

baseres på en sammenholdelse af detektorpassagerne med den aktuelle signalvisning, som jo kendes af styreapparatet. Oplysningerne opsamles i styreapparatet og kan sidenhen overføres til en PC i den tekniske forvaltning eller hos signalleverandøren, hvor oplysningerne kan benyttes i den trafiktekniske vedligeholdelse af signalsystemet.

I Danmark findes i 1994 over 25 operative overvågningssystemer, der typisk omfatter 10-50 kryds.

#### Litteratur

- 1 Signalthandbogen - Uformning och drift av trafiksignalanläggningar, TRK, Transportforskningskommissionen, 1982.
- 2 Vejregler for signalanlæg, Vejdirektoratet, Vejregelsekretariatet, 1985.
- 3 Webster, F.V. Traffic Signals, Ministry of Transport, HMSO Road Research Laboratory, Road Research Technical Paper No 56, 1966.
- 4 Gautier, Eric. TRAFIK - en metodik til bedre trafikstyring. EB Trafik Systemer A/S, 1991.
- 5 Peterson, Alf m.fl. Signalreglering med LHOVRA-teknik. Projekteringshandbok. Vägverket, Publikation 1991:51, 1991.
- 6 Lauritzen, Steen. Styrestrategier for signalanlæg, Del 1 - et litteraturstudium, Institut for Veje, Trafik og Byplan, DtH. Notat 85-4, marts 1985.
- 7 Lauritzen, Steen. TRANSYT - et edb-program til beregning af grønne bølger, Dansk Vejtidskrift, maj 1990.
- 8 Gautier, Eric. Effekt af automatisk overvågning trafiksignalanlæg, Dansk Vejtidskrift, okt. 1990.

## Kapitel 6

# Trafiksikkerhed og uheldsbekæmpelse

Af N.O. Jørgensen

## 6.1 Trafiksikkerhedsarbejds teoretiske grundlag

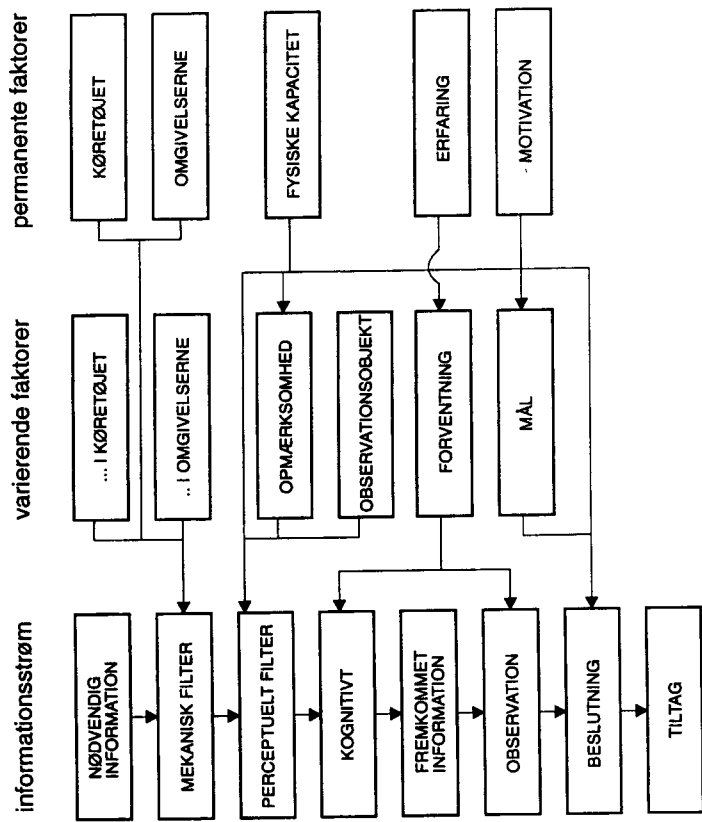
### Grundlæggende synspunkter - Trafikuheld betragtes som systemsvigt

Siden 1960'erne har det været et overordnet teoretisk synspunkt, at trafikuheld må anses for at være udtryk for et svigt i et system bestående af *trafikanten, kørtøjet og vejen*. Dette synspunkt er udviklet i forbindelse med serier af dybdeanalyser af konkrete uheld, som har været udført mange steder i verden. Under søgelserne har ofte været udført af særlige udrykningshold med tværfaglig sammensætning. Holdene har søgt at nå frem til uheldstederne samtidig med redningsfolk og politi, således at holdet har kunnet interviewe uheldsparterne. Ved denne type uheldsanalyser er systembetragtningen blevet anvendt til at påpege de fejl eller mangler i systemet, som har været af afgørende betydning for uheldet, fx fejlagtig trafikantadfærd, mangelfuld vejafmærkning, køretøjsmangler etc.

Selve beskrivelsen af uheldsforløbet er blevet inddelt i tre faser, som aldrig har fået en god dansk betegnelse, nemlig:

- pre crash phase
- crash phase
- post crash phase

Den første fase er den, som har størst betydning for studiet af uheldsforebyggelse, afværgemanøvrer o.l. Den anden fase er den, hvori uheldsmekanismen forløber, dvs. studiet af kollisionsdynamik og af køretøjsdeformationer samt af de mekanismer, som fører til personskaderne, er knyttet til denne fase. Den tredje fase omfatter redningstjeneste, hospitalsbehandling, revalidering mv.



Figur 6.1 Analysemodel baseret på informationsprocessen.

En anden tankegang er udviklet i et svensk projekt.<sup>2</sup> Denne tankegang, som benævnes *TRK-metoden*, anskuer trafikanters færden ud fra et informationssynspunkt, og uheldet opfattes som et udtryk for, at der har været et informationssvig hos en eller flere parter i uheldet. Figur 6.1 illustrerer modellen for informationsprocessen under kørsel.

