusjon og validering av tid (og frekvens). Selv om slike protokoller, eksempelvis PTP, har fått mer effektive mekanismer for å motstå kjente angrepsvektorer som man-in-the-middle⁴⁷, selektiv forsinkelse av visse PTP-meldinger, duplisering av tidligere sendte meldinger, og introduksjon av falske master-noder, må en løsning for nasjonal tidstjeneste bygge på kjente prinsipper for styrket logisk og fysisk sikkerhet. Dette gjelder særlig sikring av lokasjoner for klokkenoder, men omfatter også tiltak som segmentering av nettverk og tilpasset kryptering på de ulike nettverkslagene.

Et viktig element i betraktningen av sikkerhet er internasjonalt samarbeid. Feltet tid- og frekvensmetrologi er intrinsisk internasjonalt: verdens felles tidsskala lages basert på et samarbeid mellom mange land. I utformingen av en nasjonal tidstjeneste vil et samarbeid med f.eks. Sverige (samt andre nordiske og baltiske land), være svært verdifullt, ettersom Sverige allerede har en tjeneste som er operativ, som tilfredsstiller visse krav, og som har et større kompetent miljø enn Norge per i dag.

Samarbeid med Sverige er også kritisk for sikkerheten i luftfart. Ettersom lufttrafikk krysser grenser, og posisjonsbestemmelse (og hastighet) ofte er basert på GNSS-målinger, burde det også finnes GNSS-uavhengige tidskilder til systemene for slik posisjonsbestemmelse (se avsnitt 5.5).

⁴⁷ Kommunikasjon går via en ikke-autorisert tredjepart.

8 Alternativer til en nasjonal tidstjeneste

Innspillsrunden og oversikten over standarder, krav og reguleringer viser et tydelig behov for en nasjonal tidstjeneste. Dersom man velger ikke å opprette en slik tjeneste som i størst mulig grad er GNSS-uavhengig, må behovet for nøyaktig tid tilfredsstilles på en annen måte. Det er nærliggende å se på GNSS-metoder, ettersom disse er de mest brukte per i dag.

8.1 Robustgjøring av GNSS-utstyr

En mulighet, som nevnt i den nasjonale PNT-strategien, er at myndighetene stiller krav til utholdenhetstid ved bortfall av GNSS-signaler. Det er en forutsetning at brukernes utstyr detekterer slikt bortfall, og i så fall har implementert rutiner for å benytte andre klokkekilder enn GNSS. Erfaringer fra Jammetest på Andøya har vist at mange enheter ikke nødvendigvis fanger opp at de blir narret eller forstyrret, eller at de detekterer det men allikevel godtar noen former for falske signaler. Enkelte enheter har også nektet å godta ekte GNSS-signaler etter at de falske signalene opphørte.

Oppsummert betyr det at det er lite gjennomførbart å stille krav til utholdenhet – utstyr kommer i mange ulike varianter, og det kreves dyp teknisk innsikt i enheten for å kunne bedømme hvordan enheten vil oppføre seg ved bortfall av GNSS-signaler. Det avgjør om brukere er i stand til å kunne overholde slike mulige krav om utholdenhetstid.

8.2 Sikre GNSS-radiofrekvenser mot støy

Elektronisk krigføring ved å forstyrre GNSS-signaler er nå brukt i stor skala i de fleste konfliktsoner. I Nord-Norge oppleves for tiden kontinuerlige forstyrrelser eller bortfalle av GNSS-signaler. Både «jamming» og «spoofing» benyttes som defensive tiltak for å hindre bruk av presisjonsvåpen og droner. I øvre del av krisespekteret må man uansett ta høyde for at GNSS er utilgjengelig eller upålitelig over lang tid, enten som et resultat av egne defensive tiltak, eller som et ledd i et angrep. Arbeidsgruppen anser en tilstrekkelig sikring av GNSS-radiofrekvenser mot støy som ikke gjennomførbart.

