

Arbeidsenheten er polygonkanten: en kostmodell prøvd på 273 instanser, og to kontroller som ikke fantes

Ola Jacob Mjølven Iversen

Fellag AS (BoatNav), Kongsberg, Norge · olajacob@fellag.as

BoatNav Research Note 2026-05 · versjon 1.0, 2. august 2026 · preprint — ikke fagfellevurdert

Abstract. Research Note 2026-04 retracted a mechanism claim about post-simplification cost and left the exponent unestablished, because two data points cannot carry one. This note establishes it. We instrumented the routine to count the unit of work it actually performs — *polygon edge visits* — and ran the instrumented code over the full frozen corpus of 273 instances. **Time is linear in edge visits:** the log-log exponent is 0,922 over all 112 instances with geometry work, and converges to 0,990 and 0,995 as a measurement floor is excluded ($R^2 = 0,9996$). Four alternative predictors are reported alongside; raw vertex count, the quantity the retracted claim named, explains almost nothing ($R^2 = 0,2451$). **The form is uniform across all three water types** once the floor is removed — an apparent stratum effect in open coast (0,842) dissolves to 0,974 and is the same floor, not a different regime. Two process findings accompany the result, and both concern controls that were reported or assumed rather than executed: a field comparison stated three times without having been run, and an analysis script that silently overwrites the very artefact it reports on. The second was found while preparing this note, by the same mechanism that found the first — two sources disagreeing.

Keywords: experimental algorithmics; cost models; computational geometry; pre-registration; reproducibility; maritime route planning.

Sammendrag. Research Note 2026-04 trakk en mekanismepåstand om etterforenklingens kostnad og lot eksponenten stå uavklart, fordi to punkter ikke kan bære en. Dette notatet avklarer den. Vi instrumenterte rutinen til å telle den arbeidsenheten den faktisk utfører — *besøkte polygonkanter* — og kjørte den instrumenterte koden over hele det frosne korpuset på 273 instanser. **Tiden er lineær i kantbesøk:** log-log-eksponenten er 0,922 over alle 112 instanser med geometriarbeid, og konvergerer mot 0,990 og 0,995 når et målegulv utelates ($R^2 = 0,9996$). Fire alternative prediktorer rapporteres ved siden av; råstiens verteksantall, størrelsen den trukne påstanden navnga, forklarer nesten ingenting ($R^2 = 0,2451$). **Formen er uniform over alle tre farvann** når gulvet fjernes — en tilsynelatende stratumeffekt i åpen kyst (0,842) løser seg opp til 0,974 og er samme gulv, ikke et annet regime. To prosessfunn følger resultatet, og begge gjelder kontroller som ble rapportert eller antatt framfor kjørt: en feltsammenlikning oppgitt tre ganger uten å ha vært utført, og et analyseskript som stilltiende overskriver nettopp det artefaktet det rapporterer om. Det andre ble funnet under arbeidet med dette notatet, av samme mekanisme som fant det første — to kilder som var uenige.

1 Innledning

Et ruteforslag i BoatNav regnes ut i fire faser: flisuthenting, rutenettkonstruksjon, A*-søk og etterforenkling. Research Note 2026-04 [3] viste at fasen som ser ut som flaskehalsen avhenger av maskinen, og at et arkitekturvalg tatt på profilering fra feil motor ville angrepet feil fase.

Samme notat trakk en påstand fra vår egen verifikasjonsrapport: etterforenklingen var beskrevet som kvadratisk i råstiens verteksantall. Grunnlaget var to punkter. Over seksten instanser ga regresjonen $v^{1,59}$ med $R^2 = 0,384$, og eksponenten lot seg ikke fastslå av de dataene. Påstanden ble derfor trukket framfor justert.

En trukket påstand etterlater et hull. Fase 2 skal velge nye etterbehandlingsverdier, og et slikt valg trenger å vite *hva arbeidet består i*: hvilken størrelse tiden faktisk følger. Uten den kan man bare gjette hvilken knapp som virker.

Dette notatet fyller hullet. Fremgangsmåten er den enklesste som finnes, og den ble valgt nettopp fordi den ikke krever en hypotese: vi bygde en teller inn i rutinen og talte hva den gjør.