I et nordisk projekt er de to metodiske synspunkter søgt samarbejdet i analysen af en række uheld.<sup>3</sup>

## Uheld set som udfald i en stokastisk proces - Poissonprocessen

Et andet vigtigt teoretisk synspunkt består i, at uheld betragtes som tilfældige den forstand, at tid og sted for et uheld aldrig kan forudsiges. Selv de implicerede parter vil ikke kunne forudsige uheldet mere end højest et par sekunder før kollisionen. Uheldenes tilfældige natur har ført til, at de kan ansues ud fra teorien for stokastiske processer, hvor uheldet betragtes som et udfald i processen

Begrebet *aktiv sikkerhed* benyttes om forhold, som har betydning for forebyggelse eller afværgelse af uheld. Her tænkes på en fornuftig trafikantadfærd, en hensigtsmæssig vejudformning, gode bremsere osv. *Passiv sikkerhed* refererer til forhold, som reducerer konsekvenserne, givet at et uheld er indtruffet. Her er sikkerhedssejler og styrtøjle eksempler, men også en "blød" udformning af vejmiljøet, fx skilte monteret på standere med brudled, så påkørsel ikke er så kritisk for en bilist.

I forbindelse med dybdeanalyser er en række vigtige begreber blevet genstand for diskussion. Et vigtigt punkt har været diskussioner omkring begrebet *uheldsårsag*. Mange forskere anser i dag dette begreb for praktisk uanvendeligt. Det skyldes, at i videnskabelig tankegang skal en årsag have en veldefineret virkning, og derfor kan en omstændighed, som synes at have "forårsaget" uheldet, ikke kaldes årsag, hvis den samme omstændighed også forekommer i situationer, hvor uheld ikke indtræffer. Fx kan glat føre i en kurve ikke siges at være en årsag til et givet uheld, fordi der sandsynligvis har været hundreder af biler, som har passeret stedet uden uheld. Der må altså have været andre faktorer, som bevirkede, at netop denne ene bilist havarede.

Denne tankegang førte forfatterne bag arbejdet med den såkaldte *Fynsundersøgelse* til i stedet at arbejde med begrebet en *uheldsfaktor*.<sup>1</sup> En uheldsfaktor defineres som en omstændighed, som var til stede i et uheld, og uden hvilken uheldet ikke ville have fundet sted. Der kan være adskillige faktorer i et uheld. Denne betragtningstype har vist sig at være meget frugtbar. I forbindelse med Fynsundersøgelsen blev der udviklet et system til logisk afgrænsning af, hvilke typer af faktorer, som kan have været virksomme i et givet uheld, dersom uheldets faktiske forløb i tid og sted kan fastlægges.



Både trafikanten, køretøjet og vejen kan indgå som uheldsfaktor i et uheld.

Betragter man en bestemt del af et vejnet, fx et bestemt vejkryds, kan man ansætte uheldshændelserne i krydset som forløbet i en stokastisk proces. Processens udfald eller hændelser sker på tidspunkter, som antages at følge en sandsynlighedssteoretisk modellov.

En simpel antagelse om modelloven kunne være: Antag, at der gennemsnitligt sker  $m$  hændelser pr tidsenhed, at sandsynligheden for en hændelse i et kort tidsrum  $\Delta t$  er  $m \cdot \Delta t$ , og at sandsynligheden for mere end én hændelse i  $\Delta t$  er uendelig lille af højere orden, når  $\Delta t \rightarrow 0$ . I mere almindeligt sprog betyder disse forudsætninger, at uheldsintensiteten er konstant i tiden, at hændelserne sker fuldstændig uafhængigt af hinanden, og at hændelserne altid kan adskilles tidsmæssigt ved tilstrækkelig fin tidsmåling.

Disse forudsætninger betyder, at Poissons lov er gældende for processen. Poissons lov siger, at antallet af hændelser i tidsrummet  $t$  er givet ved:

$$P(x) = \frac{(mt)^x}{x!} \cdot e^{-mt} \quad (6.1)$$

$P(x)$ : sandsynligheden for  $x$  hændelser i tidsrummet  $t$ , hvor  $x = 0, 1, 2, 3, \dots$   
 $mt$ : det gennemsnitlige antal hændelser i tidsrummet  $t$

Poissonprocessen har nogle vigtige egenskaber. Betragtes to uafhængige poissonfordelte variable med middelværdier  $m_1$  og  $m_2$ , gælder det, at summen af par af observationer af de to variable igen udgør en poissonfordeling med middelværdi  $m_1 + m_2$ . Denne additivitet er afgørende for poissonfordelingens praktiske anvendelse i studiet af trafikulykker. Middelværdien i poissonprocessen vil nemlig variere med trafikken over dagen, ugen og året. Men hvis modellen blot gælder i kortere tidsrum, fx en time ad gangen, vil den også gælde for hele året, når årets timer summeres op.

Om Poissons fordeling gælder endvidere, at den kun har én fri parameter, nemlig middelværdien, dvs at når den kendes, kendes hele fordelingen. Fordelingens varians er lig middelværdien.

Poissons fordeling er nært knyttet til både binomialfordelingen og normalfordelingen. Udfører man et stort antal gange et binomialfordelt forsøg med en ganske lille sandsynlighed for positivt udfald, vil antal positive udfald kunne tilnærmes godt med en poissonfordeling. Når middelværdien  $mt$  bliver et stort tal, fx  $mt > 50$ , vil Poissons fordeling kunne tilnærmes godt med en normalfordeling.

Heraf følger, at de interessante anvendelser af Poissons fordeling typisk er sådanne, hvor middelværdien er et lille tal, fx  $0 < mt < 20$ . Poissons lov kaldes derfor "de små tals lov" eller "loven om de sjældne hændelser". Poissonfordelingens egenskaber samt en række mulige anvendelser i relation til trafik er beskrevet af Gerlough & Schuhl.<sup>4</sup>

## Klassifikation af uheld i uheldsbekæmpelsen

Det teoretiske hovedsynspunkt bag den praktiske uheldsbekæmpelse i vejvesenettet er som nævnt, at indtrufne uheld kan antages at repræsentere udfald i en stokastisk proces, som beskriver vejens risikotilstand. Uheldene betragtes altså som tilfældige mht. tid og sted. Men uheldenes art og antal er vores vigtigste informationer om uheldsproessen.

I det praktiske arbejde er der derfor stor interesse for oplysninger om de faktisk indtrufne uheld. Det er også vigtigt at klassificere uheldene efter den betydning, som stedet har haft for uheldene. Det er her især klassifikation efter den trafikale situation i uheldet, som har betydning. En overordnet klassifikation af uheldene efter deres relation til lokale forhold er foreslået af Landstrøm.<sup>5</sup> Den skal kort refereres her.