8.3 Teknologier som komplementerer eller erstatter GNSS

Både amerikanske myndigheter⁴⁸ og EU^{49,50} har gjennomført praktiske demonstrasjoner av teknologier for posisjon-, navigasjon og tidsbestemmelse (PNT) som er ment å komplementere og/eller være alternativer til GNSS.

Felles for de fleste løsningene demonstrert både i USA og EU er at det er teknologier for distribusjon av tidssignaler eller for posisjonsbestemmelse som *forutsetter* tilgang til bakkebaserte nøyaktige klokkesystemer for fullt ut å komplementere eller være et alternativ til GNSS. For teknologidemonstrasjonene i USA og EU ble det satt opp tilgang til nøyaktig tid som en del av testoppsettet. Unntaket er Iridium STL⁵¹ som under demonstrasjonene allerede var fullt utbygget system for PNT fra satellitter i lav jordbane. Dette systemet er understøttet av en bakenforliggende tidsinfrastruktur som det er vanskelig å vurdere ut fra åpent tilgjengelig informasjon.

Globale satellittnavigasjonssystemer er i seg selv eksempler på kilder til PNT som også er avhengige av en bakkebasert høynøyaktig tidsinfrastruktur. Systemtiden i GPS styres mot UTC(USNO) som er tidsskalaen som genereres av tidslaboratoriet ved US Naval Observatory. USNO er dessuten tidslaboratoriet som bidrar med flest klokke til beregningen av UTC. Tilsvarende bidrar flere europeiske tidslaboratorier inkludert RISE (Sverige), PTB (Tyskland), Parisobservatoriet (Frankrike) og INRiM (Italia) til nøyaktighet og sporbarhet til PNT fra Galileo.

8.4 Vurdering av alternativer

Styrking av GNSS-brukerutstyr og sikring av GNSS frekvenser er nødvendig og viktig, men ikke tilstrekkelig. GNSS-sårbarhetene vil bestå, selv etter implementering av tilsynelatende avanserte mekanismer for autentisering eller tiltak mot forstyrrelser og narring. Det vil alltid måtte brukes en GNSS-antenne for mottak av slike signaler, og ettersom disse er svake på bakkenivå, vil tjenestene (bortfall) fremdeles være mulig.

Teknologier som komplementerer eller er alternativer til GNSS trenger tilgang til tidsinfrastruktur for å være fullt ut operative løsninger.

⁴⁸ Department of Transportation i USA (2021): [Complementary PNT and GPS Backup Technologies Demonstration Report](#).

⁴⁹ EU Joint Research Centre: [Complementary Position, Navigation and Timing \(C-PNT\)](#). Åpnet 30. Juni 2025.

⁵⁰ EU Joint Research Centre (2023): [Assessing Alternative Positioning, Navigation, and Timing Technologies for Potential Deployment in the EU. JRC Science for Policy Report](#).

⁵¹ <https://www.iridium.com/satellite-time-location/>. Åpnet 30. juni 2025.

En bakkebasert tidstjeneste med tilstrekkelig høy nøyaktighet, sikkerhet og tilgjengelighet er derfor en muliggjørende teknologi og i stor grad en forutsetning for å etablere løsninger for GNSS-uavhengig posisjonsbestemmelse, navigasjon og/eller tidsbestemmelse.

9 Ansvar, finansiering og implementering

9.1 Oppgaver og ansvar i en nasjonal tidstjeneste

En nasjonal tidstjeneste må omfatte funksjoner for bl.a. drift, distribusjon, tilstandsovervåking og styring av denne tjenesten. Ettersom det ikke finnes én enkel organisasjon i Norge som uten videre er i stand til å påta seg disse oppgavene alene, er det hensiktsmessig med et faglig samarbeid mellom egnede, kompetente aktører.

