

Krátká exkurze do světa jetových algoritmů

Co by měly jetové rekonstrukční algoritmy splňovat?

Teoretické aspekty:

- IR bezpečné: algoritmus by měl najít jety, které nejsou citlivé na dodání měkkých gluonů
- kolineárně bezpečné: jety by neměly být citlivé na kolineární vyzařování gluonů
- „boost“ invariance : algoritmus by měl najít stejné jety nezávisle na boostu podél osy svazku
- kinematické proměnné popisující jety by neměly záviset na detailech koncového stavu
- algoritmus by měl být ekvivalentní na partonové, částicové a detektorové úrovni
- jednoduchá implementace algoritmu v poruchových výpočtech

Experimentální aspekty:

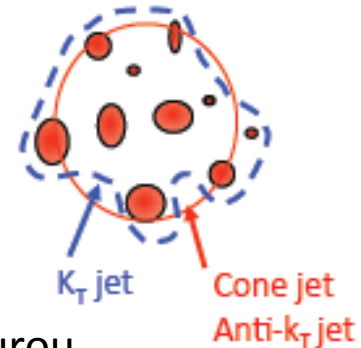
- nezávislost na detektorech (segmentaci, rozlišení, odezvě na deponovanou energii)
- algoritmus by neměl zvětšovat efekty konečného rozlišení měření např. energie atd.
- algoritmus by měl být necitlivý k vícenásobným tvrdým rozptylům při vysokých luminozitách
- rychlost
- možnost identifikovat všechny fyzikálně zajímavé jety
- jednoduchost implementace ...

Jetové rekonstrukční algoritmy?

Dělíme je obecně na kuželové a sekvenční rekombinační algoritmy

Kuželové algoritmy:

- JetClu
- Midpoint Cone
- **SISCone** (Seedles Infrared Safe Cone)
- Leading Order High Seed Cone (LOHSC)



typicky se „split-merge“ procedurou

Sekvenční rekombinační algoritmy:

- klastrují páry objektů relativně blízkých v p_T

$$d_{ij} = \min(p_{Ti}^n, p_{Tj}^n) (\Delta\eta^2 + \Delta\phi^2) / R^2, d_i = p_{Ti}^n$$

$\min(d_i, d_{ij})$: $d_i \rightarrow$ nový jet, $d_{ij} \rightarrow$ seskupit i, j

E rekombinační schéma (hmota částic = 0)

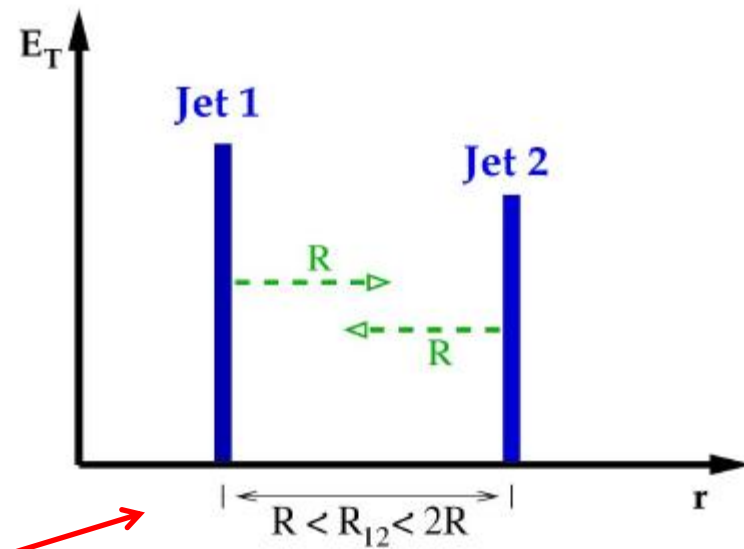
$n=2$: k_T (začíná od částic s malým p_T)

$n=-2$: $\text{anti-}k_T$ (začíná od částic s velkým p_T)