1.1 Bidrag

1. En kostmodell etablert ved instrumentering framfor slutning, prøvd på hele det frosne korpuset — 273 instanser, 112 med geometriarbeid (§2–§3).
2. **Påvisning av at tiden er lineær i besøkte polygonkanter**, med gulveffekten identifisert og forklart framfor bortdefinert (§3).
3. Fire alternative prediktorer på samme datasett, som viser hvor langt den trukne påstandens størrelse er fra å forklare noe (§4).
4. En stratumpåstand rettet: den tilsynelatende svekkelsen i åpen kyst er **samme gulveffekt**, og formen er uniform over farvann (§5).
5. To prosessfunn om kontroller som ikke ble kjørt, det andre oppdaget under arbeidet med dette notatet (§6).

2 Apparatet

Korpuset er frosset og har vært det siden 26. juli: 273 instanser med SHA-256 b13a98ec, fasit 96020cd3, flismanifest 9f45be95. Instansene er stratifisert over tre farvann — ind-

re skjærgård, fjord og åpen kyst — og tre lengdebånd, med tre forankringsinstanser i tillegg. Frysingene er beskrevet i Research Note 2026-03 [2].

2.1 Telleren

Etterforenklingen prøver om et legg kan kortes ned ved å sjekke det mot landgeometrien. Den operasjonen bryter til slutt ned i én ting: å prøve et linjestykke mot en *polygonkant*. Telleren registrerer hvert slikt kantbesøk.

Fire tall logges per instans i tillegg til tiden: råstiens verteksantall v , antall kandidatflater, antall flater etter filtrering, antall utførte klarings tester og antall kantbesøk. De fire første er alle plausible kostnadsdrivere. De er tatt med fordi en kostmodell som bare rapporterer sin egen prediktor ikke lar seg prøve: sammenlikningen krever at alternativene står ved siden av, regnet på samme instanser.

2.2 Hva denne kjøringen kan og ikke kan

Kjøringen er $n = 1$ per instans. Den prøver *formen*, ikke konstanten. Fase 1 hadde 30 instanser med $n = 20$ og festet konstanten; denne kjøringen dekker alle 273 én gang og spør om formen holder utenfor de 30.

Av de 273 har 112 geometriarbeid å måle. De øvrige 161 har null kantbesøk: ruta trengte ingen forenkling, eller den ble avvist før etterforenklingen. De er utelatt fra regresjonene, og antallet er oppgitt overalt.

Alle tall i dette notatet er regnet på nytt fra det committede artefaktet med en uavhengig regresjon, ikke lest av implementasjonsspoets utskrift.

3 Formen: tiden er lineær i kantbesøk

Log-log-regresjonen over alle 112 instanser med arbeid gir

$$ms \sim \text{kanter}^{0,922}, \quad R^2 = 0,9826.$$

En eksponent under 1 ville, tatt for pålydende, betydd at arbeidet blir billigere per enhet når det blir mye av det. Det er ikke det som skjer.

3.1 Gulvet, identifisert

Ti av de 112 instansene har under 10 000 kantbesøk. *Alle ti måler under 0,70 ms* — den største er 0,694 ms. På den skalaen er fast overhead en merkbar andel av det målte, og med $n = 1$ finnes ingen midling som demper det.

Utelates de, konvergerer eksponenten mot 1:

terskel	n	eksponent	R^2
alle med arbeid	112	0,922	0,9826
> 10 000 kanter	102	0,990	0,9996
> 1 000 000 kanter	77	0,995	0,9996

Konvergens er poenget. En avvikende form ville ikke blitt mer lineær av at man ser på større instanser; en måle-gulveffekt blir det, fordi den faste andelen krymper.

3.2 Konstanten er ikke formen

Med en rett linje gjennom origo gir de 112 instansene

$$ms = 0,0703 \mu s/\text{kant} \times \text{kanter}, \quad R^2 = 0,9997.$$

Fase 1-kjøringen (30 instanser, $n = 20$) festet konstanten til $0,0727 \mu s/\text{kant}$. De to ligger 3,3 % fra hverandre på samme maskin, hvilket er som forventet når den ene er en enkeltmåling per instans og den andre et snitt over tjue.

Konstanten skal ikke forveksles med formen, og den gjelder ikke Hermes. Research Note 2026-04 viste at motorstraffen varierer fra $3,4\times$ til $48,8\times$ mellom fasene, og at et samlet forholdstall ikke er veldefinert. Et enhetsbudsjett kan derfor ikke utledes av disse konstantene alene. Det er formen som overføres mellom maskiner; tallet foran den er maskinens.

3.3 Skalaen

Den største instansen i korpuset — AAK-L3-001, åpen kyst, over 30 nm — utfører **593 198 880 kantbesøk** for én rute, og bruker 41,3 sekunder på det. Medianen er 227,8 kantbesøk per klarings test.