Justervesenet peker seg ut som referanselaboratorium, ettersom det er Norges nasjonale måletekniske institutt med ansvar for realisering av SI-systemet i Norge, og deltar i UTC-samarbeidet. Sikt er i ferd med å bygge ut og fornye eksisterende fiberinfrastruktur, og har fått oppgitt i tildelingsbrevet å legge til rette for distribusjon av tid og frekvens gjennom optiske fibre. Universitetet i Oslo og Norwegian Internet Exchange (NIX) er en nøytral aktør som drifter knutepunkter for samtrafikk for hele internettinfrastrukturen i Norge.

Det anses som nødvendig å ha en døgkontinuerlig driftsorganisasjon, ettersom infrastrukturen må være operativt døgnet rundt hele året, og tjenesten er å anse som en nasjonal kritisk infrastruktur. Det er arbeidsgruppens oppfatning at det ikke finnes en slik relevant driftsorganisasjon i dag. Ingen aktører har gitt uttrykk i innspillsrunden for et ønske om driftsansvar. Både Sikt og UiO/NIX er villige til å bidra, under forutsetning om at deres kostnader er dekket, men påpeker også at Nasjonal kommunikasjonsmyndighet og Justervesenet bør være sentrale aktører i en nasjonal tidstjeneste.

Arbeidsgruppen har vurdert tre forskjellige måter for organisering av en nasjonal tidstjeneste:

En mulighet for å organisere en nasjonal tidstjeneste er å opprette en ny etat, som har som formål å forvalte, drifte og utvikle en nasjonal tidstjeneste. Det vil imidlertid kreve mye arbeid og midler for å sette opp en slik struktur, ettersom det også kreves ledelses- og støttefunksjoner.

En annen mulighet er å organisere det under en eksisterende etat. Denne måten anser arbeidsgruppen som mest hensiktsmessig og samfunnsøkonomisk effektivt. Alt av støttefunksjoner vil da være etablert allerede.

En tredje mulighet er å opprette en nasjonal tidstjeneste som en offentlig anskaffelse, dvs. å betale en totalleverandør for innkjøp, implementering, drift og overvåking av denne tjenesten og klokkenodene. I praksis vil staten da være bundet til kontrakten som inngås.

Det vil påhvile staten å føre tilsyn med tjenesten, slik at staten ikke er fritatt for oppgaver i en slik modell. Potensielt kan modellen med en totalleverandør også føre til uønskede konkurransesituasjoner blant f.eks. telekomoperatører, avhengig av hvem som blir den valgte tilbyderen. En slik modell vil trolig redusere kompetansebygging, internasjonalt samarbeid og forskning og innovasjon.

Kompetanse på høyt teknisk og akademisk nivå har avgjørende betydning for en vellykket implementering av en slik tidstjeneste. Feltet tid- og frekvensmetrologi, fysikk, nettverksteknologi, telekommunikasjon og cybersikkerhet utvikler seg stadig, og alle disse feltene er relevante for drift og utvikling av en nasjonal tidstjeneste. Internasjonalt samarbeid på teknisk og akademisk nivå anses som nødvendig for å holde personell og teknologi oppdatert. Finansieringen av en nasjonal tidstjeneste bør derfor også inkludere midler til slikt arbeid. Åpen og fri programvare ansees som essensielt for driften av en slik infrastruktur, med full innsikt i kildekode og mulighet til å foreta endringer.

9.2 Eventuelle juridiske problemstillinger

I Sverige har Post- og telestyrelsen vurdert hvorvidt deres finansieringsmodell er i tråd med EUs statsstøtteregelverk. Konklusjonen er at en finansiering over statsbudsjettet for en allmenntilgjengelig tjeneste, samt en tjeneste til selvkost med månedlig avgift, ikke kommer i konflikt med statsstøtteregelverket (se avsnittene 4.2 og 4.3 i fotnote 22). Vi mener det er rimelig å anta at det samme vil gjelde i Norge om man velger den samme eller en tilnærmet lik finansieringsmodell, men understreker at dette må undersøkes nærmere.

