



Digital Patologi

Anbefaling om patologens digitale arbeidsplass

Godkjenning

Organisasjon	Navn	Dato	Versjons nr.
Prosjektstyret	Nasjonalt digital patologi	06.02.2020	1.0

Innhold

1	Endringshistorikk.....	4
2	Innledning	5
2.1	Anbefalingens formål	5
2.2	Anbefalingens omfang og avgrensninger	5
2.3	Leseveiledning	5
2.4	Tekniske begreper og forkortelser	6
2.5	Om patologens arbeidsplass.....	7
3	Oppsummert anbefaling	9
3.1	Anbefaling av teknisk spesifikasjon	9
3.2	Anbefaling av oppsett og ergonomi	10
4	Anbefaling med vurderinger	12
4.1	Vurderingskriterier for anbefalingene.....	12
4.2	Anbefaling av teknisk spesifikasjon	14
4.2.1	Skjermer	14
4.2.2	Skjermkort og maskinvare.....	17
4.2.3	Nettverk.....	18
4.2.4	Diskusjon: Blir det forskjeller ved ulike visningsprogrammer?.....	19
4.3	Anbefaling av oppsett og ergonomi	19
4.3.1	Generell ergonomi	19
4.3.2	Antall og plassering av skjermer	20
4.3.3	Pekeutstyr.....	20
4.3.4	Lys og bevegelse.....	21
4.4	Relevante faktorer som ikke er vurdert her	21
5	Basis for anbefalingene.....	23
5.1	Generelt om erfaringer med digital patologi	23
5.2	Arbeidsprosessen for å komme frem til anbefalingene	23
5.3	Anbefalinger fra leverandørene	24
5.3.1	Sammenstilling	24
5.3.2	Underlag	25
5.4	Erfaringer fra brukere	28
5.4.1	Erfaringer fra University Medical Center Utrecht	28

5.5	Litteraturgjennomgang.....	29
5.5.1	Sammenstilling.....	29

1 Endringshistorikk

Versjon	Endring	Dato	Forfatter
0.1	Første versjon	15.10.2019	DP HEL
0.7	Hele dokumentet er redigert	27.11.2019	DP HEL
0.8	Småjusteringer og linker til artikler lagt inn	04.12.2019	DP HEL
0.9	Endringer etter innspill fra kvalitetsikringsrunden	24.01.2020	DP HEL
1.0	Godkjent dokument	06.02.2020	DP HEL

2 Innledning

2.1 Anbefalingens formål

Hensikten med anbefalingen er å være et grunnlag for utarbeidelsen av en kravspesifikasjon for helseforetak eller helseregioner som skal anskaffe utstyr til patologer for granskning av digitale snitt. Anbefalingen er ikke ment å være en ferdig kravspesifikasjon eller en retningslinje som foretakene er forpliktet til å følge, men målsetningen er at kvalitetsarbeidet innen patologidiagnostikk skal være enklere om anbefalingen følges. Med denne anbefalingen skal anskaffelsesprosjektene få innsikt i erfaringer som er gjort og publisert internasjonalt slik at de selv slipper å lete frem og fordype seg i denne informasjonen.

Ideelt sett vil man på sikt kunne velge utstyr som følger anbefalingen via HINAS.

2.2 Anbefalingens omfang og avgrensninger

Anbefalingen begrenser seg til patologens kontorplass og de digitale løsningene som bør være der samt nettverk som overfører data mellom arbeidsstasjonen og serverne. Noen momenter i anbefalingen vil berøre ergonomi, men det vil være få konkrete anbefalinger om ergonomi siden dette som regel må vurderes lokalt for hvert kontor eller individ.

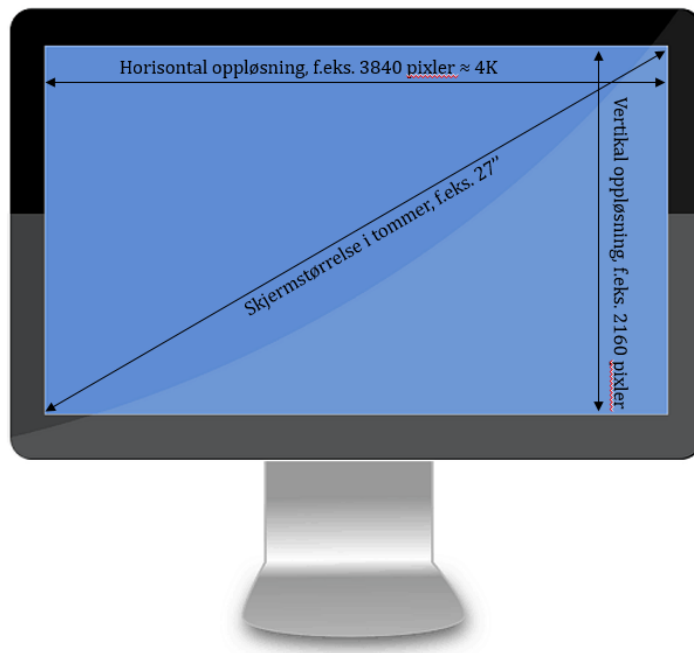
En rekke faktorer vil påvirke prosessflyten på patologiavdelingen og den opplevelsen patologen får av løsningen i tillegg til maskinvaren og nettverket. Eksempler på dette er lagring på servere og integrasjonen mellom LIMS (Laboratory Information and Management System) og DPS (Digital Patologi System). Vi vil ikke komme med noen anbefaling knyttet til slike faktorer, siden de oftest vil være leverandøravhengige og man bør forholde seg til de anbefalingene leverandørene da gir.

2.3 Leseveiledning

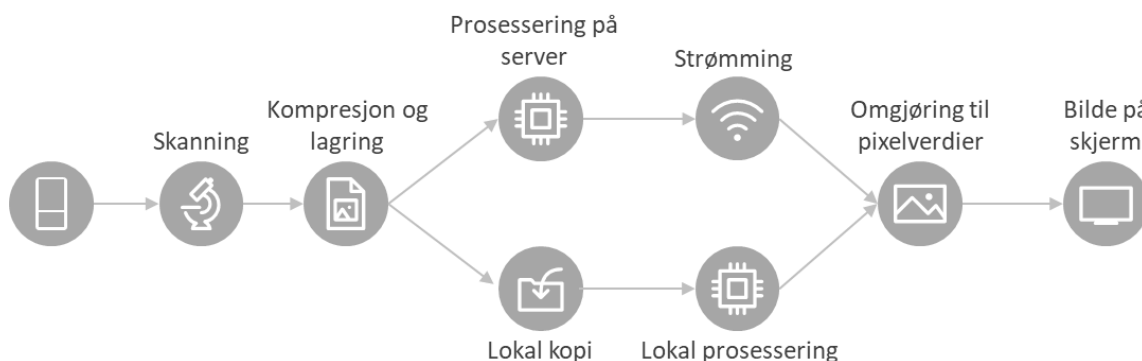
Kapittel 3 inneholder en kortfattet oppsummering av anbefalingen. I kapittel 4 gjentas anbefalingen fra kapittel 3, men med begrunnelser for og mer detaljer om anbefalingene. Kapittel 5 inneholder underlaget for å komme frem til anbefalingene, der de to første delkapitlene dekker leverandørers og brukeres erfaringer og anbefalinger mens det siste delkapittelet dekker litteraturstudien vi har gjort.

2.4 Tekniske begreper og forkortelser

- Pixel – Begrep brukt om et billedpunkt på en skjerm eller i et digitalt bilde. Et pixel på en skjerm er oftest en samling av fire lyskilder (f.eks. dioder) med ulike farger som kombineres til ett punkt.
- Oppløsning – Brukes her som antall horisontale og vertikale pixler på en skjerm eller i et bilde. Oppløsningen oppgis gjerne som 3000x2000. Dette betyr 3000 pixler i horisontal retning og 2000 pixler i vertikal retning
- 4K – En betegnelse for å angi en skjerm med oppløsning på ca. 4000 pixler i horisontal retning, vanligvis 3840x2160 pixler
- #MP (Megapixel) – En megapixel betyr en million pixler. Benevnningen angir omtrentlig antall millioner pixler på en skjerm. En 3000x2000 skjerm inneholder 6 millioner pixler og er derfor en 6MP skjerm. MP-betegnelsen og K-betegnelsen (over) brukes om hverandre i litteraturen. En 4K-skjerm (3840x2160) vil derfor være en 8,3MP skjerm og en 2K-skjerm (1920x1080 pixler) vil være en 2,1MP skjerm
- Pixeltetthet – Oppgis oftest som pixels pr inch (PPI) eller dots pr inch (dpi). Pixeltetthet er et mål på hvor tett pixlene på skjermen er (implisitt også størrelsen på pixlene) og angir en sammenheng mellom skjermstørrelse og oppløsning
- Fargedybde – Antall fargenivåer skjermen kan vise. Oppgis oftest som antall fargenivåer som kan vises i bits (8 bit = 256 fargenivåer, 24 bit = 16 millioner fargenivåer)
- LIMS – Laboratory Information and Management System er systemet som benyttes til å kontrollere prøveprosesseringen i laboratoriet. I noen kilder brukes LIS (Laboratory information system) i stedet for LIMS
- DPS – Digitalt Patologi-System er systemet for å lagre, forvalte, vise og undersøke digitale snitt. I noen kilder brukes IMS (Image management system) eller PACS (Picture Archiving and Communication System) i stedet for DPS. Det er viktig å ikke blande IMS og LIMS
- Medical grade skjerm – Skjerm som oppfyller bestemte kvalitetskrav for gjengivelse av bildeinformasjon, deriblant konsistent gjengivelse over lang tid
- Commercial grade skjerm – Skjermer som ikke er av medical grade omtales her som commercial grade skjermer. Disse finnes i et stort spekter av kvalitet og pris men er ikke underlagt de samme kravene til kvalitet som medical grade skjermer



