

Abelpris til informatikkens
teoretiske stjerne:

Kombinatorik i en klarsynet hjerne



Matematikkens “Nobelpris” – Abelprisen - gik i 2012 til den ungarske matematiker Endre Szemerédi. Vagn Lundsgaard Hansen og Poul G. Hjorth kigger her nærmere på prismodtageren og hans arbejde, som er inden for diskret matematik og teoretisk informatik.

Endre Szemerédi modtager Abelprisen af den norske Kong Harald ved ceremonien i Oslo i maj 2012.

Forfattere



Vagn
Lundsgaard
Hansen,
professor.

V.L.Hansen@mat.dtu.dk



Poul G.
Hjorth,
lektor.

p.g.hjorth@mat.dtu.dk

Begge ansat ved
Institut for Matematik
Danmarks Tekniske
Universitet.

Det Kgl. Norske Videnskabernes Selskab udde-
ler hvert år en pris i Nobelprisklassen, som
hædrer en fremtrædende matematiker. Prisen er
opkaldt efter den store norske matematiker Niels
Henrik Abel (1802-1829) og er på 6 millioner nor-
ske kroner. Prismodtageren i 2012 er den ungarske
matematiker Endre Szemerédi.

Det er nok sandt at sige, at selv om Szemerédi er en
forsker i international topklasse inden for området
diskret matematik, så er han ikke en lige så stor ken-
dis i matematikernes verden som de tidligere års
prisivindere. Det kom sikkert bag på mange, herun-
der denne artikels forfattere, at valget faldt på ham,
idet der var andre måske mere oplagte kandidater
inden for området diskret matematik. Imidlertid
blev det klart ved præsentationen af Szemerédís
afgørende bidrag til diskret matematik og teoretisk
informatik under Abel-festlighederne i Oslo i maj

2012, at det atter i år er lykkedes for priskomiteen at
finde en værdig prismodtager af allerhøjeste karat.

Sent i gang

Endre Szemerédi blev født den 21. august 1940
i Budapest i Ungarn. Igennem mange år har han
været fast tilknyttet som forsker ved Alfréd Rényi
Institute of Mathematics under det Ungarske
Videnskabsakademi i Budapest. Siden 1986 har
han også været New Jersey Professor of Computer
Science ved Rutgers University, New Jersey, USA.

Ungarn har en lang tradition for at frembringe
talentfulde matematikere. Ikke mindst inden for
kombinatoriske emner har der været mange enestå-
ende stjerner, som eksempelvis den excentriske Paul
Erdős (1913 - 1996), der har spillet en væsentlig
rolle som mentor for Endre Szemerédi. I modsæt-
ning til de fleste matematikere udsprunget af den

Artiklen kommer fra tidsskriftet *Aktuel Naturvidenskab*: aktuelnaturvidenskab.dk

ungarske skole, kom Szemerédi dog sent i gang med matematikken. Når man hører ham selv om tale, hvordan det hele gik til, hører man historien om en meget lille og spinkel dreng, der for at kunne være i fred i underskolen fandt ud af at alliere sig med den stærke fyr i klassen, som havde besvær med matematikken, og som han med lidt snyd kunne hjælpe igennem til eksamen.

Senere hen forstod han også at vælge den rigtige taktik og gribe chancen i andre af livets forhold. Som da han tilfældigt en aften midt i Budapest traf en smuk pige, som utålmodigt ventede på hans gode ven fra gymnasietiden, en høj fyr, der også var dygtig til matematik. Da venen kom et kvarter for sent til det aftalte møde med pigen bad hun Szemerédi forklare venen, at hun var skredet. Hun blev senere hans kone.

Forunderlig forveksling

Selv om Endre Szemerédi var god til matematik arbejdede han i gymnasiet ikke med specielle matematiske problemer, lige som han heller ikke deltog i de mange matematikkonkurrencer, som udgør en vigtig del af den ungarske matematiktradition. Efter gymnasiet begyndte Szemerédi efter sin fars ønske at studere medicin, men efter et halvt år droppede han ud, fordi det ikke var det rigtige studium for ham. Da han var meget i tvivl om, hvad han skulle studere, arbejdede han derfor i næsten to år på en maskinfabrik. Under det ovennævnte tilfældige sammenstød med hans dygtige ven fra gymnasiet anbefalede denne ham at begynde at studere matematik ved Eötvös-universitetet i Budapest. Han fortalte ham samtidig, at deres lærer i gymnasiet var enig i dette. Og så blev det sådan.