En annen mulig problemstilling oppstår dersom man velger å la aktører med eksisterende infrastruktur ha en drifts-, utviklings- eller forvaltningsrolle. Ofte, i hvert fall i ekomsektoren, finnes det en konkurransesituasjon mellom aktørene. I tillegg ytret aktørene at de ikke ønsker å bygge opp kryssavhengigheter mellom systemene fra forskjellige operatører, med potensielt uklare rolle- og ansvarsfordelinger.

Dersom man velger en totalleverandør for en nasjonal tidstjeneste, vil man være bundet av kontrakter og avtaler med en viss løpetid og visse lisensbetingelser som kan innelåsningseffekter.

9.3 Finansiering

Alle innkomne innspill har påpekt at tjenesten burde være offentlig, og helst langsiktig finansiert. Utover investeringskostnaden for å opprette klokkenodene og koordineringsmekanismen, er det arbeidsgruppens oppfatning at finansieringen også må omfatte drift, utvikling og vedlikehold. Samlet gir dette legitimitet til tjenesten, og mulighet til å utforme

den etter samfunnssektorenes behov uten å være avhengig av at det på forhånd er inngått betalingsavtaler mellom aktører.

En finansieringsform som i Storbritannia eller Sverige ansees som hensiktsmessig, det vil si at tjenesten får bevilgninger over statsbudsjettet for den grunnleggende tjenesten som i dag realiseres fra GNSS. Innspillsrunden har tydeliggjort at aktørene forventer at staten overtar rollen og at betalingsviljen i markedet ikke er til stede, slik at man ikke kan se for seg at en kommersiell aktør oppretter, drifter og utvikler en slik nasjonal kritisk infrastruktur.

Post- og telestyrelsen i Sverige påpeker også at det vil være samfunnsøkonomisk mest effektivt om tjenesten finansieres over statsbudsjettet. Begrunnelsen er at brukerbetaling av både offentlige og private aktører vil føre til en betydelig mengde forvaltningsarbeid og sannsynligvis små, om noen, besparelser eller andre effektivitetsgevinster for staten (se side 28 i fotnote 22).

Kostnadsestimat utstyrsinvesteringer

Det er gjort noen grove kostnadsestimater for utstyrsinvesteringer i tråd med anbefalingen om strakstiltak og å etablere fire noder og to mobile klokkesystemer. Estimaten er gjengitt i Tabell 2. Det er ikke tatt høyde for kostnader i forbindelse med faktisk plassering av noder. Det antas at klokkenoder kan bli plassert i eksisterende anlegg/datahaller med tilstrekkelige miljøforhold og tilgang til reservestrøm, med liten marginalkostnad for tilgang til plass. Det er ikke tatt høyde for kostnader i forbindelse med installasjon, kalibrering og kvalifisering av tjenesten. Det er heller ikke tatt med kostnader knyttet til utvikling/tilpasning av tekniske løsninger for klokkenoder og system for koordinering.

Kostnadsestimatet for fiberforbindelser tilpasset høynøyaktig tidstransfer er usikkert. I Siktets tildelingsbrev for 2024 (se fotnote 18) nevner Kunnskapsdepartementet at Sikt skal legge til rette for en «landsdekkende tidstjeneste» gjennom utbygging av et nytt forskningsnett. Bevilgningen ble derfor økt med 140 millioner kroner, som er et estimat for utbyggingskostnaden av dette nettet.

Tabell 2: Kostnadsestimat for nødvendige investeringer og årlige driftskostnader. Alle beløp i millioner kroner. Sikt har i sitt tildelingsbrev i 2024 fått bevilget 140 millioner kroner til utbygging av et høynøyaktig optisk nettverk for tids-tjenester. Dette beløpet er holdt utenfor tallene i tabellen. Det antas at dette fibernettet vil ha en levetid på 25 år.

