

Design of an Electromagnetic Calorimeter for use at a future e^+e^- Linear Collider

J. S. Marshall^{a,*}

^aCavendish Laboratory, University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom

Abstract

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id quod mazim placerat facer possim assum. Typi non habent claritatem insitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem. Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dynamicus, qui sequitur mutationem consuetudium lectorum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima. Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari, fiant sollemnes in futurum.

Keywords: Particle flow calorimetry, ECAL, Linear Collider, CLIC

1. Introduction

1 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing
2 elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut
3 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi
4 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation
5 ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea
6 commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in
7 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel
8 illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et
9 accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent
10 luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla
11 facilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend
12 option congue nihil imperdiet doming id quod mazim
13 placerat facer possim assum. Typi non habent claritatem
14 insitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
15 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius
16 quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus
17 dynamicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
18 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
19 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
20 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.

22 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
23 fiant sollemnes in futurum.

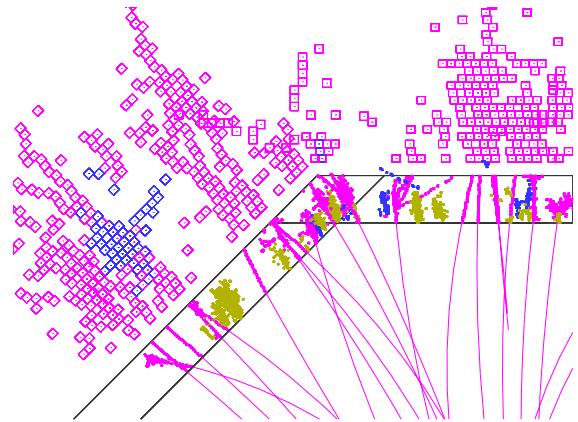


Figure 1

2. Implementation

25 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisc-
26 ing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut
27 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi

*Corresponding author

Email address: marshall@hep.phy.cam.ac.uk (J. S. Marshall)

28 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ul-
29 lamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea com-
30 modo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in
31 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel
32 illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et ac-
33 cumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent lup-
34 tatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla fa-
35 cilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend op-
36 tion congue nihil imperdiet doming id quod mazim plac-
37 erat facer possim assum. Typi non habent claritatem in-
38 sitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
39 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius
40 quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dy-
41 namicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
42 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
43 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
44 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.
45 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
46 fiant sollemnes in futurum.

47 **3. Jet Energy Resolution and Calibration**

48 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipisc-
49 ing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut
50 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi
51 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ul-
52 lamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea com-
53 modo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in
54 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel
55 illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et ac-
56 cumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent lup-
57 tatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla fa-
58 cilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend op-
59 tion congue nihil imperdiet doming id quod mazim plac-
60 erat facer possim assum. Typi non habent claritatem in-
61 sitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
62 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius
63 quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dy-
64 namicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
65 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
66 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
67 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.
68 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
69 fiant sollemnes in futurum.

70 **4. SiW/ScW ECAL Comparison**

71 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipisc-
72 ing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut
73 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi

74 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ul-
75 lamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea com-
76 modo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in
77 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel
78 illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et ac-
79 cumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent lup-
80 tatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla fa-
81 cilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend op-
82 tion congue nihil imperdiet doming id quod mazim plac-
83 erat facer possim assum. Typi non habent claritatem in-
84 sitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
85 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius
86 quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dy-
87 namicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
88 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
89 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
90 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.
91 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
92 fiant sollemnes in futurum.

93 **5. ECAL Parameter Scan**

94 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipisc-
95 ing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut
96 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi
97 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ul-
98 lamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea com-
99 modo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in
100 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel
101 illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et ac-
102 cumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent lup-
103 tatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla fa-
104 cilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend op-
105 tion congue nihil imperdiet doming id quod mazim plac-
106 erat facer possim assum. Typi non habent claritatem in-
107 sitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
108 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius
109 quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dy-
110 namicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
111 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
112 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
113 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.
114 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
115 fiant sollemnes in futurum.