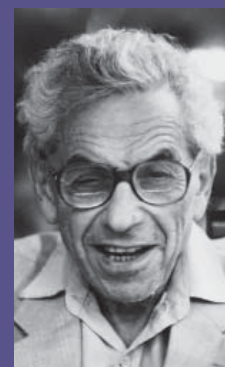
Endre Szemerédi fik sin kandidatgrad i 1965. I perioden 1967-1970 var han på studieophold i Rusland og gennemførte en phd-uddannelse ved Moscow State University med den berømte matematiker Israel M. Gelfand, som var ekspert i matematisk analyse, som officiel vejleder. Gelfands interessefelt i matematik lå langt fra Szemerédís interessefelt, og Szemerédi havde egentlig også ønsket at studere ved den berømte talteoretiker Alexander Gelfond. Ved en uheldig skrivefejl var denne imidlertid blevet forvekslet med Gelfand, men ved lidt snedighed fik Szemerédi det alligevel til at fungere.

En upraktisk, snedig rad

Szemerédís exceptionelle matematiske talent blev hurtigt opdaget af den berømte Paul Erdős, da Szemerédi som ung student var ved Eötvös universitetet, og Erdős tog ham under sine vinger. Szemerédi levede i høj grad op til sin mentors store forventninger og beviste tidligt adskillige fundamentale sætninger af stor betydning. I begyndelsen næsten udelukkende i et samarbejde med Erdős, som Szemerédi fremhæver som den person, der har haft den helt

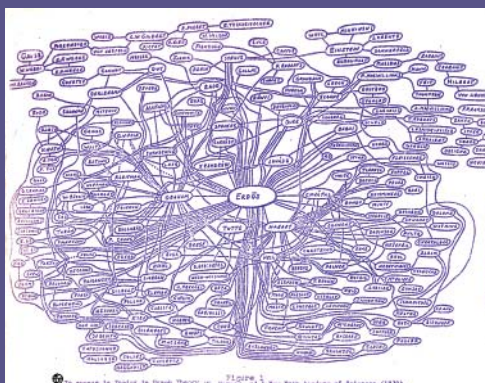
Den ungarske forbindelse

Den ungarske matematiker Paul Erdős (1913-1996) var en af det 20. århundredes mest produktive matematikere og en meget excentrisk personlighed. Erdős tilbragte en stor del af sin karriere med at rejse fra universitet til universitet (han var velkommen overalt), nærmest som hjemløs og kun med så få ejendele som kunne være i en lille, slidt kuffert. Han indtog store mængder amfetaminer (som han fik på recept fra en ungarsk læge), skrev artikler, diskuterede, holdt seminarer om matematiske problemer, fra morgen til aften. År ud og år ind. De fleste af sine priser og andre indtægter skænkede han til værdigt trængende.



Den berømte ungarske matematiker Paul Erdős.

Erdős globale virke og mange samarbejder, heriblandt med årets abelprisvinder Endre Szemerédi, førte til dannelse af begrebet Erdős-tal: En matematiker har Erdős-tal 0 hvis man er Erdős selv, 1 hvis man har skrevet en artikel sammen med Erdős, 2 hvis man har skrevet en artikel med en, der har Erdős-tal 1, osv. Studiet af det netværk, der herved er dannet, har bl.a. ført til begrebet "Erdős-Grafen". Szemerédi har naturligvis Erdős-tal 1.



Erdős-grafen viser en del af de samarbejder som Erdős (centrum) har haft med matematikere, og disses indbyrdes samarbejder. Personerne optræder som grafens knuder, og et samarbejde vises som en kant i grafen.

Tegning: Professor Ron Graham, University of California San Diego.

afgørende indflydelse på sin matematiske tænkning og arbejde. Szemerédi er blevet beskrevet som en matematiker med en enestående forskningskraft og mange af hans resultater har præget matematikkens udvikling i nyere tid og har dannet basis for nye retninger i matematikken.

I anledning af Szemerédís 70-års fødselsdag i 2010, arrangerede Alfréd Rényi Institute of Mathematics og János Bolyai Mathematical Society en konference i Budapest for at fejre hans matematiske bedrifter. I bogen *An Irregular Mind*, som blev publiceret forud for konferencen bliver det sagt, at »Szemerédi har et "usædvanligt intellekt" [Irregular Mind]; hans hjerne har andre koblinger end hos de fleste matematikere. Mange af os beundrer hans unikke måde at tænke på, hans usædvanlige klarsyn«. Denne udtalelse blev hyppigt bragt frem under Abel-festlighederne og blev kommenteret livligt med et glimt i øjet af Szemerédi, som ikke helt kunne lide betegnelsen "Irregular Mind". Han omtaler sig selv som helt uegnet

til praktiske ting, eksempelvis til praktisk arbejde med computere, men hans foredrag blev leveret med præcision og klarhed, så dem, der overværede det, tror han er en rigtig snedig rad.

Endre Szemerédi's bedrifter

I begrundelsen fra Abel-komiteen hedder det, at Endre Szemerédi modtager Abelprisen i 2012 »for hans fundamentale bidrag til diskret matematik og teoretisk informatik, og som anerkendelse for disse bidrags gennemgribende og varige indflydelse på additiv talteori og ergodeteori«.

Vi skal nu kort beskrive nogle af de emner, der omtales i begrundelsen.