Tiltak	Kommentar	Utstyrs-investering	Driftskostnader per år
Fire klokkenoder med dublert utstyr	Antatt levetid ti år	40	15
To mobile klokkenoder	Antatt levetid ti år. Drift inngår i posten over.	10	
Styrking av koordinering mellom europeiske/nordiske laboratorier	I samarbeid med nordiske forskningsnettverk	5	1
Styrking av referanselaboratorium	Hydrogenmasere, cesiumklokker, dublering av tidstjenere, fysisk sikring og styrket IKT-sikkerhet	30	5
Sum		85	21

Kostnadsestimat drift

Tall fra Sverige for 2021 viser et årlig driftstilskudd fra Post- og telestyrelsen på 925 000 euro til Netnod. I tillegg kommer tilskudd av ukjent størrelse til det svenske tidslaboratoriet RISE for faglig arbeid med å videreutvikle og kvalitetssikre tidstjenesten. RISE har i tillegg til tidslaboratoriet i Borås også etablert referansesystemer med hydrogen-masere på to sikrede lokasjoner i Stockholmsområdet.

9.4 Tidshorisont for implementering av en grunnleggende infrastruktur

Basert på den geopolitiske situasjonen og på konkrete innspill til dette oppdraget, bør arbeidet med å opprette en nasjonal tidstjeneste settes i gang umiddelbart. Det er opptil ett års leveringstid på industrielle cesiumklokker. Bestillingen av disse bør derfor skje raskest mulig. I løpet av 12 til 18 måneder fra oppdraget er gitt, burde det allikevel være gjennomførbart å etablere klokkenoder slik at et operativt nivå i noen landsdeler er oppnådd.

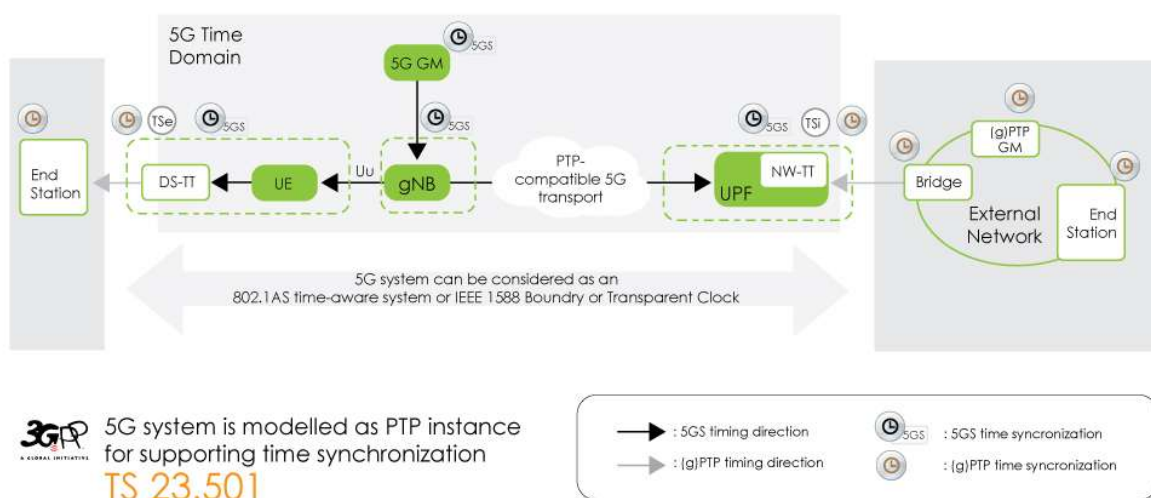
Det foreslås også et strakstiltak for å utvide og styrke tidstjenester fra eksisterende tidslaboratorier ved Justervesenet på Kjeller og Kartverket i Ny-Ålesund. Tiltak kan være på plass innen seks måneder fra et oppdrag er gitt. Dublering av høynøyaktige hydrogen-masere vil ta vesentlig lenger tid, da leveringstiden for slike er mellom ett og tre år fra bestilling.