R : poloměr kužele/parametr rozlišení

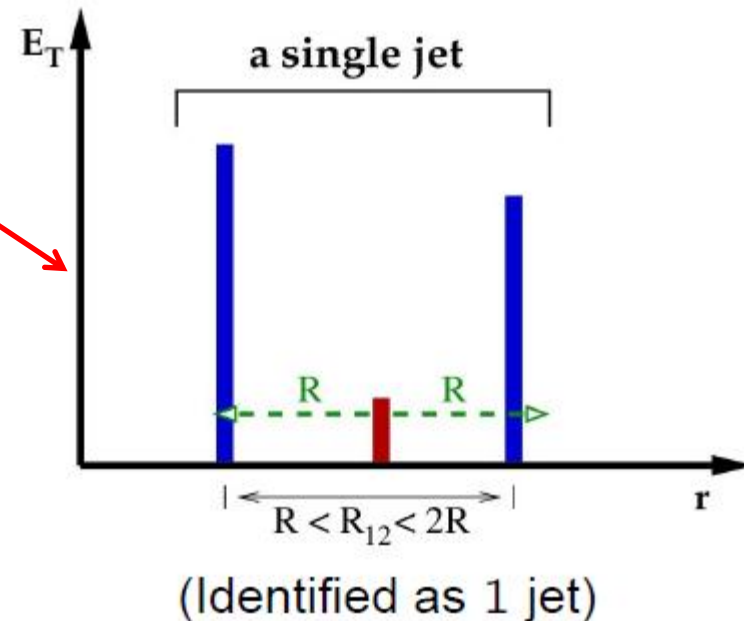
IR (ne)bezpečnost

např. JetClu algoritmus



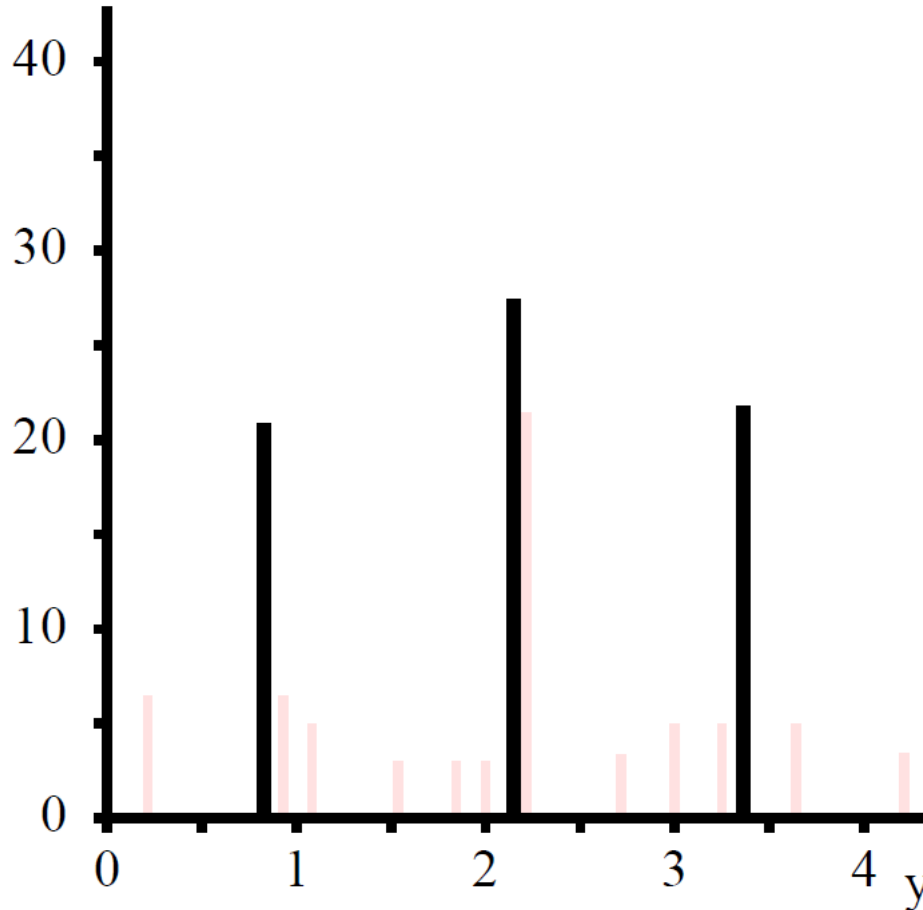
Např. tato potenciálně nebezpečná konfigurace:
Identifikuje jí jako 2 jety

Po přidání měkkého gluonu doprostřed
Ale jako 1 jet!



Jak funguje sekvenční rekombinační algoritmus?

p_t/GeV



$$d_{ij} = \min(p_{ti}^{2p}, p_{tj}^{2p}) \Delta R_{ij}/R^2 \quad \text{a} \quad d_{iB} = p_{ti}^{2p}$$

kde $\Delta R_{ij}^2 = (y_i - y_j)^2 + (\varphi_i - \varphi_j)^2$

1. hledej $d_{\min} = \min\{d_{ij}, d_{iB}\}$
2. $\exists i, j: d_{\min} = d_{ij}$,
zkombinuj částice
3. $\exists i: d_{\min} = d_{iB}$,
částice je konečným jetem,
odstraň ji ze seznamu
4. pokračuj znovu od začátku
až nezůstane žádná částice

Přehled IR bezpečných jetových algoritmů

Sekvenční rekombinační algoritmy se dají obecně vyjádřit:

$$d_{ij} = \min \left(p_{ti}^{2p}, p_{tj}^{2p} \right) \Delta R_{ij} / R^2 \quad d_{iB} = p_{ti}^{2p}$$

