

DE VOORTGANG VAN EEN PROJECT BEPALEN:

Earned value analyse en het kritieke pad

De voortgang van een project wordt periodiek gemeten om afwijkingen ten opzichte van het plan te bepalen. Een methode die hierin inzicht verschaft is earned value management (EVM) en de bijbehorende analyse is de earned value analyse (EVA). De EVA is echter niet voldoende om de voortgang van een project te bepalen. Er moet ook in detail naar de planning worden gekeken. De (project)controller stelt (mede) de voortgang vast, maakt de analyse en geeft een prognose van de uiteindelijke kosten en doorlooptijd van het project.

De EVA combineert drie beheersaspecten: scope, tijd en geld en wordt gebruikt om de voortgang van een project te bepalen en om te voorspellen wat de uiteindelijke kosten en einddatum zullen zijn. Op grond van de voortgang en de gemaakte kosten wordt op het meetmoment uitgerekend hoeveel waarde het project al heeft opgeleverd (earned value). Daarmee wordt voorspeld wanneer de volledige waarde van het project wordt opgeleverd en tegen welke kosten.

De EVA is echter niet voldoende om de voortgang van een project te bewaken. Dit heeft te maken met de afhankelijkheden van de taken en het kritieke pad dat de doorlooptijd van het project bepaalt. Er kunnen immers taken af zijn die later waren gepland en niet op het kritieke pad lagen, terwijl werkzaamheden die op het kritieke pad lagen al af hadden moeten zijn. Het project ligt dan niet op schema, terwijl dat volgens de EVA wel het geval zou zijn.

Naast de EVA moet voor het vaststellen van de opleverdatum ook naar het kritieke pad of, als critical chain wordt toegepast, naar de kritieke keten worden gekeken.

Voorbeeld combinatie EVA en het kritieke pad

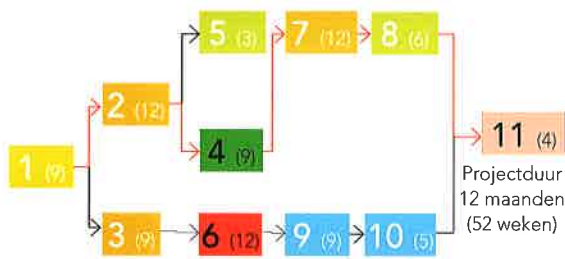
De combinatie van de EVA en het kritieke pad wordt uitgelegd aan de hand van een eenvoudig voorbeeld:

het bouwen van een huis. De taken zijn weergegeven in figuur 1. De resources werken 20 uren per week aan dit project en een uur kost 100 euro.

Het netwerkdiagram is opgesteld volgens de precedence diagramming methode (zie figuur 2). Hierbij worden taken als knooppunten (rechthoek) voorgesteld en de relatie tussen de taken als een pijl. Het kritieke pad, het langste pad, wordt gevormd door de taken: 1, 2, 4, 7, 8 en 11. Dit pad is rood gekleurd. In plaats van precedence diagramming met het kritieke pad kan ook critical chain met de kritieke keten worden toegepast. De indicator voor de voortgang is

Nr.	Taak (WBS)	Taakduur (in wkn.)	Resource	Voorganger (taak nr.)
1	Fundering aanleggen	9	Baggerfirma	-
2	Buitenmuren metselen	12	Metselaar	1
3	Binnenmuren metselen	9	Metselaar	1
4	Vensters inzetten	9	Vensterbouwer	2
5	Dakconstructie maken (houten balken)	3	Dakdekker	2
6	Elektriciteit aanleggen	12	Elektriciën	3
7	Bakstenen metselen	12	Metselaar	4 en 5
8	Dakpannen leggen	6	Dakdekker	7
9	Leiding van de vloerverwarming leggen	9	Loodgieter	6
10	Vloer gieten	5	Loodgieter	9
11	Schilderen binnen	4	Schilder	8 en 10

Figuur 1. Projecttaken, taakduur en hun relatie



Figuur 2. Het netwerkdiagram van het project

dan de bufferindex. In dit artikel wordt het kritieke pad gebruikt, omdat dit eenvoudiger is uit te leggen.