Hvis man skal påvirke risikoen på et sted gennem lokale vej- og trafiktekniske indgreb, må uheldene have relation til lokale forhold. Næppe alle uheld har det. Betragtningen er, at nogle uheld er *stedsbestemte*, dvs. at de kunne ske hvor som helst. De har ingen lokal tilknytning. Et eksempel kunne være uheld, som skyldes et eksploderende bildæk. Modsat disse står *stedsbestemte* uheld, der igen kan opdeles i *punktbestemte* og *strækningsbestemte* uheld. Som illustration kan nævnes, at fx tværkollisioner i et vejkryds er punktbestemte: de er betinget af, at to trafikstrømme skærer hinanden i netop dette punkt. For strækningsbestemte uheld gælder, at der overalt på en strækning findes en fælles omstændighed, som kan udløse uheld. Et eksempel på strækningsbestemte uheld kunne være cykeluheld, hvor cyklister i mørke har påkørt parkerede biler på en ubelyst vej med parkering tilladt. Sådanne uheld kan forekomme overalt på strækningen, dvs. de er strækningsbestemte, idet parkerede biler kan forekomme hvor som helst.

Når uheld er stedsbestemte, og forholdene på stedet er uændrede, kan man ud fra en rent praktisk synsvinkel *foruente gentagelse* af uheldet. Man kan nemlig forvente, at de faktorer, som i én situation var uheldsudløsende, vil forekomme igen. Spørgsmålet er med hvor stor hyppighed?

## 6.2 Datakilder om uheld

### Flere statistiksystemer belyser uheldene

Vores viden om færdselsuheldene stammer fra forskellige datakilder. I det følgende vurderes datakildernes anvendelighed ud fra hensynet til vejvesenets praktiske uheldsbekæmpelse. Andre hensyn, fx hensynet til forskningsformål, vil føre til andre vurderinger.

I vejvæsenets praksis har det hidtil været politiets rapporter om indtrufne uheld, som har haft størst praktisk betydning. Politiet skal optage rapport og indsende indberetning til Danmarks Statistik om alle personskadeuheld samt om alvorlige materielskadeuheld.

En række hospitaler rundt omkring i landet registrerer nu trafikskader på skadestuerne. Det har herved kunnet vises, at politiets rapporter langt fra indeholder data om alle personskadeuheld. Afhængigt af skadens sværhedsgrad og de implicerede trafikantarter varierer rapporteringens dækningsgrad fra at være nær 100% for uheld med dødelig udgang til at være under 10% ved lette cyklistskader indtruffet ved eneuheld. Lignende resultater er fundet i andre europæiske lande.

Der foreligger kun enkelte systematiske undersøgelser, som belyser hospitalsregistreringernes dækningsgrad, dvs. hvor mange personskader, som evt. behandles kun hos praktiserende læger eller i hjemmet. En enkelt undersøgelse har vist, at det samlede antal af alle typer af skader er mere end dobbelt så stort som det tal, der registreres på hospitalerne.<sup>6</sup> Dette synes også specielt at gælde trafikskader. Et enkeltstående resultat fra en undersøgelse af tilskadekomne børn i Odense<sup>7</sup> viser, at politiet havde kendskab til et antal tilskadekomne børn, som ikke var kendt på skadestuen. For alvorligere uheld, i dette tilfælde tilskadekomne cyklister og fodgængere på 7 - 14 år, der havde haft motorikøretøj som modpart, havde politiet kendskab til et antal tilskadekomne børn, som ikke kunne findes i skadestuens data. De svarede til 6 - 7% af de tilsvarende tal fra skadestuen. Data omfattede hele Odense kommune i årene 1981 - 89.

I forsikringselskaber ligger naturligvis store datamængder om trafikuheld. Data ligger ofte i en form, som er mindre velegnet til praktisk uheldsforebyggelse. Der arbejdes bl.a. på internationalt niveau med at forsøge en praktisk udnyttelse af forsikringsdata i trafiksikkerhedsarbejdet.

I det praktiske arbejde i vejvæsenet vil det ofte være ønskeligt at supplere politirapporterne med data fra hospitalsregistreringer. De to datatyper har imidlertid væsensforskelligt dataindhold.

Politiindberetningernes svaghed er den varierende dækningsgrad. Deres styrke er, at de rummer oplysninger om og fra alle implicerede parter, at den, som skriver rapporten, har været på stedet, og at stedsangivelsen normalt er god. Rapporteringssystemet er landsdækkende og ensartet.

Skadestuerregistreringernes svaghed er, at de kun omfatter personskader, og at de normalt må bygge på kun den ene parts oplysninger. Deres styrke er den høje dækningsgrad for de fleste skadestyper og den gode beskrivelse af personskadernes art og omfang. Det forventes, at der i løbet af få år vil komme en landsdækkende indlæggelsesstatistik for tilskadekomne i trafikken, men uden angivelse af uheldssted.

De forskellige datakilder er naturligvis opbygget med forskellige formål, og er derfor ikke overraskende, at vejvæsenets formål tilgodeses forskelligt i de kilderne. I det følgende omtales specielt politiindberetningerne til Danmarks Statistik, idet det er dem, som kan anvendes over hele landet. Som det fremgår, vejvæsenet direkte involveret i blanketarbejdet.

## Politiindberetningssystemet

Politiindberetningssystemet, som er grundlaget for den officielle uheldsstatistik der offentliggøres af Danmarks Statistik, fungerer i hovedtræk på følgende måde. Når politiet er alarmeret til et uheldssted, foretager politibefjerten på stedet afhøring af parter og vidner om hændelsesforløbet. Desuden registreres bremspor og andre synlige spor, som kan belyse uheldsforløbet. Samme dag påbegynder udfyldelse af den egentlige politirapport, der er det grunddokument, som politiet anvender ved sagsbehandlingen. Statistikblanketten indgår i rapportformularen.