2.5 Om patologens arbeidsplass



Et digitalt snitt som vises på en skjerm blir til gjennom en rekke steg. Først må man ha et fysisk, farget snitt eller utstryk. Dette må så gjennom en skanneprosess der en skanner leser den optiske informasjonen og gjør den om til digital informasjon. Denne digitaliseringen involverer kompresjon og lagring av den digitale informasjonen i en fil. Videre er det to mulige hovedspor; filen prosesseres av en server og informasjonen strømmes over et nettverk til en arbeidsstasjon og en visningsprogramvare hos patologen, eller filen kopieres midlertidig til den lokale arbeidsstasjonen til patologen og prosesseres lokalt av en visningsprogramvare. Til slutt sendes bildeinformasjonen til grafikk-kortet som omgjør informasjonen til pixelverdier som sendes til skjermen. Kvaliteten av bildet som vises på skjermen er derfor et produkt av kvaliteten i hvert av stegene over og dermed begrenset av kvaliteten til det utstyret som benyttes i hvert steg. Det er derfor viktig å vurdere hele systemet fra skanner til skjerm når man skal innføre digital patologi.

I et mikroskop begrenses bildet av kvaliteten i det fysiske snittet, optikken i mikroskopet og optikken i øyet som ser. Forstyrrelser i form av bevegelse og lys i sidesynet blir i stor grad

fjernet av utformingen av okularet. Når patologen ser på et digitalt snitt erstattes mikroskopet av hele systemet fra skanner til skjerm. I tillegg er man i større grad utsatt for lys- og bevegelsesforstyrrelser i sidesynet, samt at lyset i omgivelsene vil påvirke det bildet som oppfattes på skjermen.

Når patologen skal vurdere et kasus ser han/hun på et bilde, enten digitalt på skjerm eller optisk i et mikroskop. Vurderingen innebærer et stort antall øyebevegelser på kort tid for å identifisere interessante områder i snittet og en del navigering i bildet i form av zooming og panorering. Med et mikroskop begrenses patologen kun av sin egen evne til å identifisere relevante områder og manuelt navigere i snittet. Når denne navigasjonen foregår digitalt er det derfor viktig at prosesseringen i det digitale systemet ikke begrenser navigasjonen, samt at patologen har input-enheter som gjør navigasjonen rask og enkel. I tillegg kan man gjerne se på flere digitale snitt samtidig, noe som er ønsket men krever mer prosessering.

Svarrapporten skrives gjerne mens man gjentatte granskninger i mikroskopet. Med digital patologi vil det derfor være nødvendig å se det digitale snittet samtidig som man kan jobbe med svarrapporten.

3 Oppsummert anbefaling

Vi forutsetter at målet med prosjekter som innfører digital patologi er at visningen av digitale snitt langt på vei skal erstatte mikroskopet. Det betyr at det digitale systemet som viser digitale snitt til patologen, inkludert skanning, komprimering og prosessering, bør ha en kvalitet som totalt sett matcher eller overgår mikroskopets.

Dette er en forutsetning for å lykkes med overgang til digital patologi. Dette innebærer at også tekniske og ergonomiske forhold er tilfredsstillende slik at man opplever fleksibel og rask navigering i snitt på skjermen og ikke blir for mentalt eller fysisk sliten i løpet av dagen.

Merk at det er fullt mulig å starte med digital patologi med utstyr av enklere kvalitet enn hva som anbefales i denne utredningen. Anbefalingen må ikke være til hinder for innføring av digital patologi.

Ved innføring av digital arbeidsflyt er det viktig at patologene er involvert ved valg av utstyr til egen arbeidsplass.

3.1 Anbefaling av teknisk spesifisering

Her følger en kort oppsummering av prosjektets anbefaling. For detaljer se kapittel 4.

Anbefalingene til maskinvare (utenom skjerm og skjermkort) tilsvarer en middels spesifisert stasjonær kontor-PC i 2019.

Skjerm:

- Minst to skjermer der den ene er dedikert til bildediagnostikk (følgende anbefaling gjelder skjermen til bildediagnostikk. Øvrige skjermer har ikke bestemte anbefalinger til kvalitet)
- Størrelse: 27 til 30 tommer
- Oppløsning:
 - 2,2K til 3,3K horisontal oppløsning for 27 tomme
 - 2,5K til 3,6K horisontal oppløsning for 30 tommer
 - Oppløsning og størrelse bør henge sammen slik at en større skjerm også bør ha større oppløsning.
- Pixeltetthet: anbefalt ca. 100 – 150 Pixels per inch (PPI)
- Lysstyrke: 200 – 400 cd/m²
- Kontrast: kontrastrate på minst 1000:1 anbefales
- Oppfriskningsrate: Minimum 60 Hz
- Fargedybde: Minimum 24-bit
- Paneltype: IPS (In Plane Switching) anbefales. Andre paneltyper kan også være aktuell, spesielt i fremtiden når andre teknologier utvikles videre (f.eks. OLED) men

paneltypene VA (Vertical Alignment) og TN (Twisted Nematic) frarådes for bildediagnostikk – se 4.2.1 for mer om paneltypene

- Medical grade: Kost/nytte og tiltenkt bruk bør vurderes før anskaffelse – se 4.2.1.1 for en diskusjon om medical grade skjermer

Maskinvare:

- Prossessor: 3+ GHz og minst 4 kjerner
- Minne: Middels kontor-PCer leveres i dag med 16 Gb minne eller mer. Det er helt tilstrekkelig

Skjermkort:

- Enklere industrinivå skjermkort (for eksempel Nvidia Quadro-serien eller AMD Radeon Pro-serien)
- Anbefalt 4 Gb skjermkortminne

Nettverk:

- Båndbredde: 40 Mb/s pr samtidig bruker – Båndbredden er avhengig av programvare og leverandørens anbefaling bør følges. Man bør teste grundig om ytelsen blir tilstrekkelig
- Latenstid er forsinkelsen mellom f.eks. en arbeidsstasjon og en server og bør være så lav som mulig, helst mellom 1 og 60 millisekunder. Leverandører oppgir latenstid som like viktig eller viktigere enn båndbredden for å ha god respons ved navigering i bildet

3.2 Anbefaling av oppsett og ergonomi

Ergonomi:

Arbeidsplassen kan deles inn i tre soner. Primærsonen er nærmest patologen og bør inneholde alt patologen skal håndtere hyppig. Sekundærsonen bør inneholde utstyr patologen bruker sjeldnere og må strekke armene for å nå. Tertiærsonen er lengst vekk og krever at patologen flytter eller lener seg for å nå utstyr. Input-enheter (pekeutstyr, tastatur o.l.) bør plasseres i primærsonen.

Skjermene bør plasseres med øvre kant av skjermen omtrent i øyehøyde og tiltet 10 til 20 grader oppover.

Pekeutstyr:

Det er mange individuelle preferanser om pekeutstyr og input-enheter. Vi anbefaler derfor ikke spesifikke typer pekeutstyr. Her følger i stedet noen generelle anbefalinger:

- Det anbefales at hver patolog har litt ulikt pekeutstyr som de kan variere mellom for å variere muskelbruk
- Patologene bør få prøve ulikt pekeutstyr for å finne sine preferanser
 - Tips: Dersom avdelingene har ulike typer pekeutstyr kan patologer prøve de forskjellige enhetene
- Pekeutstyr i hver hånd eller hurtigtaster på tastaturet kan øke effektiviteten
- Standardmusen er fremdeles helt grei å bruke
- Mer avansert pekeutstyr har gjerne høyere terskel for å lære å utnytte
- Det kan øke effektiviteten å benytte pekeutstyr i hver hånd eller lære seg hurtigtaster for hyppig brukte funksjoner på tastaturet
- Enheter som ofte er brukt ved gransking av digitale snitt: Vanlig mus, avansert mus (mus med ekstra, programérbare knapper), touchpad, Spacemouse pro, 3d-mus, trackball

Lys og bevegelse:

Ved plassering og oppsett av arbeidsplassen er det viktig å tenke på at bevegelse i sidesynet, sterke lyskilder m.m. kan forstyrre konsentrasjonen.