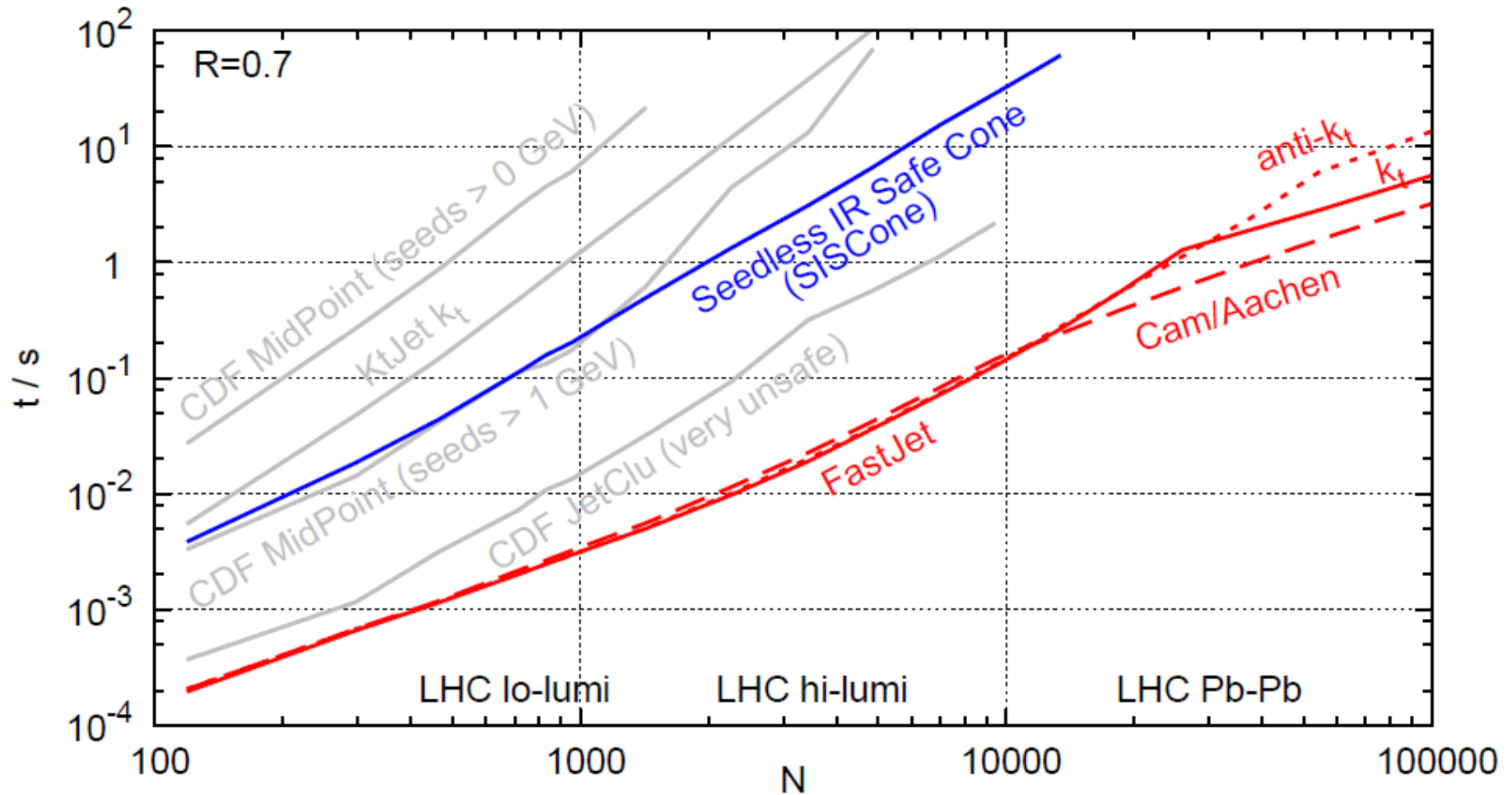
kde $\Delta R_{ij}^2 = (y_i - y_j)^2 + (\varphi_i - \varphi_j)^2$

	algoritmus	poznámka	čas
p = 1	k_t CDOSTW '91-93; ES '93	hierarchický v rel. k_t	$N \ln N$ exp.
		$\longleftrightarrow$	
p = 0	Cambridge/Aachen Dok, Leder, Moretti, Webber '97 Wengler, Wobisch '98	hierarchický v úhlech skanuje několik R najednou QCD úhlové uspořádání	$N \ln N$
p = -1	anti- k_t Cacciari, Salam, Soyez '08 ~ reverse- k_t Delsart	hierarchie nemá smysl jety jsou jako CMS cone algoritmus	$N^{3/2}$
SC-SM	SISCone Salam, Soyez '07 + Tevatron run II '00	nahradil JetClu, ATLAS MidPoint kuželové algoritmy	$N^2 \ln N$ exp.

Cacciari, Salam, Soyez: <http://fastjet.fr>

FASTJET: M. Cacciari, G.Salam and G.Soyez,
JHEP0804 (2008) 005.

Jak dlouho trvá klastrování N částic ?