116 **5.1. Transverse Granularity**

117 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipisc-
118 ing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut
119 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi
120 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ul-
121 lamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea com-
122 modo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in

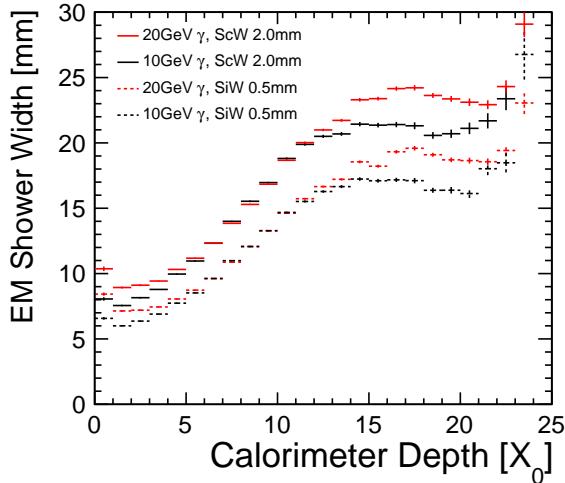
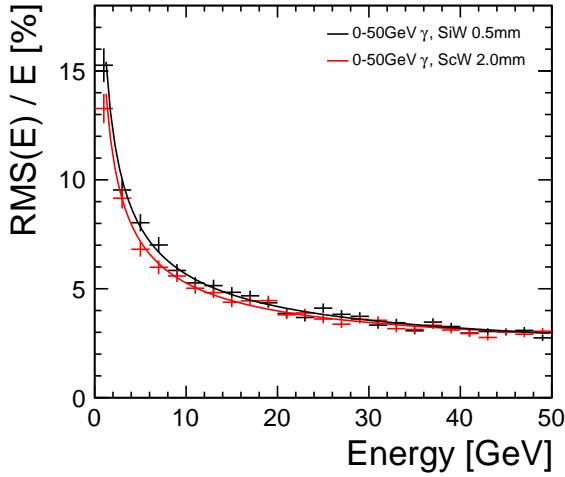


Figure 2

123 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel
 124 illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et ac-
 125 cumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent lup-
 126 tatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla fa-
 127 cilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend op-
 128 tion congue nihil imperdiet doming id quod mazim plac-
 129 erat facer possim assum. Typi non habent claritatem in-
 130 sitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
 131 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius
 132 quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dy-
 133 namicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
 134 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
 135 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
 136 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.

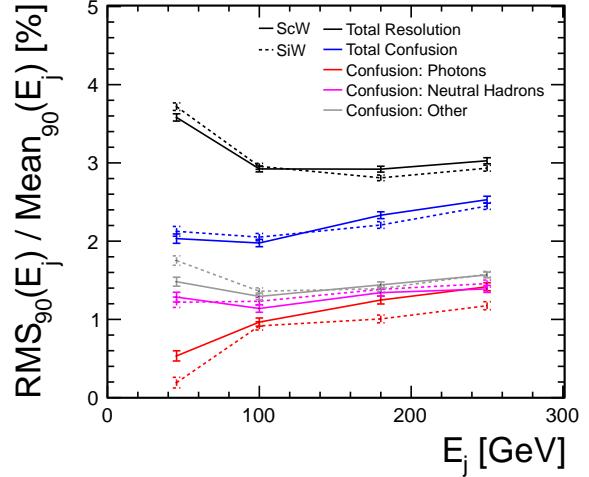


Figure 3

137 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
 138 fiant sollemnes in futurum.

5.2. Number of Layers

140 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipisc-
 141 ing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut
 142 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi
 143 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ul-
 144 lamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea com-
 145 modo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in
 146 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel
 147 illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et ac-
 148 cumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent lup-
 149 tatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla fa-
 150 cilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend op-
 151 tion congue nihil imperdiet doming id quod mazim plac-
 152 erat facer possim assum. Typi non habent claritatem in-
 153 sitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
 154 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius
 155 quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dy-
 156 namicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
 157 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
 158 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
 159 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.
 160 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
 161 fiant sollemnes in futurum.