En skjerm med anbefalt lysstyrke og kontrast gjør det mulig å jobbe i et normalt opplyst rom, men refleksjon av sterke lyskilder i skjermen bør unngås.

4 Anbefaling med vurderinger

Merk at det er fullt mulig å starte med digital patologi med utstyr av enklere kvalitet enn hva som anbefales i denne utredningen. Anbefalingen må ikke være til hinder for innføring av digital patologi. Enkelte patologer stiller i dag fullgode diagnoser basert på digitale snitt på en laptop, men det betyr ikke at vi anser det som et anbefalt oppsett. Studier¹²³ viser at kasus gjerne blir tilfredsstillende diagnostisert på ikke-medical grade skjermer, men det kan ta lenger tid. En del typer diagnostikk krever erfaringsmessig meget høy oppløsning, på celle-nivå, og for slike er det nødvendig å ha godt utstyr.

Ved innføring av digital arbeidsflyt er det viktig at patologene er involvert ved valg av utstyr til egen arbeidsplass.

4.1 Vurderingskriterier for anbefalingene

Vi mener at følgende målsetning og funksjonelle kriterier er forutsetninger for å lykkes med overgang til digital patologi. Dette innebærer at også tekniske og ergonomiske forhold er tilfredsstillende slik at man ikke blir for mentalt eller fysisk sliten i løpet av dagen.

Målsetning: Stille en riktig diagnose på en rask og effektiv måte basert på digitale snitt og at diagnose basert på digitale snitt langt på vei skal erstatte mikroskopet

Funksjonelle kriterier:

- Oppsettet må kunne være konkurransedyktig i kvalitet og effektivitet med mikroskop
- Oppsettet må vise digitale snitt med tilstrekkelig kvalitet til at en riktig diagnose kan stilles
- Navigasjon i det digitale snittet (zooming og panorering) må skje responsivt med input og i myke, glidende overganger (ikke hakkete eller med merkbar forsinkelse fra input)

Tekniske kriterier:

De funksjonelle kriteriene gir grunnlag for tekniske spesifikasjoner. De tekniske spesifikasjonene vi har vurdert kommer derfor av et eller flere av de funksjonelle kriteriene.

¹ [Observer performance using virtual pathology slides: impact of LCD color reproduction accuracy](#)

² [Comparison study of five different display modalities for whole slide images in surgical pathology and cytopathology in Europe \(trenger abonnement\)](#)

³ [Diagnostic Efficiency in Digital Pathology: A Comparison of Optical Versus Digital Assessment in 510 Surgical Pathology Cases \(trenger abonnement\)](#)

Det funksjonelle kriteriet «Oppsettet må kunne være konkurransedyktig i kvalitet og effektivitet med mikroskop» gir føringer for:

- skjermen:
 - Størrelse – Større skjerm gir større overblikk og mulighet for raskere lokasjon av interessante områder, men for stor skjerm medfører behov for hodebevegelse for å se i ytterkant av skjermen
 - Oppløsning – Høyere oppløsning gjør at et større område av et snitt kan vises på skjermen. Det viktigste er at oppløsningen er god nok til at man unngår at man ser tydelige pixler ved normal observasjonsavstand
 - Pixeltetthet - Dersom skjermen har for høy PPI vil små detaljer i snittet bli små og vanskelig å oppfatte uten å zoome ved normal observasjonsavstand. For lav PPI vil gi et bilde der man ser de individuelle pixlene
 - Fargedybde – Høyere fargedybde vil si at skjermen kan gjengi et høyere antall nivåer av hver farge (rød, grønn og blå). Høy fargedybde betyr at bildet på skjermen kan vises nærmere fargene i det faktiske snittet enn med en lavere fargedybde.
- maskinvaren:
 - Evne til å prosessere bildet uten forsinkelse (se hovedpunkt om navigasjon i det digitale snittet)
- nettverket:
 - Evne til å overføre data slik at bildet kan flyttes og zoomes uten forsinkelser (se hovedpunkt om navigasjon i det digitale snittet)
- Pekeutstyret:
 - Ergonomi – Utformingen til pekeutstyret vil påvirke hvilke muskler som aktiveres ved bruk. Effektiviteten over tid vil påvirkes av unødige spenninger i sener og muskler
 - Intuitiv navigasjon – Det vil være en overgang å gå fra mikroskop til digitale snitt. Pekeutstyr som er lett å lære seg å bruke og som gjør det enkelt å navigere i snittet vil redusere barrieren med å gjøre noe nytt
 - Effektiv tilgang til mye brukte funksjoner i visningsprogramvaren – En del pekeutstyr har mulighet for å programmere hurtigtaster som kan øke effektiviteten betydelig

Det funksjonelle kriteriet «Oppsettet må vise digitale snitt med tilstrekkelig kvalitet til at en riktig diagnose kan stilles» gir føringer for:

- skjermen:
 - Kontrast – En høyere kontrast gir større forskjell mellom lys og mørke felt og dermed flere synlige nivåer å benytte ved bildegjengivelse
 - Lysstyrke – Høyere lysstyrke gjør det mulig å bruke skjermens fulle kontrast i lysere omgivelser. Dette blir spesielt viktig der det må skilles mellom detaljer i mørke felt i bildet

- Oppløsning – Se under det første funksjonelle kriteriet
- Fargedybde – Se under det første funksjonelle kriteriet

Det funksjonelle kriteriet «Navigasjon i det digitale snittet (zooming og panorering) må skje responsivt med input og i myke, glidende overganger (ikke hakkete eller med merkbar forsinkelse fra input)» gir føringer for:

- maskinvarens evne til å prosessere bildet
 - Grafikk-kort (grafikkminne og GPU) – Grafikk-kortet driver bildet som vises i skjermen. Et utilstrekkelig grafikk-kort vil gi synlig haking når bildet skal oppdateres
 - Prosessor (frekvens, kjerner og type) – Samme som over
 - Minne – Minne kreves for å raskt kunne skifte mellom ulike programmer (som bildevisningsprogrammet og LIMS). Lite minne vil gjøre at man må vente på maskinen når man gjør oppgaver, spesielt bytter mellom ulike programmer eller sammenligning av digitale snitt
- Nettverket:
 - Båndbredde – Båndbredde er nødvendig for overføring av data. Liten båndbredde vil gi haking eller forsinkelser ved navigasjon i bildet
 - Latenstid – Forsinkelsen i meldingsflyt frem og tilbake over nettverket. Latenstiden påvirker om man opplever forsinkelse fra man zoomer eller panorerer til man ser effekten på skjermen

4.2 Anbefaling av teknisk spesifisering

4.2.1 Skjermer

- *Antall skjermer:*

En skjerm må dedikeres til bildediagnostikk. Det totale antall skjermer vil derfor bli antall skjermer man jobber på i dag +1, dvs. minst to.

Anbefalinger til skjerm omhandler kun skjermen til bildediagnostikk. Skjermen til administrative programmer kan fint være en ordinær kontorskjerm. Det kan videre vurderes om det er behov for mer enn to skjermer. Antall programmer patologen trenger å jobbe i for å svare ut et kasus kan gi en pekepinn på behovet for antall skjermer.

- *Skjermstørrelse:*

27" til 30". Skjermstørrelsen er med på å avgjøre hvor enkelt det er å identifisere små detaljer i prøven. En større skjerm vil gi et bedre oversiktsbilde av prøven og gjøre det mulig for patologen å lokalisere interessante områder raskere. Arbeidet deres kan da bli mer effektivt

En større skjerm enn 27" kan vise mer av materialet men vil føre til at patologen må bevege hodet for å fokusere ulike steder på skjermen