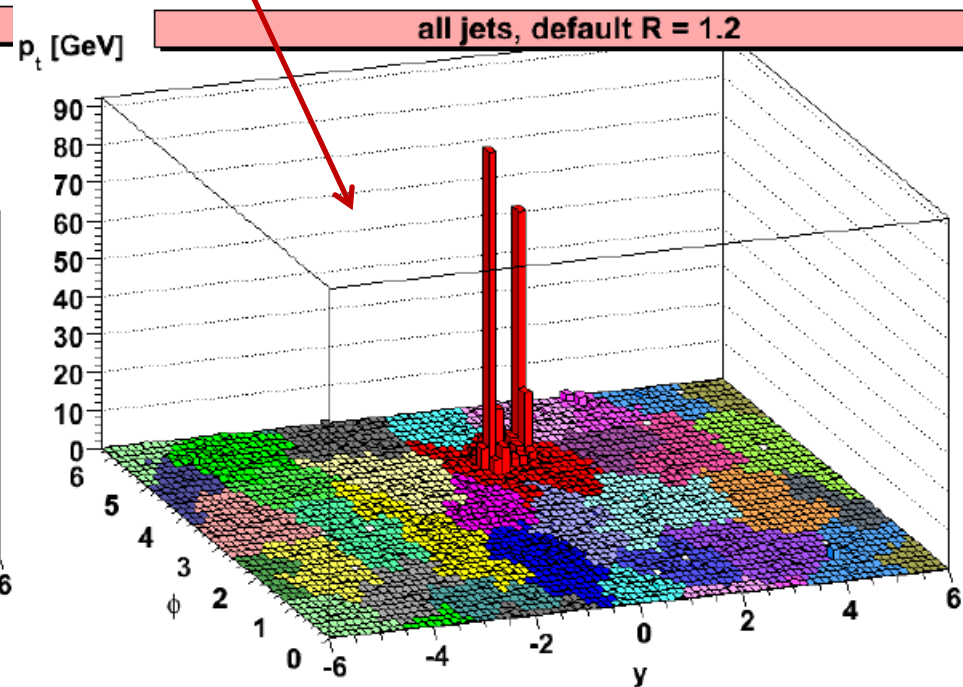
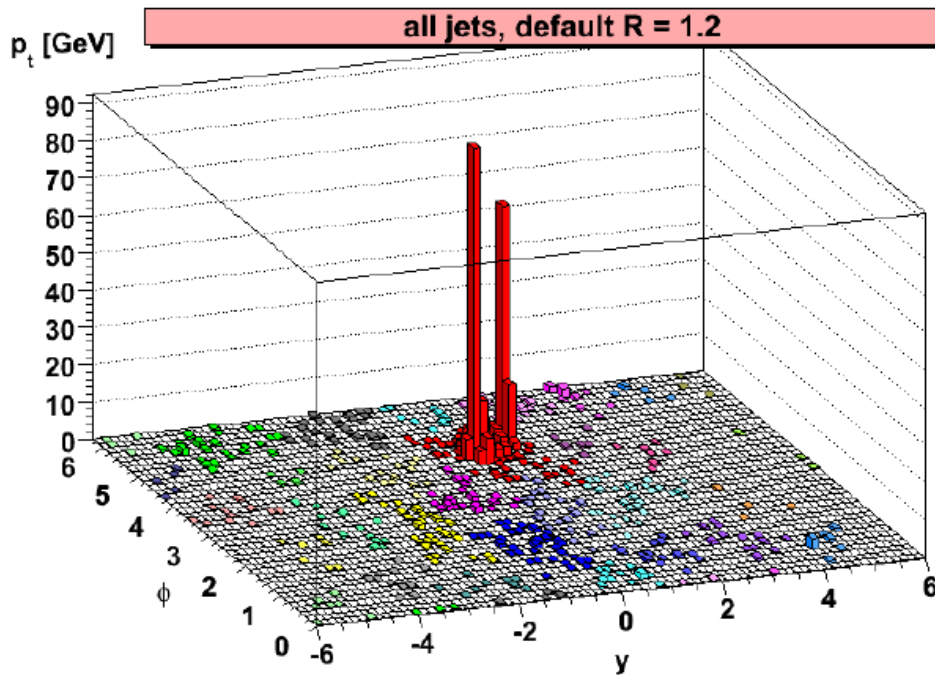


