

Romsonden Dawn i bane rundt asteroiden Vesta

Dette er en litt utvidet og sammenfattet versjon av to artikler publisert i www.forskning.no 15. og 19. juli, 2011: www.forskning.no/artikler/2011/juli/293411 og <http://www.forskning.no/artikler/2011/juli/293765>

Reidar G. Trønnes, Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo

Lørdag 16. juli ble romsonden Dawn fanget inn i en bane rundt den nest største asteroiden Vesta. Kartleggingen av asteroiden vil gi oss etterlenget kunnskap om Solsystemets begynnelse og om dannelsen av Jorda og naboplanetene.

Dawn-ferden har gått helt etter planen siden romsonden ble skutt opp i september 2007 (www.forskning.no/artikler/2007/september/1191014734.47). Ankomsten til Vesta er den viktigste milepelen i et prosjekt som startet for 19 år siden. Prosjektet er en del av NASAs Discovery-program.

2011-2012 blir kanskje den mest verdifulle perioden for utforskningen av den indre delen av Solsystemet siden 1969-72 med Apollo-ferdene til Månen. Dette har sammenheng med at romsonden MESSENGER også begynte sin ett år lange kartlegging i bane rundt den innerste planeten Merkur 18. mars i år (http://www.geo365.no/geoaktuelt/forskning/forskning_arkiv/et-kronar-/). Etter ett år i bane vil Dawn bryte ut av tyngdefeltet til Vesta og reise videre til den største asteroiden Ceres. Ankomst der er planlagt i februar 2015 med banekartlegging til juli 2015.