- *Skjermoppløsning:*
2,2K til 3,3K horisontal oppløsning for 27 tommer
2,5K til 3,6K horisontal oppløsning for 30 tommer
Skjermoppløsningen definerer antall pixler på skjermen, noe som igjen definerer hvor stor del av et digitalt snitt som kan vises på skjermen. Patologen kan derfor jobbe mer effektivt (se punktet over). Det er for øvrig en begrensning at for høy oppløsning vil føre til at objekter i bildet blir mindre (utgjør mindre areal på skjermen) og dermed kan små detaljer bli vanskelig å få øye på uten å zoome. Skjermstørrelse og oppløsning bør derfor sees i sammenheng (se punktet under)
Pixeltetthet:
100 – 150 PPI (Pixels pr inch) anbefales. Pixeltettheten definerer hvor mange pixler det er innen et gitt fysisk område på skjermen. Et høyere antall PPI gir et skarpere bilde men reduserer størrelsen av objekter på skjermen. Den anbefalte pixeltettheten gir en balanse mellom god oppløsning og størrelsen objekter utgjør på skjermen.
- *Lysstyrke:*
200-400 cd/m² lysstyrke anbefales. En høyere lysstyrke gjør at det blir større synlige forskjeller mellom ulike farger og nyanser i bildet. Dette blir desto viktigere jo mer lys som er i rommet fra før. Høyere lysstyrke gjør at patologen lettere greier å skille detaljer i bildet mens de har lys i rommet.
- *Kontrast:*
Kontrastratio på minst 1000:1 anbefales. Kontrasten gjør at det blir større synlig forskjell mellom mørke og lyse partier i bildet. Høyere kontrast vil derfor gjøre det lettere for patologen å se detaljer og skille disse fra hverandre i bildet.
- *Fargedybde:*
Skjermens fargedybde bør være like stor eller større enn fargedybden til skanneren som digitaliserer snittet, vanligvis 24 bit.
- *Oppdateringsfrekvens:*
60 Hz eller høyere anbefales. Dette er tilstrekkelig til at bildet på skjermen oppdateres så raskt at normale bevegelser i bildet oppleves myke. Svært hurtige bevegelser vil kunne føre til at man i noen millisekunder ser både nytt og gammelt bilde overlappet.
- *Paneltype:*
IPS anbefales, men teknologiutvikling kan gjøre at andre paneltyper, som f.eks. OLED, blir like aktuell. Paneltypene VA og TN frarådes for bildediagnostikk – se under for beskrivelse av paneltypene. Det finnes flere LCD (Liquid Crystal Display) skjermtyper. alle under betegnelsen flatskjermer. Disse ulike LCD teknologiene har spesifikke styrker, svakheter, prisklasse og tiltenkt bruksområde. Alle LCD skjermer har et hvitt baklys. I moderne skjermer er dette av LED (light-emitting diode) type. Innen de ulike hovedgrupper av skjermteknologier har ulike produsenter utviklet egne varianter. Her omtaler vi bare kort hovedtypene.

- TN paneler (Twisted Nematic) er generelt billige og har opptil 240 Hz oppdateringsfrekvens og meget kort responstid (2-5ms). Fargegjengivelse, innsynsvinkel og kontrast er dårlig sammenlignet med alle andre typer LCD paneler. Foretrekkes ofte til spill der responstid og oppdateringsfrekvens er viktige faktorer.
- VA paneler (Vertical Alignment) brukes ofte i skjermer av middels kvalitet. VA-skjermer har høyere kontrast ratio, og bedre innsynsvinkel og fargegjengivelse enn TN paneler. VA paneler har lavere oppdateringsfrekvens og høyest respons tid blant LCD skjermer. VA-panelenes største ulempe er fargeskift mellom ulike innsynsvinkler.
- IPS paneler (In Plane Switching) Benevnes ofte som den beste allround LCD teknologien. De er dyrere enn TN og VA paneler, men er kjent for høy bildekvalitet, nøyaktig og konsistent fargegjengivelse og har høyest innsynsvinkel. Oppdateringshastigheten er gjerne noe høyere enn VA paneler men tregere enn TN paneler. Billige IPS paneler har ofte lav lysstyrke. Dette er korrigert for i dyrere IPS paneler. Majoriteten av Medical grade fargeskjermer er basert på IPS teknologi.
- OLED paneler (Organic Light Emitting Diode) brukes i high-end TV-skjermer og flere produsenter har i løpet av de siste 2-4 årene introdusert OLED PC-skjermer. Teknologien gir svært høy kontrast, meget god farge-gjengivelse og stor innsynsvinkel. Oppdateringsfrekvensen er helt ned i 0,1 ms. Hovedutfordringen med OLED er burn-in som anses som et problem i PC skjermer hvor for eksempel menyer og andre faste elementer kan brennes inn og bli permanent synlige. I tillegg beskrives ujevnt tap av lysstyrke som et problem. Teknologien er ny og fortsatt under rask utvikling. Flere produsenter hevder å ha løsninger for nevnte problemer.

4.2.1.1 Skjerm med medical grade eller skjerm med commercial grade?

Vi anbefaler at medical grade skjermer vurderes for bruk til bildediagnostikk. Kost/nytte og tiltenkt bruk bør vurderes for å avgjøre om det er behov for medical grade skjermer til bildediagnostikk. Spesielt bør det vurderes hva slags diagnostikk skjermen skal brukes til og hva det vil kreve av kvalitet.

Det er mulig å bruke commercial grade skjermer i stedet for medical grade skjermer gitt at de oppfyller de tekniske anbefalingene som er listet over. Vi har ikke funnet noen studier som konkluderer med at medical grade skjermer gir bedre bilde enn gode commercial grade skjermer. Noen studier har funnet at det tar kortere tid å stille diagnose på medical grade skjermer og at de gir bedre brukeropplevelse, men det kan stilles spørsmål om sammenlikningen ble gjort med skjermer som hadde tilsvarende spesifikasjoner. Likevel anbefaler flere retningslinjer fra andre land å benytte medical grade skjermer for diagnostikk basert på digitale snitt. Retningslinjene som ikke anbefaler medical grade spesifikt påpeker at commercial grade skjermer bør fargekalibreres om de skal benyttes. Det spesifiseres ikke

hvor ofte slik fargekalibrering er nødvendig, men innen grafisk design opererer man gjerne med hver fjerde til sjetten uke. Medical grade skjermer trenger ikke slik kalibrering fordi den er innebygd.

En annen grunn til at vi trekker frem medical grade skjermer, er at disse er underlagt bestemte krav til kvalitet i bildegjengivelsen. Disse innbefatter konsistent kontrast, lysstyrke og fargegjengivelse både over hele skjermen og i hele skjermens levetid. Gode commercial grade skjermer kan ha meget god bildegjengivelse og også gi konsistent kontrast, lysstyrke og fargegjengivelse over hele skjermen, men de har ikke krav om det. Det er også kjent at commercial grade skjermer får redusert kontrast, lysstyrke og fargedybde over tid, men det er uvisst om det skjer så raskt eller i så stor grad at det har vesentlig praktisk betydning. Et annet moment er at commercial grade skjermer vil endre bildegjengivelsen noe fra de skrur på til de er blitt varme etter ca. en halv time, men det er igjen uvisst om det har praktisk betydning

Før en anskaffelse bør avdelingene, foretakene eller regionen gjøre en kost/nytte-vurdering av om de skal anskaffe medical grade skjermer eller commercial grade skjermer. Flere patologer i Norge har i flere år vurdert digitale snitt på både gode og mindre gode commercial grade skjermer og opplever ikke at det er nødvendig med medical grade skjerm. Men dersom færre kasus blir vurdert digitalt til fordel for mikroskop eller det tar lenger tid å stille en diagnose digitalt fordi patologene har commercial grade skjermer, kan investering i en medical grade skjerm fort lønne seg. En av de store gevinstene av digital patologi ligger i økt effektivitet i en digital arbeidsflyt og det forutsetter at de fleste kasus granskes digitalt.

4.2.2 Skjermkort og maskinvare

Med unntak av skjermkort er anbefalinger hentet fra en moderne stasjonær kontor-PC i mellomklasse mtp pris i 2019. Anbefalingene skal være tilstrekkelig til å drive prosesseringen av bildene på skjermene samt kjøre nødvendig programvare uten hakking eller forsinkelser.

4.2.2.1 Skjermkort

- Enklere industrinivå skjermkort (for eksempel Nvidia Quadro-serien eller AMD Radeon Pro-serien)
- Anbefalt 4 Gb skjermkortminne

Industrinivå skjermkort prosesserer bildet for å gi en mer presis bildegjengivelse enn f.eks. skjermkort rettet mot spill som fokuserer mer på hurtighet.

4.2.2.2 Maskinvare

- Prosessor:

3+ GHz og minst 4 kjerner vil stort sett være tilstrekkelig. Dersom leverandøren av DPS-programvaren anbefaler noe annet bør man forholde seg til leverandørens anbefaling

- Minne:
Minne kreves for å effektivt kunne kjøre flere programmer samtidig og bytte mellom disse, som f.eks. bildevisningsprogramvaren og LIMS. Minnet kan også være viktig dersom man skal se på flere snitt samtidig.
 - Anbefalt: 16 GB RAM

4.2.3 Nettverk⁴⁵

Man må skille mellom nettverket mellom skanner og bildelagringsarkivet og mellom bildelagringsarkivet og patologens datamaskin. Denne anbefalingen omhandler kun nettverket mellom bildelagringsarkivet og patologens datamaskin. Her må man også skille mellom behovet *ut fra* bildelagringsarkivet og behovet *inn til* patologens datamaskin siden bildelagringsarkivet gjerne skal kunne betjene flere brukere samtidig.