6. HCAL Parameter Scan

162 ILD detector model used. Timing cuts used are 10ns
 163 in HCAL and 20ns in ECal. No MaxHCALHitHadron-

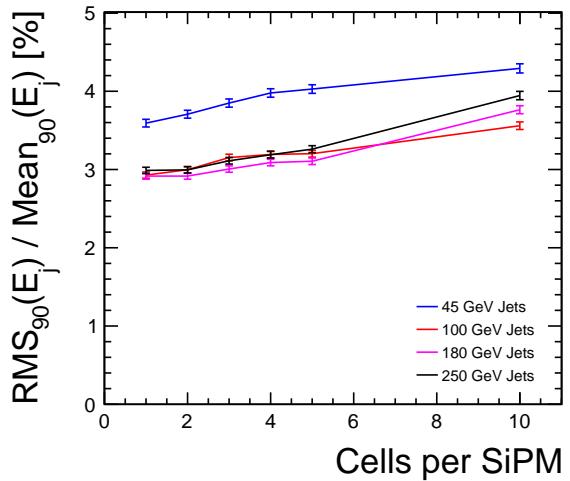
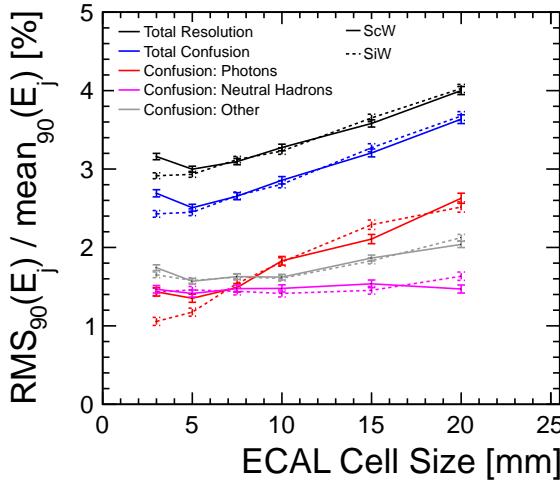
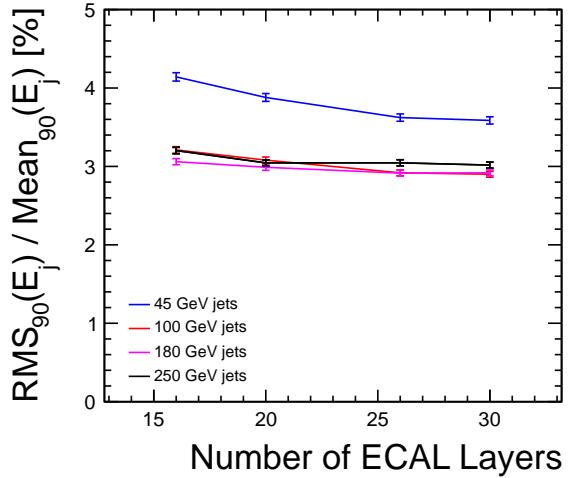
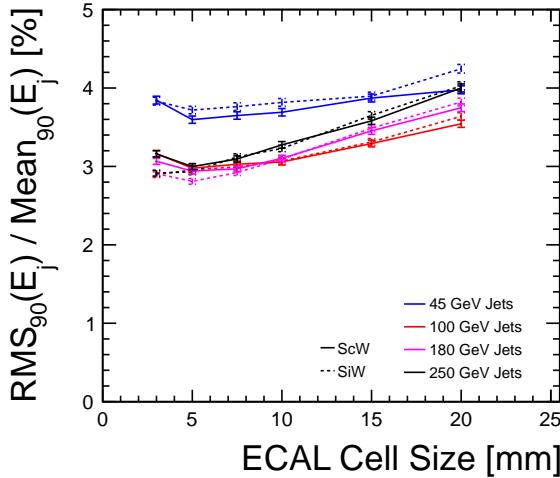


Figure 4

Figure 5

icEnergy. Full calibration procedure applied for all detector models. QGSP_BERT physics list used in all cases except Fe and W comparison where both QGSP_BERT and QGSP_BERT_HP used.