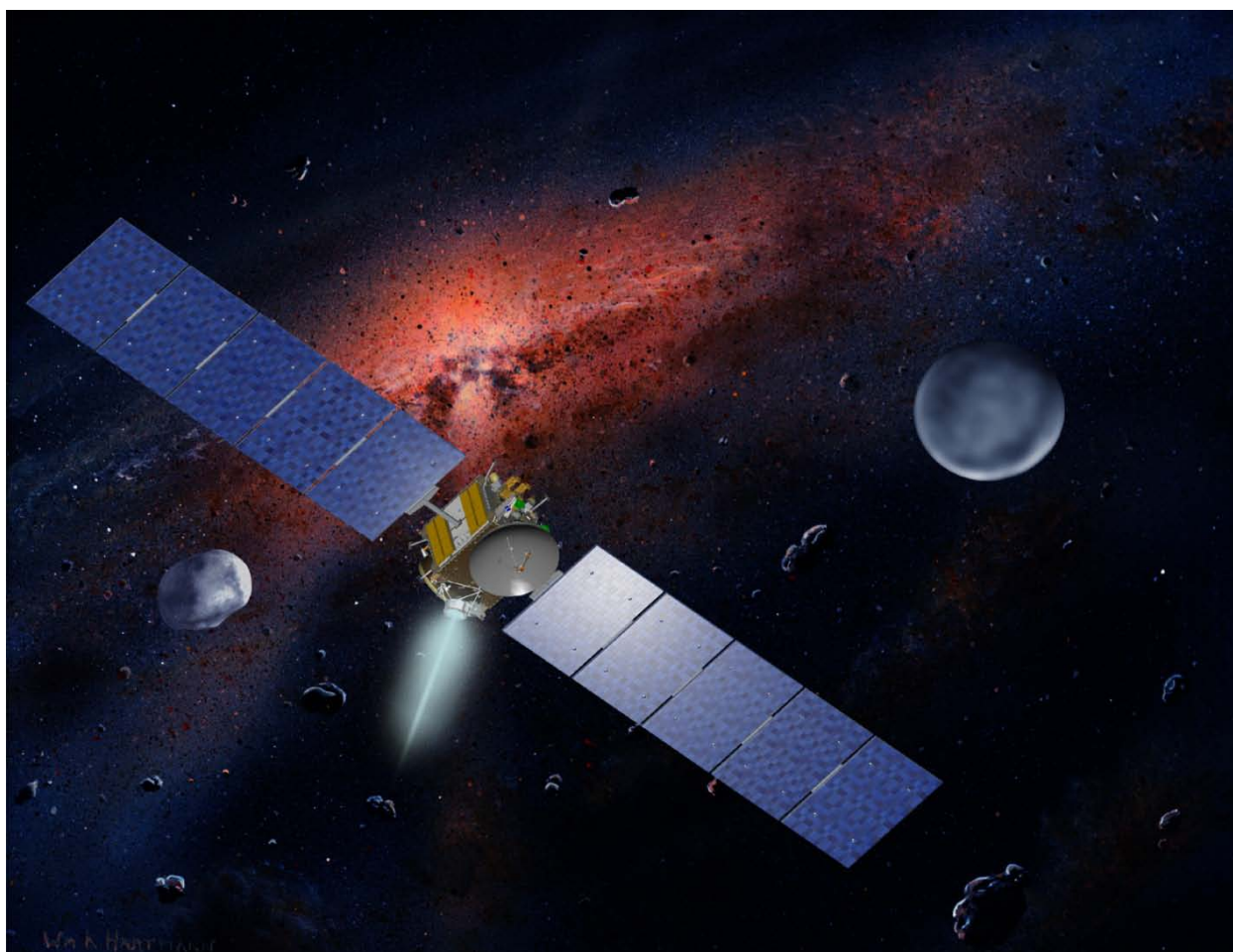


Fig. 1. Kunstnerisk bilde av Dawn med asteroidebeltet som bakgrunn, Vesta til venstre og Ceres til høyre. De to store vingene med solcellepaneler (20 m vingspenn) foldet seg ut etter at romsonden var trygt ute i verdensrommet. Bildet viser også utblåsing fra ionemotorene og den store parabolantennen for kommunikasjon med og datanedlasting til Jet Propulsion Laboratory ved California Institute of Technology. (NASA-JPL, WK Hartmann, UCLA)

Historisk bakgrunn

Det hele startet i 1992 da NASA's "Discovery"-program ble lansert. Dawn's vitenskapelige leder Chris Russell (University of California, Los Angeles) planla en liten og kostnadseffektiv interplanetær reise for å få innblikk i solsystemets begynnelse. Han mobiliserte et slagkraftig vitenskapelig lag, og den første søknaden ble levert i 1992. Seks år senere ble Dawn-prosjektet godkjent som en av Discovery-ferdene. Romsonden ble bygget av Orbital Sciences Corporation. På oppdrag fra NASA fikk Jet Propulsion Laboratory ved California Institute of Technology oppgaven med å styre Dawn og tilrettelegge rådataene for det vitenskapelige samfunnet.

Likevel fortsatte forsinkelsene med kansellering og etterfølgende gjenoppliving både i 2003 og 2006. Kanselleringene kom som følge av store budsjett-overskridelser og problemer med NASA's romferge- og romstasjonprogrammer. Gjenopplivningene av Dawn-prosjektet kom etter massivt press mot NASA og kongressen fra det vitenskapelige samfunnet.

Selve oppskytingen ble også svært nervepirrende. Den var først planlagt 20. juni 2007, men ble utsatt mange ganger på grunn av dårlig vær og ulike rakett-relaterte tekniske problemer. Helt mot slutten av denne oppskytingsperioden var datoene 9. juli og 15. juli aktuelle, men så besluttet man å utsette til en ny og litt bedre periode i september for å redusere mulighetene for kommunikasjonsproblemer i forbindelse Phoenix-ferden til Mars. Dårlig vær 26. september førte til utsettelse til dagry 27. september. Nedtellingen kom godt i gang, men ble avbrutt 4 minutter før oppskyting fordi et skip hadde forvillet seg inn i sikkerhetssonen utenfor Floridakysten. Oppskytingsvinduet den morgenen var i ferd med å bli stengt, men etter en kort og intens kommunikasjon mellom kystvakten og skipet, ble området evakuert. Det var en stor lettelse at oppskytingen ble vellykket, solcellevingene foldet seg ut og at alle de andre komponentene til Dawn fungerte perfekt.

Dawn-ferden er på mange måter unik. For første gang vil en romsonde gå i bane rundt et objekt (planet eller asteroide) før den reiser videre og går inn i bane rundt enda et objekt. Dette er også den første regulære planetferd der romsonden er drevet av ionemotorer. Denne meget effektive motortypen ble prøvet på den teknologiske testferden til "Deep Space 1" fra 1998 til 2001.