- *Båndbredde*
Båndbredde inn til hver patolog sin datamaskin på 40 Mb/s anbefales. Den totale lasten fra bildelagringsarkivet må beregnes basert på antall patologer og ventet bruk. For eksempel vil en avdeling med 10 patologer med ventet 30% bruk kreve $40 \text{ Mb/s} * 10 * 0,3 = 120 \text{ Mb/s}$ kapasitet fra bildelagringsarkivet.
Vi anbefaler også kablet tilkobling siden trådløs tilkobling vil være mer utsatt for redusert båndbredde og ytelse når det er mye trafikk på nettverket og generelt gir større variasjon i ytelsen.
Båndbredden er nødvendig for overføring av data og krav til båndbredden kan variere avhengig av visningsprogramvare. Liten båndbredde vil gi hacking eller forsinkelser ved navigasjon i bildet, og det er derfor viktig at båndbredden møter leverandørens anbefalinger.
Lavere båndbredde enn det vi anbefaler, og trådløs tilkobling kan fremdeles gi godt resultat, men det må testes hvert sted og med valgt visningsprogramvare.
- *Latenstid*
Latenstid er forsinkelsen mellom patologens datamaskin og bildelagringsarkivet (i kontekst av denne anbefalingen). Latenstiden påvirker om man opplever forsinkelse fra man zoomer eller panorerer til man ser effekten på skjermen. Latenstiden bør derfor være så lav som mulig og helst i området 1 til 60 millisekunder, noe som ofte vil si at det bør være få kommunikasjonsledd mellom patologens PC og bildelagringsarkivet.

⁴ [Whitepaper Pathology Remote Viewing IT requirements](#)

⁵ [Archival and Retrieval in Digital Pathology Systems](#)

4.2.4 Diskusjon: Blir det forskjeller ved ulike visningsprogrammer?

Ulik visningsprogramvare kan ha noe ulik metode for visning av store bilder. Kravene til spesifisering kan derfor variere noe fra leverandør til leverandør og det er viktig at man forholder seg til de krav eller anbefalinger leverandørene kommer med.

Det er også viktig å være klar over at bildeprosesseringen er ulik i ulike visningsprogrammer og kan påvirke den endelige kvaliteten av bildet på skjermen, samt påvirke kravene til servere og arbeidsstasjoner. Kravene til nettverk kan også påvirkes av om et visningsprogram strømmet bildet fra server eller overfører filen.

Visningsprogrammene kan også ha ulik støtte for navigasjonsutstyr og hvordan dette fungerer. Det vil være nyttig å teste eller få demonstrert disse forholdene i en anskaffelsesprosess før man velger program.

4.3 Anbefaling av oppsett og ergonomi

4.3.1 Generell ergonomi

En arbeidsplass deles ofte inn i tre soner etter avstand fra patologen; primærsonen er nærmest patologen og bør inneholde alt patologen skal håndtere hyppig i løpet av dagen, sekundærsonen er utenfor primærsonen og patologen må strekke armene for å nå utstyr i sekundærsonen, tertiærsonen er lengst vekk og krever at patologen flytter eller lener seg for å nå utstyret.

- Input-enheter (pekeutstyr, tastatur o.l.) bør plasseres i primærsonen
- I en læringsfase der man skal begynne å bruke digitale snitt kan det være gunstig å plassere mikroskopet i tertiærsonen for bevisst å gjøre det mer tungvint å bruke det. Dette gjelder ikke i valideringsfasen der man vil sjekke vurderinger basert på digitale snitt med vurdering av glass



Venstre bilde viser posisjonering og tilting av skjerm for optimal arbeidsposisjon. Høyre bilde viser arbeidssonene. Figurene er hentet fra National Institutes of Health⁶

⁶ [Computer Workstation Ergonomics: Self-Assessment Checklist](#)

4.3.2 Antall og plassering av skjermer

Se 4.2.1 punkt 1 for anbefaling om antall skjermer.

Av ergonomiske hensyn bør skjermene plasseres slik at øvre kant av skjermen omtrent er i øyehøyde og skjermen bør tiltes 10 til 20 grader oppover. Dette betyr at skjermene bør ha et stativ som gjør at de kan heves, senkes og tiltes. Det vil trolig være en del personlige preferanser knyttet til plassering av skjermer.

4.3.3 Pekeutstyr⁷

Vi anbefaler ikke noe spesifikt pekeutstyr siden vi har fått inntrykk av at det er mye personlige preferanser knyttet til pekeutstyr og input-enheter. Vi har likevel noen generelle anbefalinger:

- Det kan være gunstig for hver patolog å ha ulike typer pekeutstyr som de kan bytte mellom ildagen for å variere muskelbelastningen
- Det kan øke effektiviteten å benytte pekeutstyr i hver hånd eller lære seg hurtigtaster for hyppig brukte funksjoner på tastaturet
- Standardmusen er fremdeles helt grei å bruke
- Patologene bør få prøve de ulike variantene for å finne ut hva de liker best
- Sensitiviteten til pekeutstyret bør tilpasses den enkelte patologs preferanser og bør tilpasses forsiktig (små justeringer av gangen)
- Visningsprogramvare har ulik funksjonalitet for pekeutstyr og kan derfor påvirke effektiviteten av arbeidet
- I en innføringsfase kan en avdeling sette opp en arbeidsplass med avdelingens anbefalte oppsett, samt mikroskop og ulike former for pekeutstyr. Patologene kan da rotere på å sitte ved denne plassen og både validere diagnose basert på digitale snitt (validere ved bruk av mikroskop) og prøve ulikt pekeutstyr før en større anskaffelse

Pekeutstyr som ofte benyttes ved granskning av digitale snitt⁸:



⁷ [Research on Devices for Handling Whole Slide Images on Pathology Workstations. An Ergonomic Outlook](#)

⁸ [A comparative study of input devices for digital slide navigation](#)



4.3.4 Lys og bevegelse

Ved bruk av mikroskop blir visuelle forstyrrelser delvis utestengt fra systemet. Det er ikke tilfellet når patologen ser på en skjerm. Da vil bevegelse i sidesynet, sterke lyskilder m.m. kunne forstyrre konsentrasjonen. Det er derfor viktig å tenke gjennom dette ved plassering og oppsett av arbeidsplassen.

Med en skjerm med anbefalt lysstyrke og kontrast skal det være mulig å jobbe i et normalt opplyst rom, men refleks av sterke lyskilder bør unngås.

4.4 Relevante faktorer som ikke er vurdert her

Ifølge Håvard Danielsen, professor og leder ved institutt for kreftgenetikk og informatikk ved OUS, er visningsprogramvare og båndbredde de vanligste "flaskehalsene" for god ytelse. Dette stemmer godt overens med observasjoner gjort på SUS der systemet virket tregt i perioder på dagen med mye aktivitet på nettverket og båndbredden til å overføre digitale snitt ble redusert.

Harddisk-hastighet på servere kan også spille en rolle, men SUS har ikke opplevd deres servere som noen begrensning.

Med unntak av nettverk har vi ikke vurdert eller anbefalt noe omkring visningsprogramvare eller servere. Leverandører av visningsprogramvare vil trolig ha anbefalinger til både

nettverk og server-kapasitet og det vil være en fordel å forholde seg til disse anbefalingene (for eksempel ref. Philips sine anbefalinger i kapittel 5.3.2.2)

5 Basis for anbefalingene

5.1 Generelt om erfaringer med digital patologi

Prosjektet har innhentet erfaringer fra avdelinger og enkeltpersoner som arbeider i en digital flyt. I Nederland finnes minst to fulldigitaliserte patologilaboratorier, et privat (LABPON) og et offentlig (Utrecht). I Sverige har man i lengre tid skannet snitt i Linköping uten at alle patologene jobber digitalt mens man i Skåne startet digitalisering i april 2019 og allerede i august erfarte at flere patologer jobbet nesten bare digitalt. I Norge har Helse Midt startet en digital arbeidsflyt og over 75% av patologene der ser på digitale snitt når de vurderer kasus. Diagnosen settes foreløpig først etter at patologene også har sett på glassene. Flere patologer i Helse Vest har vurdert digitale snitt i flere år og noen patologer i Norge stiller innimellom diagnoser på laptop eller jobber digitalt mot andre land. Generelt kan man si at den enkelte patolog bruker varierende tid på å gå fra mikroskop til skjerm, men noen gjør det raskt. De problemene som valideringsstudier har påpekt ved overgang til digital diagnostikk, slik som å telle mitoser og vurdere dysplasi, skyldes sjelden digitaliseringen (skanning og visning på skjerm) men heller at det skannede snittet var for tykt eller dårlig på annen måte.

5.2 Arbeidsprosessen for å komme frem til anbefalingene

For å komme frem til anbefalingene har vi søkt informasjon i tre hovedløp:

- Leverandører: Vi har kontaktet Sectra og Philips for å høre deres anbefalinger til maskinvare. Vi hadde et møte med Philips der vi fikk mye nyttig informasjon og fikk mail med anbefalte spesifikasjoner fra Sectra
- Erfaringer: Vi har kontaktet ulike patologiavdelinger i utlandet som har jobbet med digitale snitt en stund for å få tilgang til deres erfaringer men fått lite tilbakemeldinger fra andre enn Utrecht. En del avdelinger har for øvrig publisert artikler om deres oppsett og erfaringer. Disse er omtalt i litteraturstudien (punktet under).
- Publikasjoner: Vi har søkt opp og lest gjennom artikler om systemkrav og - anbefalinger ved digital patologi, inkludert retningslinjer fra ulike nasjonale og internasjonale patologi-organisasjoner

Vi har **ikke** gjort egne tester av utstyr siden vi antar og anbefaler at det uansett gjøres som forarbeid til en konkret anskaffelse.