Diskret matematik er studiet af endelige eller tællelige strukturer som grafer, følger, permutationer, talteori og geometriske konfigurationer. Matematikken i sådanne strukturer danner grundlaget for teoretisk informatik og informationsteori. Szemerédi var en af de første, som forstod vigtigheden af teoretisk informatik.

En af de vigtigste af Szemerédi's opdagelser omhandler såkaldte aritmetiske progressioner, dvs. sekvenser af hele positive tal med konstant indbyrdes differens. Eksempelvis er sekvensen 5, 11, 17, 23 en aritmetisk progression af længde 4, med differens 6 og starttal 5. Den hollandske matematiker Pierre J. H. Baudet formulerede i 1921 den formodning, at hvis man inddeleger samlingen af alle positive hele tal i et vilkårligt antal bokse, så vil mindst en af disse bokse A indeholde en aritmetisk progression af vilkårlig foreskrevet længde. I 1936 satte Erdős i samarbejde med den ungarske matematiker Turán spørgsmålet om eksistens af sådanne aritmetiske progressioner i forbindelse med spørgsmålet om, at mindst en af Baudets bokse A har *positiv tæthed*. Det betyder, at brøken med antallet af tal i A , som ligger i talmængden $\{1, 2, \dots, N\}$ som tæller og tallet N som nævner har en positiv mindste øvre grænse, når N vokser ud over alle grænser. I 1975 viste Endre Szemerédi den sætning, som nu kendes under navnet *Szemerédi's sætning*: Enhver mængde af hele positive tal med positiv tæthed indeholder aritmetiske progressioner af vilkårlig længde. Szemerédi's bevis var et mesterstykke i kombinatorisk tænkning, og blev straks anerkendt som usædvanlig dybtgående og betydningsfuldt. Et centralt skridt i beviset, som har fået navnet *Szemerédi's regularitetslemma*, er en strukturel klassificering af store grafer.

Szemerédi har også ydet vigtige og betydningsfulde bidrag til mange andre grene af matematikken, og han er forfatter til mere end 200 videnskabelige artikler.

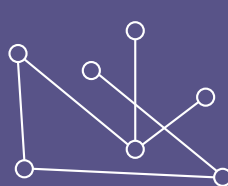
En værdig Abelpris-modtager

Endre Szemerédi har modtaget en række priser og udmærkelser for sine bidrag til matematik og infor-

Grafteori

Den matematiske disciplin *grafteori* omhandler studier af samlinger af punkter ("knuder") med indbyrdes forbindelser ("kanter"). En graf kan være en repræsentation af et elektrisk kredsløb, en organisatorisk struktur, en database, eller endnu mere abstrakte sammenhænge. Punkterne kan have forskellige vægte. Kanterne kan have forskellige vægte, og være orienterede. Forbavsende mange matematiske problemer kan repræsenteres som et grafteoretisk problem, og området er rigt på komplekse problemstillinger med simple løsninger, og simple formodninger hvis afgørelse endnu er uafklaret. En berømt formodning, hvis sandhed var formodet (siden 1852) men ubevist indtil for nylig, er firfarve-sætningen: Hvis man skal farvelægge et landkort således, at hvert land har en bestemt farve, men lande, der grænser op til hinanden, altid har forskellige farver, kan man nøjes med kun 4 farver, uanset landenes form. Beviset, som benytter grafteoretiske begreber, tog over 100 år at konstruere.

Et af Endre Szemerédi's meget berømte resultater (Regularitets-lemmaet), som Abelprisen blev givet for, handler om egenskaber ved grafer, mere præcist om, hvorledes man kan opdele (partitionere) grafens knuder i samlinger med bestemte egenskaber.



En graf.



En berømt graf, "Pedersen Grafen" efter Julius Pedersen.

matik. I 2008 blev han således tildelt den prestigefyldte Leroy P. Steele Prize for "Seminal Contribution to Research" af American Mathematical Society. Samme år modtog han Rolf Schock Prize in Mathematics fra det kongelige svenske videnskabsakademi. Derudover har han modtaget mange andre priser. Han er medlem af det ungarske videnskabsakademi og af US National Academy of Sciences.

Forfatterne til denne artikel kan helt tilslutte sig Abel-komiteens udtalelse: »Szemerédi's tilgang til matematikken er et eksempel på den stærke problemløsningstradition i Ungarn. Alligevel har den teoretiske betydning af hans arbejder været revolutionerende.«

Ved Abel-festlighederne i Oslo i maj 2012 var der stor jubel blandt de mange eminente ungarske matematikere, der deltog i begivenhederne. Også fra helt store kanoner som László Lovász og Bela Bollobas, der selv kunne have fortjent prisen. Der er således ingen tvivl om, at Endre Szemerédi nyder den allerstørste respekt, og at han er en yderst værdig modtager af Abelprisen.

Læs mere

www.abelprisen.no/en/prisvinnere/2012/

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

www.oakland.edu/enp/