10 Innovasjonsmuligheter

For å ivareta innovasjonsmuligheter bør alle kunne bruke tjenesten for å utvikle nye tjenester og produkter. Videre blir det viktig at tjenesten holdes oppdatert for å kunne benyttes i forskning og utvikling. Dette kan ivaretas gjennom etablering av et robust kjernenett og så tilby en ukomplisert desentralisert tilgang. Dette er gjort i Storbritannia.

Tid- og posisjonstjenester fra 5G

I 5G finnes det definerte mekanismer for å distribuere en nøyaktig tidsreferanse. Funksjonen «Over the Air Interface Synchronization» (OAS) åpner for landsdekkende distribusjon av nøyaktig tid, ved å utnytte dekning fra 5G basestasjoner. OAS introduseres i 5G Release 17 som en ny mekanisme som gjør det mulig å overføre informasjon om UTC til andre basestasjoner, men også direkte til brukerutstyret via luftgrensesnittet. I senere Releaser fra 3GPP videreutvikles mulighetene i 5G for å tilby tid som et produkt, slik at mobilnettet kan betraktes som en kvalitetssikret leverandør/tidskilde for en vertikal eller enhet som konsumerer denne typen informasjon. 5G støtter ellers to ulike metoder for å synkronisere kompatible enheter, disse er (1) nettets egen klokkesynkronisering og (2) som en del av arkitekturen for PTP fra IEEE⁵².



Figur 4: 5G som del av Precision Time Protocol (<https://www.3gpp.org/technologies/ind-5g>).

OAS er avhengig av støtte hos infrastrukturleverandørene og ligger derfor noen år frem i tid. Funksjonen er også avhengig av støtte i terminaler, det betyr at brikkesettleverandørene må ta dette inn i sin portefølje før OAS lar seg realisere i en større skala.

⁵² IEEE 802.1AS eller IEEE 1588-2008

Framtidige rombaserte PNT-tjenester

En tilgjengelig bakkebasert nasjonal tidstjeneste vil også kunne bygge opp under alternative rombaserte PNT-tjenester basert på satellitter under nasjonal kontroll. Det er flere aktører, både private og statlige, som arbeider med slike tjenester.

Forskning og internasjonalt samarbeid

Geodesi er avhengig av best mulig synkronisering. Dette er nødvendig fordi data fra forskjellige observatorier verden rundt (f.eks. fra Onsala i Sverige, Wettzell i Tyskland og Ny-Ålesund på Svalbard) blir kombinert og analysert. Slike observatorier er også pådrivere for bruk av optiske atomklokker, som krever sammenligningsmetoder med svært høy presisjon. Det er kun optiske fibre som er egnet til dette formålet.

Flere land i Europa er i gang med å knytte fibernettene sine sammen, og på denne måten danne en infrastruktur som også er egnet til distribusjon av tid og frekvens som krysser landegrensene. For eksempel kan nasjonale måletekniske institutter sammenligne klokkene sine på denne måten, samt at høynøyaktige signaler kan transporteres mellom forskjellige observatorier.

11 Anbefalinger

Det anbefales at det etableres en bakkebasert, koordinert, høynøyaktig og tidstjeneste under nasjonal kontroll. Tidstjenesten skal ha tilstrekkelig grad av autonomi, redundans, sikkerhet og geografisk spredning til å kunne være primærkilde for tid- og frekvenstjenester til kritisk infrastruktur med behov for synkronisering med krav til nøyaktighet på mikrosekund mot UTC. Figur 5 er en prinsippskisse for den anbefalte løsningen.

11.1 Anbefalinger om tekniske løsninger

(T1) Etablering av klokkenoder og et system for koordinering, overvåking, styring og sikring av sporbarhet mot UTC.