5.3 Anbefalinger fra leverandørene

Merk at leverandørene oppdaterer sine anbefalinger ved behov så det kan være avvik mellom anbefalingene som er gjengitt i dette kapittelet og anbefalinger som gis av leverandørene i en eventuell anskaffelsesprosess

5.3.1 Sammenstilling

Komponent	Philips	Sectra
Skjerm	<p>En større skjerm bør ha høyere oppløsning. 24" bør ha minimum 2,3 MP (gir 94 PPI). 27" bør ha minimum 3,7 MP (gir 109 PPI)</p> <ul style="list-style-type: none">• Pixeltetthet ca. 100 til 150 PPI• Lysstyrke (luminans) 200 – 400 Cd/m²• Kontrastrate 1000:1• Korrekt lysstyrke og kontrastrate (lav varians) over tid• Høydejustering og tilt <p>En eller to ordinære skjermer for LIMS mm.</p>	<p>27" eller 30" 8MP LED IPS monitor, min 60 Hz, eller 27" 4 MP LED IPS monitor, fortrinnsvis 144 Hz (min 60 Hz)</p> <p>Ekstra, ordinær skjerm for LIMS</p>
Prosessør	3 GHz, 4 kjerner	3,6 GHz, 4 kjerner
Minne	3 GB	8 GB
Grafikk-kort	<p>Støtte QHD oppløsning (2540x1440)</p> <p>Display port eller DVI-d dual link connection</p> <p>4 GB minne</p> <p>150 GB/s memory bandwidth</p>	Nvidia Quadro P600 eller P1000
Nettverk (mellom skanner og bildelagringsarkiv)	<p>300 Mb/s</p> <p>32 Mb/s/bruker til patologens arbeidsplass</p>	<p>Gigabit LAN</p> <p>Lav latenstid</p>
Pekeutstyr	Variere mellom ulikt pekeutstyr	3D Connexion Spacemouse Pro

5.3.2 Underlag

5.3.2.1 Sectra:

Operating system:

Windows 7 or Windows 10 64-bit

(32-bit Windows 7 and 10 is supported but not recommended)

Hardware:

- CPU: 3,6 GHz, 4 core
- Memory: 8 Gb
- NVIDIA Quadro P600 or Quadro P1000 graphics board.
Quadro P600 with 2 GB works fine in most cases. Quadro P1000 with 4 GB gives better performance

Display:

- One 27" or 30" 8MP LED IPS monitor (UHD e.g. 3840 x 2160 resolution), min 60 Hz refresh rate OR
- one 27" 4MP LED IPS monitor (e.g. 2560 x 1600 resolution), min 60 Hz refresh rate, 144 Hz if possible
(In our experience it is a matter of preference as to whether the reader prefers higher resolution or higher refresh rate. Higher resolution on a larger screen offers more detail and more image displayed without needing to pan, whereas higher refresh rate offers a smoother panning and zooming.)
- Information window/LIMS: Traditional off-the-shelf (commercial grade) LED monitor

Sectra mentions specifically that some users prefer Eizo RadiForce RX850 (8MP and 60Hz) while others prefer a 4MP screen with 144Hz

Network interface

- 1 Gigabit/s LAN connection (This is primarily for the connection between scanner and server. Lower bandwidth is possible for the client)
- Low latency is of higher importance than the bandwidth as such, since we only stream the tiles actually being viewed at the workstation, but want the display of those to be as smooth as possible.

Recommended interaction device

- 3D mouse – 3Dconnexion SpaceMouse Pro
(<http://www.3dconnexion.eu/products/spacemousepro.html>)

5.3.2.2 Philips:

Philips sine anbefalinger til tekniske spesifikasjoner:

Hardware:

- CPU: 3GHz, 4 kjerner anbefalt, 2.4 GHz, 2 kjerner minimum
- Minne: 3 GB minimum
- Nettverk – 1Gb/s anbefalt, 100Mb/s minimum
- Grafikk-kort:
 - Må støtte QHD oppløsning (2540x1440)
 - Display port eller DVI-d dual link connection
 - 4GB Grafikk-minne
 - 150 Gb/s båndbredde for minnet

Observasjoner og erfaringer fra Philips fra ulike patologilaboratorier i Europa

- Noen generelle betraktninger å tenke over:
 - Hvor mange applikasjoner skal benyttes hyppig? Det vil styre hvor mange skjermer man bør ha
 - Foregår det fremdeles arbeid på papir? Bør man ha en strekkode-leser?
 - Inneholder LIMS PDFer man trenger å åpne?
 - Skal man bruke mikrofon til f.eks. stemmestyring/diktering? Hvor bør denne i så fall plasseres
 - Skal man ha pedal for å styre dikteringsfunksjon eller lignende?
- Ergonomi
 - Tre ergonomisjoner i økende avstand fra patologen
 - Input-enheter (pekeutstyr, tastatur o.l.) bør plasseres i primærsonen
 - Ulike input-enheter bruker ulike muskler, derfor er det gunstig å skifte enheter i løpet av dagen
 - I en læringsfase der man skal begynne å bruke digital patologi kan det være gunstig å plassere mikroskopet i tertiærsonen for å bevisst gjøre det litt vanskeligere å bruke det
 - Toppen av skjermen bør være ca i øyehøyde
 - Skjermen bør være tiltet 10 til 20 grader oppover
- Skjerm
 - Anbefalingene er basert på FDA sine krav til skjermer for patologidiagnostikk
 - Mer pixler på skjermen gjør at mer av vevsprøven er synlig på skjermen og jo raskere kan diagnosen stilles
 - En større skjerm bør ha høyere oppløsning
 - 24" bør ha minimum 2,3 MP (gir 94 PPI)
 - 27" bør ha minimum 3,7 MP (gir 109 PPI)
 - Anbefalt pixeltetthet er ca. 100 til 150 PPI
 - Lysstyrke (luminans) anbefalt 200 – 400 Cd/m²
 - Kontrastraten bør være 1000:1, minimum 700:1
 - Må ha korrekt lysstyrke og kontrastrate (lav varians over tid)
 - Må kunne høydejusteres og tiltes
- Input-enheter

- funksjonaliteten i visningsprogramvaren kan påvirke effektiviteten av ulikt pekeutstyr
- Alternative pekeutstyr:
 - Vanlig mus
 - Avansert mus (gaming-mus)
 - Touchpad
 - 3d space navigator
 - 3d mouse pro
- Bytte av pekeutstyr ila dagen er bedre for langvarig bruk
- Sensitiviteten bør tilpasses og bør tilpasses forsiktig (små justeringer av gangen)
- To enheter som benyttes samtidig (en i høyre og en i venstre hånd) øker effektiviteten
- Standardmusen er fremdeles helt grei å bruke
- Erfaringer
 - To skjermer er et minimum for effektivt arbeid
 - Det er mange ulike individuelle preferanser for oppsett og skjermer. F.eks. et tilfelle der en patolog foretrakk en svær skjerm (50") hvor han så flere snitt av samme kasus samtidig
 - Integrasjon mellom LIMS og DPS er essensielt for å få en god og effektiv prosess
 - Planlegging – Ha en stegvis plan for overgangen til digitale snitt som tar høyde for at objektglass vil være i bruk parallelt med digitale snitt i noen tid etter innføring
 - Kan være lurt å sette opp en arbeidsstasjon med både skjermer for digitale snitt, ulikt pekeutstyr og mikroskop for å la patologene validere diagnoser basert på digitale snitt og for å la dem finne ut hva slags oppsett de liker (dette er sagt tidligere)
 - Philips sin erfaring er at de 25% av laboratoriene (Philips sine kunder) som i størst grad har fokusert på å bli digitale er også de laboratoriene som i størst grad benytter medical grade skjermer. Det er uklart om digitaliseringen gikk lettere fordi de valgte slike skjermer eller om de primært valgte dem for å lette overgangen til digital diagnostikk.
- Maskinvare
 - For Philips sin løsning gjør serveren all rendering (prosessering) av bildet og sender til klienten (patologens PC). Dette er et såkalt tynnklient-oppsett
 - Nettverket er viktigere i et tynnklient-oppsett – bør være minimum 32 Mb/s/person
 - For å skalere nettverket riktig må man vurdere hvor mange som maksimalt (praktisk sett) skal se på digitale snitt samtidig
 - Fra skanner til server krever betydelig raskere nettverk – 300 Mb/s
 - Lagring – mest relevant for server
 - Tre ulike nivåer anbefales
 - Nivå 1 – hot storage - Stor datamengde skal gjennom, rask lagringskapasitet nødvendig, skal lagres her i kort tid
 - Nivå 2 – Warm storage – Typisk for å se digitale snitt, lagring i 3-6 måneder

- Nivå 3 – Cold storage – Langtidslagring, tregt å hente frem data

5.4 Erfaringer fra brukere

5.4.1 Erfaringer fra University Medical Center Utrecht

Innspill og erfaringer fra University Medical Center Utrecht (Paul J van Diest, MD, PhD Professor and Head, Department of Pathology and Nikolas Stathonikos, IT Manager UMC Utrecht).