Så vidt muligt samme dag indsendes til Danmarks Statistik en lille foreløbig blanket med nogle få data om uheldet. Senest 5 uger efter uheldet indsendes den egentlige rapportblanket. Den indsendes via vejmyndigheden, de fleste steder amtet. Her omsættes politiets stedsangivelse til en stedskode med vejnummer, kilometering eller husnummer. Amtet beholder selv en kopi, oversender evt. kopi til den kommune, hvori uheldet er sket, og indsender den sidste blanke til Danmarks Statistik. Fordelen ved dette system er, at både den lokale politimyndighed, de lokale vejmyndigheder og Danmarks Statistik har identiske oplysninger liggende. I modsætning til tidligere er stedskoder nu påført, når materialet når frem til Danmarks Statistik, og de lokale vejmyndigheder har allerede informationerne.

Når data for et kvartal er færdigbehandlet i Danmarks Statistik, oversendes de maskinelt læsbar form til Vejdirektoratet, hvorefter det indgår i Vejdirektoratets uheldsdatabank. Herfra kan vejmyndigheder og andre - fx forskningsinstitutioner - udtrække data i bearbejdet form. Der kan fx leveres oversigter over ulstrækningsvis for en defineret årække, se figur 6.2, eller statistiske bearbejninger af uheld for et geografisk område.

Det må forventes, at den skitserede blanketgang på et tidspunkt erstattes af inddatering af uheldsdata fra politiet direkte til en database, hvorfra de interesserede parter kan udtrække de samme informationer, som i dag kan udtrækkes fra blanketterne.

Figur 6.3 viser den uheldsblanket, som er i anvendelse i 1994. Der ske stadighede mindre ændringer i indberetningssystemet. Opbygningen er således at der startes med *administrative data* (politikreds, journalnummer etc.), dern



**Uheldssituationer med elementnummerering**

0 →

1 →

2 →

3 →

4 →

5 →

6 →

7 →

8 →

9 →

10 →

11 →

12 →

13 →

14 →

15 →

16 →

17 →

18 →

19 →

20 →

21 →

22 →

23 →

24 →

25 →

26 →

27 →

28 →

29 →

30 →

31 →

32 →

33 →

34 →

35 →

36 →

37 →

38 →

39 →

40 →

41 →

42 →

43 →

44 →

45 →

46 →

47 →

48 →

49 →

50 →

51 →

52 →

53 →

54 →

55 →

56 →

57 →

58 →

59 →

60 →

61 →

62 →

63 →

64 →

65 →

66 →

67 →

68 →

69 →

70 →

71 →

72 →

73 →

74 →

75 →

76 →

77 →

78 →

79 →

80 →

81 →

82 →

83 →

84 →

85 →

86 →

87 →

88 →

89 →

90 →

91 →

92 →

93 →

94 →

95 →

96 →

97 →

98 →

99 →

100 →

101 →

102 →

103 →

104 →

105 →

106 →

107 →

108 →

109 →

110 →

111 →

112 →

113 →

114 →

115 →

116 →

117 →

118 →

119 →

120 →

121 →

122 →

123 →

124 →

125 →

126 →

127 →

128 →

129 →

130 →

131 →

132 →

133 →

134 →

135 →

136 →

137 →

138 →

139 →

140 →

141 →

142 →

143 →

144 →

145 →

146 →

147 →

148 →

149 →

150 →

151 →

152 →

153 →

154 →

155 →

156 →

157 →

158 →

159 →

160 →

161 →

162 →

163 →

164 →

165 →

166 →

167 →

168 →

169 →

170 →

171 →

172 →

173 →

174 →

175 →

176 →

177 →

178 →

179 →

180 →

181 →

182 →

183 →

184 →

185 →

186 →

187 →

188 →

189 →

190 →

191 →

192 →

193 →

194 →

195 →

196 →

197 →

198 →

199 →

200 →

201 →

202 →

203 →

204 →

205 →

206 →

207 →

208 →

209 →

210 →

211 →

212 →

213 →

214 →

215 →

216 →

217 →

218 →

219 →

220 →

221 →

222 →

223 →

224 →

225 →

226 →

227 →

228 →

229 →

230 →

231 →

232 →

233 →

234 →

235 →

236 →

237 →

238 →

239 →

240 →

241 →

242 →

243 →

244 →

245 →

246 →

247 →

248 →

249 →

250 →

251 →

252 →

253 →

254 →

255 →

256 →

257 →

258 →

259 →

260 →

261 →

262 →

263 →

264 →

265 →

266 →

267 →

268 →

269 →

270 →

271 →

272 →

273 →

274 →

275 →

276 →

277 →

278 →

279 →

280 →

281 →

282 →

283 →

284 →

285 →

286 →

287 →

288 →

289 →

290 →

291 →

292 →

293 →

294 →

295 →

296 →

297 →

298 →

299 →

300 →

301 →

302 →

303 →

304 →

305 →

306 →

307 →

308 →

309 →

310 →

311 →

312 →

313 →

314 →

315 →

316 →

317 →

318 →

319 →

320 →

321 →

322 →

323 →

324 →

325 →

326 →

327 →

328 →

329 →

330 →

331 →

332 →

333 →

334 →

335 →

336 →

337 →

338 →

339 →

340 →

341 →

342 →

343 →

344 →

345 →

346 →

347 →

348 →

349 →

350 →

351 →

352 →

353 →

354 →

355 →

356 →

357 →

358 →

359 →

360 →

361 →

362 →

363 →

364 →

365 →

366 →

367 →

368 →

369 →

370 →

371 →

372 →

373 →

374 →

375 →

376 →

377 →

378 →

379 →

380 →

381 →

382 →

383 →

384 →

385 →

386 →

387 →

388 →

389 →

390 →

391 →

392 →

393 →

394 →

395 →

396 →

397 →

398 →

399 →

400 →

401 →

402 →

403 →

404 →

405 →

406 →

407 →

408 →

409 →

410 →

411 →

412 →

413 →

414 →

415 →

**Figur 6.4 Uheldssituationsfortegnelse.**

følger data om *uheldet* set under ét (tid, sted, verbal beskrivelse af uheldsforløbet, vej og føre etc.), dernæst data om uheldets *parter* (personbil, cykel, autoværn etc.) og endelig om *personerne* knyttet til hver enkelt part (fører, passager, alder, køn, spirituspåvirkning, personskadens art etc.).