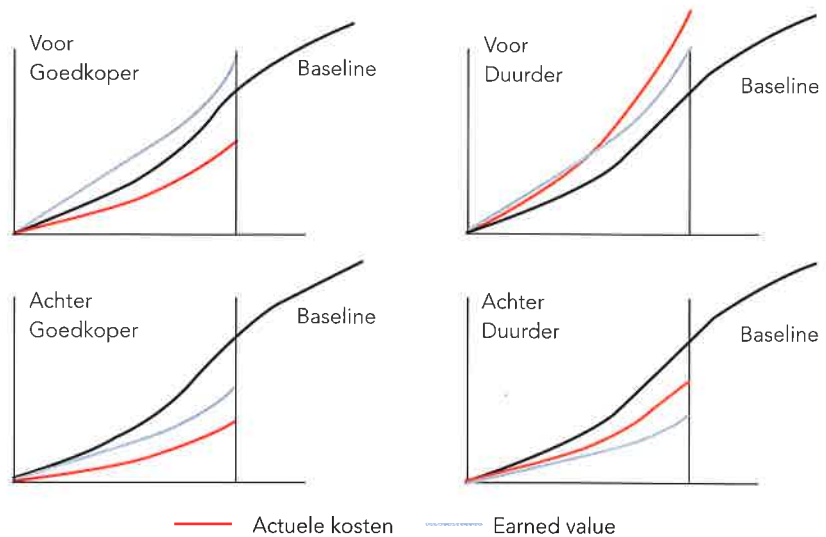
De earned value analyse

In het plan van aanpak wordt de hoeveelheid werk (scope) van het project weergegeven in taken (WBS: work breakdown structure). De taken worden in de tijd gepland samen met de bijbehorende kosten. De initiële waarden uit het plan van aanpak vormen de baseline oftewel de planned value (PV). Tijdens de uitvoering wordt periodiek de voortgang van de taken vastgesteld met de bijbehorende kosten (de actuele kosten, actual costs, AC). Het gaat hierbij om de kosten van het werk dat (geheel of gedeeltelijk) gereed is. Vooruitbetaalde bedragen/kosten horen hier niet bij. Deze twee variabelen zijn echter niet toereikend om iets te zeggen over de stand van zaken van het project. Hiervoor is een andere variabele noodzakelijk, namelijk de earned value (EV). Dit zijn de gebudgetteerde kosten van de taken die op een bepaald meetmoment gereed zijn. In formulevorm: $\text{earned value} = \% \text{ voortgang} * \text{BAC}$. BAC betekent budget at completion, het actuele budget voor de gehele projectfase. PV, AC en EV zijn de basiswaarden en hiermee worden de afwijkingen en de prestatie in termen van kosten en tijd bepaald. Vervolgens is het mogelijk om een prognose te maken van de verwachte kosten en de verwachte eindtijd. Als er gedurende het project scope changes zijn dan worden die in de baseline verwerkt.

Figuur 3 geeft diverse verschillende situaties weer die kunnen voorkomen bij de EVA. Als de EV groter is dan de baseline, ligt het project voor op schema: er is meer waarde gereed dan gepland. Is de EV groter dan de actuele kosten, dan liggen de kosten van het project onder het budget. De kosten van wat er gereed is zijn lager dan de hierbij horende gebudgetteerde waarde.