M. Cacciari, G. Salam: Dispelling the N^3 myth for the k_t jet-finder
Phys.Lett. B641 (2006) 57-61

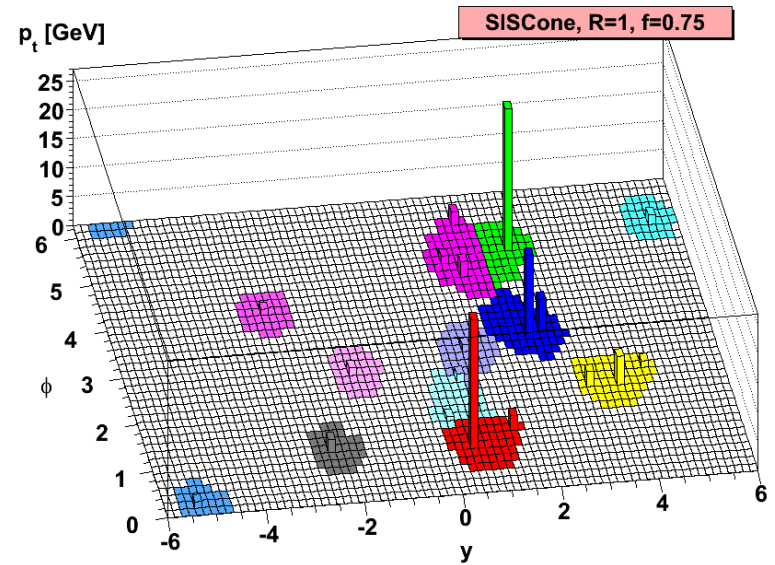
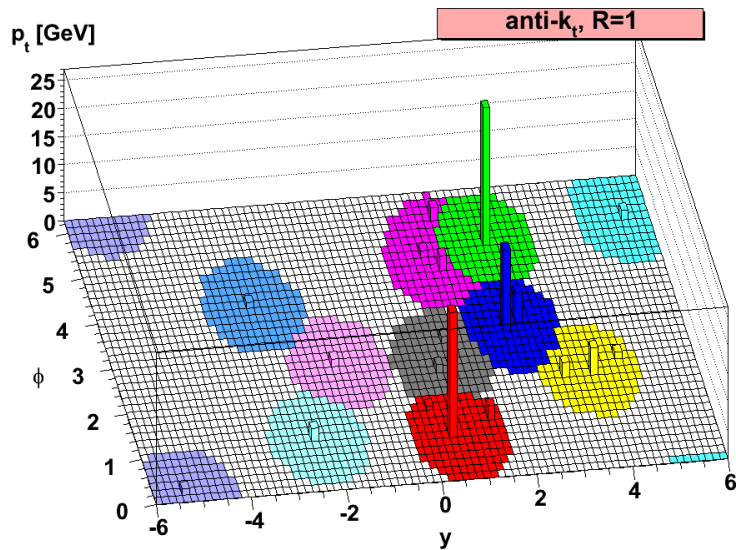
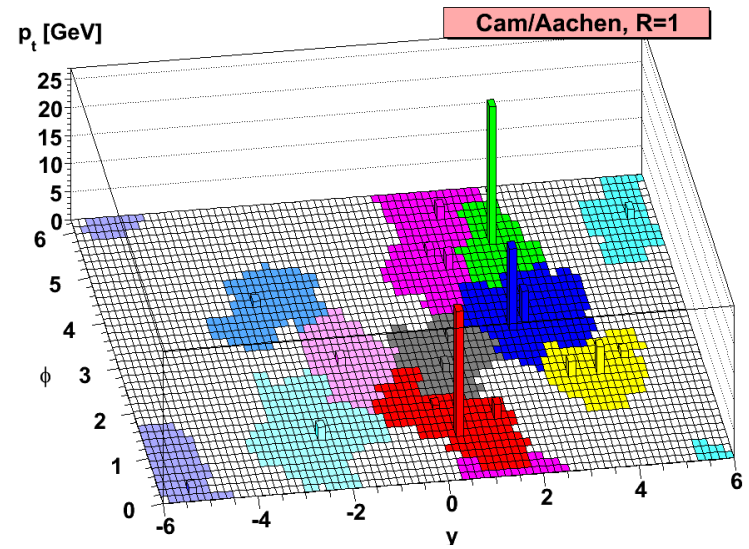
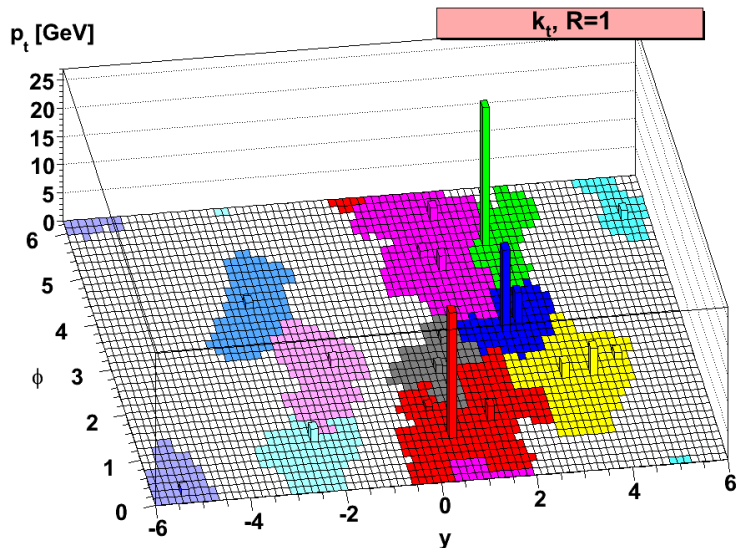
Jak definovat plochu jetu?

... není to jednoznačné ...

- dodejme do každého eventu mnoho „měkkých částic“ (10^{-100} GeV)
- plocha jetu $A \approx$ počet částic v jetu

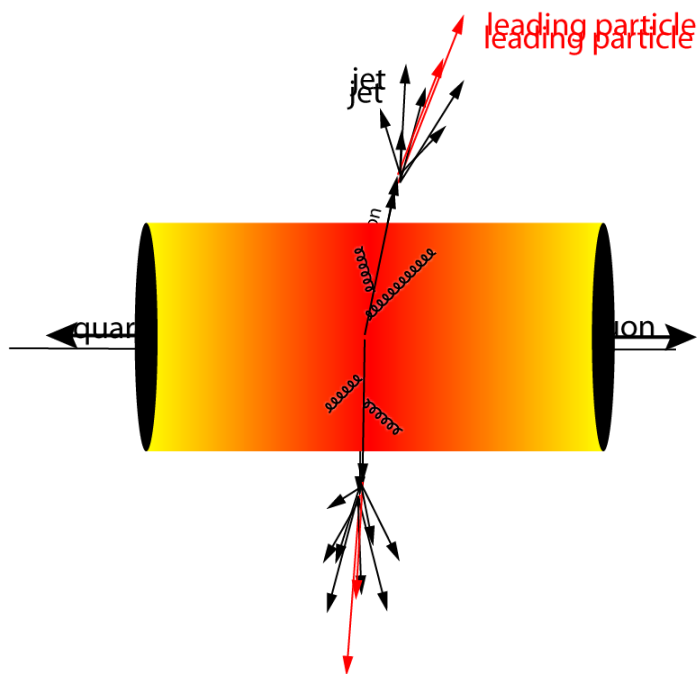
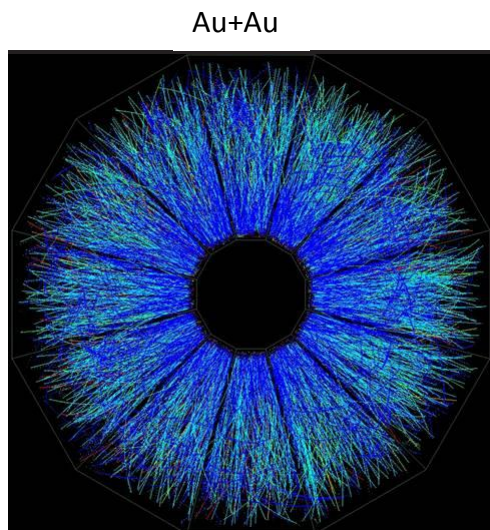