Et halvt milliard kantbesøk for ett ruteslag er tallet fase 2 skal ned fra. Det er verdt å merke seg at størrelsen først ble synlig da noen talte den.

4 Fire prediktorer, samme datasett

Kantbesøk er ikke den eneste kandidaten. Tabellen gir alle fem på nøyaktig samme 112 instanser.

prediktor	eksponent	R^2
v (råstiens vertekser)	2,037	0,2451
kandidatflater	1,286	0,9235
flater etter filtrering	1,109	0,9562
klarings tester	0,964	0,9552
kantbesøk	0,922	0,9826

To ting er verdt å lese ut av den.

Verteksantallet forklarer nesten ingenting. $R^2 = 0,2451$. Den trukne påstanden navnga nettopp denne størrelsen, og regresjonen gir riktignok en eksponent nær 2 — men på et grunnlag som ikke bærer. Å lese «kvadratisk» ut av den ville vært å lese en form ut av støy. Dette er den kvantitative bekreftelsen på at retraksjonen i Research Note 2026-04 var riktig, og den er sterkere enn begrunnelsen som ble gitt der.

Klarings tester er nesten like god som kantbesøk — 0,9552 mot 0,9826. Det er ikke overraskende, siden hver test bryter ned i kantbesøk. Kantbesøk vinner fordi antallet kanter per test varierer med geometrien, og det er kantene arbeidet faktisk gjøres på.

5 Formen er uniform over farvann

Registreringen førte 30. juli en bekymring: korpuset underdekker trangt farvann, der kantettheten er høyest. Spørsmålet var om modellen svekkes der.

Den umiddelbare avlesningen pekte motsatt vei — svekelsen lå i *åpen kyst*:

farvann	<i>n</i>	alle	uten golv	golv
indre skjærgård	36	0,958	0,996	3
fjord	43	0,967	0,992	3
åpen kyst	30	0,842	0,974	4
forankring	3	0,978	0,978	0

Uten golv betyr instanser over 10 000 kantbesøk. For åpen kyst er R^2 da 0,9995.

Det er samme gulveffekt. Åpen kyst har omtrent dobbelt så stor andel instanser under gulvet — 4 av 30, mot 3 av 36 og 3 av 43 — fordi den har minst geometriarbeid per instans. Når de fjernes, ligger åpen kyst på linje med de to andre.

Konklusjonen blir enklere enn den første avlesningen: **formen er uniform over alle tre farvann.** Ikke «holder i trangt farvann, svekkes i åpent».

Bekymringen fra 30. juli gjelder fortsatt *dekningen* — korpuset har færre trange instanser enn populasjonen. Men konsekvensen den pekte på for denne modellen er avkrefet. Trusselen var reell som trussel, og prøvingen svarte på den.

6 To kontroller som ikke fantes

Begge funnene under gjelder kontroller som ble *rapportert eller antatt* framfor utført. Begge ble funnet ved at to kilder var uenige, ikke ved gjennomlesning.

6.1 En feltsammenlikning oppgitt tre ganger

Implementasjonssporet meldte selv, uoppfordret, at påstanden «radhash 7acd5b15, 0 avvikende feltverdier over 273 rader» var oppgitt tre ganger uten at feltsammenlikningen var gjort.

Mekanismen: `k0-baseline.mjs` skriver bare en delvis fil; referansen settes sammen av et eget skript som ikke ble kjørt. Sammenlikningen gikk derfor mot en fil som var uendret siden 29. juli — altså mot en kopi av seg selv.

Radhashen var ekte og ble regnet fra ferske rader hver gang, så konklusjonen holdt. Det var kontrollen ved siden av som ikke fantes. Gjort ordentlig i etterkant: 5 460 feltsammenlikninger, 0 avvik.

Research Note 2026-02 [1] hadde allerede ført den analoge prosesspåstanden som *ikke etterprøvd*, med botemiddelet foreskrevet: radhashen fra hver kjøring må logges. Trusselregisteret pekte på hullet tre dager før det ble funnet fra andre kanten.

6.2 Et skript som overskriver sitt eget grunnlag

Under arbeidet med dette notatet kjørte forskningssporet analyseskriptet for å hente tallene. Skriptet leser den delvise målefila og *skriver* det frosne artefaktet. Siden den delvise fila var endret av senere arbeid, ble artefaktet regenerert med nye tider: 270 av 273 rader fikk ny verdi.