6.1. Fe/W HCAL Comparison

The feasible options for HCAL absorber material are steel (Iron) and tungsten (WMod). The thicknesses of the scintillator and absorber layers of the HCAL were scaled to maintain the total number of nuclear interaction lengths in the HCAL. The ratio of scintillator and absorber thicknesses in the HCAL was held constant to maintain the sampling fraction. Otherwise default ILD DBD detector parameters were used.

Both the QGSP_BERT and QGSP_BERT_HP physics lists were used in this analysis. The high precision neutron package, included in QGSP_BERT_HP, offers more realistic modelling of the transportation of neutrons below 20 MeV down to thermal energies. The compact nature of the hadronic showers showering in tungsten was the primary reason for the inclusion of the high precision neutron package in this analysis.

HCals using steel as an absorber material were found to outperform those using tungsten across the entire range of jet energies considered. This trend was found to be more prominent for high energy jets. No strong dependance on the choice of physics list was observed.

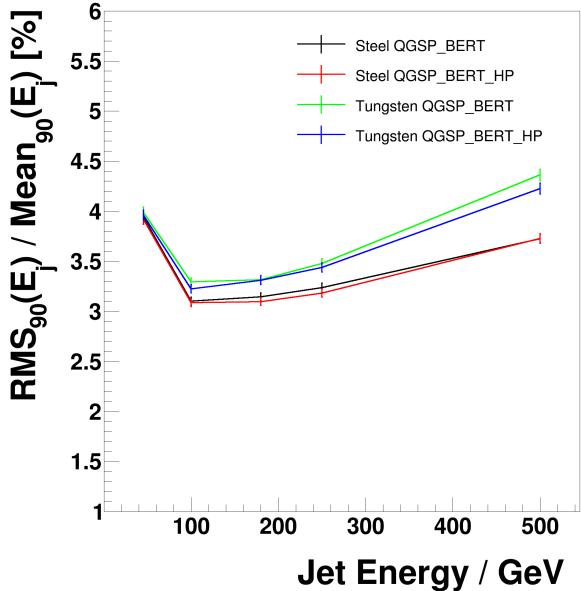


Figure 6: The jet energy resolution as a function of jet energy. Results are shown for detectors using both steel and tungsten HCal absorber materials and using both the QGSP_BERT and QGSP_BERT_HP physics lists.

6.2. Transverse Granularity

The transverse granularity of the HCal, the HCal cell size, was varied. Otherwise, default ILD DBD detector parameters were used in this analysis.

Figure 7 shows the jet energy resolution as a function of HCal cell size for various energy jets. It was found that smaller HCal cell sizes benefited the jet energy resolution and that this trend became more prominent for higher energy jets. The jet energy resolution was decomposed into the confusion and intrinsic energy resolution terms. The results of this decomposition for the 250 GeV jets are shown in figure 7.

The intrinsic energy resolution was found to be invariant under changes to HCal cell size. This indicates the performance trend observed for HCal cell size are dictated by the confusion term. This is expected as changes to HCal cell size will aid the association of calorimeter cell clusters to charged particle tracks, but will not affect intrinsic energy resolution.

6.3. Number of Layers

The number of layers in the HCal was varied. The scintillator and absorber thicknesses were scaled to maintain the total number of nuclear interaction lengths in the HCal. The ratio of scintillator and absorber thicknesses was held constant to maintain the sampling frac-