Skjermer:

De fleste patologer i Utrecht bruker tre skjermer; en 4K skjerm for visning av histologiske bilder og to vanlige skjermer for visning av LIMS, HIS (program for å lage synoptisk svarrapport), epost, kalender o.l.

- Størrelse på skjermen til bildediagnostikk: 27"
 - I innledende tester konkluderte de med at 27" var den optimale størrelsen. Større skjermer ville kreve hodebevegelse for å granske bildet og dermed redusere effektiviteten
- Skjerm til bildediagnostikk: LG IPS LED (commercial grade – se kommentarer lenger nede)
- Øvrige skjermer: To vanlige skjermer (Compaq LA2405x)

Maskinvare

Maskinvaren bør være ihht DPS-leverandøren sin anbefalte spesifisering. En god prosessor er viktig for hurtig henting og visning av bilder.

Skjermkort

ATI firepro (profesjonell/industrinivå GPU)

Pekeutstyr/input

Alle patologene i Utrecht bruker 3D-mus fra Connexion I tillegg til vanlig mus.

Nettverk

- 1 gigabit/s nettverk for patologenes arbeidsstasjoner
- 10 gigabit/s for servere

Erfaringer

- Ulike skjermer og ulikt pekeutstyr ble testet før anskaffelsen
 - En konkret konklusjon fra testene var at FOV burde være det dobbelte av et mikroskop når man ser på digitale snitt

- Skjermen bør gjengi like farger også når man ser på den fra andre vinkler enn rett på (f.eks. om to patologer skal se på et digitalt snitt i felleskap)
- Alle patologene foretrakk 3D-mus
- Medical grade skjermer ble også testet og gjorde et veldig godt inntrykk kvalitetsmessig. De konkluderte likevel med at det var en begrenset økt nytteverdi av slike skjermer og at den nytteverdien ikke kunne forsvare den økte kostnaden ved slike skjermer
- Skjermene som benyttes i Utrecht har fungert fint i de fire årene de har vært brukt uten noen form for kalibrering av farge, lysstyrke eller kontrast
- I Utrecht opplever de at de gjorde et godt valg av skjermer og utstyr

5.5 Litteraturgjennomgang

5.5.1 Sammenstilling

Ved innføring av digital patologi definert som digitalisering og forbedring av hele prosessen fra rekvirent til svarrapport er avgitt, vil patologens arbeidsstasjon kun være et lite men viktig element i en større endring og investering. Majoriteten av beregnede gevinster oppnås gjennom forbedret IT støtte gjennom hele prøvens prosess fra rekvirent, gjennom laboratoriet, og til slutt for patologen. Forenkling og digitalisering av logistikken rundt prøvene, innhenting av gamle prøver, historikk, konsultasjon, forberedelser til MDT møter og undervisning, bortfall av en rekke manuelle oppgaver og forbedret pasientsikkerhet gjennom reduksjon av feil.

Det forventes ikke at patologens granskning av digitale snitt sammenlignet med tradisjonell granskning i mikroskop i seg selv vil føre til vesentlig endring av tidsforbruk per prøve forutsatt god nok arbeidsstasjon samt opplæring og trening av brukeren. For at majoriteten av andre gevinster skal kunne oppnås, er det imidlertid en forutsetning at patologene i stor grad konverterer til granskning av digitale snitt på skjerm. For at patologene skal konvertere til digital diagnostikk må arbeidsstasjonen være av høy kvalitet slik at granskningstiden per prøve blir lik eller raskere enn ved tradisjonell mikroskopi og at diagnostisk sikkerhet blir lik eller bedre enn dagens 1-3].

Valideringsstudier

Et stort antall valideringsstudier viser at diagnostisk sikkerhet ved granskning på skjerm er like god som ved tradisjonell mikroskopi. Flere av disse studiene er basert på at granskningen er utført på medical grade skjermer [4, 5]. Andre store validerings studier [6] er utført på høyt spesifiserte commercial grade monitører med tilleggsprogramvare for kalibrering. Ett mindre studie sammenlignet en høyt spesifisert commercial grade monitor med en medical grade monitor for mitosetelling og identifikasjon av H. Pylori. Denne studien konkluderte med at det ikke var vesentlig forskjell mellom disse monitørene [7].

Internasjonale guidelines

Flere internasjonale guidelines fokuserer på testing og validering av DPS systemet i sin helhet samt kriterier for trening og validering av den enkelte patolog før digitale snitt tas i bruk for diagnostikk. Mange av disse retningslinjene gir ikke konkrete spesifikasjoner for hvilken kvalitet eller ytelse skjermer, PC, pekeutstyr med mere bør ha, men uttaler at det er opptil patologen å vurdere om gitt utstyr er adekvat for å stille en gitt diagnose [8-10].

I amerikanske laboratorier kreves det at DPS-systemet er godkjent av FDA. Per nå er det kun Phillips sitt DPS-system (skanner, visningsprogramvare og medical grade monitor) som har FDA-godkjenning for primær diagnostikk.

I retningslinjer fra Royal College of Pathologists [11] anbefales det at medical grade monitører benyttes for granskning av digitale snitt. Alternativt kan commercial grade monitører benyttes forutsatt at tilstrekkelig kalibrering utføres jevnlig. Denne retningslinjen gir eksempler på monitører som er i bruk ved utvalgte avdelinger. HP ZR2440wL og PP27QHD har vært brukt i noen av de største valideringsstudier (Tab. 1).

Tabell 1

Location	Manufacturer and model	Resolution (with x height, megapixels)	Other specifications/ configuration
Coventry	Hewlett Packard ZR2440wL	1920 x 1200 3 MP	Non-medical grade Calibrated using SpyderPro calibration system from Datacolor Inc.
Leeds	Barco MDCC6430	3280 x 2048 6 MP	Medical grade Gamma set to 2.2 sRGB calibrated luminance 400 cd/m ² (calibrated)
Philips FDA approval study	PP27QHD	2560 x 1440 4 MP	Medical grade Gamma set to 2.2 sRGB calibrated luminance 350 cd/m ²
Linköping, Sweden	Eizo RX850	4096 x 2160 8 MP	Medical grade Gamma set to 2.2 sRGB calibrated luminance 400 cd/m ² (calibrated)

Tyske retningslinjer lister opp konkrete spesifikasjoner for monitører uten å stille krav om at monitørene bør eller skal ha medical grade klassifisering [12]. De spesifikasjoner som listes opp er typisk for medical grade klassifiserte monitører (Tab. 2).

Tabell 2. Tyske retningslinjer

Resolution/size/format	2560x1600 (4MP)-27 inch 16:10	Recommended
Resolution/size/format	3840x2160 (8MP) 32 inch 16:9	Recommended
Min contrast	1:1000	
Max brightness	300 cd/ m ²	
Min brightness	0,5 cd/ m ²	
Bit depth (true color) recommended	24 bit	recommended
Bit depth min gray scale	8 bit	Not sufficient for grayscale radiographic images
Color profiles		Recommended but optional
Automatic calibration		Recommended
Manual calibration		manual calibration at regular intervals according to manufacturer's recommendations

Generelt anbefales det at utstyr og monitor velges i forhold til tiltenkt bruk. Er tiltenkt bruk fulldigital tolkning av diagnostikk stilles det høyere krav enn om tiltenkt bruk er en kombinasjon mellom digitale bilder og tradisjonell mikroskopi.

Det er ønskelig at hele prosessen med skanning, komprimering av bildefiler, lagring, overføring og visning på skjerm bevarer bildekvalitet og fargeinformasjon mest mulig likt det man ser i mikroskopet. Ulike produsenter av utstyr og programvare for hele kjeden fra skanning til visning på skjerm har valgt egne og ofte ulike standarder. Per nå eksisterer det ikke enighet om hvilke standarder som bør benyttes. Uheldige kombinasjoner av utstyr og programvare kan føre til en mismatch med betydelig reduksjon av bildekvalitet og fargeinformasjon som sluttresultat. En ende-til-ende testing og validering av hele kjeden fra skanning til monitor er derfor anbefalt [8, 11, 13].

En typisk snitt-skanner har ved 40x en oppløsning på 0,25µm per pixel og 24-bit fargedybde (8-bit=256 farger, 16-bit=65536 farger, 24-bit=16,7 millioner farger). Øyet kan skille mellom minst 10 millioner farger og sensitiviteten er høyest for ulike fargetoner i området fiolett-rød-blå. Det er derfor kanskje ikke tilfeldig at blå hematoxilin og rød eosin er valgt som standard for rutine HE-farging av histologiske snitt [14-16]. Dette betyr at en snitt-skanner er i stand til å gjengi autentiske fargetoner på samme nivå som øyet kan oppfatte. Ulike bildekomprimerings-algoritmer kan redusere eller påvirke fargegjengivelsen. Komprimering

gjøres for å redusere filstørrelsen og lagringsvolumet, men også for å øke overføringshastighet til patologens arbeidsstasjon. Filstørrelse, lagringskostnad og overføringshastighet bør derfor vurderes kritisk opp mot hverandre.