Fig. 2. Utskyting av Dawn på toppen av en 3-trinns Delta-2 bærerakett, 27. september, 2007 (Foto: NASA)



Fig. 3. Montering og klargjøringen av Dawn på festeplattformen for det øverste og tredje trinnet av bæreraketten som sendte Dawn ut i verdensrommet (Foto: NASA)

Ny teknologi: ionemotor og navigasjon

(se også www.forskning.no/artikler/2007/september/1191014734.47)

De tre ionemotorene ombord i Dawn gir meget svak skyvekraft som svarer til tyngden av papirark på Jordas overflate. Så svak skyvekraft er mulig fordi asteroidene har svake tyngdefelt. I løpet av den åtte år lange ferden kan motorene være på i hele 50 000 timer eller 5-6 år, og justeringer av Dawns bane foregår derfor sakte over lange tidsrom. Den totale motorkraften i løpet av den 8 år lange reisen svarer omtrent til motorkraften fra den 3-trinns Delta-II bæreraketten som løftet sonden opp fra jordoverflaten og sendte den ut i rommet. Som vist på reiseruten (Fig. 5) er motorene i drift i omtrent 70 % av tiden.

I tillegg går radiokommunikasjon over lange avstander sakte. Radiobølgene bruker minst 23 minutter på veien Jorda-Vesta-Jorda, når avstanden fra Jorda til Vesta er på det korteste, ca. 204 millioner kilometer. Den siste perioden med finjusteringer av banen startet 3. mai. I de siste ukene er motorene med jevne mellomrom slått av for å fotografere stjernehimmelen (lange eksponeringstider) og Vesta. Disse bildene, i tillegg til radiosignaler, brukes til å utlede romskipets posisjon slik at banen kan justeres. I denne tiden har Dawn med sin høyere hastighet jaget etter Vesta. Forskjellen i hastighet ble gradvis redusert fra 340 m/s 10. mai til 33 m/s like før innfangningen. Den foreløpige banen har en radius på ca. 16 000 km.

Kunnskapen om asteroidens totale masse og massefordelingen mellom jernkjerne og steinmantel var usikkert før Dawns ankomst. Dermed er også tidspunktet for innfangningen og den opprinnelige banegeometrien foreløpig bare omtrentlig fastlagt. Dawn-gruppen ved Jet Propulsion Laboratory vil bruke de neste ukene til å beregne Vestas masse og massefordeling fra tyngdekraften som påvirker romsonden. Dermed kan banen justeres og optimaliseres. Dette arbeidet tar tid p.g.a. langsom kommunikasjon og motorenes svake skyvekraft. I august starter den systematiske kartleggingen.