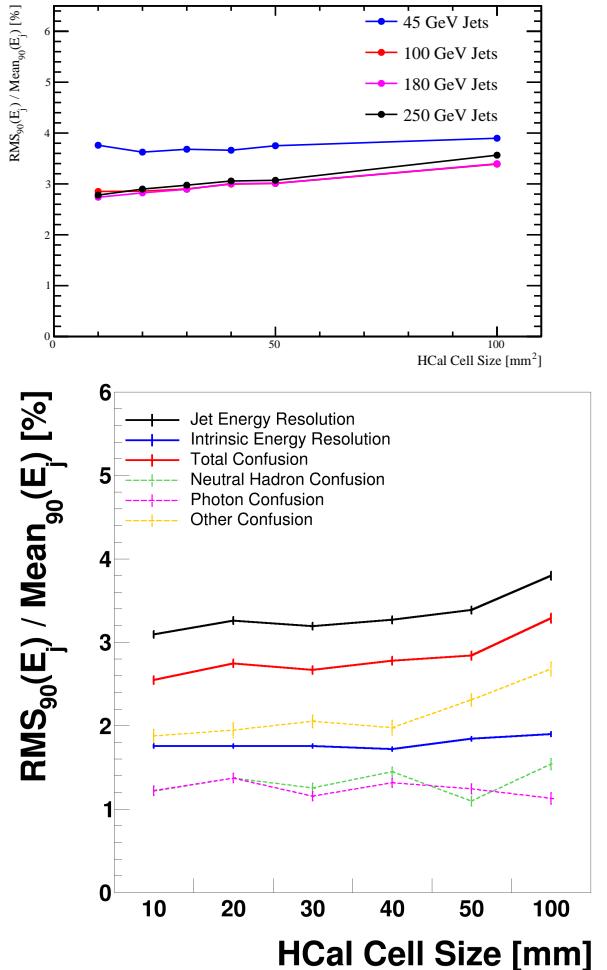


Figure 7: (top) The jet energy resolution as a function of HCal cell size. Results are shown for various jet energies ranging from 45 GeV to 500 GeV. (bottom) The jet energy resolution decomposition as a function of HCal cell size. The results shown are for a jet energy of 250 GeV.

tion. Otherwise, default ILD DBD detector parameters were used in this analysis.

Figure 8 shows the jet energy resolution as a function of the number of layers in the HCal for various energy jets. It was found that reducing the number of layers in the HCal degrades the jet energy resolution and that this trend applies to all jet energies considered.

Insufficient sampling of particle showers in the HCal is likely to be the primary cause of the degradation at low numbers of layers in the HCal.

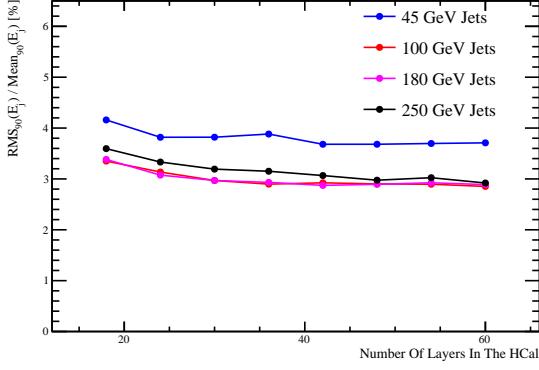


Figure 8: The jet energy resolution as a function of number of layers in the HCal. Results are shown for various jet energies ranging from 45 GeV to 500 GeV.

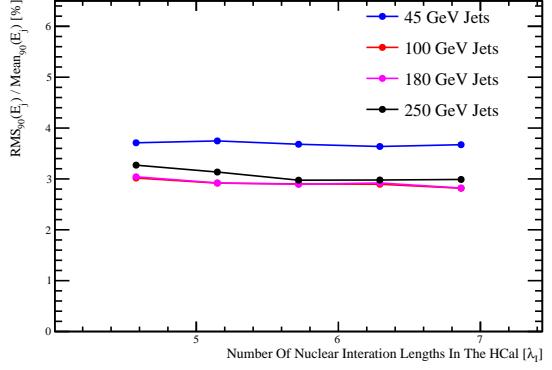


Figure 9: The jet energy resolution as a function of the total number of nuclear interaction lengths in the HCal. Results are shown for various jet energies ranging from 45 GeV to 500 GeV.