Cacciari, Salam, Soyez (2008)



M. Cacciari, G. P. Salam, G. Soyez: The anti-kt jet clustering algorithm, JHEP 0804 (2008) 063, arXiv:0802.1189v2 [hep-ph]

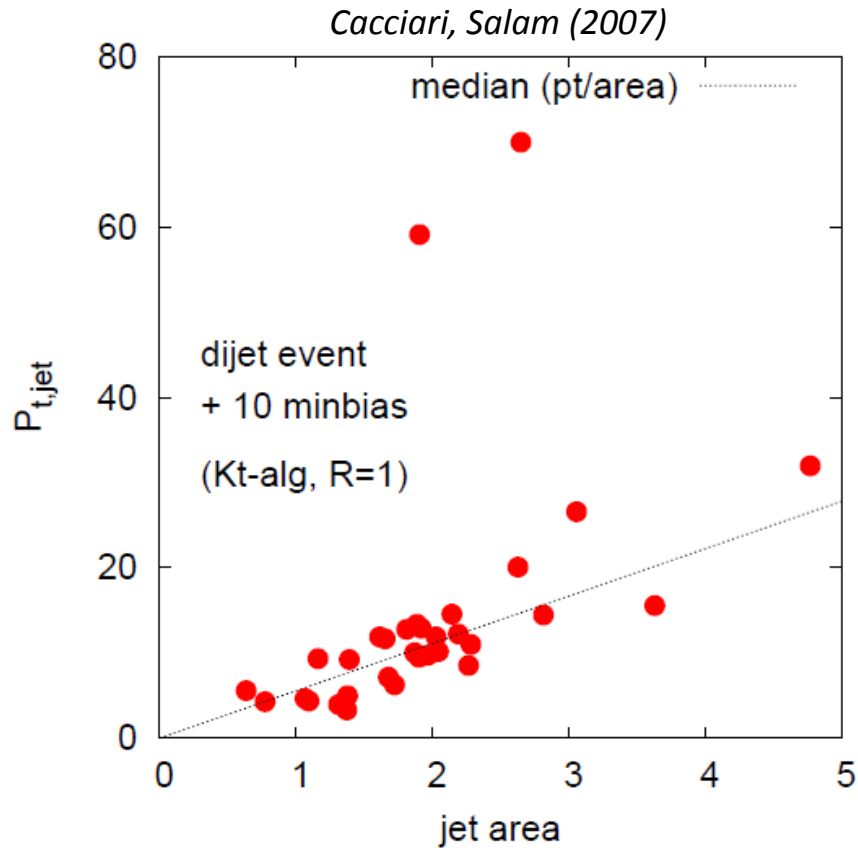
Studium jaderné hmoty pomocí jetů



Co se stane s jety, které prošly hustou a horkou jadernou hmotou?

Bude jejich produkce podobná p+p srážkám
nebo ji médium ovlivní?

Jak změřit hustotu pozadí?



„Jety“ z pozadí (kterých je většina):

$$p_t \approx A_{jet}$$

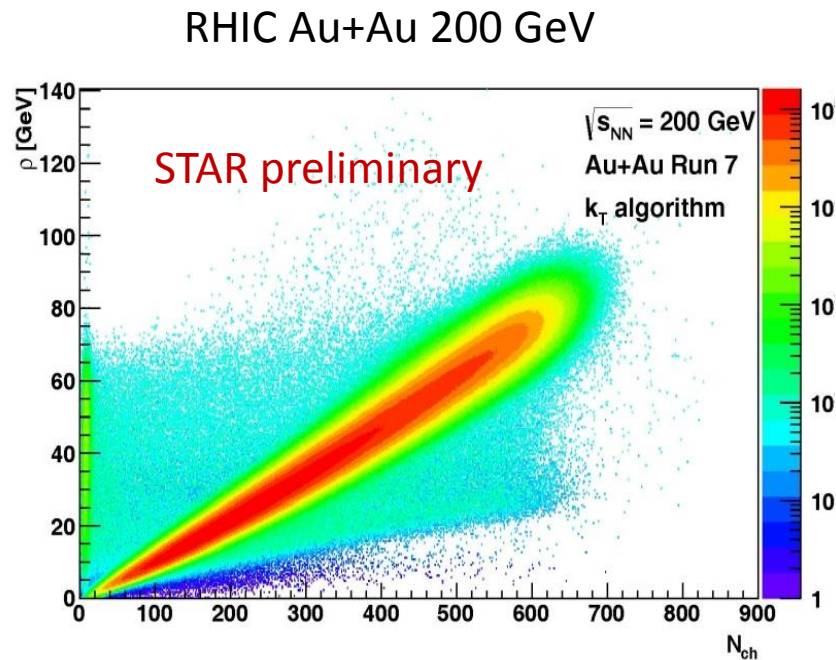
$$\rho \cong \text{medián} \left[\frac{p_{t,jet}}{A_{jet}} \right]$$