Klokkenodeteknologi og system for koordinering må sees i sammenheng, og er redegjort for avsnittene 6.1 og 6.2.

Klokkenoder. Det må etableres et antall sentralt styrte klokkenoder basert på kommersielt tilgjengelige cesiumklokker. Klokkenodene skal ha tilstrekkelig grad av redundans, utholdenhet og stabilitet til å kunne generere tid med maksimalt 100 ns avvik mot UTC etter 100 dager uten ekstern styring.

7System for koordinering. Det må etableres en statlig tjeneste for koordinering og styring av nasjonale klokkenoder. Tjenesten skal overvåke og gi sporbarhet til klokkenoder gjennom tidoverføring mot nasjonale referanseklokker, inkludert Justervesenets tidsskala UTC(JV).

(T2) Etablering av et landsdekkende høynøyaktig optisk fibernettverk for koordinering av klokkenoder og distribusjon av tidstjenester uavhengig av GNSS.

Et bakkebasert fibernett tilpasset synkronisering på nanosekund-nivå kan etableres som et ledd i å sikre effektiv koordinering og styring av klokkenoder også uten bruk av GNSS. Nettet må omfatte sentrale klokkenoder og nasjonale referanseklokker inkludert Justervesenets tidsskala UTC(JV) og Kartverkets geodetiske observatorium på Svalbard.

Et høynøyaktig optisk synkroniseringsnettverk for koordinering av klokkenoder bør også brukes til distribusjon av tid fra klokkenoder til mellomliggende distribusjonsnoder. Slike noder vil kunne ha større regional og lokal dekning og gjøre det enklere for små aktører å få tilgang til presisjonstid. Se avsnittene 6 og 7 for vurderinger som ligger til grunn.

(T3) Styrking av koordinering mellom norske referansetidslaboratorier ved Justervesenet og Kartverket og tidslaboratorier i Sverige, Finland og Danmark.

Det bør etableres et høynøyaktig synkroniseringsnettverk som forbinder norske referansetidslaboratorier ved Justervesenet og Kartverket med tilsvarende laboratorier i Sverige, Finland og Danmark.

11.2 Anbefalinger om finansiering

(F1) Tjenesten bør sikres stabil grunnfinansiering for utbygging, drift og videreutvikling over statsbudsjettet.

(F2) Tjenester på høyeste nøyaktighetsnivå og/eller med garantert tilgjengelighet, bør dekkes inn av brukerbetaling/abonnement til selvkost.

Det vises spesielt til avsnitt 9 for vurderingene som ligger til grunn for anbefalingene.

11.3 Anbefalinger om organisering

(O1) Tjenesten bør eies og forvaltes av staten.

(O2) Overordnet ansvar for tjenesten anbefales avklart mellom Digitaliserings- og forvaltningsdepartementet og Nærings- og fiskeridepartementet.

Sikker tilgang til nøyaktig tid er en viktig del av den digitale grunnmuren og inngår i digitale verdikjeder i alle sektorer. Nærings- og fiskeridepartementet har ansvar for den grunnleggende nasjonale funksjonen PNT. Ansvarsfordeling og praktisk arbeidsfordeling for ulike deler av tjenesten bør bestemmes i en prosess som inkluderer etablerte statlige aktører med relevante ressurser, kompetanse og roller. Det anbefales å inkludere Nkom, Justervesenet, Sikt, SGP, UiO/NIX og Kartverket videre i en slik prosess. Det vises ellers til avsnitt 9 og innspillene for ytterligere vurderinger.