6.4. Depth

The total number of nuclear interaction lengths in the HCal was varied by changing both the absorber and scintillator thicknesses in the HCal. The ratio of absorber to scintillator thicknesses in the HCal was held constant to maintain the sampling fraction. Otherwise, default ILD DBD detector parameters were used in this analysis.

Figure shows the jet energy resolution as a function of the total number of nuclear interaction lengths in the HCal. It was found that increasing the number of nuclear interaction lengths in the HCal improved the jet energy resolution for high energy jets.

The number of nuclear interaction lengths in the HCal will determine the impact of leakage of energy out of the back of the calorimeters. Energy leaked from the back of the calorimeters will be measured in the muon chamber. The energy resolution in the muon chamber is significantly worse than in the calorimeters, therefore, leakage degrades the jet energy resolution. As jet energy increases so does the fraction of the total energy leaking out of the back of the detector. Therefore, reducing leakage is more beneficial to higher energy jets, which is what is observed.

6.5. Sampling Fraction in HCal

Sampling fraction varied. Total number of nuclear interaction lengths in HCal held constant.

No picture needed in this section, all jet energy resolutions are flat wrt sampling fraction except at 0.05 (range considered 0.05 to 0.25 steps 0.05) where they start to deteriorate across all jet energies considered.

7. Global Parameter Scan

258 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipisc-
 259 ing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut
 260 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi
 261 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ul-
 262 lamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea com-
 263 modo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in
 264 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel
 265 illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et ac-
 266 cumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent lupt-
 267 atum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla fa-
 268 cilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend op-
 269 tion congue nihil imperdiet doming id quod mazim plac-
 270 erat facer possim assum. Typi non habent claritatem in-
 271 sitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
 272 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius
 273 quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dy-
 274 namicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
 275 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
 276 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
 277 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.
 278 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
 279 fiant sollemnes in futurum.

7.1. Inner Radius

280 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipisc-
 281 ing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut
 282 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi
 283 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ul-
 284 lamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea com-
 285 modo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in
 286 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel

illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et ac-
 cumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent lup-
 tatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla fa-
 cilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend op-
 tion congue nihil imperdiet doming id quod mazim plac-
 erat facer possim assum. Typi non habent claritatem in-
 sitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius
 quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dy-
 namicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.
 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
 fiant sollemnes in futurum.

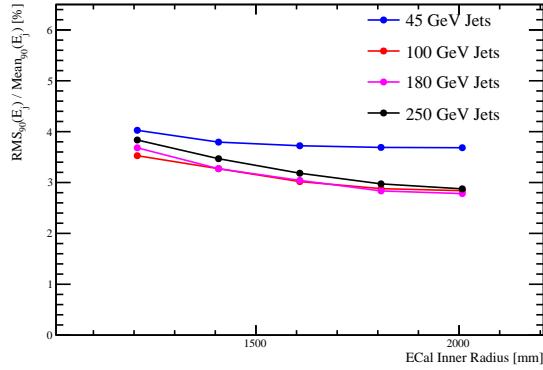


Figure 10: The jet energy resolution as a function of the outer TPC radius. The outer TPC radius can be interpreted as the inner ECal radius. Results are shown for various jet energies ranging from 45 GeV to 500 GeV.

7.2. B-Field Strength

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipisci-
 ing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut
 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi
 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ul-
 lamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea com-
 modo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in
 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel
 illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et ac-
 cumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent lup-
 tatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla fa-
 cilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend op-
 tion congue nihil imperdiet doming id quod mazim plac-
 erat facer possim assum. Typi non habent claritatem in-
 sitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius

quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dy-
 namicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.
 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
 fiant sollemnes in futurum.