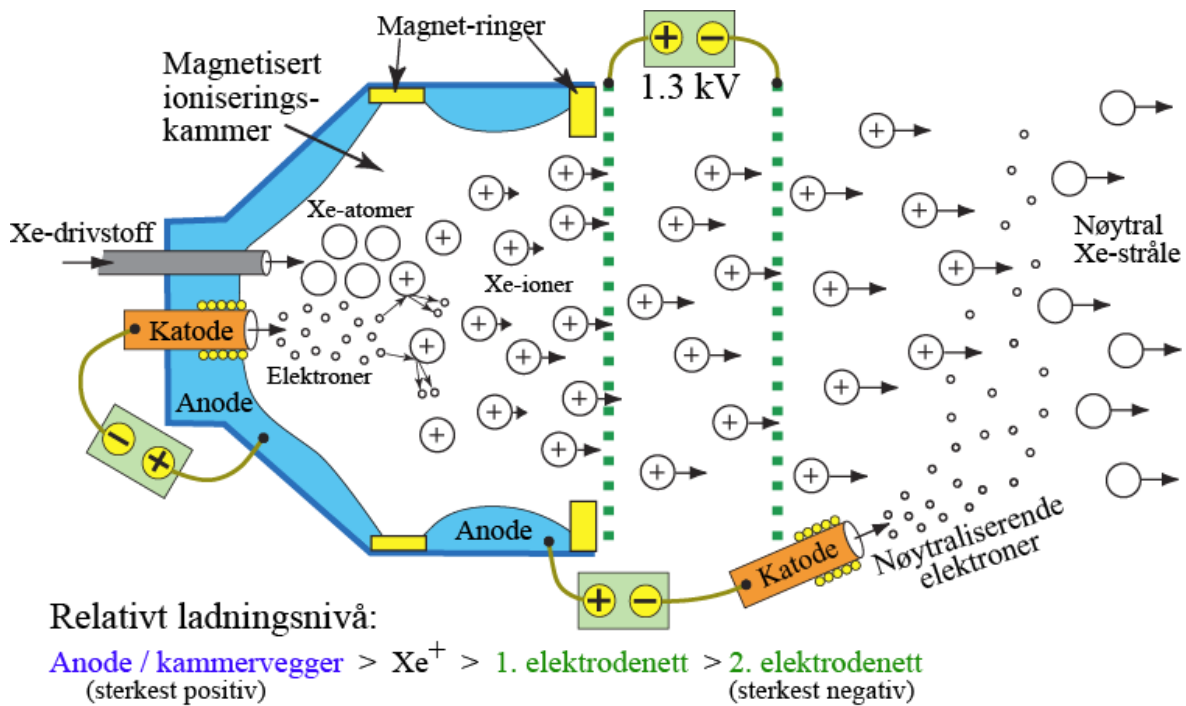


Fig. 4. Prinsippskisse for ionemotor. Edelgassen Xenon blir ionisert av elektroner i et magnetfelt. De positive Xe-ionene blir deretter akselerert gjennom et 1.3 kilovolts elektrostatiske felt og skytes ut som en ionestråle (100 000 km/time) bak romsonden. Den elektriske kraften som brukes til ionisering og til de elektromagnetiske feltene produseres av Dawns solcellepaneler. I nærheten av Jorda og Ceres produserer solcellene mer enn henholdsvis 10 og 1 kilowatt. Den opprinnelige lasten av Xe-drivstoff veide 425 kg, omtrent en tredel av romsondens totalvekt på 1250 kg.

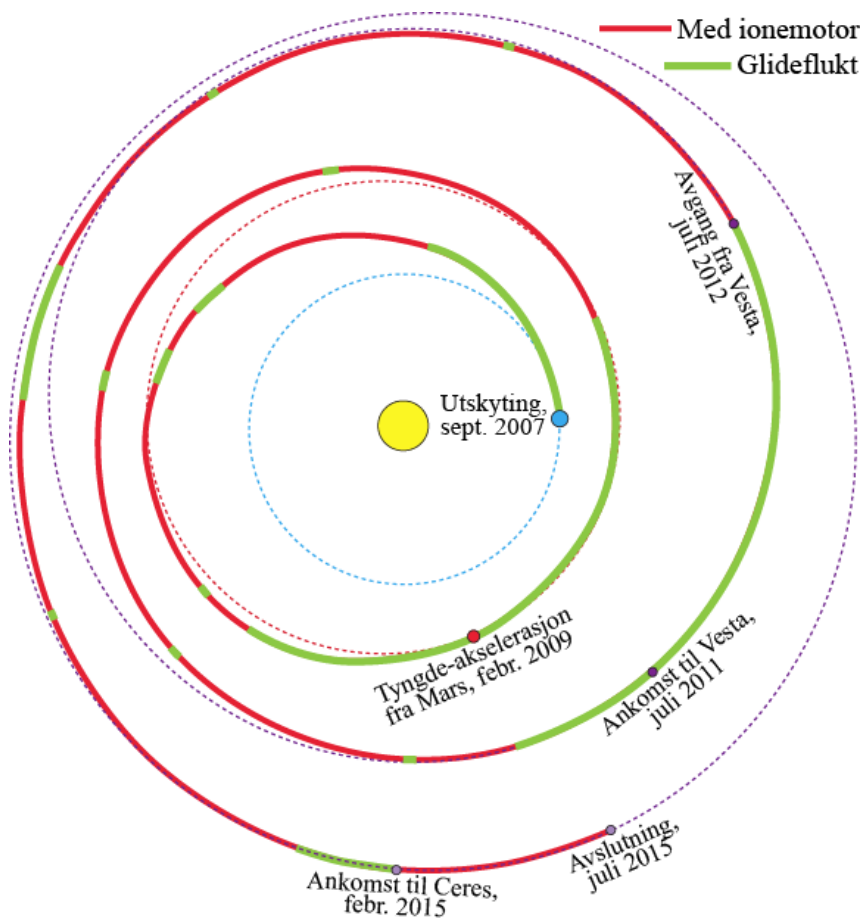


Fig. 5. Dawns reiserute, 2007-2015

De terrestriske (jordlignende) planetene

Månen og Jordas naboplaneter Merkur, Venus og Mars samt asteroidebeltet mellom Mars og Jupiter regnes som Jordas nabolag og kalles det terrestriske området av Solsystemet. Til sammen gir observasjoner av disse objektene verdifull informasjon om dannelsen og utviklingen av vår egen planet.