Analyse voortgang project

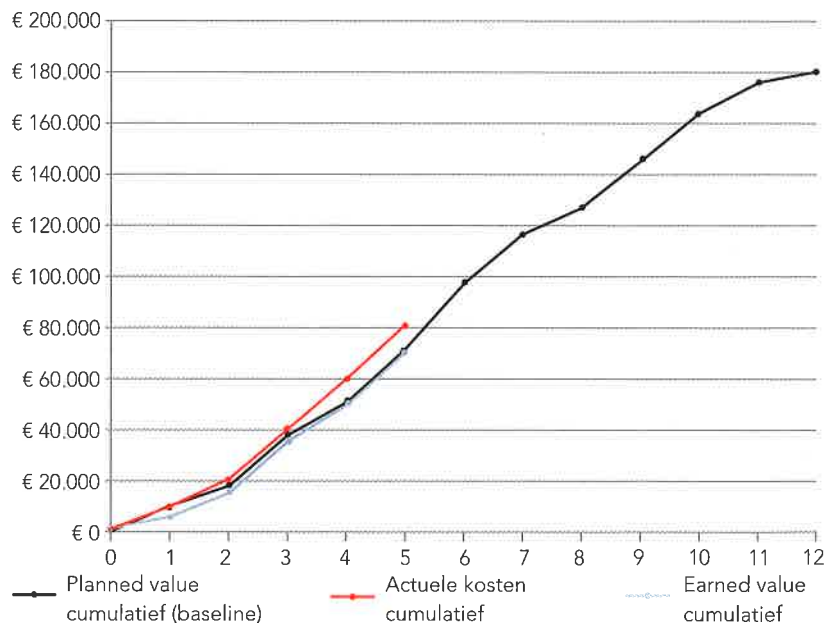
In figuur 4 staan de geplande kosten van het bouwproject uitgezet in de tijd (PV). De vorm van de



Figuur 3. Planned value, actual costs en earned value in verschillende situaties

planned value is een S (S-curve). Na vijf maanden, wordt de voortgang gemeten. De actuele kosten blijken 79.000 euro en de totale voortgang bedraagt 40 procent. De EV is dan $40\% * 180.000$ euro is 72.000 euro. Volgens het plan zouden de kosten 72.000 euro en de voortgang 40 procent moeten zijn. Het project kost momenteel meer dan gepland en ligt qua voortgang op schema (situatie: $AC > EV$ en $EV = PV$).

Iedere maand stelt de (project)controller de kosten en de voortgang. Het is belangrijk dat dit gebeurt door iemand die een zo onafhankelijk mogelijke rol



Figuur 4. De EVA van het project

management control:

Maand	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Planned value cumulatief (baseline)	€ 0	€ 10.000	€ 18.000	€ 34.000	€ 50.000	€ 72.000	€ 96.000	€ 112.000	€ 128.000	€ 148.000	€ 164.000	€ 172.000	€ 180.000
Actuele kosten cumulatief	€ 0	€ 11.000	€ 21.000	€ 38.000	€ 56.000	€ 79.000							
Earned value cumulatief	€ 0	€ 7.000	€ 15.000	€ 31.000	€ 47.000	€ 72.000							
Geplande voortgang	0%	6%	10%	19%	28%	40%	53%	62%	71%	82%	91%	96%	100%
Werkelijke voortgang	0%	4%	8%	17%	26%	40%							
Cost variance, CV = EV - AC	€ 0	-€ 4.000	-€ 6.000	-€ 7.000	-€ 9.000	-€ 7.000							
Schedule variance, SV = EV - PV	€ 0	-€ 3.000	-€ 3.000	-€ 3.000	-€ 3.000	€ 0							
CPI = EV / AC	0	0,64	0,71	0,82	0,84	0,91							
SPI = EV / PV	0	0,70	0,83	0,91	0,94	1,00							
Earned schedule, ES	0	0,70	1,63	2,81	3,81	5,00							
SV(t) = ES - AT	0	-0,3	-0,38	-0,19	-0,19	0							
SPI(t) = ES / AT	0	0,70	0,81	0,94	0,95	1,00							
SAC	0	17,14	14,77	12,80	12,59	12,00							
EAC	€ 0	€ 282.857	€ 252.000	€ 220.645	€ 214.468	€ 197.500							

Figuur 5. Voortgang van het project na vijf maanden

heeft in het project. Na vijf maanden is de volgende situatie ontstaan, zie figuur 5.

Nadat de feiten zijn vastgesteld, kan de verdere analyse beginnen. Als eerste worden de afwijkingen in de kosten en in de tijd bekeken.

De afwijking in de kosten, cost variance:

$$CV = EV - AC; € 72.000 - € 79.000 = -€ 7.000.$$

De CV is negatief. Dit houdt in dat de geplande kosten zijn overschreden.