Det ble oppdaget fordi utskriften ikke stemte med registreringen — eksponent 0,919 mot 0,922, konstant 0,0718 mot 0,0703. Artefaktet er gjenopprettet fra versjonskontroll, og alle tall i dette notatet er regnet fra den committede versjonen, som reproducerer registreringer eksakt.

Funnet er ikke at noen gjorde en feil, men at oppset-

tet tillater den lydløst. Et analyseskript som kan overskrive artefaktet det rapporterer om, uten å si fra, gjør enhver senere kjøring til en mulig kilde til stille drift. Tiltaket hører til protokollen framfor til denne målingen, og er ført som åpent punkt.

7 Hva som ikke er målt

$n = 1$ **per instans.** Denne kjøringen prøver formen. Spredningen i $\mu\text{s/kant}$ mellom instanser er reell, og en del av den er måleusikkerhet som ikke lar seg skille fra geometrivariasjon her.

Bare Node, bare én maskin. Konstanten er maskinavhengig, og Research Note 2026-04 viste at også *faseprofilen* skifter mellom maskiner. Ingenting i dette notatet sier hva konstanten er på Hermes.

Bare etterforenklingen. De tre andre fasene har egne kostnadsdrivere. Rutenettkonstruksjonen, som telefonen peker ut som flaskehals, er ikke modellert her.

Gulvet er forklart, ikke målt. Vi viser at eksponenten konvergerer når små instanser utelates, og at de små alle ligger under 0,70 ms. Vi har ikke målt den faste overheaden direkte.

8 Konsekvens

Resultatet er en forutsetning, ikke en løsning.

Arbeidsenheten er polygonkanten. Nye etterbehandlingsverdier kan nå velges på et målt grunnlag framfor et antatt: størrelsen som skal ned er kantbesøk. Et tiltak som halverer antall vertekser, men lar kantbesøkene stå, flytter ingenting.

Og et mål man kan telle er et mål man kan prøve. De 593 millioner kantbesøkene er ikke bare et stort tall — de er en størrelse et forslag kan måles mot før det bygges.

Tilgjengelighet

Artefaktene er frosset med SHA-256: korpus b13a98ec, fasit 96020cd3, flismanifest 9f45be95. Kostmodellkjøringen foreligger som eget artefakt med de feltene analysen hviler på, og alle tall i notatet er regnet fra den committede versjonen med uavhengig regresjon. Sjøkartdata er Kartverkets, under NLOD.

Erklæringer

Interessekonflikt: Forfatteren eier Fellag AS, som utvikler BoatNav. Artikkelens måler Fellags eget produkt.

KI-assistanse: Arbeidet er utført med gjennomgående assistanse fra Claude (Anthropic) — i instrumenteringen, i analysen, i verifiseringen og i manuskriptet. Kjøringen er utført av implementasjonssporet og verifisert av et forskningsspor med egen regresjon. Stratumrettelsen i §5 og begge prosessfunnene i §6 er verifikasjonssporets, det andre rettet mot sporets egen framgangsmåte. Forfatteren står ansvarlig for innholdet.

Bidagsroller (CRediT): Conceptualization, Methodology, Software, Investigation, Formal analysis, Validation, Visualization og Writing er utført av forfatteren med KI-assistanse som beskrevet over. *Validation* er holdt uavhengig av implementeringen: analysen er reimplementert framfor gjenbrukt, og uenigheten mellom de to implementasjonene er det som avdekket begge prosessfunnene.

Data og kode: Kostmodellkjøringen og analyseskriptet er committet i

prosjektets repositorier. Måleharnessen planlegges åpnet sammen med resultatartikkelen; inntil da tilgjengelig på forespørsel.

Ansvarsavgrensning: BoatNav gir veiledende ruteforslag for fritidsbruk og er ikke et godkjent navigasjonshjelpemiddel.

Referanser

- [1] O. J. M. Iversen. Rutenettet er ankret til spør­ringen, ikke til verden: startpunktsensitivitet i mobil ruteplanlegging for skjærgård. *BoatNav Research Note 2026-02*, Fellag AS, 2026.
- [2] O. J. M. Iversen. Å fryse et laboratorium: korpus, fasit og baseline for skjærgårdsruting — og kartet som endret seg underveis. *BoatNav Research Note 2026-03*, Fellag AS, 2026.
- [3] O. J. M. Iversen. Da målingen tømte en akse: enhetsmåling per be­regningsfase, og et budsjett som ikke er innen rekkevidde. *BoatNav Research Note 2026-04*, Fellag AS, 2026.