Vesta, Månen, Merkur og Mars har de eldste terrestriske planetære overflatene. Siden Jordas overflate totalt mangler bergarter fra de første 500 millioner år av Solsystemets historie, er disse gamle naboplanetene og meteorittene fra Vesta, Månen, Mars og mange andre asteroider den viktigste kilden til informasjon om Jordas barndom. Rekkefølgen Vesta, Månen, Merkur og Mars representerer økende størrelse og minkende gjennomsnittlig overflatealder.

Planetdannelsen

Solsystemet utviklet seg fra en diskosformet og roterende sky av støv og gass rundt den nyfødte Sola for 4568 millioner år (Ma) siden. Denne alderen for Sola og den unge soltåken er godt og nøyaktig målt, bl.a. ved uran-bly dateringer av høy-temperaturkondensater i primitive meteoritter. Planetveksten foregikk deretter i tre trinn:

1. Sammenklumping av støvmateriale til 1-10 km store planetesimaler (varighet: < 10 000 år)
2. Tyngdemessig tiltrekning mellom planetesimalene og rask vekst av 10-1000 km store planetfostre eller protoplaneter (varighet: < 0,5 Ma)
3. Siste periode med kjempekollisjoner mellom protoplaneter (varighet: 80-120 Ma). Kollisjonene ble mindre hyppige og større etter hvert som de fire terrestriske planetene, og særlig Venus og Jorda, trakk til seg mesteparten protoplanet-massen.

Allerede under trinn 2 kunne protoplanetene gjennomgå stor-skala smelting på grunn av oppvarming fra svært radioaktive og kortlevete isotoper, først og fremst ^{26}Al som går over til ^{26}Mg med en halveringstid på 0,7 Ma. Hver av kjempekollisjonene under trinn 3 utløste store smelteepisoder som følge av konvertering av bevegelsesenergi til varme.

Stor-skala oppsmelting førte til utskilling av jern-dominerte smelter og tyngdebasert separasjon av jernkjernene. Erkjennelsen om at de terrestriske planetene hadde store magmahav der også steinmaterialet smeltet, kom som et resultat av utforskningen av Månen under Apollo-programmet. (<http://www.forskning.no/artikler/2009/juli/225478>)

Vesta, Vestoidene og tilhørende meteoritter

Vesta, som har diameter omkring 500 km, er den eneste store og tilnærmet intakte asteroiden som har utviklet seg i retning av en virkelig gjennomsmeltet og lagdelt planet. Mens Vesta overlevde kjempekollisjonene uten å bli fullstendig fragmentert, finnes minst 14 ulike typer av mindre asteroider som består av nesten bare av jernkjerne-materiale.

Selv om Vesta unngikk gjennomgripende oppdeling og eksponering av sin jernkjerne, er den omgitt av mange små asteroider, Vestoidene. Disse stammer trolig fra et kjempekrater som dekker mesteparten av Vestas sørlige halvkule. Banene til Vesta og Vestoidene er slik at de selv ved mindre kollisjoner lett kan avgi materiale til jordkryssende baner. I juli 2011 er det registrert 996 meteoritter av HED-typen (howarditter, eucritter og diogenitter) som trolig kommer fra Vesta og Vestoidene. De vanlige eucrittene er basalter fra overflaten, mens diogenittene er pyroksenitter som har krystallisert i magmakamre i skorpen. Howarditt er er bruddstykke-bergart (breksje) med de to andre typene. De fleste eucrittene er også i stor grad knusningsbergarter fra overflatekollisjoner.

Dessuten kommer kanskje de 167 registrerte mesosiderittene fra Vesta. Dette er blandinger av stein og jern som trolig stammer fra en kollisjon mellom en jerndominert asteroide og Vestas overflate. De viktigste grunnene til at HED-gruppen (og mesosiderittene) knyttes til Vesta omfatter:

- identisk innbyrdes kjemisk og isotopisk sammensetning for disse meteorittene.
- påfallende likhet i den infrarøde strålingen som reflekteres fra Vesta og fra meteorittene.

En annen sentral observasjon, som tyder på at Vestas jernkjerne er intakt, er at ingen av de 1049 registrerte jernmeteorittene har sammensetning som viser kjemisk slektskap til noen av HED-meteorittene. Naturhistorisk museum ved Universitet i Oslo har 6 HED-meteoritter, inkludert den norske Viksdalen-meteoritten som falt i 1992. Museet har også 7 mesosideritter.