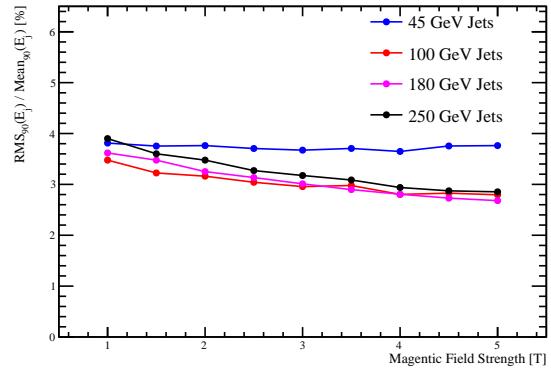


Figure 11: The jet energy resolution as a function of the magnetic field strength within the detector. Results are shown for various jet energies ranging from 45 GeV to 500 GeV.

7.3. Scintillator Thickness

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipisci-
 ing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut
 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi
 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ul-
 lamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea com-
 modo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in
 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel
 illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et ac-
 cumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent lup-
 tatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla fa-
 cilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend op-
 tion congue nihil imperdiet doming id quod mazim plac-
 erat facer possim assum. Typi non habent claritatem in-
 sitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius
 quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dy-
 namicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.
 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
 fiant sollemnes in futurum.

349 **7.4. Parameterisation of Results**

350 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipisci-
 351 ing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut
 352 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi
 353 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ul-
 354 lamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea com-
 355 modo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in
 356 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel
 357 illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et ac-
 358 cumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent lupta-
 359 tum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla fa-
 360 cilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend op-
 361 tion congue nihil imperdiet doming id quod mazim plac-
 362 erat facer possim assum. Typi non habent claritatem in-
 363 sitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
 364 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius
 365 quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dy-
 366 namicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
 367 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
 368 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
 369 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.
 370 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
 371 fiant sollemnes in futurum.

372 **8. Novel ECAL Models**

373 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipisci-
 374 ing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut
 375 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi
 376 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ul-
 377 lamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea com-
 378 modo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in
 379 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel
 380 illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et ac-
 381 cumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent lupta-
 382 tum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla fa-
 383 cilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend op-
 384 tion congue nihil imperdiet doming id quod mazim plac-
 385 erat facer possim assum. Typi non habent claritatem in-
 386 sitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
 387 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius
 388 quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dy-
 389 namicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
 390 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
 391 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
 392 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.
 393 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
 394 fiant sollemnes in futurum.