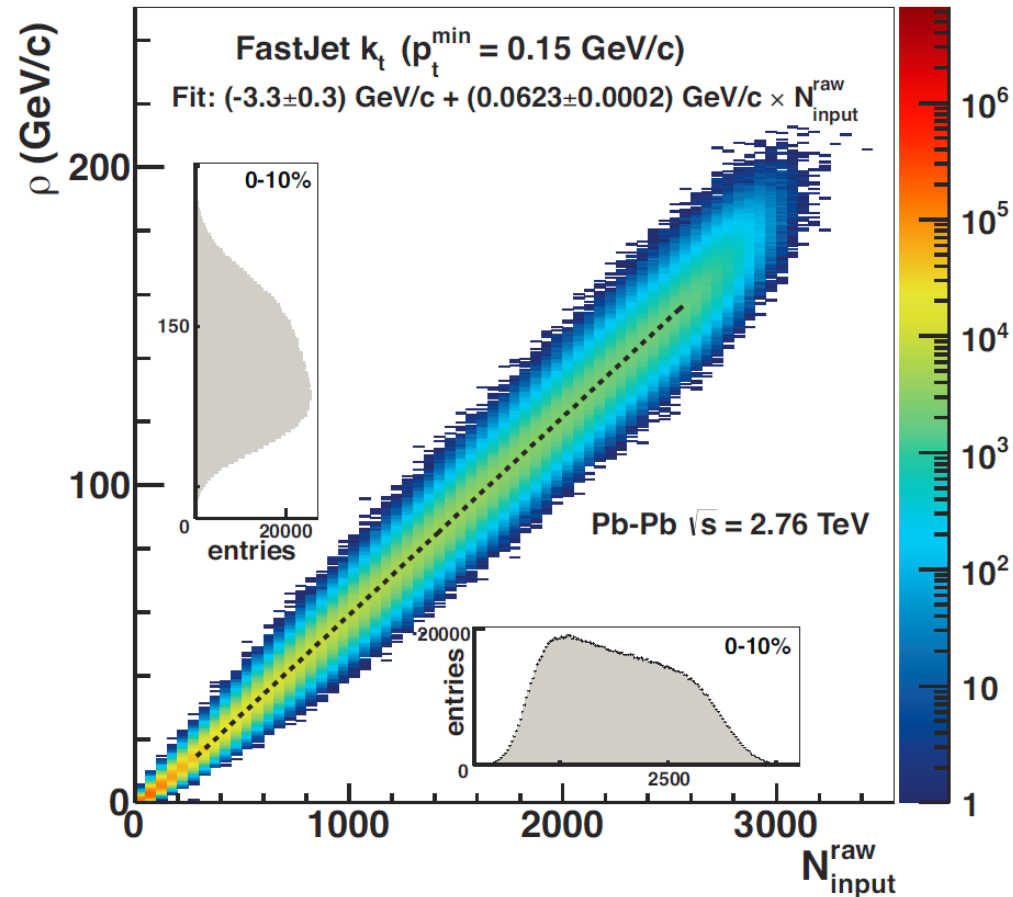
$$p_{t,jet}^{corr} = p_{t,jet} - \rho \times A_{jet}$$

Velikost hustoty pozadí

LHC Pb+Pb 2.76 TeV



Z. Barnovská, dipl. práce

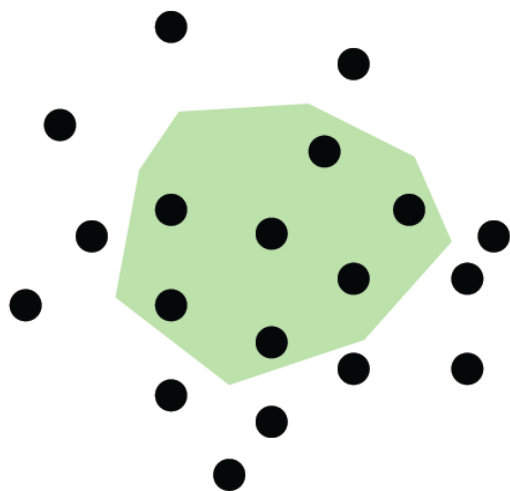


ALICE collaboration, [arXiv:1201.2423](https://arxiv.org/abs/1201.2423) [hep-ex]