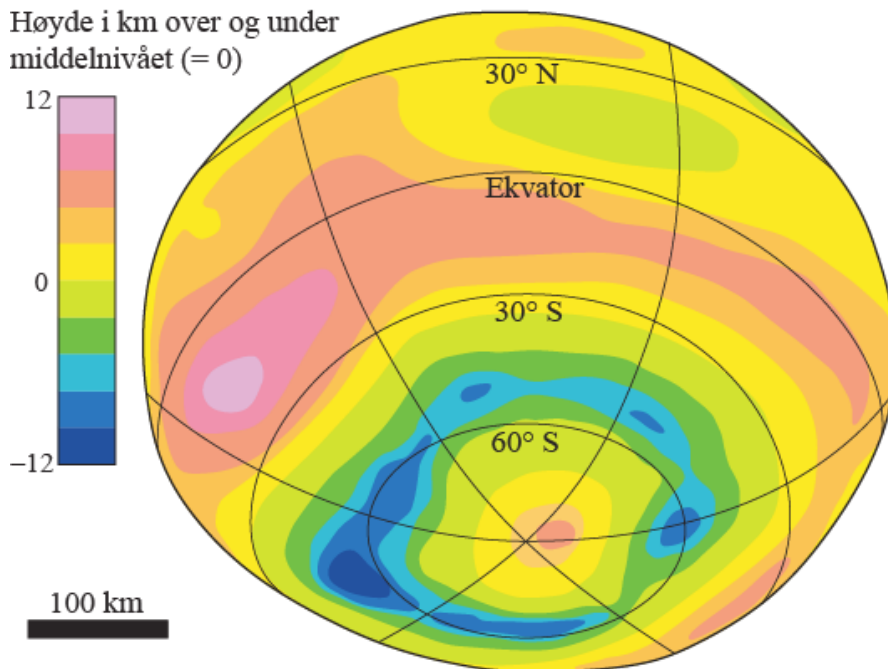


Fig. 6. Overflaten til Vesta. Fargekodet topografi basert på data fra Hubble-teleskopet før Dawn-ferden. Et gigantisk krater dekker den sørlige halvkulen.



Fig. 7. Vestas sørlige halvkule fotografert av Dawn 17. juli. Mesteparten av denne halvkulen dekkes av et kjempekrater med en sentralhøyde i midten. Bildet viser også mange yngre og mindre kraterer. Avstanden til overflaten er ca. 15 000 km (NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA).

Instrumenteringen hos Dawn

Dawn skal undersøke Vesta og Ceres med et kamera og ulike typer spektrometre (måleinstrumenter for elektromagnetisk stråling) som vil gi et godt innblikk i geologi og elementfordeling. Kartleggingen vil omfatte:

1. Full overflatedekning med bilder i 7 fargekanaler for Vesta og 3 kanaler for Ceres.
2. Full dekning med infrarød spektrometri i 3 vinduer: 350-900, 800-2500 og 2400-5000 nanometer. Dette vil gi informasjon om mineralfordelingen på overflaten.
3. Full dekning med nøytron- og gammastråle-spektroskopi for å bestemme overflatekonsentrasjonene av hovedelementene O, Mg, Al, Si, Ti og Fe, sporelementene Gd og Sm, de radioaktive grunnstoffene K, U og Th og de flyktige grunnstoffene H, C og N.
4. Nøyaktig registrering av romsondens bane for å bestemme tyngdefelt og massefordeling mellom skorpe, mantel og kjerne.

Dataene fra Dawn kan sammenholdes med våre detaljerte studier av HED-meteorittene og mesosiderittene. Resultatene vil forhåpentligvis bringe oss et langt skritt fremover i forståelsen av vårt eget solsystem. Med den parallelle kartleggingen av Merkur (romsonden MESSENGER), Vesta og Ceres kan vi se frem til en 4-5-års periode med en rik planetær datainnhøsting. Det er en liten mulighet at Dawn-ferden kan forlenges til en annen asteroide (f.eks. Pallas). Beholdningen av Xenon-drivstoff for ionemotorene er imidlertid begrenset, og det vil trolig ikke være lønnsomt å bryte ut av Ceres-banen for å fortsette videre.

Andre referanser:

<http://dawn.jpl.nasa.gov/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Dawn_Mission

http://en.wikipedia.org/wiki/4_Vesta

http://en.wikipedia.org/wiki/Vesta_family

http://en.wikipedia.org/wiki/Asteroid_Ceres

Ulike artikler på norsk om Merkur og MESSENGER, Vesta og Dawn og om planet-forskning:

<http://folk.uio.no/rtronnes/Publ-pop-science-articles-Norw/Planet-Solsyst/>