Af særlig interesse fra et vejteknisk synspunkt er dels stedsangivelsen, dels angivelsen på blanketten af det såkaldte *uheldssituationsnummer*. Uheldene er klassificeret efter den trafikale situation umiddelbart før uheldet indtraf. Der er opstillet en fortegnelse over uheldssituationerne, se figur 6.4. Det har vist sig at være en lettelse for politiet at angive uheldssituationen og kørselsretningen i kodet form frem for, at politiet i verbal form skulle beskrive hver enkelt parts kørselsretning og manøvrer. Ud fra uheldssituationen og de angivne kørselsretninger er det som oftest muligt at fastlægge i hovedtræk, hvor og hvorledes et uheld har fundet sted.

## 6.3 Vejvæsenets uheldsbekæmpelse

### Sortplet arbejdet, teoretisk baggrund

Sortplet arbejdet bygger på den idé, at der i vejnettet findes steder, som indeholder et særligt risikomoment, og som derfor giver anledning til mange ulykker. Sådanne steder er de såkaldte *sorte pletter* (engelsk: black spots).

Tænker man nøjere efter, indser man, at begrebet kun er brugbart, hvis der er tale om *lokale, permanente omstændigheder*, som giver anledning til ulykker. Ydermere, da trafikanterne, som omtalt i afsnit 11.3, i betydeligt omfang kompenserer for *øjensynlige* risikomomenter, må en sort plet formodentlig rumme et risikoskabende forhold, som ikke er tydeligt for trafikanterne. Heri ligger altså, at der på en sort plet må ske flere uheld, end på steder med tilsvarende samme trafikale forhold. Alt dette indebærer, at sorte pletter kun kan defineres og udpeges gennem en sammenligning med resten af vejnettet.

Der er velkendt, se afsnit 11.3, at forskellig vejstandard og forskellig trafikbelastning fører til forskellig uheldsrisiko. Sammenligner vi en bygade, der har blandet trafik, med en motorvejstrækning, der har ren biltrafik, skal vi forvente, at bygaden har højst uheldstal set i forhold til trafikens størrelse. Da dette forhold på forhånd er kendt, kan bygaden ikke udpeges som sort plet, alene fordi den afviger stærkt fra motorvejen. Sortpletudpegnung må altså ske inden for samme vejstandard.

Kun systematiske observationer kan afsløre, om sorte pletter i den betydning, som her anvendes, eksisterer i praksis. Det gør de.



Ei fremtidsbillede - endnu i 1994 indberetter politiet uheld på papirblanketter.

### Udpegnung og afhjælpning af sorte pletter

Hvis det skal være muligt i praksis at finde frem til vejtekniske indgreb, som kan afhjælpe indtrufne uheld, er det som regel nødvendigt at have et ikke alt for lille antal uheld at arbejde med, fx 5 - 10 uheld. Ellers er det for vanskeligt at få et indtryk af hvilke faktorer, som er fælles for uheldene. Man må huske, at det er de fælles omstændigheder ved et antal uheld, som er nøglen til forståelsen af de forhold, som har bragt trafikanterne i vanskeligheder. Ved udpegnung af sorte pletter må antallet af uheld indgå i metoden.

Udpegnungen af sorte pletter må indebære en prioritering af lokaliteter med henblik på afhjælpning af uheld. I dansk praksis har tre hovedsynspunkter været anvendt:

1. Uheldstætheden benyttes som udvælgelsesgrundlag, dvs. de steder, hvor de geografiske koncentration af uheld er størst, behandles først.
2. Uheldsfrekvensen benyttes som udvælgelsesgrundlag, dvs. de steder, hvor der sker flest ulykker i forhold til trafikbelastningen, altså hvor uheldsrisiko for den enkelte trafikant er størst, behandles først.
3. Steder, hvor afvigelsen mellem forventet og observeret uheldstal statistisk ses som størst, behandles først. (Metoden uddybes i det følgende).

I begrænsede analyser - fx analyser af uheldsbilledet i en by - er det normalt metode 1 eller 2 eller en kombination, som anvendes. Man kan fx først inddеле byens vejnet i kryds og enkeltstrækninger, og derpå liste dem efter faldende uheldstæthed. Man udtager derefter fx de 20 kryds og de 20 strækninger, som ligger højest. For dem udregnes uheldsfrekvenser, og listerne ordnes nu efter faldende uheldsfrekvens. Hvis man herefter udtager de 10 øverste kryds og strækninger på listerne til næjere analyser, har man udtaget vejelementer, hvor både uheldstæthed og uheldsfrekvens er relativt høje for byen. Høj tæthed skulle sikre, at der er uheld at arbejde med, og høj frekvens skulle sikre, at der foreligger en usædvanlig risiko. Denne metodik har vist sig brugbar i praksis.

Figur 6.5 viser et eksempel på en uheldsanalyse i et kryds.

Den tredje metode har været anvendt i Danmark i en årrække af Vejdirektoratet i forbindelse med en rutinemæssig udpegnings af sorte pletter på det overordnede vejnet, altså hovedlandeveje og landeveje. Baggrunden for dette metodevalg kan kort beskrives således. Den koordinerede uheldsstatistik - betegnelsen for en statistikoversigt opbygget løbende siden 1967 - har tydeligt vist, at der er store forskelle i uheldstæthed og uheldsfrekvenser mellem forskellige vejtyper. Udpegnings på landsniveau efter uheldstæthed eller uheldsfrekvens ville stort set føre til udpegnings af lokaliteter indenfor bestemte vejtyper, som på forhånd kendes som uheldsbelastede. Derfor ville en detailbehandling af mange delstrækninger på disse vejtyper næppe være hensigtsmæssig, fordi behandlingen burde bestå i en regulær hævning af vejstandarden. Der, hvor en lokalbehandling er nyttig, er jo netop de steder, hvor uheldstallet afviger fra, hvad man skulle forvente for den pågældende vejtype. Det er sådanne lokaliteter, der kunne opfattes som "trafikfælder". Her burde der være gode muligheder for at fjerne de unormale forhold, når de er blevet afdekket statistisk.