De afwijking in de tijd, schedule variance:

$$SV = EV - PV; € 72.000 - € 72.000 = € 0.$$

Dit betekent dat het project qua tijd op schema ligt.

Zowel de CV als de SV is uitgedrukt in kosten. In

percentages levert dit de volgende berekening op:

$$\% CV = CV / PV; -€ 7.000 / € 72.000 = -9,7\%$$

De kosten zijn met 9,7% procent overschreden.

$$\% SV = SV / PV; € 0 / € 72.000 = 0\%$$

Het project presteert qua tijd volgens planning. Dit

is de afwijking in tijd, uitgedrukt in kosten.

Vervolgens gaat het om de prestatie van het project.

Hiervoor gebruiken we twee prestatie-indicatoren, de CP-index en de SP-index. Deze indices

worden vooral gebruikt voor trendanalyses.

De cost performance index (CPI):

$$EV / AC = € 70.000 / € 79.000 = 0,91.$$

Is de CP-index < 1, dan liggen de kosten boven het

budget. Bij een CP-index die gelijk is aan 1, ligt het

project qua kosten op schema.

De schedule performance index (SPI):

$$EV / PV = € 72.000 / € 72.000 = 1.$$

Is de SP-index < 1, dan ligt het project achter op de

planning. Bij een SP-index die gelijk is aan 1, ligt

het project qua kosten op schema.

De afwijkingen in de tijd (SV) worden in eenheden

van geld uitgedrukt en geven geen nauwkeurige

weergave van de te verwachten projectduur.

Het is beter om de prestatie in tijd ook in eenheden

van tijd uit te drukken. Bovendien geeft dit

ook geen goed beeld als het project tegen het einde

loopt. Een SV van 0 of een SP-index (SPI) van

1 geeft aan dat een project precies op schema

loopt. Is een project eenmaal voltooid, dan is de

SV altijd 0 en de SPI altijd 1, zelfs als het project

te laat is. Er is een andere variabele nodig, namelijk

de earned schedule (ES). De ES wordt als

volgt berekend.

Omdat er geen afwijking is op het einde van

periode 5 wordt om deze berekening te laten zien, ge-

keken na periode 4. Uit figuur 5 blijkt dat de EV na

vier maanden 47.000 euro is. Dit betekent dat de

PV van de derde maand al is bereikt (34.000 euro).

Hierbij komt het gedeelte tussen de derde en de

vierde maand, in formulevorm:

$$ES = 3 + \frac{EV - PV(3)}{PV(4) - PV(3)} = 3 + \frac{47.000 - 34.000}{50.000 - 34.000} = 3,81 \text{ maanden}$$

De schedule variance in de tijd, SV(t), is de ES - de

huidige doorlooptijd, actual time (AT).

Na vijf maanden is de SV(t) = ES - AT = 5 - 5 = 0

maanden. De SPI(t) = ES / AT = 5 / 5 = 1. Het project

ligt qua tijd op schema.

De prognoses van het project

Nu de feiten zijn vastgesteld, is het ook van belang

om met deze gegevens als uitgangspunt naar de

toekomst van het project te kijken. Wat zijn de uit-

eindelijk te verwachten kosten en wanneer is het project gereed?

De voorspelling van de kosten heet in termen van EV de estimate at completion (EAC). De EAC wordt als volgt berekend: $EAC = AC + (BAC - EV) / CPI = BAC / CPI = €180.000 / 0,91 = €197.500$. Voor de CP-index (0,91) kan de (project)controller ook een andere performance-index nemen, een die op zijn ervaring is gebaseerd. Als er geen overschrijdingen meer zijn in de kosten dan zal het project 7.000 euro meer kosten dan gepland. Mocht de performance dezelfde blijven als na vijf maanden is geleverd dan zullen de kosten 17.500 euro meer bedragen dan gebudgetteerd.

De voorspelling van de doorlooptijd is de schedule at completion (SAC) = $AT + (projectduur - ES) / SP-index(t) = 5 + (12 - 5) / 1,0 = 12$ maanden. Ook hier kan voor de SP-index (1,0) een andere performance-index worden genomen, een die op ervaring is gebaseerd.