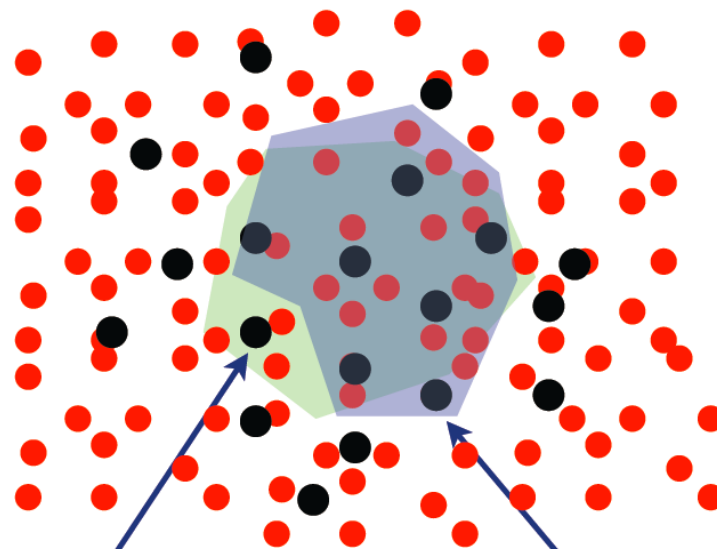
Ovlivňuje pozadí jet?

ANO, Tzv. „back-reaction“

bez pozadí



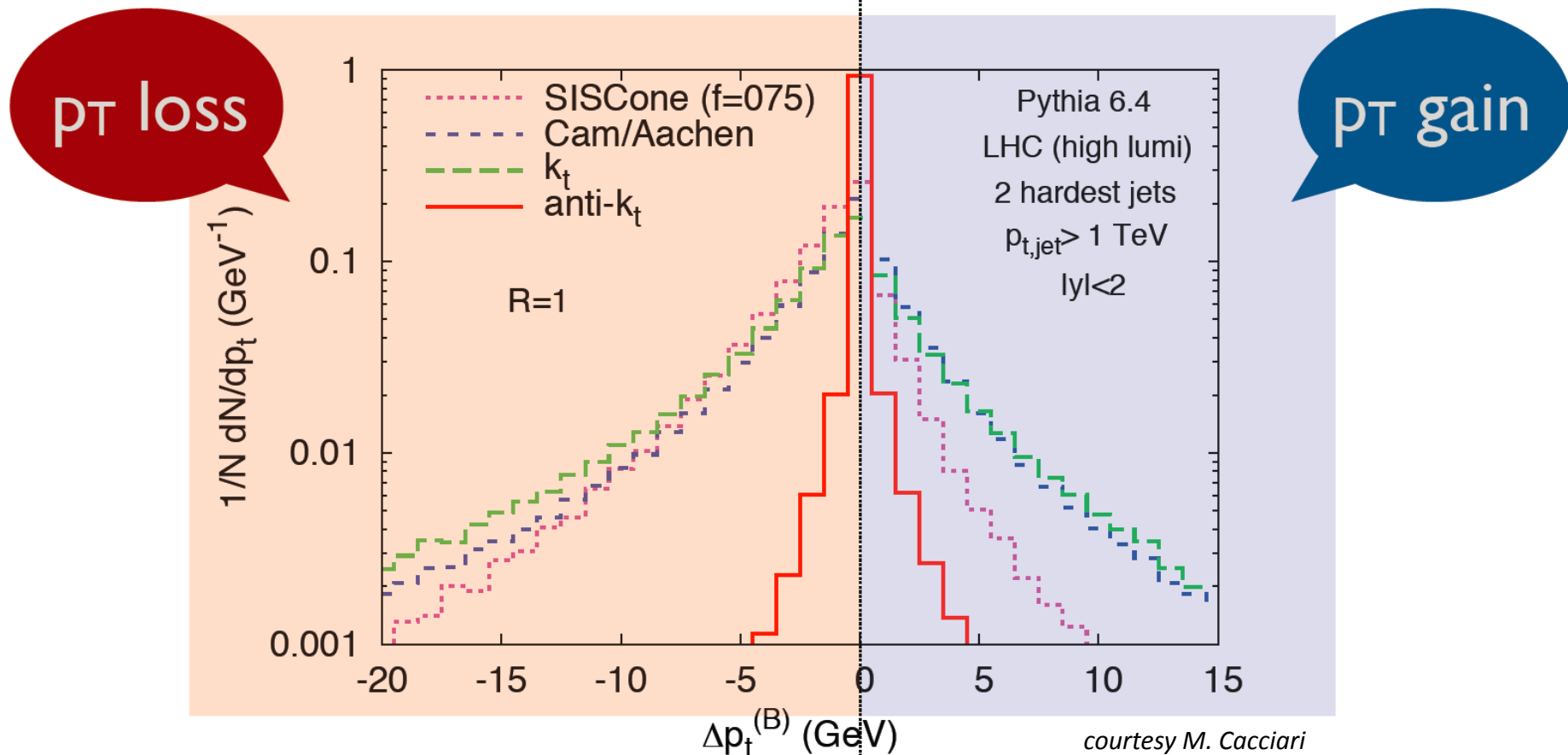
na pozadí



ztráta

navíc

Citlivost jednotlivých algoritmů na pozadí



anti- k_t algoritmus je nejméně citlivý na „back-reaction“ pozadí