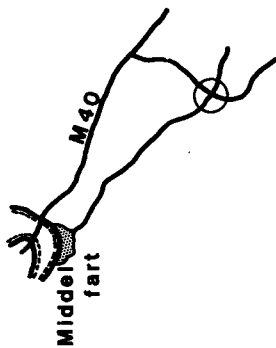
Metoden kan da bestå i, at man for givne vejstrækninger beregner et forventet uheldstal  $U_{forv}$  ud fra kendskab til vejtypen. Dette tal sammenlignes med et observeret uheldstal  $U_{obs}$ . Hvis forskellen er signifikant i statistisk forstand, er der grund til at tro, at stedet er unormalt højt uheldsbelastet, og der er grund til at iværksætte en lokal udbedring.<sup>8</sup>

Hvorvidt forskellen er signifikant kan afgøres, hvis den stokastiske variation er kendt. Her benyttes antagelsen om, at variationen kan beskrives ved Poissons fordeling. Om forskellen er signifikant kan med tilnærmelse ses af størrelsen:

$$Z = \frac{U_{obs} - U_{forv} - 0,5}{\sqrt{U_{forv}}} \quad (6.2)$$

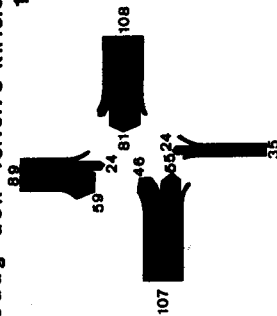
Hvis  $Z > 2$  er forskellen signifikant på 2½% niveau. Jo større Z-værdi jo større statistisk sikkerhed i afvigelsen mellem  $U_{obs}$  og  $U_{forv}$ .

## ORIENTERINGSPLAN:

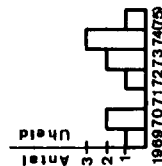
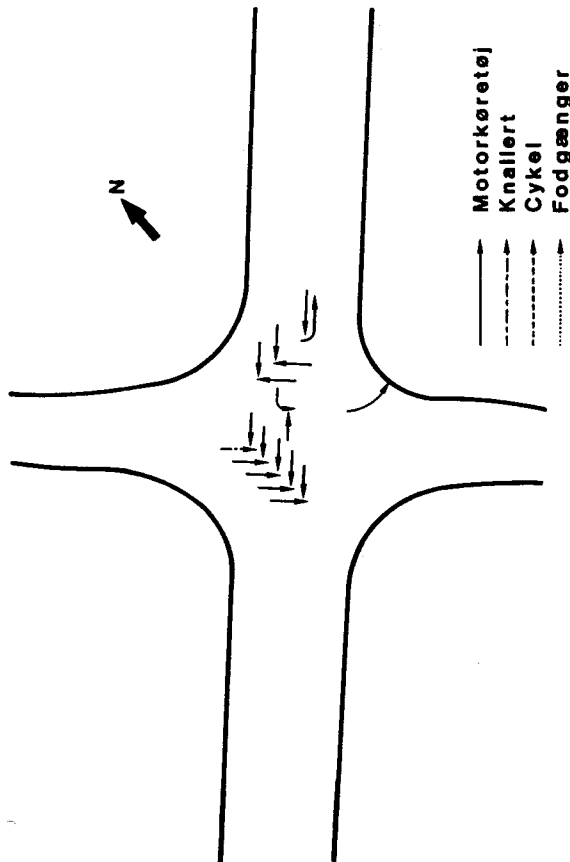


## TRAFIKTAL:

Antal køretøjer  
Onsdag den 15.10.75 kl.16.00 - 17.00



## UHELDSANALYSE:



Uhældene sker hovedsageligt på hverdage med tendens til ophobning sent på eftermiddagen. Vejret er normalt klart og føret tørt. Fyrre procent af uhældene er sket i mørke. Uhældene forekommer hovedsageligt mellem ligaukørende på hver sin vej. To færdselsretninger dominerer i uheldsmaterialet.

Figur 6.5 Eksempel på en uheldsanalyse i et kryds i form af et såkaldt kollisionsdiagram.



### Eksempel

På en 3,1 km lang strækning af en landevej, 2 spor, 6,5 m bred uden randbebyggelse, årsdøgntrafik 5200 v/døgn, er der i to år sket i alt 8 uheld. Er strækningen en sort plet?

$U_{\text{forv}}$  beregnes ud fra tabel over a og p værdier, se afsnit 11.3 tabel 11.2:

$$U_{\text{forv}} = 2 \cdot 3,1 \cdot 458 \cdot 10^{-6} \cdot 5200^{0,83} = 3,45 \quad (6.3)$$

$$Z = \frac{8 - 3,45 - 0,5}{\sqrt{3,45}} = 2,18 \quad (6.4)$$

Efter dette er strækningen en sort plet, idet det observerede uheldstal 8 afviger statistisk fra det forventede på 3,45. Bemærk, at et uheldstal på 7 eller derunder vil føre til  $Z < 2$ , og altså til at strækningen ikke kan klassificeres som sort plet. Denne tilnærmelsesmetode er velegnet til håndregning.

En anden metode til at gøre det samme anvendes af Vejdirektoratet. Den kaldes "glider-metoden". For en given vejtype og trafikbelastning udregnes det, hvor kort en strækning skal være, for at et observeret uheldstal på fx 3 er signifikant for højt i forhold til det forventede. 3 uheld er for højt, hvis det forventede uheldstal er  $< 0,62$ , idet sandsynligheden for 3 eller flere uheld da er under 2½%, hvilket ses ved indsættelse i (6.2). Man udregner altså den vej længde, som har et forventet uheldstal på 0,62 i den undersøgte periode. Denne vej længde flyttes ("glider") hen over vejen, indtil der findes 3 uheld inden for strækningen. Man har da fundet en sort plet. Denne metode er velegnet til en edb-afsøgning af vejnettet i den koordinerede uheldsstatistik.

### Eksempel

På den foran omtalte vejstrækning må der forventes:

$$2 \cdot 458 \cdot 10^{-6} \cdot 5200^{0,83} = 1,11 \text{ uheld/km} \quad (6.5)$$

i en periode på 2 år. Det forventede antal uheld skal være 0,62. Den søgte længde L findes da af:

$$L \cdot 1,11 = 0,62 \Rightarrow L = 0,560 \text{ km} \quad (6.6)$$

dvs., at hvis der sker 3 uheld (eller flere) på to år inden for en strækning på 560 m, er der tale om en sort plet på den pågældende strækning.