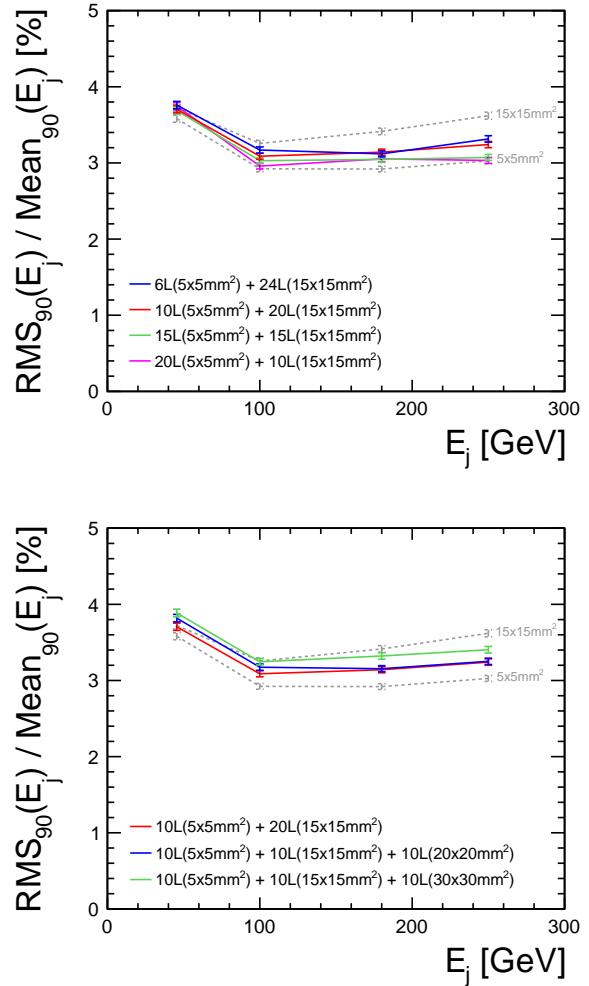


Figure 12

395 **9. Performance for Higher Energy Jets**

396 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipisci-
 397 ing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut
 398 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi
 399 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ul-
 400 lamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea com-
 401 modo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in
 402 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel
 403 illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et ac-
 404 cumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent lupta-
 405 tum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla fa-
 406 cilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend op-
 407 tion congue nihil imperdiet doming id quod mazim plac-
 408 erat facer possim assum. Typi non habent claritatem in-

409 sitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
 410 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius
 411 quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dy-
 412 namicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
 413 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
 414 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
 415 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.
 416 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
 417 fiant sollemnes in futurum.

421 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi
 422 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ul-
 423 lamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea com-
 424 modo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in
 425 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel
 426 illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et ac-
 427 cumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent lup-
 428 tatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla fa-
 429 cilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend op-
 430 tion congue nihil imperdiet doming id quod mazim plac-
 431 erat facer possim assum. Typi non habent claritatem in-
 432 sitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
 433 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius
 434 quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dy-
 435 namicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
 436 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
 437 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
 438 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.
 439 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
 440 fiant sollemnes in futurum.

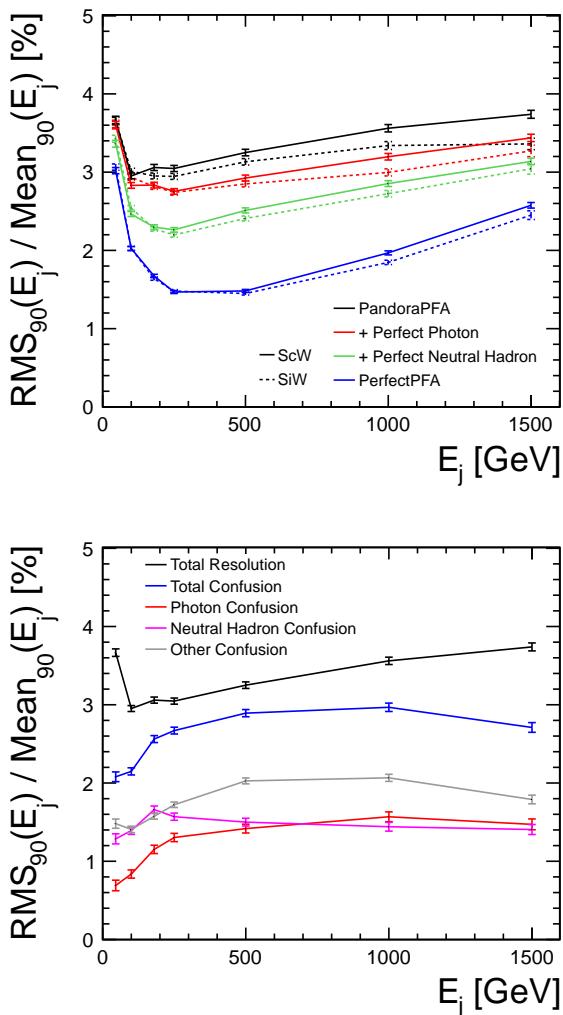


Figure 13

418 10. Summary

419 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipisc-
 420 ing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut

441 Acknowledgements

442 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipisc-
 443 ing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut
 444 laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi
 445 enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ul-
 446 lamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea com-
 447 modo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in
 448 hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel
 449 illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et ac-
 450 cumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent lup-
 451 tatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla fa-
 452 cilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend op-
 453 tion congue nihil imperdiet doming id quod mazim plac-
 454 erat facer possim assum. Typi non habent claritatem in-
 455 sitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem.
 456 Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius
 457 quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dy-
 458 namicus, qui sequitur mutationem consuetudium lecto-
 459 rum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc
 460 putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas
 461 humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima.
 462 Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari,
 463 fiant sollemnes in futurum.

464 References