Ved bruk av skjerm som har lavere fargedybde enn det skanneren produserer vil bildet som vises på skjermen logisk vises med redusert kvalitet og fargeoppløsning med maksimalt de antall fargetoner som skjermen kan vise. Studier viser at ikke-kalibrerte skjermer kan vise svært varierende farger. For eksempel kan lyse og mørke fargetoner av en gitt farge bytte posisjon på en skala fra lys til mørk. Slike endringer vil ikke skje dersom en kalibreringsstandard benyttes. En annen åpenbar fordel med kalibrering av utstyret er at alle skjermer vil vise bildet på samme måte med identiske farger, lys og kontrast [16]. Typisk for *billige* commercial grade monitorer er at de taper kontrast, lysstyrke og fargegjengivelse over tid, og har ingen eller begrensede muligheter for kalibrering. Medical grade monitorer har innebygd automatisk kalibrering og vil vise konsistent bildekvalitet i hele skjermens levetid.

Kalibrering av skanner, monitor og visningsprogramvare

Det er utviklet en rekke ulike fargeprofiler (DICOM, ICC, GSDF, CSDF med flere)[17]. Ved kalibrering av både skanner og monitor sikres det at farger gjengis korrekt på skjermen i forhold til brukt kalibreringsstandard. Enkelte profiler er spesielt utviklet for å fremheve fargenyanser som finnes i histologiske snitt og at dette kan gjøre tolkningen enklere, sikrere og raskere [14, 18,].

Snitt-skannere har vanligvis automatisk kalibrering, men standarden varierer mellom ulike typer skannere. Ved sammenligning av fargegjengivelse er det vist at ulike typer skannere kan gjengi fargene på svært ulik måte. Det er også påvist betydelige forskjeller mellom skannere av samme type [19]. Ved anskaffelse bør det klarlegges hvilke muligheter skanner, skjerm og visningsprogramvare har for farge-kalibrering og særlig viktig hvordan ulike komponenter av utstyr og programvare vil fungere sammen.

I tillegg til korrekt farge-gjengivelse vil andre faktorer som skjermens lysstyrke og kontrast i stor grad ha betydning for hvordan øyet oppfatter små men viktige nyanser [14-16]. Flere studier konkluderer med at medical grade monitorer sammenlignet med bærbar PC eller standard kontor-monitorer gir raskere diagnostikk. Kanskje enda viktigere er det vist at medical grade skjermer med høyere lysstyrke, bedre fargegjengivelse, bedre kontrast og automatisk kalibrering i forhold rommets belysning gjør at patologen lettere oppfatter små men viktige detaljer og oppfatter diagnostikken som tryggere. I tillegg rapporteres det om mindre stress for øyne og generelt bedret ergonomi og utholdenhet [15, 20-25].

Referanser:

1. Baidoshvili, A., et al., *Evaluating the benefits of digital pathology implementation: time savings in laboratory logistics*. *Histopathology*, 2018. **73**(5): p. 784-794.

[Link til artikkelen](#) (trenger abonnement)

2. Retamero, J.A., J. Aneiros-Fernandez, and R.G. Del Moral, *Complete Digital Pathology for Routine Histopathology Diagnosis in a Multicenter Hospital Network*. Arch Pathol Lab Med, 2019.
[Link til artikkelen](#)
3. Griffin, J. and D. Treanor, *Digital pathology in clinical use: where are we now and what is holding us back?* Histopathology, 2017. **70**(1): p. 134-145.
[Link til artikkelen](#)
4. Mukhopadhyay, S., et al., *Whole Slide Imaging Versus Microscopy for Primary Diagnosis in Surgical Pathology: A Multicenter Blinded Randomized Noninferiority Study of 1992 Cases (Pivotal Study)*. Am J Surg Pathol, 2018. **42**(1): p. 39-52.
[Link til artikkelen](#)
5. Evans, A.J., et al., *US Food and Drug Administration Approval of Whole Slide Imaging for Primary Diagnosis: A Key Milestone Is Reached and New Questions Are Raised*. Arch Pathol Lab Med, 2018. **142**(11): p. 1383-1387.
[Link til artikkelen](#)
6. Snead, D.R., et al., *Validation of digital pathology imaging for primary histopathological diagnosis*. Histopathology, 2016. **68**(7): p. 1063-726.
[Link til artikkelen](#)
7. Norgan, A.P., et al., *Comparison of a Medical-Grade Monitor vs Commercial Off-the-Shelf Display for Mitotic Figure Enumeration and Small Object (Helicobacter pylori) Detection*. Am J Clin Pathol, 2018. **149**(2): p. 181-185.
[Link til artikkelen](#)
8. Pantanowitz, L., et al., *Validating whole slide imaging for diagnostic purposes in pathology: guideline from the College of American Pathologists Pathology and Laboratory Quality Center*. Arch Pathol Lab Med, 2013. **137**(12): p. 1710-22.
[Link til artikkelen](#)
9. Canadian Association of Pathologists Telepathology Guidelines, C., et al., *Guidelines from the Canadian Association of Pathologists for establishing a telepathology service for anatomic pathology using whole-slide imaging*. J Pathol Inform, 2014. **5**(1): p. 15.
[Link til artikkelen](#)
10. Guidelines for Digital Microscopy in Anatomical Pathology and Cytology. The Royal College of Pathologists of Australasia (RCPA) 2015.
[Link til artikkelen](#)
11. Simon Cross, et al., *Best practice recommendations for implementing digital pathology* The Royal College of Pathologists, 2018.
[Link til artikkelen](#)
12. Peter Hufnagl, Ralf Zwönitzer, and G. Haroske, *Guidelines Digital Pathology for Diagnosis on (and Reports of) Digital Images Version 1.0 Bundesverband deutscher Pathologen e.V. (Federal Association of German Pathologist)*. Diagnostic Pathology, 2018. **4**(1).
[Link til artikkelen](#)

13. Hufnagl, P., et al., [*Implementation of the "Digital Pathology in Diagnostics" guideline : Support systems and their functionality*]. *Pathologe*, 2018. **39**(3): p. 222-227.
14. Clarke, E.L. and D. Treanor, *Colour in digital pathology: a review*. *Histopathology*, 2017. **70**(2): p. 153-163.
[Link til artikkelen](#) (trenger abonnement)
15. Darren Treanor and B. Williams, *The Leeds Guide to Digital Pathology*. 2018.
[Link til artikkelen](#)
16. Zarella, M.D., et al., *A Practical Guide to Whole Slide Imaging: A White Paper From the Digital Pathology Association*. *Arch Pathol Lab Med*, 2019. **143**(2): p. 222-234.
[Link til artikkelen](#)
17. Kimpe, T., et al., *Color standard display function: A proposed extension of DICOM GSDF*. *Med Phys*, 2016. **43**(9): p. 5009.
[Link til artikkelen](#)
18. Kather, J.N., et al., *New Colors for Histology: Optimized Bivariate Color Maps Increase Perceptual Contrast in Histological Images*. *PLoS One*, 2015. **10**(12): p. e0145572.
[Link til artikkelen](#)
19. Yagi, Y., *Color standardization and optimization in whole slide imaging*. *Diagn Pathol*, 2011. **6 Suppl 1**: p. S15.
[Link til artikkelen](#)
20. Randell, R., et al., *Effect of display resolution on time to diagnosis with virtual pathology slides in a systematic search task*. *J Digit Imaging*, 2015. **28**(1): p. 68-76.
[Link til artikkelen](#)
21. Elizabeth A. Krupinski, et al., *Observer Performance Using Virtual Pathology Slides: Impact of LCD Color Reproduction Accuracy*. *J Digit Imaging*, 2012. **25**: p. 738-743.
[Link til artikkelen](#)
24. D'Haene, N., et al., *Comparison study of five different display modalities for whole slide images in surgical pathology and cytopathology in Europe*. *SPIE Medical Imaging*. Vol. 8676. 2013: SPIE.
[Link til artikkelen](#)
25. Rojo, M.G. and G. Bueno, *Analysis of the impact of high-resolution monitors in digital pathology*. *J Pathol Inform*, 2015. **6**: p. 57.
[Link til artikkelen](#)
26. Krupinski, E.A., et al., *Eye-movement study and human performance using telepathology virtual slides: implications for medical education and differences with experience*. *Hum Pathol*, 2006. **37**(12): p. 1543-56.
[Link til artikkelen](#) (Trenger abonnement)
27. Thorstenson, S., J. Molin, and C. Lundstrom, *Implementation of large-scale routine diagnostics using whole slide imaging in Sweden: Digital pathology experiences 2006-2013*. *J Pathol Inform*, 2014. **5**(1): p. 14.
[Link til artikkelen](#)