Ved en omskrivning af formel (6.1) kan man udtrykke direkte, at uheldene antages at være tilfældigt fordelt både tidsmæssigt og geografisk. Antager man, at der på en vejstrækning sker gennemsnitligt  $k$  uheld pr km vej længde pr år - dvs. at uheldstætheden er  $k$  - kan (6.1) skrives:

$$P(x) = \frac{(k \cdot L \cdot t)^x}{x!} \cdot e^{-kLt} \quad (6.7)$$

$P(x)$ : sandsynligheden for  $x$  hændelser på strækningen af længden  $L$  i tidsrummet  $t$  for  $x = 0, 1, 2, 3, \dots$   
 $kLt$ : det gennemsnitlige antal hændelser på strækningen af længden  $L$  i tidsrummet  $t$ .

Ud fra formel (6.1) kan man udlede fordelingen af længderne af tidsintervallerne mellem uheldstidspunkterne. Antag, at  $x = 0$ .  $P(0)$  udtrykker da sandsynligheden for, at der er 0 hændelser i intervallet  $t$ . Det betyder at:

$$P(0) = e^{-kt} \quad (6.8)$$

Formel (6.8) udtrykker sandsynligheden for, at der er mindst  $t$  tidsenheder til næste uheldshændelse. Formeludtrykket kaldes *exponentialfordelingen*. Bemærk, at i (6.1) er det  $m$ , som er den frie variabel, mens det i (6.8) er  $t$ , som er den frie variabel.

Sættes i (6.7)  $x = 0$ , fås svarende til (6.8) en exponentialfordeling:

$$P(0) = e^{-kLt} \quad (6.9)$$

Her kan  $L$ , afstanden mellem uheldsstederne, betragtes som den frie variabel.

Exponentialfordelingen kan afbildes som en ret linie på enkelt-logaritmisk papir med logaritmisk ordinatakse. En observeret fordeling af afstande mellem uheldspunkter kan sammenlignes med den forventede exponentialfordeling, dvs. den fordeling, som ville fremkomme, hvis uheldene var tilfældigt fordelt langs strækningen. Om den forventede fordeling gælder, at dens middelværdi, som er gennemsnitsafstanden mellem to uheldspunkter, er det reciprokke af uheldstætheden. Den teoretiske rette linies beliggenhed kan fastlægges ud fra, at ordinatværdien svarende til middelværdiens abscisse er 0,368 i en exponentialfordeling.

## Eksempel på anvendelser af fordelings typer

### Poissonfordelingen

Antag, at der i et kryds er sket 7 uheld på 5 år, dvs at der er sket 1,4 uheld pr år i gennemsnit. Sandsynlighederne for 0, 1, 2, osv. uheld pr år kan beregnes ud fra (6.1) eller slås op i en tabel over poissonfordelingen. Man finder for  $mt = 1,4$ :

$x$	=	0	1	2	3	4	5	6
$P(x)$	=	0,25	0,35	0,24	0,11	0,04	0,01	0,00

Tabellen viser, at med en middelværdi på 1,4 uheld om året skal man forvente, at en fjerdedel af årene vil være uheldsfri, mens både 2, 3, 4 og 5 uheld vil forekomme.

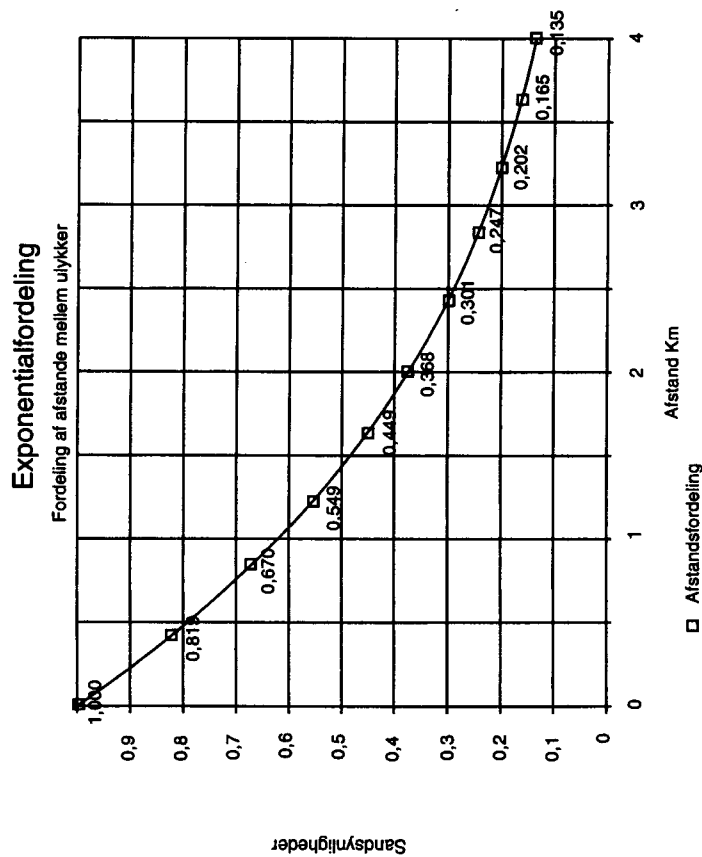
me af og til. Den store variation i uheldstal fra år til år på samme lokalitet, som er velkendt i praksis, er altså helt i overensstemmelse med Poissons lov.

## Exponentialfordelingen

Antag, at der på 50 km vej er sket 25 uheld pr år, altså at der er sket 0,5 uheld pr år pr km vej. Svarende til (6.9) fås en exponentialfordeling:

$$P(L) = e^{-0,5L} \quad (6.10)$$

Fordelingen er vist på figur 6.6. Figuren tolkes således, at sandsynligheden for, at der er mindst 1,4 km mellem to uheldspunkter er 50%. Afstanden mellem uheldene er det reciproke af uheldstætheden. Når uheldstætheden her er 0,5 betyder det, at gennemsnitsafstanden mellem uheldspunkterne er  $1:0,5 = 2,0$  km. Det kan ses, at middelværdien i en exponentialfordeling svarer til ordinatværdien 0,368, dvs at 36,8% af afstandene er større end middelværdien, mens 63,2% er mindre end middelværdien i en exponentialfordeling.