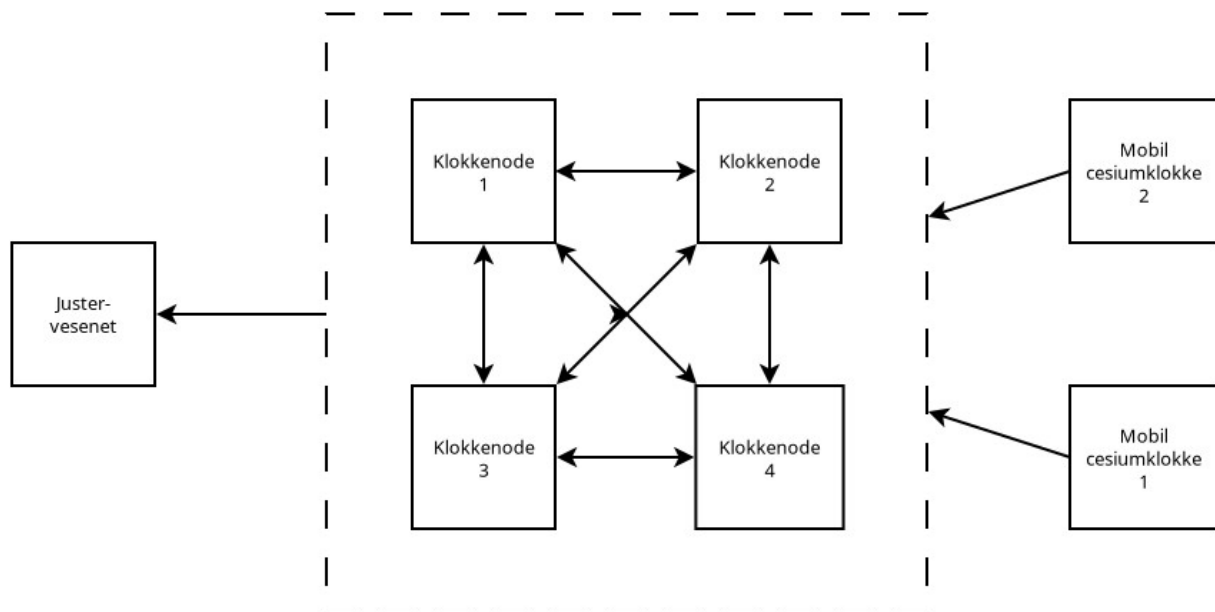
(O3) Justervesenet bør få et overordnet faglig måleteknisk ansvar for nøyaktighet og sporbarhet i en nasjonal tidstjeneste.

11.4 Andre anbefalinger

(A1) Eksisterende tidslaboratorier ved Justervesenet på Kjeller og Kartverket på Svalbard må settes i stand til å levere sikre tidstjenester fram til en nasjonal tidstjeneste er fullt utbygget. Styrkingen har som mål å øke grad av fysisk sikkerhet og IKT-sikkerhet i drift av laboratoriene og øke graden av redundans og feiltoleranse i kritisk utstyr, inkludert dublering av hydrogenmasere. Styrkingen i form av høystabile atomklokker vil sikre rollen som referanselaboratorier (nøyaktighet og redundans) også i en fullt utbygget tidstjeneste.

(A2) Det bør vurderes nærmere hvordan aktører med egne klokkenoder kan inkluderes i en nasjonal tidstjeneste på måter som gir synergier og styrker totalforsvaret uten å kompromittere aktørenes behov for sikkerhet og autonomi. Aktuelle aktører er bl.a. Forsvaret, Statnett, Avinor og Telenor.

(A3) Det bør vurderes om Statnett skal gis et spesielt ansvar for å levere tidstjenester til andre brukere i kraftsektoren (kraftprodusenter og distribusjonsselskaper).



Figur 5: Prinsippskisse over den anbefalte løsningen. Det er fire klokkenoder som inngår i den nasjonale tidstjenesten i første omgang, samt to mobile klokker. Justervesenet skal være referanselaboratorium. Klokkene er koblet mot hverandre på egnet måte (fiber og GNSS), slik at de kan overvåkes og styres mot UTC(JV) og at redundans kan sikres.