De voortgang op het kritieke pad

Echter naast de SAC moet meer in detail worden gekeken naar de planning.

Uit de gegevens blijkt dat de taken 2 en 4, die beide op het kritieke pad liggen, achter liggen op schema (zie figuur 6).

Taak 2 is voor 90 procent gereed en taak 4 is nog niet gestart. Het project ligt dus achter op schema. De duur van taken 2 en 4 zijn respectievelijk 12 en 9 weken en liggen ongeveer 1,2 en 1 week achter op schema. Het project ligt dan in totaal 2,1 weken ofwel 10,5 werkdagen achter op de planning. Naast de EVA zal dus ook specifiek naar het kritieke pad of naar de kritieke keten moeten worden gekeken. De SAC gaat namelijk uit van de totale voortgang van alle taken en kijkt niet of die op het kritieke

pad liggen. De kritieke activiteiten 2 en 4 liggen achter op schema. Wel kon al iets aan de niet kritieke taken 5 en 6 worden gedaan. Deze liggen voor op de planning.

Objectiviteit is een voorwaarde bij de vaststelling van de voortgang. Die vaststelling gebeurt dan ook bij voorkeur door een onafhankelijke projectcontroller. De projectmanager geeft, om goed voor de dag te komen, vaak een te positief beeld van de voortgang.

Twee analyses

Om de voortgang van een project te bepalen zijn twee analyses nodig, namelijk:

- de EVA, die een prognose geeft van de kosten, en
- het kritieke pad (van de netwerkplanning, zoals bij precedence diagramming) of de kritieke keten en het buffermanagement, zoals bij critical chain, die een prognose heeft van de doorlooptijd. De SAC is mogelijk niet nauwkeurig genoeg.

Het kan voorkomen dat een project overall voor ligt op de planning, maar dat de taken die op de kritieke keten liggen achterliggen op schema. Mocht dit het geval zijn, dan is het onmogelijk om het project op tijd klaar te hebben als er geen acties worden ondernomen. Andersom geldt dit ook. Als het project meer uren nodig heeft, maar niet op de kritieke keten, dan kan het project zeker binnen de gestelde tijd worden afgerond. Naast de EVA moet in het voortgangsrapport ook een aparte voortgangsmelding van het kritieke pad plaatsvinden.

De (project)controller maakt beide analyses, zodat de opdrachtgever een zo objectief mogelijke beeld krijgt van de voortgang en prognoses van het project. <

Nr.	Taak (WBS)	Totale PV	PV na 5 maanden	PV % na 5 maanden	Gereed % na 5 maanden	EV na 5 maanden	Kosten na 5 maanden
1	Fundering aanleggen	€ 18.000	€ 18.000	100%	100%	€ 18.000	€ 21.700
2	Buitenmuren metselen	€ 24.000	€ 24.000	100%	90%	€ 21.600	€ 24.000
3	Binnenmuren metselen	€ 18.000	€ 18.000	100%	95%	€ 17.100	€ 18.000
4	Vensters inzetten	€ 18.000	€ 2.000	11%	0%	€ 0	€ 0
5	Dakconstructie maken (houten balken)	€ 6.000	€ 2.000	33%	55%	€ 3.300	€ 3.300
6	Elektriciteit aanleggen	€ 24.000	€ 8.000	33%	50%	€ 12.000	€ 12.000
7	Bakstenen metselen	€ 24.000	€ 0	0%	0%	€ 0	€ 0
8	Dakpannen leggen	€ 12.000	€ 0	0%	0%	€ 0	€ 0
9	Leiding van de vloerverwarming leggen	€ 18.000	€ 0	0%	0%	€ 0	€ 0
10	Vloer gieten	€ 10.000	€ 0	0%	0%	€ 0	€ 0
11	Schilderen binnen	€ 8.000	€ 0	0%	0%	€ 0	€ 0
		€ 180.000	€ 72.000			€ 72.000	€ 79.000

Figuur 6. Gegevens voor de earned value analyse