Figur 6.6 Eksempel på exponentialfordeling.

## 6.4 Uheldsbekæmpelse i praksis

I det følgende skitseres, hvorledes et projekt til uheldsbekæmpelse kan udarbejdes i praksis. Vejdirektoratets trafikikkerhedsafdeling har udarbejdet et sæt vejledningshæfter, som beskriver arbejdsgangen.<sup>9</sup> Her gennemgås nogle hovedtræk.

Idet det her er forudsat, at et bestemt vejkrøds er udvalgt til sikkerhedsmæssig behandling, vil arbejdet kunne bestå af følgende trin:

1. Indsamling af uheldsdata for krydset
2. Indsamling af vej- og trafiktekniske data om krydset
3. Uheldsanalyse ud fra trin 1 og 2.
4. Udarbejdelse af alternative forbedringsforslag
5. Valg og udførelse af forbedringsprojekt
6. Undersøgelse af projektets virkning efter anlæg

Ad 1: Her indsamles gennem politiet og evt. andre datakilder al tilgængelig information om stedfundne uheld for en passende periode dog næppe over 5-6 år, idet mange trafikale forhold erfaringsmæssigt ændres over en længere årrække.

Ad 2: Her fremskaffes relevant plannmateriale, tilgængelige tælledata, oplysninger om trafikregulering, tidligere ændringer o.l. Der bør normalt foretages besigtigelse af stedet - herunder observeres trafikantadfærd og der tages en række fotos. Krydset bør gennemkøres i bil og på cykel af de retninger, som uheldsparterne har kørt. Evt. særlige forhold som dårlig vedligeholdelse eller utilstrækkelig afvanding noteres. Oversigt over forhold registreres. Muligvis bør der foretages supplerende trafikmålinger, fx af cykeltrafik, som sjældent er registreret.

Ad 3: I den detaljerede analyse af uheldene undersøges en række forhold såsom uheldssituation, uheldsparter, vejr og føre, lysforhold og partenes kørselsretninger. Resultaterne sammenfattes ofte dels i et såkaldt kollisionsdiagram, dels i nogle statistiske oplysninger, se figur 6.1. Hovedideen bag analysen er, at nøglen til forståelse og dermed til bekæmpelse af uheld ligger i en afdækning af de omstændigheder, som fælles for flere uheld. Hvis den samme uheldsfaktor optræder ved flere uheld, vil fjernelse af faktoren betyde, at disse uheld forsvinder. Ansat sen sigter derfor på at finde de fælles faktorer i uheldene.

Ad 4: Der findes ingen standardmetode til at opstille løsningsforslag. Fra en række sager har man erfaring for, at bestemte fællestræk i uheldene peger på bestemte løsningsmuligheder. Nogle eksempler kan nævnes.

Hvis der i et vigepligtskryds sker mange tværkollisioner (uheldssituation 510/520 se figur 6.4), er der mulighed for, at trafikanter på sidevejen simpelthen overser krydset. En tydeliggørelse af krydset ved opætning af store vigepligtstavler, anlæg af heller, placering af lysmaster el.lign. kan hjælpe på problemet. Også en signalregulering af krydset vil sandsynligvis hjælpe, men man må da være forberedt på, at uheldsbilledet skifter således, at tværkollisioner forsvinder, men i stedet sker der uheld af type 410 - venstresving foran modkørende - og af type 140 - bagende-kollisioner.

Venstresving fra en primærvej mod en sekundærvej uden signalregulering giver anledning til uheld af type 410 og 140. Der er erfaring for, at disse uheld ofte afhjælpes gennem anlæg af venstresvingsspor på primærvejen. Et sådant anlæg vil medføre en samlet breddeudvidelse, som kan gøre det vanskeligere for cykler og fodgængere at krydse vejen. Man skal altså vurdere, om en løsning for en bestemt gruppe af trafikanter kan tænkes at skabe problemer for andre trafikanter.

I en række tilfælde kan uheld henføres til, at trafikanter ikke har afpasset hastigheden efter forholdene. I sådanne tilfælde kan lokale hastighedsbegrænsninger være et godt og billigt virkemiddel, også selv om hastighedsgrænsen ikke overholdes fuldstændigt. Meget generelt sagt gælder det, at hastighedsgrænser ikke overholdes, men at de påvirker hastighederne.



Også "afmærkning" af sorte pletter bruges i det uheldsbekæmpende arbejde.

Ved udarbejdelse af forslag bør det iøvrigt altid overvejes, om der er flere mulige løsninger, som hver for sig løser større eller mindre dele af konstaterede problemer med forskellige omkostninger. Da bugetrestriktioner altid vil være til stede, er det nødvendigt at overvurdere rentabiliteten af de enkelte løsningsforslag. Muligvis vil det være lønende at gennemføre et større antal billige løsninger over det samlede vejnet i stedet for at lave nogle få men meget gode løsninger. Eksempel på uheldsanalyser med løsningsforslag, oftest flere og i forskellig prækategori, findes i en eksempelsamling fra Vejdirektoratet, SSV.<sup>10</sup>

Ad 5: Valg mellem forskellige løsningsforslag indgår normalt i en trafikøkonomisk vurdering. Der henvises til afsnit 13.2 og 13.3. Selve udførelsen af anlæggene beskrives ikke her.

Ad 6: Efter udførelsen af et uheldsbekæmpelsesprojekt bør der foretages en undersøgelse af den uheldsreducerende effekt af anlægget. Formålet dels at undersøge, om den forventede rentabilitet er opnået, dels at kontrollere, om de forventede uheldsreduktioner er opnået samt om uforudsete risikomomenter er dukket op. En systematisk indsamling af erfaringer fra udførte anlæg kan føre til forbedrede retningslinier for uheldsbekæmpelsesarbejdet. Selve effektundersøgelsen rummer nogle statistiske metodeproblemer.<sup>11</sup> En vejledning fra Vejdirektoratet, SSV giver en række praktiske anvisninger.<sup>12</sup> Et eksempel på en større effektundersøgelse er givet i afsnit 11.5.